الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التربية الوطنية

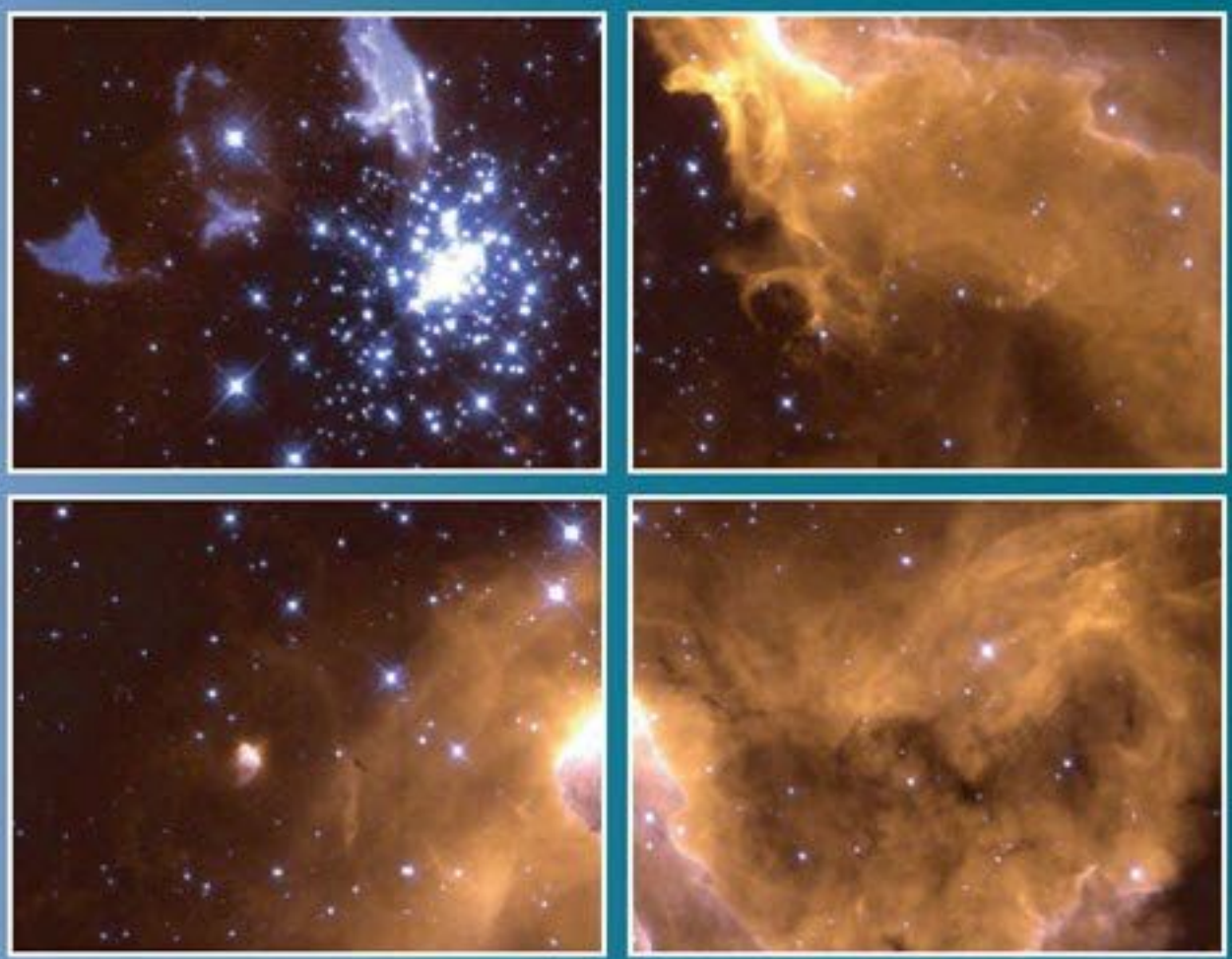
موقع الدراسة الجزائري

علوم فيزيائية

السنة الثالثة من التعليم الثانوي

زرقيني طه حسين
غزال عبد الرحمان
بلعزيز مختار
سيدي أحمد فريدة
الجلدام منيب

الجزء الأول : التطورات الزمنية



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التربية الوطنية

العلوم الفيزيائية

السنة الثالثة ثانوي

لشعب العلوم التجريبية والرياضيات والتقني رياضيات

الدكتور زرقيني طه حسين، Ph.D.

أستاذ بجامعة هواري بومدين للعلوم والتكنولوجيا

الدكتور غزال عبد الرحمان

مكلف بالدروس بجامعة هواري بومدين للعلوم والتكنولوجيا

بلعزيز مختار

مفتش التربية والتكوين في مادة العلوم الفيزيائية

سيدي أحمد فريدة

أستاذة التعليم الثانوي بثانوية زينب أم المساكين بالجزائر

الجلدح منيب

أستاذ التعليم الثانوي بثانوية الشيخ بوعمامة بالجزائر

الديوان الوطني للمطبوعات المدرسية

2008/2007

قلم الجزائر

WWW.DZPEN.COM

متابعة الإنجاز : بوحيلة امحمد، شايب صالح، بودالي الزهرة
تصميم الكتاب : عرش محمد، بن عبد الرحيم – قاسي عيسى كريمة، بوعقار صليحة، حمدي باشا راضية
تصميم الغلاف : حموم كريم
تصميم الرسومات والبيانات : بلعيدي خالد، حموم كريم، مجاجي فضيلة
معالجة الصور : قاسي وعلي يوسف
حجز النصوص : مدني مصطفى
القراءة العلمية : زغداوي عبد الحميد، بلقايد محمد، شعباني العربي، حباني خليفة، كبيش يونس
القراءة اللغوية : عزوق عبد الرحمان

ناشر : الديوان الوطني للمطبوعات المدرسية
ص.ب 121 واد الرمان العاشور – الجزائر
هاتف : 021/30.02.29 - 021/30.02.07
فاكس : 021/30.02.39
المقوع الإلكتروني : http://www.onps-dz.com

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تقديم

إن كتاب الفيزياء هذا ينطبق نصا وروحا على البرامج الجديدة لأقسام السنة الثالثة ثانوي التي تدخل حيز التطبيق ابتداء من الدخول المدرسي في سبتمبر 2007.

لقد تمّ تقسيم برنامج الفيزياء والكيمياء للسنة الثالثة ثانوي للأقسام العلمية، الرياضيات والتقني رياضيات إلى جزئين لأسباب علمية وعملية. إن هذا التقسيم يراعي التطور الزمني للجمل الفيزيائية والكيميائية المدروسة.

يشمل الجزء الأول التطورات الرتيبة ويشمل الجزء الثاني التطورات غير الرتيبة. التطورات الرتيبة هي :

- تطور كميات المتفاعلات والنواتج خلال تحول كيميائي في محلول مائي ؛
- التحولات النووية ؛
- دراسة الظواهر الكهربائية ؛
- تطور حالة جملة كيميائية خلال تحول كيميائي نحو حالة التوازن ؛
- تطور جملة ميكانيكية.

لقد تم انجاز هذا الكتاب لمساعدة التلاميذ في عملهم وتحضيرهم لامتحان شهادة البكالوريا. كما اعتمدت خطة بيداغوجية تفضل مشاركة التلاميذ في تنمية معارفهم. إن الأنشطة التمهيدية المتعددة والتطبيقات المقترحة تسمح للتلميذ باكتشاف طريقة الربط للوحدة وتساعده على اكتساب المعارف المقدمة بطريقة تدريجية وعقلانية.

إن العلوم الفيزيائية هي في الأساس علوم تجريبية وعليه فإنه يجب على الأستاذ الاعتماد على النشاطات التجريبية لتقديم دروسه. زيادة على هذا فقد اعتمد مؤلفو هذا الكتاب طريقة تعتمد على استخدام واسع لتكنولوجيات الإعلام.

تشمل كل وحدة اثني عشرة جزء مثلما هو مبين في الصفحتين المواليتين المعنونة هيكلة كل وحدة. نضع بين أيدي زملائنا الأساتذة «دليل الكتاب» لمساعدتهم على تحضير الدروس. باقتراحنا لهذا الكتاب أملنا وضع مرجع مشوق واضح وجذاب يراعي الدقة العلمية المطلوبة بين أيادي التلاميذ يساعدهم في دراستهم ويمكّنهم من النجاح.

نتقدم بالشكر الجزيل للأستاذ لاغا احسن مدير عام الديوان الوطني للمطبوعات المدرسية على اهتمامه ورعايته لإنجاز هذا الكتاب.نشكر كذلك السيد قايدي محمد الصادق مفتش التربية والتكوين بمساهمته القيمة في هذا الكتاب.

نتقدم بتشكراتنا الخاصة لكل الزملاء الأساتذة والمفتشين الذين يبدون اقتراحاتهم وانتقاداتهم.

المؤلفون

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

هيكلة كل وحدة



مكتسباتك القبلية

- المعارف المتحصّل عليها في السنتين الأولى والثانية ثانوي لفهم المواضيع المطروحة.



مدخل الوحدة

- صورة لإثارة حب الاستطلاع عند التلميذ.
- تطرح الإشكالية والأهداف المسطرة وفق مخطط الوحدة.



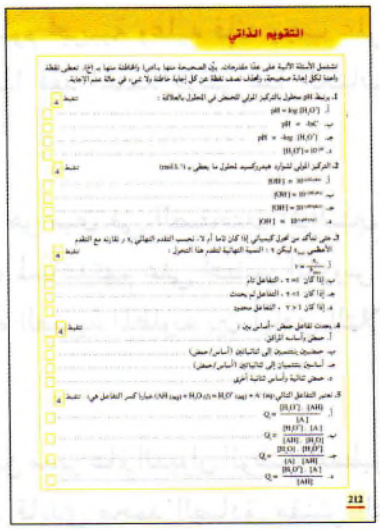
نشاطات تمهيدية

- نشاطات مصوّرة، توثيقية وتجريبية.
- تتناول وضعيات مشكلة ومواضيع الساعة.



الخلاصة

- لمساعدة التلميذ على تذكر المعارف المهمة.



التقويم الذاتي

- تقويم ذاتي يغطي كافة الوحدة.
- إذا تحصّل التلميذ على أقل من عدد معين من النقاط عليه المراجعة.



تمارين محلولة

- مفصلة، وتغطي جميع نقاط الوحدة.
- تسمح للتلميذ باكتساب منهجيات في حل التمارين.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



الدرس

- كلّ مفاهيم الدرس مقدَّمَة بيانيا.
- النتائج الأساسية تظهر بارزة بفضل خلفية باللّون الأخضر.



تجريب واستكشاف

- تسمح لاستثمار المعلومات المكتسبة من الأعمال التطبيقية.



تكنولوجيا الإعلام

- نشاطات وثائقية، للمحاكاة أو النمذجة متعلّقة بجميع أجزاء الوحدة.
- تحدّد جميع المواقع المستعملة زيادة على مراجع المواقع في أول الكتاب.



تمارين

- مصنّفة على حسب درجة صعوبتها من نجمة، لإثنين لثلاثة نجوم.
- تقدم جميع التقنيات التي يجب على التلميذ اكتسابها.



نحو البكالوريا

- مسائل شاملة ذات طابع ادماجي تحتاج إلماما بالدرس.

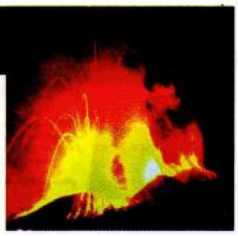


تصحيح

- تصحيح التقويم الذاتي وأجوبة لبعض التمارين.
- تسمح للتلميذ من الحصول على ثقة أحسن في تدرّجه.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الفهرس



الوحدة 1

تطور كميات المتفاعلات والنواتج خلال تحول كيميائي في محلول مائي

مكتسباتك القبلية 10

مدخل الوحدة 11

نشاطات تمهيدية 12

الدرس

1. المدة المستغرقة في تحول جملة كيميائية 18

1.1. التحولات السريعة 18

2.1. التحولات البطيئة 18

3.1. التحول الكيميائي البطيء جدا 19

2. المتابعة الزمنية لتحول كيميائي 20

1.2. متابعة تحول كيميائي عن طريق قياس الناقلية 20

2.2. متابعة تطور جملة كيميائية عن طريق المعايرة 22

3.2. سرعة التفاعل 24

4.2. زمن نصف التفاعل 26

3. العوامل الحركية 27

1.3. درجة الحرارة 28

2.3. التركيز الابتدائي للمتفاعل 28

3.3. التفسير المجهري 29

4.3. الوساطة 30

4. أهمية العوامل الحركية 32

1.4. تأثير التركيز المولي للمتفاعلات 32

2.4. تأثير درجة الحرارة 32

3.4. أهمية الوسيط 33

تجريب واستكشاف 34

تكنولوجيا الإعلام 38

الخلاصة 40

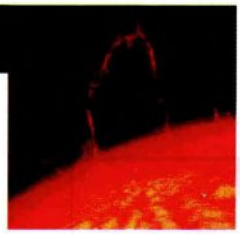
التقويم الذاتي 42

تمارين محلولة 44

تمارين 48

نحو البكالوريا 58

تصحيح 64



الوحدة 2

التحولات النووية

مكتسباتك القبلية 66

مدخل الوحدة 67

نشاطات تمهيدية 68

الدرس

1. البنية النووية 72

1.1. النموذج النووي 72

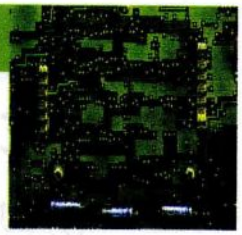
2.1. النظائر 73

3.1. القوة النووية القوية 73

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2. النشاط الاشعاعي 74
1.2. الاستقرار النووي 74
2.2. الخواص المؤينة وكشف الاشعاعات 75
3.2. نوع التفكك α، β، γ 75
3. التناقص الاشعاعي 78
1.3. الطابع العشوائي للتناقص الاشعاعي ... 78
2.3. البكريل كوحدة قياس النشاط الاشعاعي (Bq) 78
3.3. نصف العمر 79
4.3. قانون التناقص الاشعاعي 79
5.3. تطبيق الاشعاع للتأريخ 80
4. التفاعلات النووية 81
1.4. التفاعلات التلقائية والتفاعلات المفتعلة ... 81
2.4. المظهر الطاقوي للتفاعلات النووية 82
5. الانشطار والاندماج 84
1.5. طاقة الربط لكل نوية 84
2.5. الانشطار 85
3.5. الاندماج 88
تجريب واستكشاف 90
تكنولوجيا الإعلام 92
الخلاصة 94
التقويم الذاتي 96
تمارين محلولة 98
تمارين 102
نحو البكالوريا 114
تصحيح 122

الوحدة 3



دراسة ظواهر كهربائية

مكتسباتك القبلية 124
مدخل الوحدة 125
نشاطات تمهيدية 126
الدرس
1. المكثفات وثنائي القطب RC 132
1.1. حصائص المكثفة 132
2.1. شحن وتفريغ مكثفة 136
3.1. تطور التوتر الكهربائي بين طرفي مكثفة .. 137
4.1. الطاقة المخزنة في مكثفة 141
2. الوشائع وثنائي القطب RL 143
1.2. وصف الوشيعة وتصرفها في جزء من دارة .. 143
2.2. تطورشدة التيار الكهربائي المار في وشيعة تحريضية 144
3. الطاقة المخزنة في وشيعة 149
تجريب واستكشاف 150
تكنولوجيا الإعلام 152
الخلاصة 154
التقويم الذاتي 156
تمارين محلولة 158
تمارين 160
نحو البكالوريا 168
تصحيح 174

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



الوحدة 4

تطور حالة جملة كيميائية خلال تحول كيميائي نحو حالة التوازن

مكتسباتك القبلية 176

مدخل الوحدة 177

نشاطات تمهيدية 178

الدرس

1. pH محلول مائي 184

1.1. تعريف الـ pH والخاصية المميزة له 184

2.1. طرق تعيين pH محلول مائي 185

2. محلول حمضي ومحلول أساسي 185

1.2. حمض قوي، حمض ضعيف 185

2.2. أساس قوي، أساس ضعيف 186

3. تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن 187

1.3. مقارنة التقدم النهائي والتقدم الأعظمي ... 187

2.3. مفهوم حالة التوازن 189

3.3. تأثير الحالة الابتدائية للجملة على حالة التوازن 193

4.3. حالة التوازن الديناميكي لجملة كيميائية .. 196

4. التحولات حمض أساس 196

1.4. المحاليل المائية 196

2.4. ثوابت الحموضة K_a و pK_a للثنائيات 198

3.4. تطبيق على الكاشف الملون 200

4.4. المعايرة pH مترية 201

تجريب واستكشاف 204

تكنولوجيا الإعلام 208

الخلاصة 210

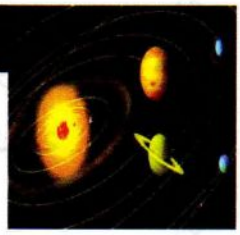
التقويم الذاتي 212

تمارين محلولة 214

تمارين 218

نحو البكالوريا 228

تصحيح 232



الوحدة 5

تطور جملة ميكانيكية

مكتسباتك القبلية 234

مدخل الوحدة 235

نشاطات تمهيدية 236

الدرس

1. مقاربة تاريخية لميكانيك نيوتن 242

1.1. شيء من التاريخ 242

2.1. بعض المفاهيم الأساسية 244

3.1. القوانين الثلاثة لنيوتن ومفهوم التسارع ... 245

2. شرح حركة كوكب أو قمر اصطناعي 249

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1.2. خواص الحركة الدائرية المنتظمة 249
2.2. الحركة الدائرية المنتظمة للكواكب والأقمار الاصطناعية 250
3.2. قوانين كبلر 252
3. دراسة حركة السقوط الشاقولي لجسم صلب في الهواء 254
1.3. دراسة حركة السقوط الحقيقي لجسم صلب في الهواء 254
2.3. دراسة حركة السقوط الحر 257
4. تطبيقات 260
1.4. تطبيق القانون الثاني لنيوتن 260
2.4. تطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة 264
5. حدود ميكانيك نيوتن 265
1.5. النسبية من غاليلي إلى أينشتاين 265
2.5. التطور الكمي 266
3.5. النتائج 267
تجريب واستكشاف 268
تكنولوجيا الإعلام 270
الخلاصة 272
التقويم الذاتي 274
تمارين محلولة 276
تمارين 282
نحو البكالوريا 294
تصحيح 304
معجم 306
جدول النظائر 314
الجدول الدوري 319

مراجع المواقع الإلكترونية (Webographie)

http://fr.wikipedia.org/wiki/Terminale_scientifique
http://gwenaelm.free.fr/Physique/Cadre/index_spe.html
http://homepage.mac.com/chaurand/prof/PhysiqueTS.html
http://montblancsciences.free.fr/terms/terms0.htm
http://pedagogie.ac-toulouse.fr/sc_phy/phy0.htm
http://physagreg.ifrance.com/
http://sujetsdephysique.free.fr/terminale_s_tp.html
http://thedoc777.free.fr/pageterm2.htm
http://webetab.ac-bordeaux.fr/Pedagogie/Physique/site/lycee/term/c_phys_ts.htm
http://ww2.ac-poitiers.fr/sc_phys
http://www.ac-grenoble.fr/disciplines/spc/
http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/Physique/Nouvprog/term_S/docs-TS/docs_TS.htm
http://www.cea.fr/jeunes/themes
http://www.edumedia-sciences.com
http://www.explorelearning.com
http://www.le-precepteur.net/terminale/physique/0/
http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/index_fichiers/animflash.html
http://www2.educnet.education.fr/sections/phy/pratiques/lycee/lgt/terminale_s

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

• يسمح التقدم x لتفاعل كيميائي (مقدرا بـ mol) بمتابعة تطور التحول الكيميائي.
خلال تفاعل تام، التقدم الأعظمي x_{max} يوافق الاختفاء الكلي للمتفاعل المحد.

• إنشاء جدول التقدم

	التقدم	المتفاعلات		النواتج	
		aA +	bB →	cC +	dD
الحالة الابتدائية	0	$n_i(A)$	$n_i(B)$	0	0
الحالة الانتقالية	x	$n_i(A) - ax$	$n_i(B) - bx$	cx	dx
الحالة النهائية	x_{max}	$n_i(A) - ax_{max}$	$n_i(B) - bx_{max}$	cx_{max}	dx_{max}

• الثنائية مرجع/مؤكسد

تفاعل الأكسدة والإرجاع هو تفاعل يحدث بين المؤكسد للثنائية (Ox_1/Red_1) والمرجع لثنائية أخرى (Ox_2/Red_2) ويتم فيه انتقال الإلكترونات من المرجع إلى المؤكسد.

$$(Red_1 \rightarrow Ox_1 + n_1\, e^-) \times n_2$$

$$(Ox_2 + n_2\, e^- \rightarrow Red_2) \times n_1$$

$$n_2\, Red_1 + n_1\, Ox_2 \rightarrow n_2\, Ox_1 + n_1\, Red_2$$

• الناقلية الكهربائية

$$G = \frac{I}{U} = \sigma \frac{S}{\ell}$$

Siemens ← G ; I ← A ; U ← V ; σ ← $S.m^{-1}$; S ← m^2 ; ℓ ← m

$$\sigma = (\lambda_{M^+} + \lambda_{X^-})\, C$$

σ ← $S.m^2.mol^{-1}$; C ← $mol.m^{-3}$

• المعايرة

- معايرة نوع كيميائي في محلول مائي هو تعيين تركيزه المولي في هذا المحلول.
- في عملية المعايرة وعند التكافؤ، المتفاعل المعايَر والمتفاعل المعايِر يتفاعلان كليا.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الوحدة 1

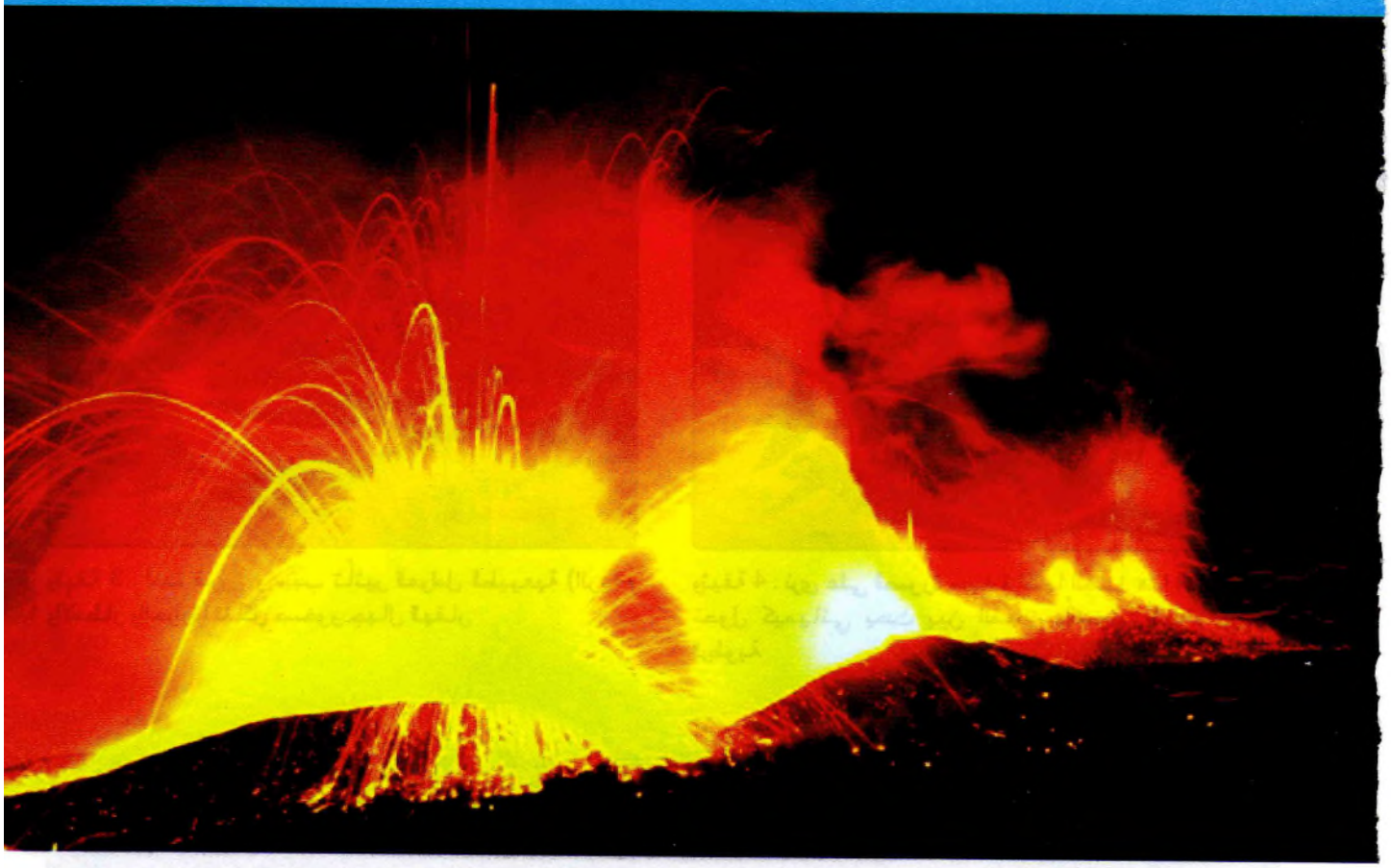
تطور كميات المتفاعلات والنواتج خلال تحول كيميائي في محلول مائي

يرافق النشاط البركاني عدة تحولات فيزيائية وكيميائية منها البطيئة ومنها السريعة.

ماهي العوامل الحركية التي تؤثر في تطور كميات المادة خلال تحول كيميائي ؟

تتعلمون في هذه الوحدة

- كيفية التمييز بين التحولات الكيميائية السريعة والتحولات الكيميائية البطيئة؛
- مفهوم السرعة الحجمية للتفاعل وتوظيفه؛
- مفهوم زمن نصف التفاعل وأهميته؛
- كيفية اختيار العوامل الحركية لتسريع تحول كيميائي؛
- التفسير المجهري لتأثير العوامل الحركية؛
- أهمية الوسيط.



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاطات تمهيدية

نشاط 1 : المدة الزمنية للتحولات الكيميائية



وثيقة 1 : ينتشر الحريق في هذا المنزل وما جاوره بواسطة أكسجين الهواء .



وثيقة 2 : خلال الأعياد والمناسبات تستعمل الألعاب النارية ذات الألوان المختلفة. فالتحولات الكيميائة المرافقة هي تحولات أكسدة إرجاعية.



وثيقة 3 : لمدة قرونٍ وبسبب تأثير العوامل الطبيعية (الرياح والامطار والحرارة) تتاكل صخور جبال الهقار.

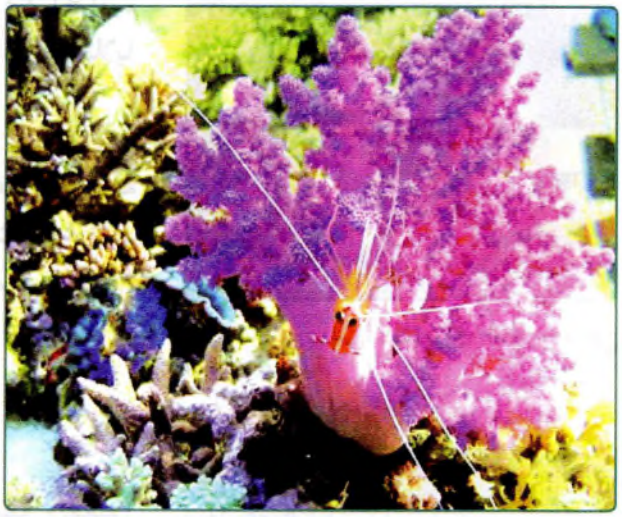


وثيقة 4 : نرى على الصورة سيارة أكلها الصدأ. هذا التآكل هو تحول كيميائي يحث بين المعدن وأكسجين الهواء بوجود الرطوبة.

• هل تستغرق كل التحولات الكيميائية الحادثة نفس المدة ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاط 2 : العوامل الحركية



وثيقة 5 : تشكل المرجان ناتج عن تحولات كيميائية تتأثر بدرجة الحرارة. دراسة الشعب المرجانية تسمح بمتابعة الطقس.



وثيقة 6 : في الحياة اليومية تحفظ المواد الغذائية في الثلاجة لبعض الوقت لكي تبقى صالحة للإستهلاك .



وثيقة 7 : كلما كان عدد السيارات كبيرا والمساحة المتوفرة صغيرة يزداد إحتمال التصادم، وفي وسط تفاعلي، تزايد عدد الافراد الكيميائية يرفع من عدد الإصطدامات الفعالة التي تؤدي إلى نواتج.



وثيقة 8 : نضيف كمية من خميرة الروبة (Présure) إلى الحليب وبالتسخين نحصل على رائب في مدة قصيرة.

• ما هي العوامل الحركية التي تتحكم في سرعة تحول كيميائي ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاطات تمهيدية

نشاط 3 : دور المطهرات

المطهرات منتوجات كيميائية تستعمل في تطهير الجراح من الجراثيم والتعفن وتمنع تكاثرها من خلال تحولات كيميائية بينها وبين الخلايا المريضة للجسم.

في القديم استعمل المصريون " العسل" كمطهر وبعد الأعمال الجليلة لباستور (Pasteur) ظهرت مطهرات تساعد على منع إنتشار الجراثيم منها. الماء الأكسجيني، محلول برمنغنات البوتاسيوم، ماء جافيل، محلول الفينول، الفورمول (الميثانال)، حمض السالسيليك (وثيقة 9).



وثيقة 9 : بعض المطهرات المتداولة في الحياة اليومية.

1. استعمالات المطهرات :

إن استعمال المحلول المطهر يتعلق بحالة الجرح (مدى عمقه وتعفنه) لذلك صنّفت إلى عائلات. الجدول المقابل (وثيقة 10) يبيّن هذا التصنيف للمطهرات المستعملة خارجيا.

مجال الإستعمال	المطهر	العائلة
جراح عميقة وحروق	الليجول Lugol	الأنواع اليودية
غسل الجراح والأغشية	ماء جافيل، ماء داكن	الأنواع الكلورية
جراح نازفة	ماء أكسجيني	الأنواع البيروكسيدية
جراح غير عميقة	كحول 70° أو 90°	الأنواع الكحولية
جراح جلدية سطحية	إيوزين	الملونات

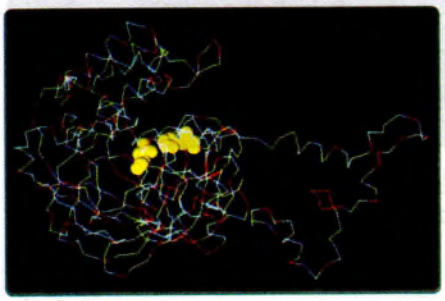
وثيقة 10 : جدول تصنيف المطهرات.

2. دور الأنزيم في العملية التطهيرية :

• يمكن ملاحظة أن من بين المطهرات المذكورة جسم الكائن الحي يصطنعها بنفسه من أجل محاربة الجزيئات الدخيلة للجراثيم : الخلايا الماكروفاجية تحتوي على جملة أنزيمية بإمكانها تحويل O_2 إلى H_2O_2 أو تحويل Cl^- إلى ClO^- أو تحويل الأمين المتواجد في الدم إلى كلور الأمين.

من جهة أخرى إذا كانت تراكيز H_2O_2 ، ClO^- ، كلور الأمين خارج المجال العادي في الجسم فإن هذا الأخير بواسطة جملة معقدة من الأنزيمات يتدخل لمراقبة هذه التراكيز فمثلا يحول H_2O_2 إلى ماء أو يحفز تفكيكه (إنزيم الكاتالاز).

• إذا حدث خلل في جسم الإنسان أي أن الأنزيمات الذاتية له لا تؤدي وظيفتها الضرورية. تستعمل المطهرات لتكملة هذه الوظيفة المتمثلة في القضاء على الجراثيم.



وثيقة 11 : الكتلاز المتواجدة في الدم تحفز تفكك الماء الاكسجيني.

• كيف تتصرف الأنزيمات في جسم الكائن الحي وهل يمكن تعويضها بالمطهرات ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

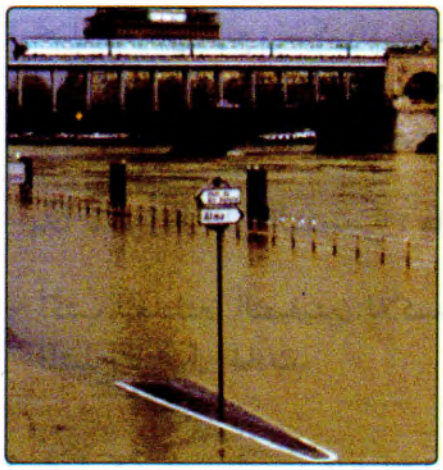
نشاط 4 : الإحتباس الحراري

كنتيجة لظاهرة الإحتباس الحراري فإن درجة حرارة الكرة الأرضية ترتفع من 2 إلى 5 درجة إلى غاية سنة 2100.

يترتب على ذلك إلى جانب التغيرات البيئية تغيرات إجتماعية، صحية، إقتصادية...

سنذكر تلك التغيرات التي لها علاقة بالتحوّلات الكيميائية.

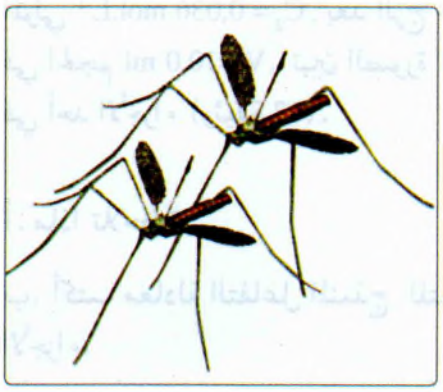
1. نظرا لارتفاع درجة الحرارة تذوب الجبال الجليدية ليصعد مستوى الماء في البحار والمحيطات بـ 50 cm فتنتج عن ذلك فيضانات تجتاح المدن الساحلية.



وثيقة 12 : فيضانات بسبب صعود مستوى المياه.

تحدث حينئذ تحولات كيميائية (بسبب وجود الماء) غير منتظرة يصعب التحكم فيها.

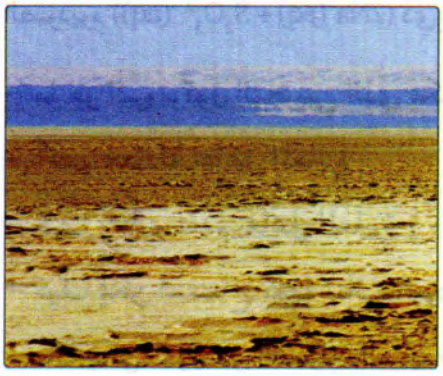
2. إرتفاع درجة الحرارة يؤثر على التحولات الكيميائية التي تتحكم في النمو الطبيعي للأشجار، النباتات، الخضر والفواكه مما يؤدي إلى تغير نكهتها ورائحتها (النخيل الذي ينمو في ورقلة سينمو في سطيف !).



وثيقة 13 : الحشرات التي تحمل معها جراثيم.

3. الحشرات التي تعيش في المناطق الصحراوية ستهاجر إلى مناطق أقل حرارة أي إلى الشمال لتحمل معها جراثيم وأوبئة تحتاج إلى علاج جديد من خلال تحولات كيميائية جديدة.

4. إرتفاع درجة الحرارة يساعد على حدوث التحولات الكيميائية الناشرة للحرارة وخاصة على مستوى التربة والمياه.



وثيقة 14 : إرتفاع درجة الحرارة يسبب الجفاف.

5. من أجل مقاومة الحرارة يتطلب إنتاج ملابس جديدة إنطلاقا من تحولات كيميائية لأنواع جديدة قصد الإرتشاح.

يمكن القول إن ارتفاع درجة الحرارة يشكل خطرا على المحيط وعلى الكائن الحي إذا تواصلت ظاهرة الإحتباس الحراري.

- **ما هو دور درجة الحرارة في تطور حالة جملة كيميائية ؟**

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاطات تمهيدية

نشاط 5 : متابعة تحول كيميائي .



وثيقة 15 : الجملة في حالتها الابتدائية.

1. تحول كيميائي سريع : نسكب تدريجيا محلولا من برمنغنات البوتاسيوم على محلول من كبريتات الحديد (II) المحمض. نلاحظ أن اللون البنفسجي لمحلول البرمنغنات يزول عند لحظة مزج المحلولين مباشرة (وثيقة 16).

- بماذا تفسر زوال اللون البنفسجي ؟ هل هو آني أم تدريجي ؟

- أكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع ثم معادلة التفاعل المنمذج للتحول الحادث.



وثيقة 16 : التغير في اللون الملاحظ ناتج عن التفاعل بين الشوارد $MnO_4^-(aq)$ و$Fe^{2+}(aq)$.

2. تحول كيميائي بطيء : نمزج 100,0 ml من محلول يود البوتاسيوم $(K^+(aq)+ I^-(aq))$ تركيزه المولي $C_1 = 0.40\ mol.L^{-1}$ مع 100.0 ml من محلول بيروكسوديكبريتات البوتاسيوم $(2K^+(aq) + S_2O_8^{2-}(aq))$ تركيزه المولي $C_2 = 0,036\ mol.L^{-1}$. بعد الرج نجزأ المزيج إلى 10 أجزاء متماثلة في الحجم $V = 10,0\ ml$. تبين الصورة تطور اللون في الوسط التفاعلي في أحد الأجزاء (وثيقة 17).

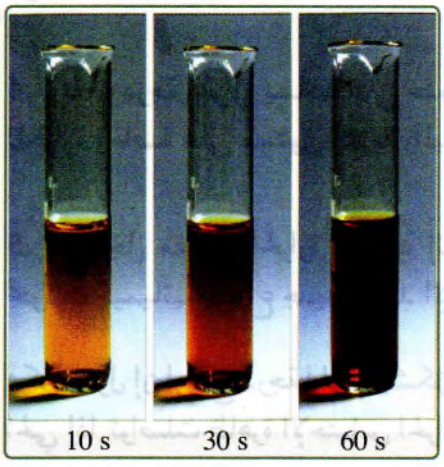
أ. ماذا تلاحظ؟

ب. أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث في أحد الأجزاء.

ج. كيف يظهر عمليا تطور الجملة الكيميائية ؟

د. نعاير ثنائي اليود المتشكل عند اللحظة t بواسطة محلول تيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+(aq) + S_2O_3^{2-}(aq))$ ذي التركيز المولي $C_3 = 0.02\ mol.L^{-1}$.

- ما هو البروتوكول التجريبي الذي يمكن إتباعه ؟
- أكتب معادلة تفاعل المعايرة
- كيف يتطور تقدم تفاعل المعايرة ؟
- كيف يمكن استنتاج كمية ثنائي اليود ؟
- ماذا يمكن القول عن التحولين السابقين من حيث المدة المستغرقة ؟ وهل يمكن متابعة تطورهما بالعين المجردة ؟



وثيقة 17 : تطور اللون في الوسط التفاعلي في أحد الأجزاء.

• كيف نميز بين التحولات الكيميائية ؟

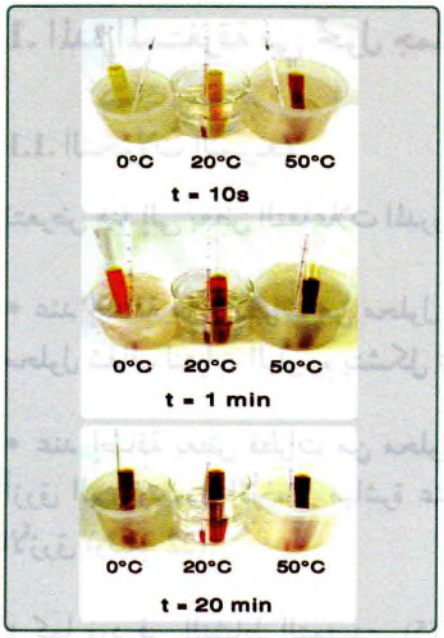
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاط 6 : تأثير العوامل الحركية

نريد دراسة التفاعل المنمذج لتحول الجملة الكيميائية : الماء الأكسجيني H_2O_2 ومحلول يود البوتاسيوم $(K^+(aq) + I^-(aq))$ في شروط تجريبية مختلفة.

1. تأثير درجة الحرارة : نأخذ ثلاثة (03) بياشر : نضع في الأول قطعا من الجليد المكدس، وفي الثاني ماء باردا، وفي الثالث ماء ساخنا. نضع في كل بيشر أنبوبي اختبار، الأول يحتوي على 10 ml من H_2O_2 المحمض تركيزه المولي $0,06\ mol.L^{-1}$ والثاني يحتوي على 5 mL من محلول يود البوتاسيوم تركيزه المولي $0.4\ mol.L^{-1}$. عند اللحظة $t = 0$ (لحظة تشغيل الكرونومتر) نمزج محتوى الأنبوبين في كل بيشر (وثيقة 18).

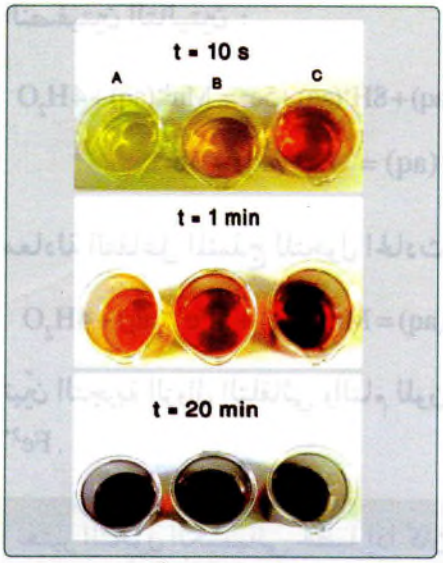
- كيف يمكن تفسير السلوك الكيميائي المختلف للجمل الكيميائية الثلاثة؟



وثيقة 18 : سرعة التفاعل تزداد مع زيادة درجة الحرارة

2. تأثير التركيز المولي للمتفاعلات : نحضر 03 بياشر يحتوي كل منها على 15 mL من الماء الأكسجيني المحمض تركيزه المولي $0.06\ mol.L^{-1}$. نأخذ 03 بياشر أخرى يرمز لها A، B، C، ونضع فيها على الترتيب 30 mL، 15 mL، 5 mL من محلول يود البوتاسيوم تركيزه المولي $0.4\ mol.L^{-1}$. نكمل بواسطة الماء المقطر محتوى كل بيشر إلى 50 ml. عند اللحظة $t = 0$ (لحظة تشغيل الكرونومتر) نسكب 15 mL من الماء الأكسجيني المحمض والمحضر مسبقا في A، B، C. بعد الرج نتابع تطور الوسط التفاعلي في A، B، C بدلالة الزمن t (وثيقة 19).

- كيف نفسر الاختلافات المظهرية خلال تطور الجملة المدروسة في البياشر A، B، C ؟ ولماذا لها نفس المظهر عند نهاية التطور؟

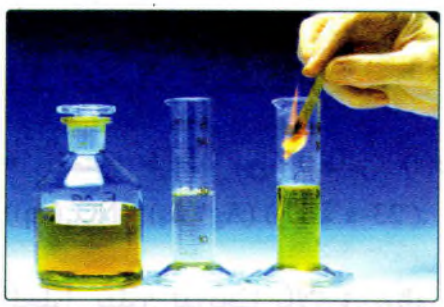


وثيقة 19 : يكون التفاعل أسرع كلما كان التركيز المولي أكبر.

3. تأثير الوسيط : نأخذ وعاءين مدرجين : نضع في الأول 50 mL من الماء الأكسجيني، وفي الثاني 30 mL من الماء الاكسجيني. نسكب في الأول 1.0 mL من محلول كلور الحديد III الممدد، وفي الثاني 5.0 mL من نفس المحلول الذي تركيزه المولي $0,2\ mol.L^{-1}$. نلاحظ انطلاق غاز غزارته تكون أكبر في الوعاء الثاني منها في الأول. يمكن التعرف على الغاز المنطلق بواسطة عود ثقاب مشتعل حيث يساعده على الاشتعال (وثيقة 20).

- ما هي طبيعة الغاز المنطلق في كل وعاء ؟

- ماهو دور الشوارد Fe^{3+} خلال هذا التحول ؟


وثيقة 20 : توهج عود ثقاب داخل وعاء مدرج.

• كيف تؤثر العوامل الحركية على التحولات الكيميائية ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. المدة المستغرقة في تحول جملة كيميائية

1.1. التحولات السريعة

نتعرض هنا إلى بعض التفاعلات المدروسة سابقا من بينها :

• عند إضافة بضع قطرات من محلول كرومات البوتاسيوم الأصفر إلى محلول شفاف لنترات الباريوم يتشكل تلقائيا راسب أصفر (وثيقة 21).

• عند إضافة بعض قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم لمحلول أزرق البروموتيمول الأخضر مباشرة عند تلامس المحلولين يظهر اللون الأزرق (وثيقة 22).

• كما ورد في النشاط التمهيدي (5) زوال اللون البنفسجي يدل على حدوث تفاعل كيميائي بين الشوارد MnO_4^- والشوارد Fe^{2+} وفق المعادلتين النصفيتين التاليتين :

$$(MnO_4^-(aq)/Mn^{2+}(aq)) : MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- = Mn^{2+}(aq) + 4H_2O$$

$$(Fe^{3+}(aq)/Fe^{2+}(aq)) \quad : \quad Fe^{2+}(aq) = Fe^{3+}(aq) + 1e^-$$

معادلة التفاعل المنمذج للتحول الحادث (تفاعل الأكسدة والإرجاع) :

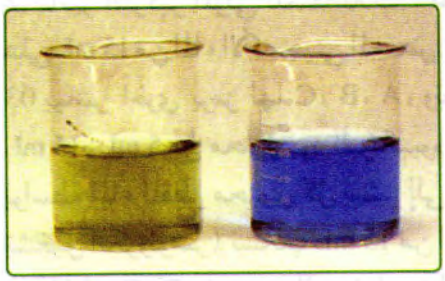
$$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5Fe^{2+}(aq) = Mn^{2+}(aq) + 5Fe^{3+}(aq) + 4H_2O$$

تبيّن التجربة الزوال التلقائي والتام للون الشوارد MnO_4^- بواسطة الشوارد Fe^{2+}.

نعتبر التحول الكيميائي لحظيا إذا كان تطور الجملة الكيميائية سريعا حيث يبلغ التحول نهايته مباشرة بعد تلامس المتفاعلات.



وثيقة 21 : تشكل راسب أصفر من كرومات الباريوم.

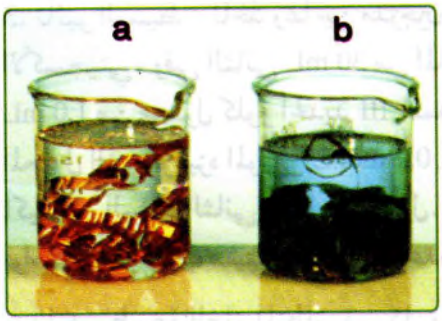


وثيقة 22 : يتغير لون الكاشف (أزرق البروموتيمول) من الاخضر إلى الأزرق في وسط اساسي.

2.1. التحولات البطيئة

• نغمس خراطة من النحاس Cu(s) في محلول نترات الفضة $(Ag^+(aq) + NO_3^-(aq))$ (وثيقة 23-a).

المحلول يتلون تدريجيا بالأزرق ويظهر راسب أسود على سطح خراطة النحاس (وثيقة 23-b). يستغرق هذا التحول عدة دقائق.



وثيقة 23 : a) يحتوي بيشر على محلول نترات الفضة وخراطة النحاس.

b) تلون المحلول بالأزرق وظهور راسب أسود على سطح الخراطة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

• نضع حبيبات التوتياء (الزنك) في محلول كبريتات النحاس (أزرق اللون)، نلاحظ بعد بضعة دقائق اختفاء اللون الأزرق وتشكل راسب من النحاس. (وثيقة 24)

• في النشاط التمهيدي (5) نلاحظ تزايد الشدة اللونية نتيجة لتزايد كمية ثنائي اليود I_2 المتشكل وفقا للمعادلتين النصفيتين التاليتين :

$$(I_2(aq)/I^-(aq)) \quad : \quad 2I^-(aq) = I_2(aq) + 2e^-$$

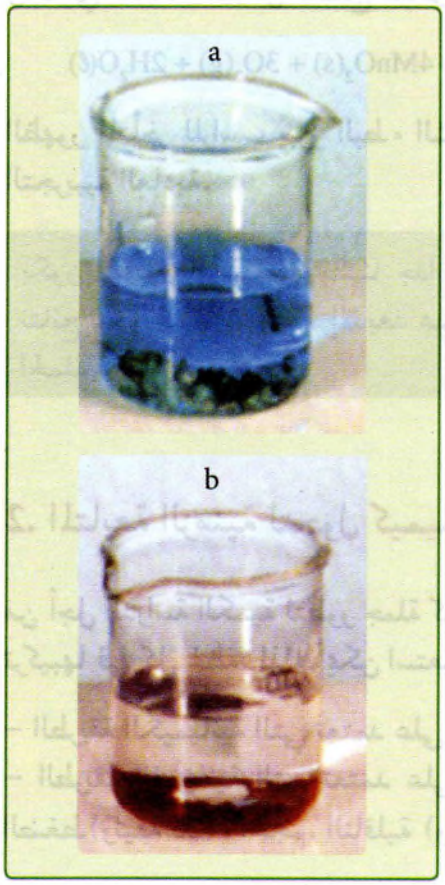
$$(S_2O_8^{2-}(aq)/SO_4^{2-}(aq)) : \quad S_2O_8^{2-}(aq) + 2e^- = 2\,SO_4^{2-}(aq)$$

معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي :

$$2I^-(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) = I_2(aq) + 2\,SO_4^{2-}(aq)$$

التطور التدريجي للون المزيج يبين أن التحول الكيميائي يستغرق عدة دقائق.

يكون التحول الكيميائي بطيئا إذا استغرق عدة ثواني، دقائق أو عدة ساعات.



وثيقة 24 : يحتوي بيشر على محلول كبريتات النحاس وحبيبات الزنك.
زوال اللون الأزرق بعد بضعة دقائق وترسب النحاس

3.1. التحول الكيميائي البطيء جدا

• نذيب بضع بلورات من برمنغنات البوتاسيوم في الماء المقطر ثم نضع المحلول في قارورة.

– بعد عدة أيام نلاحظ أن اللون البنفسجي للمحلول الناتج يبقى مستقرا دلالة على أن الشوارد MnO_4^- لم يحدث لها أي تحول (وثيقة 25-a) .

– بعد عدة أشهر نلاحظ تشكل راسب على جدران القارورة (وثيقة 25-b).

الراسب الأشقر المشاهد عبارة عن ثاني أكسيد المنغنيز MnO_2 الذي ينتج عن إرجاع الشوارد MnO_4^- وفق التفاعل ذي المعادلة :

$$MnO_4^-(aq) + 4\,H^+(aq) + 3e^- = MnO_2(s) + 2\,H_2O$$

المرجع الوحيد المتواجد في الوسط التفاعلي هو الماء الذي يتأكسد إلى ثنائي الأكسجين وفق التفاعل ذي المعادلة :

$$2H_2O(\ell) = O_2(aq) + 4\,H^+(aq) + 4e^-$$



وثيقة 25 : a) اللون البنفسجي يبقى مستقرا.
b) تشكل راسب على جدران القارورة بعد عدة أشهر.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

وبالتالي معادلة التفاعل المنمذج للتحول الملاحظ :

$$4\ MnO_4^-(aq) + 4H^+(aq) = 4MnO_2(s) + 3O_2(g) + 2H_2O(\ell)$$

الظهور المتأخر للراسب يبرز البطء الشديد لهذا التفاعل في الشروط التجريبية العادية.

يكون التحول الكيميائي بطيئا جدا (لا متناهي البطأ) إذا كانت نتائج تطورالجملة لا تلاحظ إلا بعد عدة أيام أو أشهر. نقول حينئذ أن الجملة عاطلة حركيا.



وثيقة 26 : تجهيز لقياس الضغط.

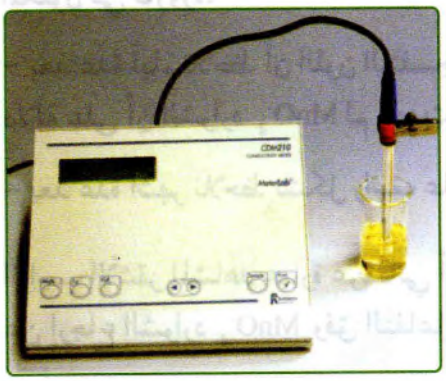
2. المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

من أجل الدراسة الكمية لتطور جملة كيميائية خلال الزمن يجب معرفة تركيبها في كل لحظة. لذلك يمكن استعمال عدة طرق :

- الطريقة الكيميائية التي تعتمد على المعايرة.
- الطريقة الفيزيائية التي تعتمد على قياس مقدار فيزيائي : مثل الضغط(وثيقة 26) ، الحجم، الناقلية (وثيقة 27) ، pH ...

1.2. متابعة تحول كيميائي عن طريق قياس الناقلية

نضيف إلى المزيج المتكون من الماء والإيثانول، 2-كلور 2- مثيل بروبان (2-Chloro-2-méthyl propane) $(CH_3)_3CCl$ والذي يمكن أن نرمز له RCl، نلاحظ أنه يحدث تفاعل الإماهة للنوع الكيميائي RCl وفق المعادلة التالية :



وثيقة 27 : جهاز قياس الناقلية.

$$RCl(aq) + H_2O(\ell) = ROH(aq) + H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

هذا التفاعل ينتج الشوارد $H^+(aq)$ والشوارد $Cl^-(aq)$ والتي تتحكم في قيمة الناقلية النوعية σ للمحلول (الوسط التفاعلي) .

- من أجل متابعة هذا التحول عن طريق قياس الناقلية نضع في بيشر 50 mL من مزيج يتألف من 30 mL من الماء و 20 mL من الإيثانول ثم نغمس في البيشر مسبار (Sonde) جهاز قياس الناقلية (وثيقة 27).

- نظيف 2.0 mL من RCl، نرج المزيج ثم نشغل الكرونومتر عند اللحظة $t = 0$. عند كل دقيقة نسجل قيمة الناقلية النوعية σ للمحلول، ثم نرسم البيان $\sigma = f(t)$ (وثيقة 28).

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

بعد معايرة الجهاز نقرأ مباشرة قيم الناقلية النوعية للمحلول. بما أن الشوارد H^+ و Cl^- هي الوحيدة المتواجدة في المحلول، لذا تعطى الناقلية النوعية له بالعلاقة :

$$\sigma(t) = \lambda_{H+}\,[H^+](t) + \lambda_{Cl^-}\,[Cl^-](t)$$

لنمثل جدول تقدم التفاعل.

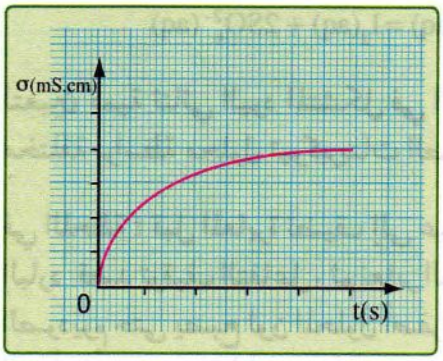
	$RCl(aq) + H_2O(\ell) = ROH(aq) + H^+(aq) + Cl^-(aq)$				
الحالة الابتدائية	n_0	بزيادة	0	0	0
الحالة الانتقالية	$n_0 - x(t)$	بزيادة	x(t)	x(t)	x(t)
الحالة النهائية	0	بزيادة	x_f	x_f	x_f

في الحالة النهائية $x_f = n_0$

من الجدول : $[H^+](t) = [Cl^-](t) = \dfrac{x(t)}{V}$

وبالتالي : $\sigma(t) = (\lambda_{H+} + \lambda_{Cl^-})\dfrac{x(t)}{V}$

لكن في مزيج من الماء والإيثانول تكون الناقليات النوعية المولية λ_{H+} و λ_{Cl^-} مجهولة، لذا لا يمكن حينئذ معرفة تقدم التفاعل x من العلاقة السابقة.



وثيقة 28 : تغيرات الناقلية النوعية σ بدلالة الزمن t .

يمكن قياس الناقلية النوعية σ لمزيج مماثل تم تحضيره قبل عدة أيام :
نعتبر أن التفاعل قد انتهى وأن التقدم النهائي $x_f = n_0$ فيكون :

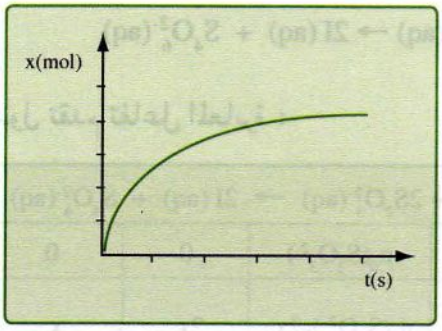
$$\sigma(t) = (\lambda_{H^+} + \lambda_{Cl^-})\frac{x(t)}{V} \quad \text{و} \quad \sigma_f = (\lambda_{H+} + \lambda_{Cl^-})\frac{n_0}{V}$$

وبقسمة العلاقتين طرف بطرف نحصل على :

$$\frac{\sigma(t)}{\sigma_f} = \frac{x(t)}{n_0}$$

$$x(t) = \frac{n_0}{\sigma_f}\,\sigma(t)$$

وعليه فإنه يمكن رسم المنحنى البياني $x = f(t)$ (وثيقة 29).



وثيقة 29 : تغيرات التقدم x بدلالة الزمن t .

إن قياس الناقلية النوعية σ لوسط تفاعلي يسمح بالمتابعة المستمرة لتقدم التفاعل خلال تطور الجملة الكيميائية.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

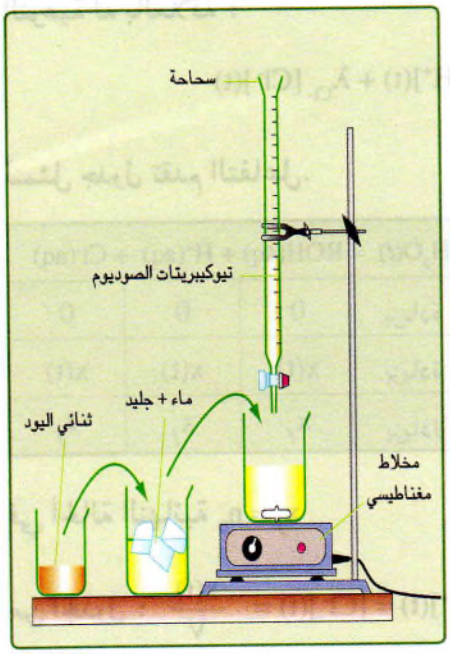
2.2. متابعة تطور جملة كيميائية عن طريق المعايرة

يبين النشاط التمهيدي (5) تغير اللون ببطء في البيشر فهو يدل على تحول بطيء. التفاعل المنمذج للتحول عبارة عن أكسدة إرجاعية تحدث بين شوارد اليود (مرجعة) وشوارد البيروكسوديكبريتات Peroxodisulfate (مؤكسدة) والذي معادلته الكيميائية :

$$2I^-(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) = I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$$

لتعيين كمية ثنائي اليود المتشكل في اللحظة t يتم معايرتها في أزمنة مختلفة بواسطة محلول تيوكبريتات الصوديوم ذي التركيز المولي C_3 :

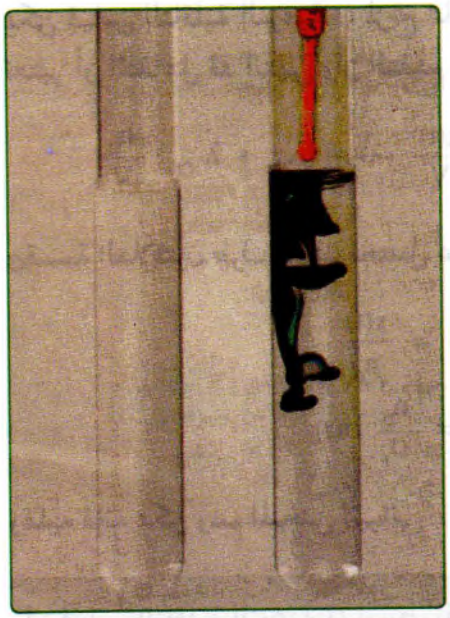
في اللحظة t قبل المعايرة نضيف إلى عينة من المحلول 50 mL من الماء البارد قصد توقيف التفاعل، ثم نعاير العينة بواسطة محلول تيوكبريتات الصوديوم حتى يصبح لون المحلول أصفرا لنضيف بضع قطرات من صمغ النشأ (أو بعض قطرات من محلول التيودان) حيث يصبح المحلول أزرقا. عند بلوغ التكافؤ يزول اللون الأزرق دلالة على اختفاء ثنائي اليود كليا، فنسجل قيمة الحجم V_E المضاف عند التكافؤ.



وثيقة 30 : طريقة مستعملة لمتابعة التطور الزمني بالمعايرة الحجمية.

الجدول التالي يوضح نتائج المعايرة :

t(min)	0	3	6	9	12	16	20	30	40	50	60
V_E(mL)	0,0	2,5	5,1	7,1	8,4	10,6	11,4	14,1	15,6	16,1	16,4



وثيقة 31 : إضافة بعض قطرات من ثنائي اليود لمحلول تيودان

معادلة التفاعل المنمذج للمعايرة :

$$I_2(aq) + 2S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow 2I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$$

جدول تقدم تفاعل المعايرة :

المعادلة	$I_2(aq) + 2S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow 2I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$			
الحالة الابتدائية	$n_0(I_2)$	$n_0(S_2O_3^{2-})$	0	0
الحالة النهائية عند التكافؤ ($x_f = x_E$)	$n_0(I_2) - x_E$	$n_0(S_2O_3^{2-}) - 2x_E$	$2x_E$	x_E

عند التكافؤ: $n_0(I_2) - x_E = 0$ و $n_0(S_2O_3^{2-}) - 2x_E = 0$

$$x_E = \frac{n_0(S_2O_3^{2-})}{2} = n_0(I_2)$$

$$n_0(I_2) = \frac{n_0(S_2O_3^{2-})}{2} = \frac{C_3 \cdot V_E}{2}$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

يمثل $n_0(I_2)$ كمية المادة لثنائي اليود المعاير في حجم 10 mL.

ليكن $n(I_2)$ كمية المادة لثنائي اليود المتشكل في وسط تفاعلي الذي حجمه V = 200 ml بحيث :

$$n(I_2) = \frac{200 \times n_0(I_2)}{10} = 20\, n_0(I_2) = 10\, n_0(S_2O_3^{2-})$$

فنتحصل حينئذ على الجدول التالي :

t(min)	0	3	6	9	12	16	20	30	40	50	60
$n(I_2)$(mmol)	0,0	0,5	1,0	1,4	1,7	2,1	2,3	2,8	3,1	3,2	3,3

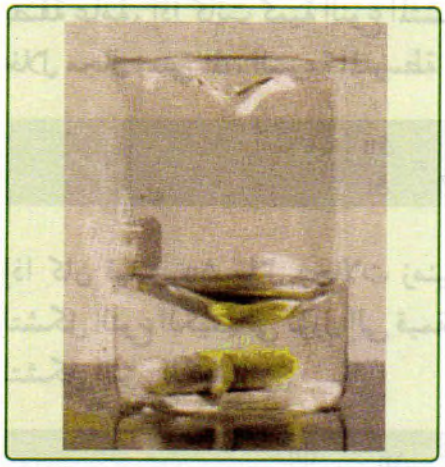


وثيقة 32 : قبل التكافؤ لونه المحلول أزرق عند إضافة صمغ النشأ.

- تعيين تقدم التفاعل x :

يمكن معرفة x إنطلاقا من معرفة كمية المادة لأحد النواتج أو معرفة كمية المادة لأحد المتفاعلات المتبقى عند اللحظة t، لتكن $n_0(I^-)$ و$n_0(S_2O_8^{2-})$ كميات المادة الابتدائية لشوارد اليود وشوارد بيروكسوديكبريتات الحاضرة في البيشر عند اللحظة t = 0 . لنمثل جدول التقدم للتفاعل المدروس :

المعادلة	$2I^-(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) = I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$			
الحالة الابتدائية	c_1v_1	c_2v_2	0	0
الحالة الإنتقالية	c_1v_1-2x	c_2v_2-x	x	2x



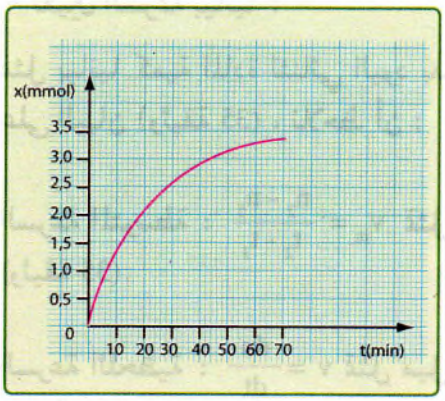
وثيقة 33 : عند التكافؤ إختفاء اللون الأزرق.

نلاحظ أن $x = n(I_2)$ حيث x يمثل تقدم التفاعل المدروس في اللحظة t و $n(I_2)$ كمية مادة ثنائي اليود المتشكل في هذه اللحظة.

يمكن حينئذ الحصول على الجدول التالي إنطلاقا من نتائج المعايرة :

t(min)	0	3	6	9	12	16	20	30	40	50	60
x(mmol)	0.0	0.5	1.0	1.4	1.7	2.1	2.3	2.8	3.1	3.2	3.3

وفي الأخير نرسم البيان x = f(t) (وثيقة 34)



وثيقة 34 : تغيرات التقدم x بدلالة الزمن t.

عملية المعايرة تمكن من المتابعة الزمنية لتطور جملة كيميائية.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

3.2. سرعة التفاعل

1.3.2. سرعة تشكل النوع الكيميائي

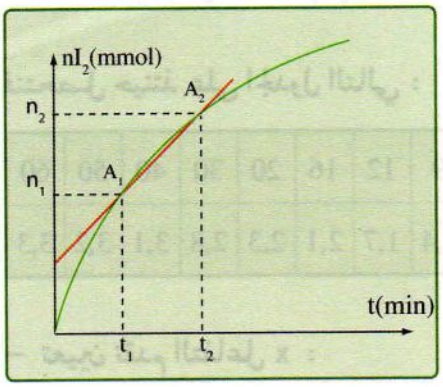
في النشاط التمهيدي (5)، التفاعل الكيميائي الحادث في البيشر هو :

$$2I^-(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) = I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$$

لتكن n_1 كمية المادة لثنائي اليود المتواجدة في المحلول عند اللحظة t_1 و n_2 كمية المادة لثنائي اليود عند اللحظة t_2، خلال المدة $(t_2 - t_1)$ يتشكل $(n_2 - n_1)$ مول من ثنائي اليود .

نعرف السرعة المتوسطة لتشكل ثنائي اليود بين اللحظتين t_1 و t_2 بـ :

$$v_m = \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$



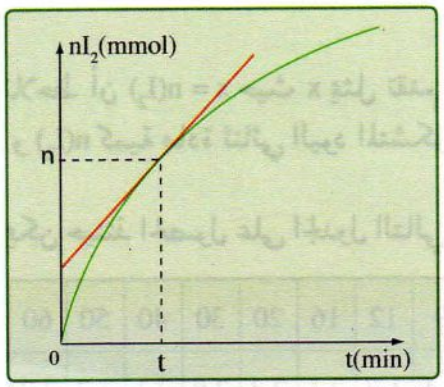
وثيقة 35 : تمثل السرعة المتوسطة ميل القطعة المستقيمة A_1A_2.

بصفة عامة، إذا كانت كمية النوع المتشكل خلال تفاعل تزداد بمقدار Δn خلال مجال زمني Δt، السرعة المتوسطة لتشكل النوع الكيميائي هي :

$$v_m = \frac{\Delta n}{\Delta t}$$

إذا كان قياس Δn خلال مجالات زمنية Δt صغيرة، السرعة المتوسطة لتشكل النوع الكيميائي تؤول إلى قيمة حدية v تدعى بالسرعة اللحظية لتشكل النوع الكيميائي:

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{dn}{dt}$$



وثيقة 36 : يمثل ميل المماس عند اللحظة t السرعة اللحظية لتشكل نوع كيميائي.

- تعيين السرعة بيانيا :

نمثل بيانيا كمية المادة لثنائي اليود بدلالة الزمن $n(I_2) = f(t)$ ونحصل على البيان (وثيقة 35) ، نلاحظ أن :

السرعة المتوسطة : $v_m = \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$ تمثل ميل القطعة المستقيمة A_1A_2 (وثيقة 35).

السرعة اللحظية : $v = \frac{dn}{dt}$ تمثل ميل المماس للمنحنى $n = f(t)$ عند اللحظة t (وثيقة 36).

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2.3.2. سرعة اختفاء نوع كيميائي

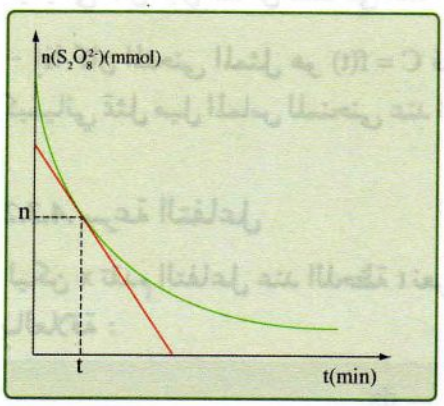
نعتبر التفاعل ذي المعادلة

$$2I^-(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) = I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$$

إذا كانت n_1 كمية المادة لـ $S_2O_8^{2-}$ المختفية في اللحظة t_1 و n_2 كمية المادة لـ $S_2O_8^{2-}$ المختفية في اللحظة t_2 ، خلال المدة الزمنية $(t_2 - t_1)$ تختفي $(n_2 - n_1)$ مول من $S_2O_8^{2-}$

تعرف السرعة المتوسطة لاختفاء $S_2O_8^{2-}$ بين اللحظتين t_1 و t_2 :

$$v_m = -\frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1} = -\frac{\Delta n}{\Delta t}$$



وثيقة 37 : تمثل السرعة اللحظية لاختفاء النوع الكيميائي ميل المماس عند اللحظة t.

والسرعة اللحظية لاختفاء النوع الكيميائي :

$$v = -\frac{dn}{dt} = \frac{|dn|}{dt}$$

تعني الإشارة السالبة أن كمية المادة للنوع الكيميائي تتناقص، بينما قيمة السرعة موجبة.

ملاحظة : تكون سرعة تشكل أو اختفاء نوع كيميائي دوما مقدارا موجبا.

3.3.2. السرعة الحجمية لتشكل أواختفاء نوع كيميائي

من أجل تفاعل $R_{(متفاعل)} \longrightarrow P_{(ناتج)}$، يحدث في وسط مائي حجمه V ،
نعرف السرعة الحجمية لتشكل P أو لاختفاء R كمايلي :

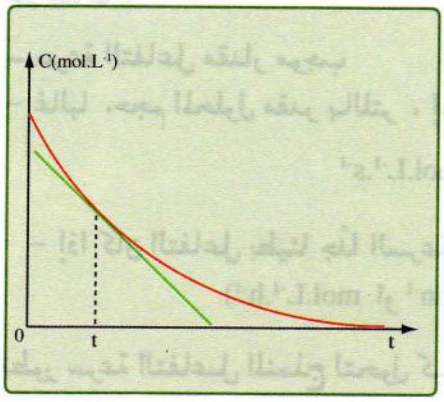
$v_P = \frac{1}{V}\frac{dn_P}{dt}$ تمثل سرعة التشكل في وحدة الحجم

$v_R = -\frac{1}{V}\frac{dn_R}{dt}$ تمثل سرعة الاختفاء في وحدة الحجم

وإذا كان حجم الوسط التفاعلي ثابتا (V = Cste) فإن :

$$v_p = \frac{1}{V}\frac{d([P].V)}{dt} = \frac{d[P]}{dt} \quad \text{لأن} \quad n_p = [P].V$$

$$v_R = -\frac{1}{V}\frac{d([R].V)}{dt} = -\frac{d[R]}{dt} \quad \text{لأن} \quad n_R = [R].V$$



وثيقة 38 : تمثل السرعة الحجمية لإختفاء نوع كيميائي ميل المماس عند اللحظة t.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ملاحظة :

- إذا كان المنحنى الممثل هو C = f(t) فإن السرعة الحجمية لاختفاء نوع كيميائي تمثل ميل المماس للمنحنى عند اللحظة t (وثيقة 38) .

- إذا كان المنحنى الممثل هو C = f(t) فإن السرعة الحجمية لتشكل نوع كيميائي تمثل ميل المماس للمنحنى عند اللحظة t (وثيقة 39) .

4.3.2. سرعة التفاعل

ليكن x تقدم التفاعل عند اللحظة t نعرف سرعة التفاعل عند اللحظة t بالعلاقة :

$$v = \frac{dx}{dt}$$

فهي تمثل ميل المماس للمنحنى x = f(t) عند اللحظة t (وثيقة 40) .

إذا كان التفاعل يحدث في وسط مائي حجمه V نعرف السرعة الحجمية للتفاعل بالعلاقة :

$$v = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$$

فهي تمثل سرعة التفاعل من أجل وحدة الحجم للوسط التفاعلي .

ملاحظات :

– سرعة التفاعل مقدار موجب

– غالبا ،حجم المحلول مقدر باللتر ، إذًا السرعة الحجمية v تقاس بـ :

$mol.L^{-1}.s^{-1}$

– إذا كان التفاعل بطيئا جدًا السرعة الحجمية للتفاعل تقاس بـ :

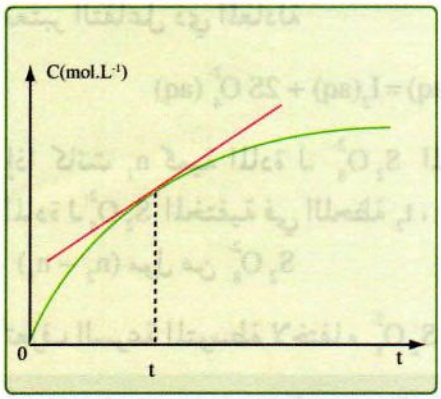
($mol.L^{-1}.min^{-1}$ أو $mol.L^{-1}.h^{-1}$)

تطور سرعة التفاعل المنمذج لتحول كيميائي

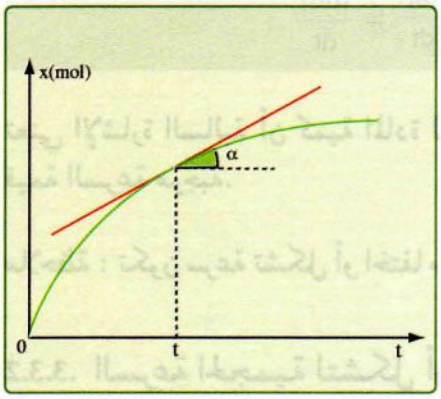
إن ميل المماس للمنحنى x = f(t) يتناقص من لحظة إلى أخرى وهذا يعني أن سرعة التفاعل تتناقص إلى غاية انعدامها عند نهاية التفاعل (وثيقة 41).

4.2. زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

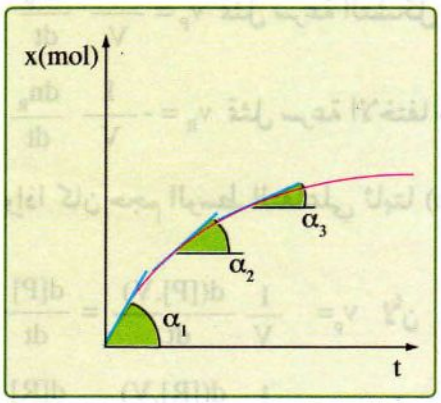
زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ يمثل المدة الضرورية لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي أي $x = \frac{x_f}{2}$



وثيقة 39 : تمثل السرعة الحجمية لتشكل نوع كيميائي ميل المماس عند اللحظة t.



وثيقة 40 : تطور السرعة الحجمية للتفاعل تتناسب طردا مع ميل المماس.



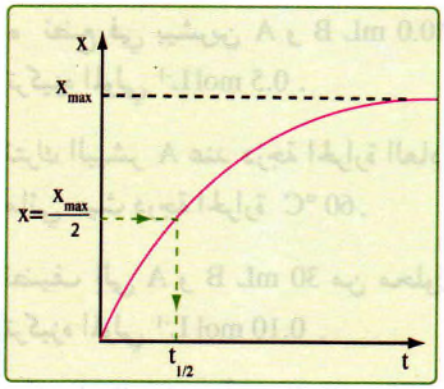
وثيقة 41 : تطور التحول الكيميائي يؤدي إلى التناقص في α وبالتالي في السرعة الحجمية.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

إذا كان التفاعل تاما فإن $x_f = x_{max}$ و بالتالي $t_{½}$ يمثل المدة الضرورية لاستهلاك نصف كمية المتفاعل المحد .

عند رسم البيان $x = f(t)$ نعين $x = \frac{x_f}{2}$ ثم نقرأ على محور الأزمنة قيمة $t_{½}$ الموافقة لذلك (وثيقة 42).

إن معرفة زمن نصف التفاعل يمكن من مقارنة تفاعلين من حيث السرعة وكذلك التحكم في التحول الكيميائي الموافق.



وثيقة 42 : تعيين زمن نصف التفاعل بيانيا.

3. العوامل الحركية (facteurs cinétiques)

لنحاول الإجابة على التساؤلات التالية :

أ. لماذا نحافظ على المأكولات في الثلاجة ؟

ب. لماذا يحضر الطعام بسرعة في آلة طهي خاصة (Cocotte minute)؟

ج. لماذا نضيف إلى جملة كيميائية ماءً وجليدا ؟

د. كيف يمكن تفسير بعض التفاعلات البيوكيميائية الحادثة بوجود أنزيمات ؟



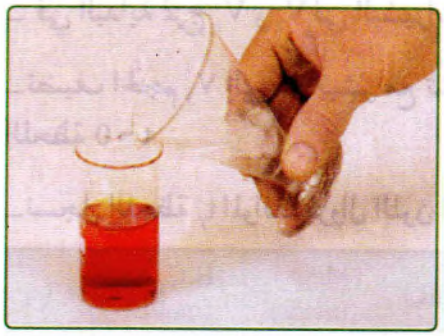
وثيقة 43 : الضغط العالي الموجود داخل آلة الطهي يسمح بضبط درجة حرارة الماء اكثرمن 100°C مما يسرّع في طهي الطعام.

التحليل :

أ. داخل جهاز التبريد، التفاعلات البيوكميائية التي تحدث للأطعمة تكون لها سرعة ضعيفة جدا بواسطة التبريد .

ب. يصل الضغط الداخلي في آلة الطهي (وثيقة 43) إلى 2 bar فتصل درجة غليان الماء إلى 112 °C بدلا من 100 °C، وبالتالي طهي الطعام يتطلب مدة أقصر مقارنة مع طريقة الطهي العادية (وثيقة 43).

ج. إضافة (ماء + جليد) (trempe) إلى جملة كيميائية يؤدي إلى توقيف التفاعل، حيث يكون تركيب الجملة نفسه كما لو كان عند درجة حرارة عالية (وثيقة 44).



وثيقة 44 : لتوقيف تفاعل كيميائي يمكن تمديد الوسط التفاعلي بزيادة ماء بارد.

د. يمكن تسريع بعض التفاعلات البيوكيميائية البطيئة جدا باستعمال أنواع كيميائية في الوسط التفاعلي البيوكيميائي وتسمى الوسائط :

- إفراز المعدة يساعد على تحليل البروتينات.
- الأنزيمات الناتجة عن الخميرة تساعد على تحضير الجبن (fromage).

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1.3. درجة الحرارة

• نضع في بيشرين A و B 10.0 mL من محلول حمض الاوكساليك تركيزه المولي $0.5\ mol\,L^{-1}$.

نترك البيشر A عند درجة الحرارة العادية، ثم نضع البيشر B في حمام مائي حيث درجة الحرارة 60 °C.

نضيف إلى A و B 30 mL من محلول برمنغنات البوتاسيوم المحمض تركيزه المولي $0.10\ mol\,L^{-1}$.

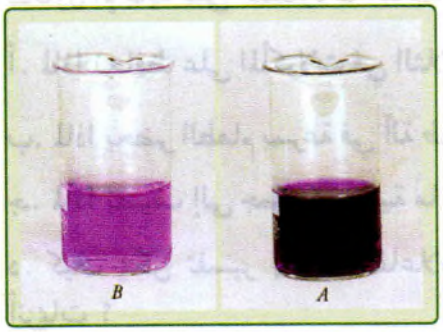
تبيّن هذه التجارب أن زوال اللون في B أسرع منه في A و هذا يعني أن سرعة التفاعل في البيشر B أكبر منها في البيشر A لأن درجة حرارة الجملة الكيميائية في B أكبر منها في A.

كذلك في النشاط التمهيدي (6) اللون المرافق لتشكل ثنائي اليود يكون أكثر شدة كلما ارتفعت درجة الحرارة.

يكون تطور جملة كيميائية أسرع كلما ارتفعت درجة الحرارة.



وثيقة 45 : درجة الحرارة المنخفضة ، توقف التفاعلات ، وتسمح بحفظ المأكولات لمدة أطول.



وثيقة 46 : زوال اللون في B أسرع منه في A .

2.3. التركيز الابتدائي للمتفاعل

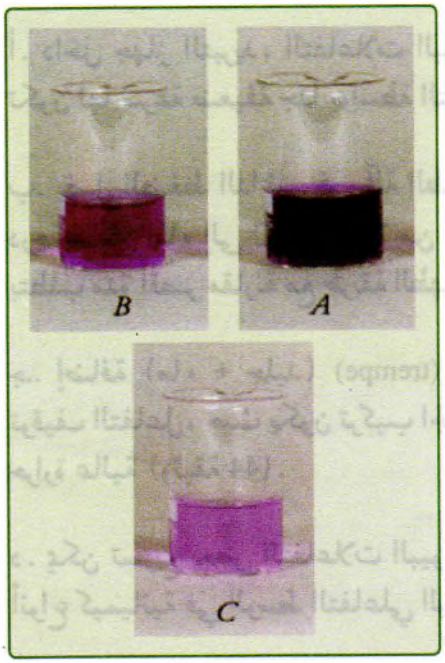
نستعمل محلولا من برمنغنات البوتاسيوم المحمض تركيزه المولي $C_1 = 2.10^{-3}\ mol\ L^{-1}$ ومحلولا من حمض الأكساليك تركيزه المولي $C_2 = 0.5\ mol\ L^{-1}$ من أجل تحضير 3 خلائط A ، B ، C لها نفس الحجم V.

لتكن V_3 ، V_2 ، V_1 حجوم محلول البرمنغنات، الماء و محلول حمض الأكساليك على الترتيب بحيث $V = V_1 + V_2 + V_3 = 20\ mL$.

ـ في البداية نمزج V_1 و V_2 في البشيرات الثلاثة A، B، C

ـ نضيف الحجم V_3 إلى كل بيشر مع تشغيل الكرونوميتر بعد الرج عند اللحظة $t = 0$

ـ نسجل اللحظة t_f الموافقة لزوال اللون الوردي البنفسجي.



وثيقة 47 : تتناقص سرعة اختفاء اللون البنفسجي كلما يزداد تركيز حمض الأكساليك.

المزيج	V_1(mL)	V_2(mL)	V_3(mL)	$[MnO_4^-]_0$ (mol/L)	$[H_2C_2O_4]_0$ (mol/L)	t_f (s)
A	5,0	9,0	6,0	$5,0 \times 10^{-4}$	0,150	300
B	5,0	6,0	9,0	$5,0 \times 10^{-4}$	0,225	260
C	5,0	3,0	12,0	$5,0 \times 10^{-4}$	0,300	220

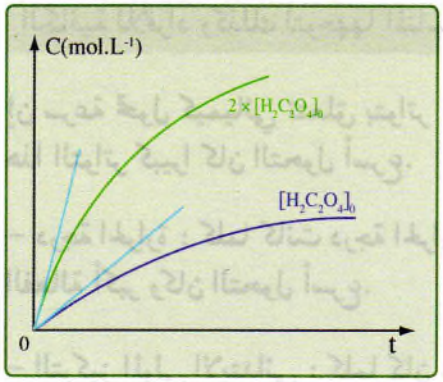
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

• تتميز الخلائط الثلاثة بنفس $[MnO_4^-]_0$ ، وتختلف في $[H_2C_2O_4]_0$ وبالتالي التجارب تمكن من دراسة تأثير $[H_2C_2O_4]_0$ على تطور التفاعل.

• نلاحظ أن لحظة زوال اللون الوردي البنفسجي t_f تتناقص كلما تزايد $[H_2C_2O_4]_0$ وهذا يعني أن سرعة التفاعل تتزايد كلما تزايد $[H_2C_2O_4]_0$.

• النشاط التمهيدي 4 يبيّن أنه كلما تزايد $[I^-]$ فان $[I_2]$ يتزايد وهذا من خلال تزايد الشدة اللونية لثنائي اليود المتشكل ولكن عند نهاية التفاعل تكون الشدة اللونية متماثلة وهذا يعني أن سرعة تشكل ثنائي اليود تتزايد بتزايد $[I^-]$.

كلما تزايد التركيز المولي الابتدائي لمتفاعل كلما كان التفاعل أسرع.



وثيقة 48 : تأثير التركيز المولي الابتدائي للمتفاعل على السرعة الحجمية.

3.3. التفسير المجهري

• الحركة البروونية (Mouvement Brownien) والحركة الناتجة عن الحرارة (agitation thermique) :

الحركة البروونية هي الحركة العشوائية لدقائق صلبة صغيرة تحت تأثير جزيئات مائع (سائل أو غاز).

إن ملاحظة الظاهرة البرونية تكشف على أن حركة الأفراد الكيميائية (ذرات، جزيئات أم شوارد) المتواجدة في مائع لها حركة عشوائية سريعة.

ونتيجة لهذه الحركة، تكتسب هذه الأفراد طاقة حركية مجهرية متعلقة بدرجة الحرارة.

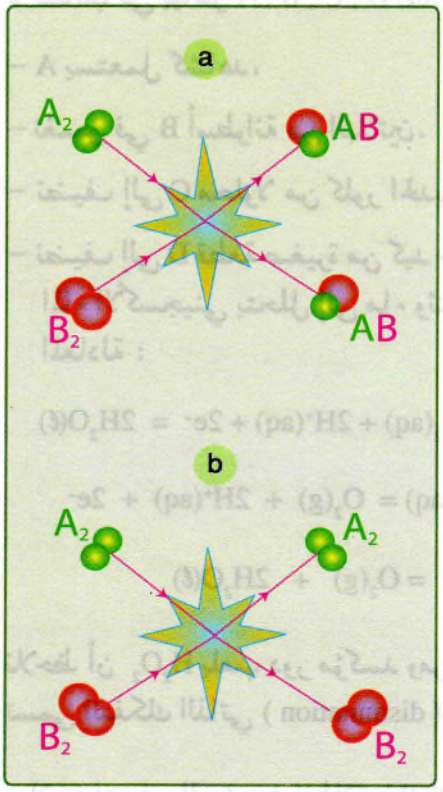
إن التغير في درجة حرارة مائع تغير الطاقة الحركية لهذه الأفراد لهذا تسمى هذه الحركة، بالحركة الحرارية (agitation thermique)

• الإصطدام الفعال (Choc efficace) :

لنعتبر فردين كيميائيين من النوع A_2 و B_2 . تؤدي الاصطدامات المختلفة بينهما إلى تشكل الجزيئات. لكي يكون الاصطدام فعالا (أي يؤدي إلى تشكل الجزيئ AB) يجب كسر الروابط A-A و B-B ثم تشكيل الروابط A-B وهذا يتطلب تقديم طاقة تتمثل في الطاقة الحركية للأفراد الكيميائية.

- إذا كانت هذه الطاقة كافية وكان توجه الأفراد مناسبا كان الاصطدام فعالا (وثيقة 49a).

- إذا كانت هذه الطاقة غير كافية أو كان توجه الأفراد غير مناسب كان الاصطدام غير فعال (وثيقة 49b).



وثيقة 49 : a) تسمح الطاقة الكافية بكسر الروابط بين A-A وB-B فيكون الإصطدام فعالا.

b) لا تسمح الطاقة بكسر الروابط بين A-A وB-B فالإصطدام غير فعال.

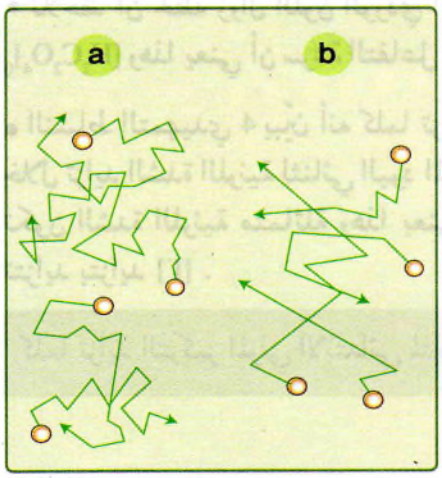
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ينتج التحول الكيميائي عن الاصطدامات الفعالة للأفراد المتفاعلة حيث تنكسر روابط لتتشكل روابط أخرى بسبب الطاقة الحركية الكافية للأفراد وكذلك لتوجهها المناسب.

إن سرعة تحول كيميائي تتعلق بتواتر الاصطدامات الفعالة وكلما كان هذا التواتر كبيرا كان التحول أسرع.

- درجة الحرارة : كلما كانت درجة الحرارة عالية كان تواتر الاصطدامات الفعالة أكبر وكان التحول أسرع.

- التركيز المولي الابتدائي : كلما كان عدد الأفراد في وحدة الحجم أكبر كان تواتر الاصطدامات الفعالة أكبر وكان التحول أسرع.



وثيقة 50 : a) عندما تكون درجة الحرارة مرتفعة ، تكون حركة الجزيئات كبيرة.
b) عندما تكون درجة الحرارة منخفضة، تكون حركة الجزيئات ضعيفة.

4.3. الوساطة (Catalyse)

• نسكب في بياشر A , B , C , D 20 mL من الماء الأكسجيني H_2O_2

- A يستعمل كشاهد،
- نغمس في B أسطوانة من البلاتين،
- نضيف إلى C محلولا من كلور الحديد III ،
- نضيف إلى D قطعة صغيرة من كبد حيوان كمنبع للكتالاز (catalase) الماء الأكسجيني يتحلل إلى ماء وثنائي الأكسجين وفق التفاعل ذي المعادلة :

$$(H_2O_2(aq)/\ H_2O(\ell)) \ : \ H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \ = \ 2H_2O(\ell)$$

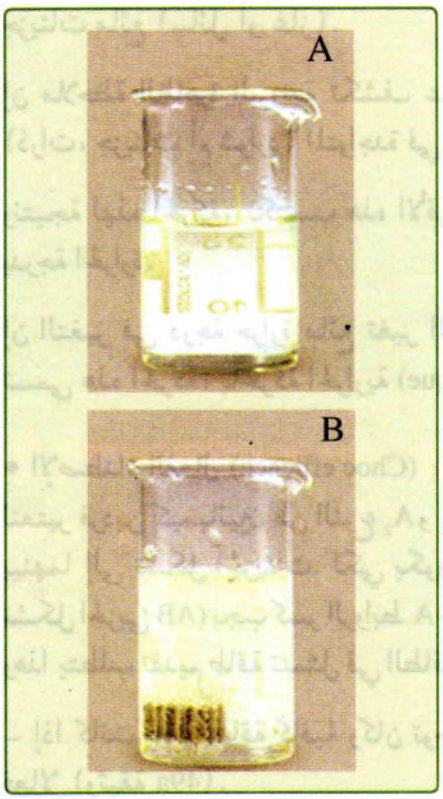
$$(O_2(g)/H_2O_2(aq)) \ : \ H_2O_2(aq) = \ O_2(g) \ + \ 2H^+(aq) \ + \ 2e^-$$

$$2H_2O_2(aq) \ = O_2(g) \ + \ 2H_2O(\ell)$$

نلاحظ أن H_2O_2 يلعب دور مؤكسد ومرجع في نفس الوقت هذه الظاهرة تسمى التفكك الذاتي (dismutation) .

- لا نشاهد في البيشر A انطلاق غاز لأن تحليل الماء الأكسجيني بطيء جدا في الشروط المألوفة.

- بعد لحظات نشاهد في البيشر B انطلاق غاز قرب الأسطوانة البلاتينية، يمكن التعرف على أنه غاز O_2 .



وثيقة 51 : A) ماء أكسجيني ،
B) ماء أكسيجيني بوجود البلاتين.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- نلاحظ في البيشر C انطلاق غاز، وزوال اللون الأصفر البرتقالي للشوارد Fe^{3+} وظهور اللون الأسمر، ثم عندما ينتهي التفاعل نلاحظ من جديد ظهور اللون الأصفر البرتقالي للشوارد Fe^{3+}

- نلاحظ في البيشر D انطلاق غاز O_2 بسبب الكتلاز (أنزيم) التي تحتوي على الشوارد Fe^{3+} .

- كل من البلاتين، الشوارد Fe^{3+} و الكتالاز (أنزيم) تساعد على تسريع التفاعل فهي وسائط وظاهرة تسريع التفاعل تسمى الوساطة.

التجارب السابقة تبين أن الوسائط أنواع كيميائية تستعمل بكميات قليلة من أجل تسريع التفاعل (الذي يكون في الحالة المألوفة بطيئا جدا) ورغم أنها تساهم في التفاعل إلى أنها تظهر في الحالة النهائية كما كانت عليه في الحالة الابتدائية ولهذا لا تكتب في معادلة التفاعل.

أ. الوسيط : هو نوع كيميائي يسرع التفاعل الكيميائي دون أن يظهر في معادلة التفاعل ولا يغير الحالة النهائية للجملة الكيميائية.

ب. الوساطة : هي عملية تأثير الوسيط على التفاعل الكيميائي.

ج. أنواع الوساطة : بصفة عامة نصنف الوساطة إلى ثلاثة أصناف حسب طبيعة المتفاعلات والوسائط المستعملة :

- الوساطة المتجانسة : عندما يشكل الوسيط والمتفاعلات طورا واحدا فنقول أن الوساطة متجانسة.

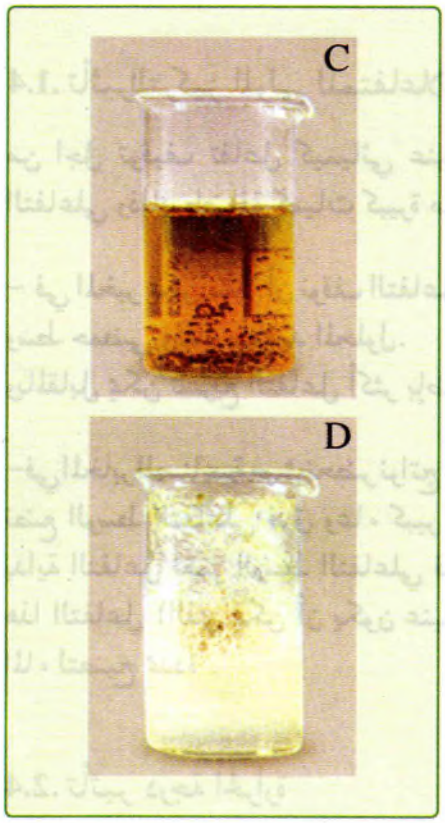
إن تحليل الماء الأكسجيني بوساطة الشوارد Fe^{3+} عبارة عن وساطة متجانسة .لأن الماء الأكسجيني والشوارد Fe^{3+} متواجدة في نفس الوسط المائي الذي يشكل طورا واحدا سائلا .

- الوساطة غير المتجانسة : إذا كان الوسيط والمتفاعلات ليست متواجدة في نفس الطور نقول أن الوساطة غير متجانسة.

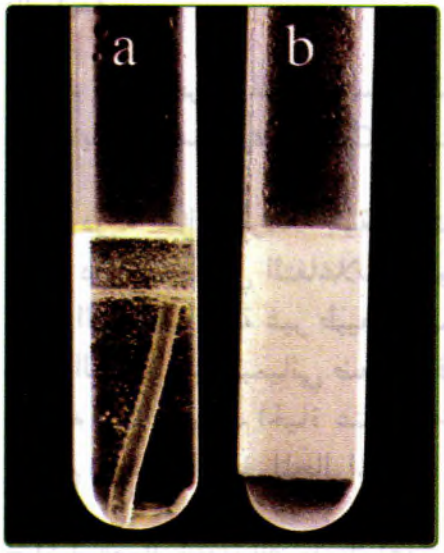
وساطة تحليل الماء الاكسجيني بوجود البلاتين الصلب غير متجانسة لأن البلاتين يشكل طورا صلبا يختلف عن الطور السائل الذي يشكله الماء الأكسجيني في محلول مائي (البلاتين صلب والماء الاكسجيني سائل).

- الوساطة الانزيمية : إذا كان الوسيط أنزيما نقول أن الوساطة أنزيمية

في تحليل الماء الأكسجيني بوجود كتالاز الكبد (أنزيم) كوسيط نقول أن الوساطة أنزيمية .



وثيقة 52 : C) ماء أكسجيني بوجود شوارد Fe^{3+}.
D) ماء أكسيجيني بوجود الكبد.



وثيقة 53 : تأثير سطح تلامس الحديد على سرعة تشكل الهيدروجين.
a) مساحة التلامس ضعيفة : الانطلاق محدود.
b) مساحة التلامس كبيرة : انطلاق كمية كبيرة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

4. أهمية العوامل الحركية

1.4. تأثيرالتركيز المولي للمتفاعلات

من اجل توقيف تفاعل كيميائي عنيف نقوم أحيانا بتمديد الوسط التفاعلي وذلك بإضافة كميات كبيرة من الماء.

- في المخبر يمكن مثلا أن نوقف التفاعل بين النحاس والشوارد NO_3^- في وسط حمضي وذلك بتمديد المحلول.
وبالمقابل يمكن تسريع التفاعل أكثر بإضافة حمض الازوت المركز.

-في المخابر الصناعية حيث نحضر نواتج غير مستقرة (مثال نيتروغلسرين) نضع الوسط التفاعلي فوق وعاء كبير (▭) يحتوي على ماء. عند بداية التفاعل نغمر الوسط التفاعلي فيه حتى نتمكن من التحكم في هذا التفاعل (الذي يمكن أن يكون عنيفا) بحيث تنحل المتفاعلات في الماء لتصبح ممددة .

2.4. تأثير درجة الحرارة

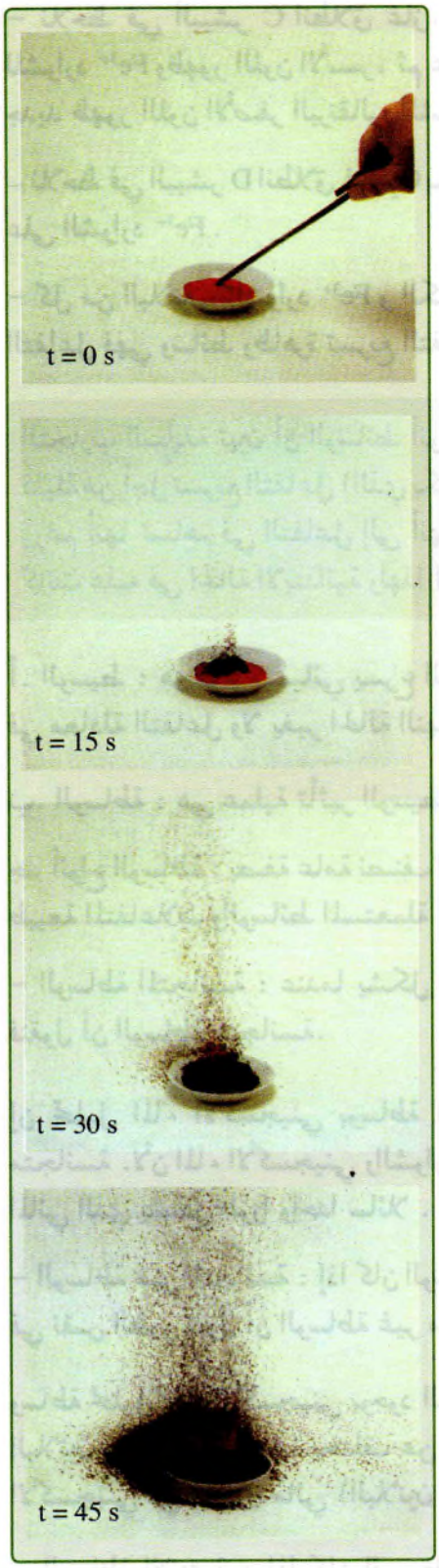
درجة الحرارة الداخلية لجسم الإنسان العادي تكون محصورة بين 36°C و 38°C تقريبا . في هذا المجال يكون جسم الإنسان في حالته الطبيعية والسليمة

- عند درجة الحرارة المنخفضة سرعة التفاعلات البيوكيميائية تتناقص بحيث يفقد الإنسان وعيه عند 33°C مثلا.

-عند درجة الحرارة المرتفعة بنية الجزيئات الإنزيمية (البروتينات) التي تلعب دور وسيط في التفاعلات البيوكيميائية تتغير جزئيا وبالتالي يكون الإنزيم في حالة غير طبيعية حيث يفقد خاصية الوساطة لتصبح سرعة التفاعل البيوكيميائي ضعيفة. فمثلا عند درجة 42°C يفقد المخ وظيفته بينما تتوقف الحياة عند 44°C. لهذا تنظم الآليات العضوية للجسم درجة الحرارة في المجال المذكور.

- إن استعمال أجهزة التبريد بأنواعها يمكّن من المحافظة على الأطعمة الغذائية لأن عند درجة الحرارة المنخفضة سرعة التفاعلات البيوكيميائية تتناقص بما يجعل فعالية الكائنات المجهرية ضعيفة.

بالمقابل درجة الحرارة العالية تمكّن من طهي الأطعمة بسرعة.



وثيقة 54 : تحليل ثاني كرومات الألومنيوم.
بداية التفاعل بالتسخين وانتشاره ببطء.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- في الصناعة وفي المخبر التفاعل الكيميائي الذي يكون بطيئا جدا عند 20°C يسرع بالتسخين مع مراقبة الوسط التفاعلي لأن التفاعل الناشر للحرارة أو الماص للحرارة يولد بعض الإشكاليات التي تعيق التحكم الجيد في الظواهر الحرارية .أحيانا تحدث تفاعلات ثانوية غير منتظرة بسبب التغيرات الحرارية للوسط التفاعلي (مناجم الفحم، عملية تصوير الوثائق...).

3.4. أهمية الوسيط

1.3.4. في البيوكيمياء

تعتبرالأنزيمات وسائط هامة في البيوكيمياء : فهي جزيئات عضوية عملاقة ذات بنية معقدة نصنفها في عائلة البروتينات، غيابها في المادة الحية يجعل التفاعلات التي تحدث بطيئة جدا.



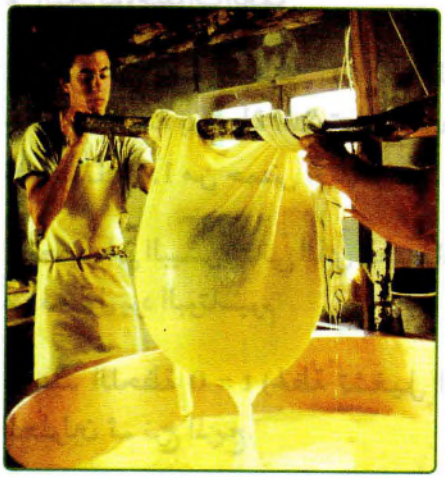
وثيقة 55 : إن جسم هذا الصياد في عهد النحاس حفظ في الصخور الجليدية لمدة 5 300 سنة، اكتشف سنة 1991.

- عند الانسان توجد الأنزيمات في : اللعاب، النسغ الهضمية، النسغ المعوية والبنكرياسية، العضلات، الدم، وكل الأعضاء.

- في الصناعة الغذائية تستعمل الأنزيمات في تحضير الخبز وبعض المشروبات.

- في الطب الأنزيمات تساعد على التشخيص والتداوي.

إن التطبيقات المتعددة للأنزيمات في مختلف المجالات جعلت البحث العلمي يتعمق في دراسة طبيعتها، وظيفتها وكيفية تأثيرها حتى يسهل اصطناعها.



وثيقة 56 : المرحلة الأولى في صناعة الجبن تمثل في ترويب الحليب. التفاعل يحفز بواسطة الشيموزين (chymosine).

2.3.4. في الصناعة

- في الصناعة عدة تفاعلات تحتاج إلى وسيط (إصطناع NH_3، NO، NO_3، الهدرجة، البلمرة ...).

- في المجالات الأخرى خاصة مثل البترول، المواد البلاستيكية، الملونات، المواد الصيدلانية تستعمل أيضا وسائط خاصة مناسبة (النيكل المرجع، البلاديوم، وسيط زقلروناطا).

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تجريب واستكشاف

1. متابعة تطور جملة كيميائية

دراسة التفاعل بين شوارد اليود وشوارد الهيبوكلوريت

• الهدف :

متابعة تقدم التفاعل عن طريق المعايرة لمعرفة سرعة التفاعل.

• الأدوات :

- بياشر سعتها 100 mL وبياشر سعتها 250 mL
- سحاحة مدرجة 25 mL
- دورق سعته 50 mL
- ماصة سعتها 10 mL، إجاصة المص
- ماء مقطر
- ماء جافيل حيث $[ClO^-] = 0,56\ mol.L^{-1}$
- حمض الإثانويك
- محلول يود البوتاسيوم حيث $[I^-] = 0,20\ mol.L^{-1}$
- قضيب ممغنط ومخلاط مغناطيسي

• التجربة وخطوات العمل

- نضع في بيشر سعته 50 mL، 100 mL من ماء جافيل (مقاسة بواسطة الدورق الذي سعته 50 mL) ثم نظيف 1,0 mL من حمض الإيثانويك .

- نحضر في البيشر الثاني الذي سعته 50 mL ، 100 mL من محلول يود البوتاسيوم

- عند اللحظة $t = 0$ (لحظة تشغيل الكرونومتر) نمزج المحلولين ثم نرج المزيج.

- نجزأ المزيج بواسطة ماصة إلى 9 أجزاء متماثلة في 9 بياشر سعة كل منها 100 mL بحيث يكون حجم كل جزء 10,0 mL .

- عند اللحظة $t_i = 60\ s$ نضيف 40 mL (ماء + جليد) إلى أحد البياشر ثم نعاير محتواه بواسطة محلول تيوكبريتات الصوديوم تركيزه $0,04\ mol.L^{-1}$ لنسجل الحجم المضاف عند التكافؤ V_E.

نعيد نفس الخطوات عند اللحظات التالية لنحصل على الجدول :

t(s)	60	180	270	360	510	720	900	1080	1440
V_E(ml)									

• الأسئلة

1. أكمل الجدول .

2. أ. قدم جدولا لتقدم التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الموافق للمعايرة.

ب. عبر بدلالة التقدم x على كمية المادة لثنائي اليود المتشكل عند اللحظة t أي $n(I_2) = f(x)$

3. معادلة التفاعل المنمذج لعملية المعايرة هي :

$$2H^+(aq) + ClO^-(aq) + 2I^-(aq) = 2H_2O(\ell) + Cl^-(aq) + I_2(aq)$$

أ. قدم جدولا لتقدم هذا التفاعل

ب. أستنتج $n(I_2)$ بدلالة V_E والتركيز المولي لمحلول تيوكبريتات الصوديوم .

4. أحسب قيمة التقدم x عند كل لحظة t في 100 mL من الوسط التفاعلي (يمكن تقديم النتائج على شكل جدول)

5. أرسم البيان $x = f(t)$

6. عين زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$

7. عين السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين $t = 0$ و $t = 900\ s$. كيف تتطور هذه السرعة أثناء التفاعل ؟ فسّر هذا التطور.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2 . العوامل الحركية

• الهدف :

دراسة تطور جملة كيميائية وتأثير بعض العوامل الحركية.

• الأدوات :

- بياشر ؛
- محلول حمض كلور الماء ؛
- محلول تيوكبريتات الصوديوم ؛
- كرونومتر؛
- حمام مائي.

1. طبيعة التحول المدروس

• التجربة :

نمزج في بيشر 10 mL من محلول تيوكبريتات الصوديوم تركيزه المولي $0,2\ mol.L^{-1}$ مع 10 mL من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي $1\ mol.L^{-1}$ ثم نضع في المزيج محرار.

لاحظ تطور مظهر المزيج.

• النتائج :

- كيف تتغير درجة حرارة المزيج ؟ ماذا تستنتج ؟

- الظاهرة الملاحظة تتمثل في تشكل بلورات من الكبريت. أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الحادث علما أنه يتشكل أيضا غاز SO_2 وأن الثنائيات (ox/réd)،

$(SO_2(aq)/S_2O_3^{2-}(aq))$ ، $(S_2O_3^{2-}(aq)/S(s))$

- ما المقصود بظاهرة الإنتشار؟ ما هي الظاهرة الطبيعية التي تماثل تغير مظهر المزيج؟

2. سرعة تطور الجملة الكيميائية

• التجربة :

نعيد التجربة السابقة بوضع تحت البيشر ورق يحمل علامة + سوداء.

نشغل الكرونومتر عند لحظة مزج المحلولين ثم نقيس المدة t_d الضرورية لعدم رؤية العلامة بالنسبة للملاحظ يشاهد سطح المزيج شاقوليا.

• النتائج

لتكن n_d كمية المادة للنوع الصلب الضرورية لحجب العلامة. هل هذه الكمية تتعلق بـ :

- مساحة مقطع البيشر
- سمك طبقة السائل
- الإضاءة في التجربة
- وضعية عين الملاحظ

نستعمل بياشر متماثلة تحتوي على نفس الحجم من المزيج السابق ومشاهدة من طرف نفس الملاحظ في نفس الشروط: هل قيم n_d الموافقة متساوية؟

هل يمكن استعمال t_d من أجل مقارنة سرعات التطور لمختلف الجمل الكيميائية المحتواة في البياشر المتماثلة؟

3. دراسة تأثير التراكيز

نستعمل محلول حمض كلور الماء ذي التركيز المولي $1\ mol.L^{-1}$ ومحلول تيوكبريتات الصوديوم تركيزه المولي $0,2\ mol.L^{-1}$ من أجل التحضير المتتالي لـ 50 mL من عدة خلائط.

لتكن V_3 ، V_2 و V_1 حجوم المحلول الحمضي، الماء ومحلول تيوكبريتات بحيث $V_1 + V_2 + V_3 = 50\ mL$

نحقق الخلائط وفقا للجدول التالي ثم نعين المدة t_d

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الضرورية لإختفاء العلامة من أجل كل خليط (في كل الحالات نضيف محلول تيوكبريتات في الأخير، نرج المزيج ثم نشغل مباشرة الكرونومتر)

التجربة الأولى : في هذه التجربة V_3 ثابت، V_1 و V_2 متغيران.

V_1(mL)	40,0	20,0	10,0	5,0
V_2(mL)				
V_3(mL)	10,0	10,0	10,0	10,0
$[H^+](mol.L^{-1})$				
$[S_2O_3^{2-}](mol.L^{-1})$				
t_d(s)				

التجربة الثانية : في هذه التجربة V_1 ثابت، V_2 و V_3 متغيران.

V_1(mL)	5,0	5,0	5,0	5,0
V_2(mL)				
V_3(mL)	45	25	12,5	5,0
$[H^+](mol.L^{-1})$				
$[S_2O_3^{2-}](mol.L^{-1})$				

• النتائج :

- في كل تجربة ما هو العامل الحركي الوحيد الذي تبرزه التجربة ؟

- ما هو المتفاعل المحد في التجربة الأولى؟ ما هو المتفاعل الذي تسمح هذه التجارب بدراسة تأثيره؟ ماذا يمكن استنتاجه؟

4. دراسة تأثير درجة الحرارة

• تجربة :

نضع في بيشر حجما $V_1 = 10\ mL$ من محلول تيوكبريتات الصوديوم تركيزه المولي $0,2\ mol.L^{-1}$ وحجما $V_3 = 35\ mL$ من الماء

نضع في بيشر آخر حجما $V_2 = 5,0mL$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي $1ml.L^{-1}$
نضع البيشرين في حمام مائي حيث درجة الحرارة 40°C حتى حدوث التوازن الحراري.

نسكب محلول تيوكبريتات في البيشر الثاني. بعد رج المزيج بسرعة نشغل الكرونومتر ثم البيشر فوق ورق يحمل العلامة +. نسجل قيمة t_d.

• النتائج :

- مع أي خليط من بين المدروسة في الفقرة 3-1 يجب مقارنة الخليط المدروس من أجل إبراز تأثير درجة الحرارة؟

- قارن قيم t_d وماذا تستنتج ؟

3. متابعة تفاعل كيميائي عن طريق قياس الناقلية

• الهدف :

تفاعل إماهة كلور البيوتيل الثالثي $(CH_3)_3\ CCl$ ينتج شوارد. نستعمل طريقة قياس الناقلية لدراسة حركيته.

• الأدوات :

- بيشر ذو سعة 250 mL.
- مخبار مدرج ذو سعة 250 mL.
- ماصة عيارها 1 mL مزودة بإجاصة المص.
- محرار .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- مخلاط مغناطيسي وقضيب ممغنط.
- وعاء واسع مملوء بماء درجة حرارته عادية.
- جهاز قياس الناقلية conductimètre ذو مخرج تماثلي ومسبار.
- جهاز إعلام آلي مزود بواجهة الدخول (interface).
- محلول مائي للإيثانول (50% في الحجم).
- كلور البيوتيل الثالثي.

ملاحظات :

- كلور ثلاثي البيوثيل صيغته $(CH_3)_3\ CCl$ يمكن أن نرمز له RCl.

- معادلة التفاعل المنمذج لإماهة كلور البيوتيل الثالثي والذي يمكن إعتباره تاما :

$$RCl(aq) + H_2O(\ell) = ROH(aq) + H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

• تجارب وخطوات العمل :

- نسكب 200 mL من المحلول المائي للإيثانول في البيشر.
- نضع البيشر في الوعاء المملوء بالماء.
- نضع الوعاء فوق المخلاط المغناطيسي ثم نوصل المسبار إلى جهاز قياس الناقلية.
- نوصل مخرج مقياس الناقلية إلى واجهة الدخول (interface) لجهاز الإعلام الآلي ثم نختار الوسائط المناسبة من أجل التسجيل لمدة 1h على الأقل.
- نسجل ثابت التناسب بين التوتر والناقلية (أو الناقلية النوعية) ثم نضبط الحسابات من أجل تعيين G (أو σ).
- نضع المحرار في المحلول الموجود بالبيشر ثم نسجل درجة الحرارة عند التوازن.
- نأخذ 1,0 mL من كلور البيوتيل الثالثي، ثم نسكبه داخل البيشر، وفي نفس الوقت نشغل جهاز التسجيل.

ملاحظة :

في عدم وجود جهاز قياس الناقلية ذي مخرج تماثلي يمكن تسجيل قيم الناقلية G (أو الناقلية النوعية σ) خلال كل 1 min في البداية ثم خلال كل 5 min في النهاية.

• الأسئلة :

1. أ. ما هي الأنواع التي يمكن أن تغير ناقلية المحلول خلال تطور الجملة ؟

ب. عبر عن الناقلية G (او الناقلية النوعية σ) بدلالة $\lambda_{(H+)}$ ، $\lambda_{(Cl^-)}$ والتركيز المولي لهذه الشوارد.

جـ. استنتج عبارة G (أو σ) بدلالة $\lambda_{(H+)}$ ، $\lambda_{(Cl-)}$ و $[H^+]$

2. كلور البيوتيل الثالثي هو المتفاعل المحد.

عين التقدم الأعظمي x_{max}. يعطى : $M_{RCl} = 92.5\ g.mol^{-1}$، الكثافة $d = 0,85$

3. مثل جدولا لتقدم التفاعل المنمذج للتحول.

4 أ. عبر عن G (أو σ) بدلالة $\lambda_{(H^+)}$ ، $\lambda_{(Cl^-)}$ ، x و V (حجم الوسط التفاعلي).

ب. عبر عن G_f (σ_f أو) عند نهاية التحول بدلالة $\lambda_{(H^+)}$، $\lambda_{(Cl^-)}$ ، x_f و V.

جـ. استنتج أن : $x = x_{max}\frac{G}{G_f}$ (أو $x = x_{max}\frac{\sigma}{\sigma_f}$)

5. أ. احسب قيم x ثم ارسم البيان x = f(t)

ب. عين زمن نصف التفاعل $t_{½}$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

حرصا منا على اكتساب التلميذ لكفاءات في مجال تكنولوجيا الإعلام وتكملة للمعارف التي اكتسبها التلميذ في حجرة الدراسة، نقترح عليه بعض المواقع الإلكترونية العلمية للكيمياء تساعده على تناول حركية التحول الكيميائي.

من أجل دراسة حركية تحول كيميائي في الجزء المتعلق بسرعة التفاعل والسرعة الحجمية للتفاعل نقترح على التلميذ الموقع الإلكتروني (وثيقة 57). يجد التلميذ في هذا الموقع تنشيطا يمكنه من متابعة التحول الكيميائي بين محلول بيروكسيد الهيدروجين وشوارد اليود بحيث تعير كمية اليود المتشكل في الحظة t بواسطة محلول تيوكبريتات الصوديوم.

يمكن هذا التنشيط أيضا من رسم البيان $x = f(t)$ ثم رسم المماس عند كل لحظة t وتسجيل قيم السرعة الحجمية الموافقة.

في الموقع الإلكتروني (وثيقة 58) يجد التلميذ الأمثلة لدراسة بعض التحولات بالمحاكاة :

- دراسة حركية للتحول بين H_2O_2 وشوارد I^- ثم رسم البيانات $[I_2] = g(t)$ و $[H_2O_2] = f(t)$ واستغلالها (تحول بطيئ).

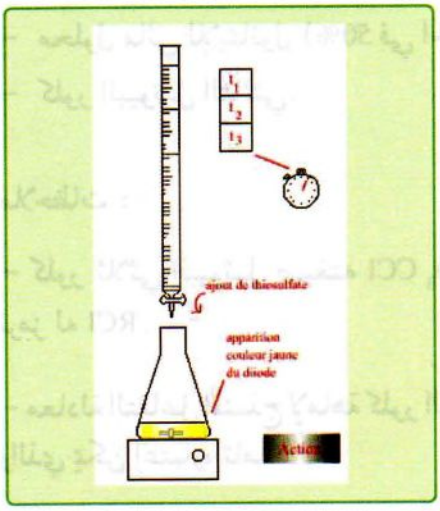
- دراسة التحول بين محلول برمنغنات البوتاسيوم ومحلول كبريتات الحديد II (تحول سريع).

- دراسة التحول بين محلول هيدروجيني كربونات الصوديوم ومحلول حمض إيتانويك.

ملاحظة :

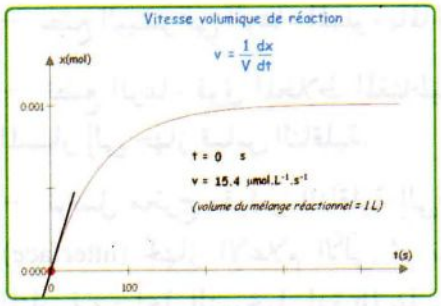
- يمكن للتلميذ في كل دراسة مختارة متابعة سرعة التفاعل من خلال البيانات $x = f(t)$ أو $[I_2] = g(t)$ مثلا.

- يجد التلميذ إقتراحا لبعض تمارين محلولة تساعده على التقويم الذاتي.



وثيقة 57 : تشكل ثنائي اليود خلال عملية المعايرة.

http://www.xena.ad/lcf/cinetique_chimique/cinetique_chimique.html



وثيقة 58 : تعيين السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة t.

http://www.ac.nantes.fr:8080/peda/disc/scphy/docts/vit_reac1.swf

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

من أجل دراسة االعوامل المؤثرة في حركية التحول الكيميائي نقترح على التلميذ الموقع الإلكتروني (وثيقة 59).

في هذا الموقع يمكن له متابعة بواسطة برنامج :

- تأثير الوسيط،

-تأثير تراكيز المتفاعلات،

-تأثير سطح التلامس .

- الإصطدامات الفعالة بين أفراد المتفاعلات،

- تسجيل كمية المادة للمتفاعلات وللنواتج أو تراكيزها مع تطور الزمن.

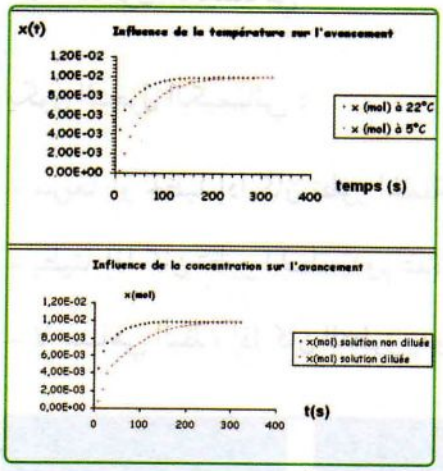
في كل حالة برمجية التنشيط تسمح برسم المنحنيات x = f(t) وتعيين زمن نصف التفاعل.

من أجل دراسة معمقة للتفاعل الكيميائي على المستوى المجهري نفس الموقع يقترح أيضا تنشيطا بواسطة كريات ملونة تنمذج أفراد المتفاعلات والنواتج قصد متابعة الظاهرة الإحتمالية المثلة للإصطدام بينها وذلك بالسحب العشوائي، ثم ربط النتائج المتحصل عليها بتأثير العوامل على سرعة التفاعل.

ملاحظة :

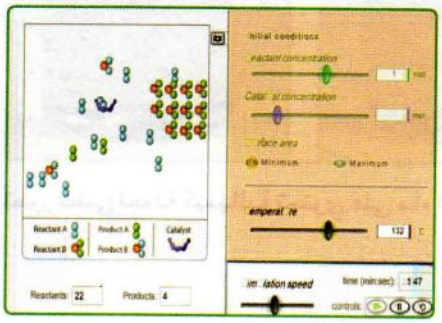
نجد برمجية تنشيط مماثلة في الموقع الإلكتروني (وثيقة 61)- (التنشيط باللغة الإنجليزية).

يمكن هذا التنشيط من رسم النسبة المئوية للمتفاعلات والنواتج ودراسة تأثير العوامل الحركية على سرعة التفاعل.



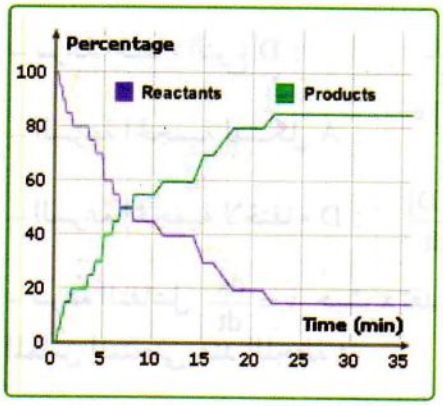
وثيقة 59 : تأثير العوامل الحركية على تطور التفاعل.

http://www.ac.nantes.fr:8080/peda/disc/scphy/docts/vit_reac1.swf



وثيقة 60 : نشاط بواسطة كريات ملونة تنمذج أفراد متفاعلات ونواتج.

http://www.explorelearning.com/index.cfm?method=cResource.dspView&ResourceID=553



وثيقة 61 : النسبة المئوية للمتفاعلات والنواتج خلال تفاعل كيميائي.

http://www.explorelearning.com/index.cfm?method=cResource.dspView&ResourceII

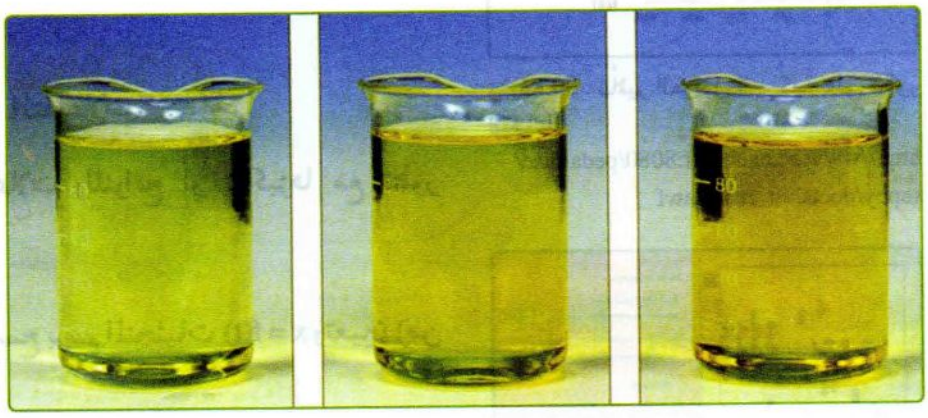
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الخلاصة

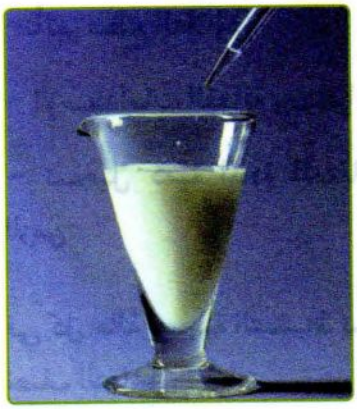
1. التحول الكيميائي

يكون التحول الكيميائي :

- سريعا أو لحظيا إذا كان تطور الجملة يصل إلى حالته النهائية مباشرة عند التلامس بين المتفاعلات .
- بطيئا إذا كان تطور الجملة يدوم عدة ثواني إلى عدة دقائق.
- لا متناهي البطء إذا كان التطور يدوم عدة أيام أو عدة أشهر.



تطور بطيئ لجملة كيميائية تحتوي على ماء أكسيجيني وشوارد اليود في وسط حامضي.



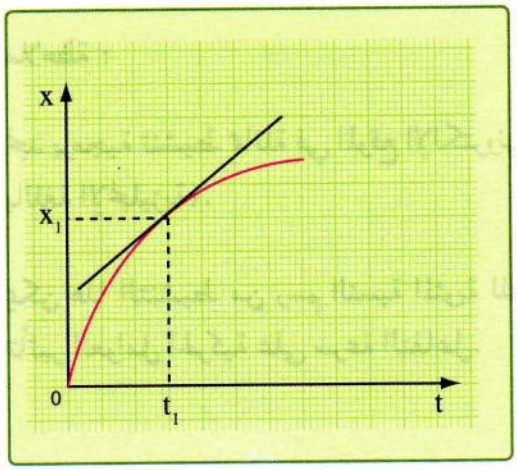
ترسب لحظي لكلور الفضة.

2. سرعة التفاعل

من أجل التفاعل ذي المعادلة $a\,A + b\,B = c\,C + d\,D$

- سرعة تشكل النوع A : $v_A = \frac{dn_A}{dt}$
- سرعة اختفاء النوع D : $v_D = -\frac{dn_D}{dt}$
- السرعة الحجمية لتشكل A : $v_A = \frac{d[A]}{dt}$
- السرعة الحجمية لاختفاء D : $v_A = -\frac{d[D]}{dt}$
- سرعة التفاعل $v = \frac{dx}{dt}$ حيث x تقدم التفاعل وتمثل بيانيا ميل المماس للمنحنى عند اللحظة t.
- السرعة الحجمية للتفاعل في وسط مائي حجمه V :

$$v = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$$

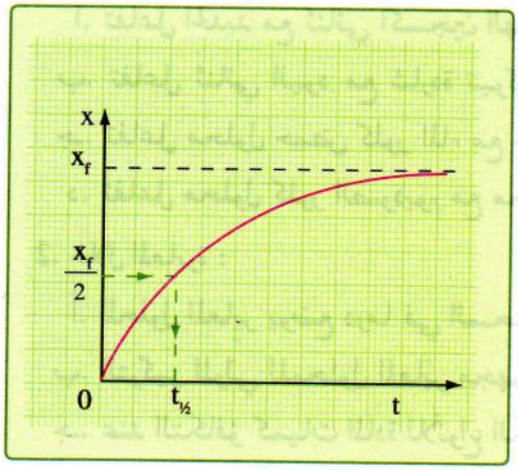


تعيين سرعة التفاعل عند اللحظة t .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

3. زمن نصف التفاعل $t_{½}$

يمثل زمن نصف التفاعل $t_{½}$ المدة الضرورية لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي x_f ، فهو يسمح إذًا بمقارنة سرعة تفاعلين كيميائيين.



تعيين زمن نصف التفاعل .

4. العوامل الحركية

• العوامل التي تؤثر على سرعة التفاعل :

- درجة الحرارة،
- التراكيز الابتدائية للمتفاعلات
- الوسيط.

• تطور الجملة يكون أسرع كلما :

- كانت درجة الحرارة أكبر .
- كانت التراكيز الابتدائية للمتفاعلات أكبر .
- كان الوسيط مناسبا

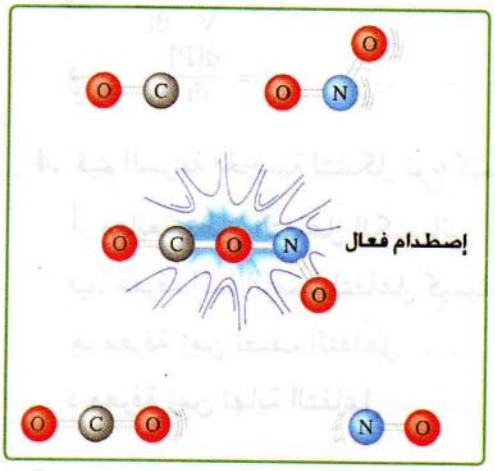
• تكون الوساطة متجانسة، غير متجانسة أو أنزيمية .

5. التفسير المجهري

يكون الإصطدام فعالا إذا كانت طاقة الأفراد كافية وكان توجهها مناسبا.

• تأثير درجة الحرارة

عدد الاصطدامات الفعالة بين أفراد المتفاعلات في وحدة الزمن وفي وحدة الحجم يتزايد مع ارتفاع درجة الحرارة وهذا يعني ان سرعة التفاعل تتزايد كلما ارتفعت درجة الحرارة .



الاصطدام الفعال بين الأفراد المتفاعلة .

• تأثير التراكيز الابتدائية للمتفاعلات

كلما تزايد التركيز المولي الابتدائي لنوع متفاعل فإن عدد الافراد في وحدة الحجم يتزايد (عدد الاصطدامات الفعالة يتزايد) فيكون التفاعل أسرع. لكن هذا العدد يتناقص مع الزمن بحيث تتناقص سرعة التفاعل لتؤول إلى الصفر عند نهاية التفاعل .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

التقويم الذاتي

تشتمل الأسئلة الآتية على عدّة مقترحات. بيّن الصحيحة منها بـ(ص) والخاطئة منها بـ (خ). تعطى نقطة واحدة لكل إجابة صحيحة، وتحذف نصف نقطة عن كل إجابة خاطئةو ولا شيء في حالة عدم الإجابة

1. التفاعل الذي يكون بطيئا هو : تنقيط 4

أ. تفاعل الحديد مع ثنائي أكسجين الهواء بوجود الرطوبة .....

ب. تفاعل ثنائي اليود مع شاردة تيوكبريتات .....

جـ. تفاعل محلول حمض كلور الماء مع محلول الصود .....

د. تفاعل محلول كلور الصوديوم مع محلول نترات الفضة .....

2. خلال المعايرة : تنقيط 4

أ. المحلول المعايِر يوضع دوما في السحاحة .....

ب. التركيز المولي للمحلول المعايَر مجهول .....

جـ. عند التكافؤ كميات المادة للأنواع الكيميائية المعايِرة والمعايَرة متساوية .....

د. عند التكافؤ كل المتفاعلات تستهلكت .....

3. من بين العبارات التالية ، من هي التي تعبرعن السرعة الحجمية لتشكل نوع كيميائي. تنقيط 4

أ. $v = \frac{dx}{dt}$ .....

ب. $v = -\frac{1}{V}\frac{dn_R}{dt}$ .....

جـ. $v = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$ .....

د. $v = \frac{d[P]}{dt}$ .....

4. قيم السرعة الحجمية لتشكل نوع كيميائي في أزمنة متتالية تمكن من : تنقيط 4

أ. متابعة تطور التفاعل الكيميائي .....

ب. معرفة المدة الزمنية لتفاعل كيميائي. .....

جـ معرفة زمن نصف التفاعل .....

د.معرفة زمن نهاية التفاعل .....

5. يعرف زمن نصف التفاعل $t_{½}$ بـ : تنقيط 4

أ. المدة الضرورية لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي .....

ب. المدة الضرورية لبلوغ التفاعل نهايته .....

جـ المدة الضرورية لبلوغ التفاعل نصف تقدمه الأعظمي .....

د.المدة الضرورية لبلوغ التفاعل ربع تقدمه الأعظمي .....

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

6. هل العوامل التالية عوامل حركية ؟ تنقيط 4

أ. درجة الحرارة .....

ب. التراكيز المولية للمتفاعلات .....

جـ. طبيعة المتفاعلات .....

د. الكتلة المولية للمتفاعلات.....

7. تكون الوساطة المتجانسة : تنقيط 4

أ. إذا كان الوسيط والمتفاعلات متواجدة في نفس الطور .....

ب. إذا كان الوسيط والمتفاعلات يشكلان طورا واحدا .....

جـ. إذا كان الوسيط أنزيميا .....

د. إذا كان الوسيط والمتفاعلات غير متواجدة في نفس الطور .....

8. يزداد عدد الاصطدامات الفعالة : تنقيط 4

أ. بتناقص التركيز المولي للمتفاعلات .....

ب. بتزايد درجة حرارة الوسط التفاعلي .....

جـ. بتمديد الوسط التفاعلي .....

د. بوجود الوسيط .....

9. تكون سرعة التفاعل : تنقيط 4

أ. معدومة في البداية .....

ب. متناقصة بصفة عامة خلال الزمن .....

جـ .متزايدة كلما كان التركيز المولي للنواتج كبيرا .....

د. متزايدة كلما كانت درجة الحرارة كبيرة .....

10. نحقق تحولا كيميائيا نتابع فيه التقدم x للتفاعل بدلالة الزمن ونرسم المنحنى البياني $x = f(t)$ تنقيط 4

هل :

أ. المنحنى البياني يمثل دالة متزايدة خلال الزمن .....

ب. السرعة الحجمية للتفاعل تمثل ميل المماس عند اللحظة t .....

جـ زمن نصف التفاعل يمثل نصف زمن نهاية التفاعل .....

د. سرعة التفاعل تمثل ميل المماس عند اللحظة t .....

مجموع النقاط 40

ملاحظة : إذا تحصلت على أقل من 30 نقطة يجب عليك مراجعة الدرس.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمرين 1

نحضر مزيجين عند درجة الحرارة 20°C :

- المزيج الأول : يتشكل من حجم $V = 25\ mL$ من الماء الأكسجيني H_2O_2 تركيزه المولي $C = 0,60\ mol.L^{-1}$ وحجم $V' = 50\ mL$ من محلول يود البوتاسيوم المحمض تركيزه المولي $C' = 1,0\ mol.L^{-1}$

- المزيج الثاني : يتشكل من حجم $V = 25\ mL$ من الماء الأكسجيني H_2O_2 تركيزه المولي $C = 0,60\ mol.L^{-1}$ وحجم $V' = 50\ mL$ من محلول يود البوتاسيوم المحمض تركيزه المول $C'' = 0,50\ mol.L^{-1}$

تلاحظ ظهور اللون الأسمر مع مرور الزمن في كل مزيج ولكن بسرعة أكبر في المزيج الأول منه في الثاني.

1. أكتب معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية الحادث في المزيجين .
2. أحسب التراكيز المولية للأنواع الكيميائية المتفاعلة في كل مزيج .
3. فسّر المشاهدات التجريبية .
4. إذا أضفنا في لحظة ما إلى المزيج الأول (ماء + جليد) ماذا يمكن ملاحظته ؟ كيف تسمى هذه العملية ؟

تعطى الثنائيتان : $H_2O_2(aq) / H_2O(\ell)$ ؛ $I_2(aq) / I^-(aq)$

الحل

1. معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية الحادث هي :

$$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- = 2\,H_2O(\ell)$$

$$2I^-(aq) = I_2(aq) + 2e^-$$

$$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2I^-(aq) = 2H_2O(\ell) + I_2(aq)$$

2. حساب التراكيز المولية للمتفاعلات في كل مزيج .

في المزيجين :

$$[H_2O_2]_0 = \frac{C.V}{V+V'} = \frac{0,60 \times 25}{75} = 2,0 \times 10^{-1} mol.\,L^{-1}$$

ولكن : في المزيج الأول :

$$[I^-]_0 = \frac{C'.V'}{V+V'} = \frac{1 \times 50}{75} = 6,66 \times 10^{-1}\ mol\ .L^{-1}$$

في المزيج الثاني :

$$[I^-]_0 = \frac{C''.V'}{V+V'} = \frac{0,50 \times 50}{75} = 3.33 \times 10^{-1} mol.\,L^{-1}$$

3. تفسير المشاهدات : اللون الأسمر الذي يظهر يدل على تشكل ثنائي يود.
ظهور ثنائي اليود في المزيج الأول أسرع من ظهوره في المزيج الثاني لأن التركيز المولي الابتدائي لشوارد اليود أكبر

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

بمرتين في المزيج الأول من تركيزها المولي في المزيج الثاني .

4. عند إضافة (ماء + جليد) للمزيج الأول نلاحظ توقف تطور اللون وهذا راجع لتغير عاملين حركيين وهما درجة الحرارة (تبريد)، التركيز المولي (تمديد المزيج) وتسمى هذه العملية بالتمديد والتبريد (La Trempe)

تمرين 2

ندرس التطور الزمني لتفاعل أكسدة شوارد اليود $I^-(aq)$ بشوارد بيروكسوديكبريتات $S_2O_8^{2-}(aq)$ (تفاعل1). نأخذ جزء من الوسط التفاعلي، ثم نعاير ثنائي اليود المتشكل في اللحظة t وذلك بعد وضعها في ماء شديد البرودة

طريقة العمل :

في اللحظة $t = 0$ ، ندخل $20\ mL$ من محلول بيروكسوديكبريتات ذي التركيز المولي $C_{ox} = 0{,}25\ mol.L^{-1}$ في بيشر سعته $250\ mL$، موضوع فوق المخلاط المغناطيسي ويحتوي على $80\ mL$ من محلول يود البوتاسيوم ذي التركيز المولي $C_{réd} = 0{,}2\ mol.L^{-1}$.

في كل لحظة مختارة نأخذ $5{,}0\ mL$ من هذا المزيج ونسكبه في بيشر سعته $150\ mL$ يحتوي $50\ mL$ من ماء شديد البرودة وبعض قطرات من صمغ النشأ أو التيودان.

نعاير محتوى البيشر بمحلول لتيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+(aq) + S_2O_3^{2-}(aq))$ ذي التركيز المولي $C_{tit} = 0{,}025\ mol.L^{-1}$ (تفاعل 2) ثم نسجل الحجم المضاف عند التكافؤ V_E .

ندون النتائج المتحصل عليها في الجدول التالي :

t(min)	3	6	10	15	20	30	40	50	60
V_E(mL)	3,1	5,7	8,5	11,3	13,4	16,2	17,8	18,8	19,3

1. أكتب معادلة التفاعل(1) المنمذج للتحول الحادث علما أن الثنائيات (Ox /réd) الداخلة في التفاعل هي :

$$S_2O_8^{2-}(aq) / SO_4^{2-}(aq) \quad ، \quad I_2(aq) / I^-(aq)$$

2. أنجز جدولا لتقدم هذا التفاعل .

3. لماذا يجب وضع الجزء المأخوذ في $50\ mL$ من الماء شديد البرودة وذلك قبل المعايرة ؟

4. تعطى معادلة التفاعل (2) المنمذج لتحول المعايرة :

$$I_2(aq) + 2\ S_2O_3^{2-}(aq) = 2I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$$

أ. ما هي مميزات هذا التحول ؟

ب. أوجد علاقة بين كمية مادة ثنائي اليود المتشكل في التحول (1)، التركيز المولي للمحلول المعايِر لتيوكبريتات الصوديوم وحجم المحلول المعايَر المسكوب عند زوال لون المحلول (الحجم المكافئ) في كل معايرة.

جـ. استنتج العلاقة بين تقدم التفاعل (1)، التركيز المولي للمحلول المعايِر لتيوكبريتات الصوديوم والحجم المكافئ.

د. أنشأ جدولا يعطي التقدم x للتفاعل (1) بدلالة الزمن t .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

5. أرسم المنحنى $x = f(t)$.

6. عين قيمة سرعة التفاعل (1) في اللحظة $t = 25\ min$

7. أ. أحسب التقدم الأعظمي للتفاعل في اللحظة t_∞

ب. استنتج قيمة زمن نصف التفاعل للتفاعل (1) .

الحـل

1. معادلة التفاعل المنمذج للتحول (1)

$(S_2O_8^{2-}(aq) / SO_4^{2-}(aq))$: $S_2O_8^{2-}(aq) + 2e^- = 2\,SO_4^{2-}(aq)$

$I_2(aq) / I^-(aq)$: $2I^-(aq) = I_2(aq) + 2e^-$

$$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = 2I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$$

2. جدول التقدم للتفاعل (1) هي.

المعادلة	التقدم	$S_2O_8^{2-}(aq)$ +	$2I^-(aq)$ =	$I_2(aq)$ +	$2SO_4^{2-}(aq)$
الحالة الابتدائية	0	$(n_{ox})_0$	$(n_{red})_0$	0	0
الحالة الانتقالية	x	$(n_{ox})_0$-x	$(n_{red})_0$-2x	x	2x
الحالة النهـائية	x_{max}	$(n_{ox})_0$-x_{max}	$(n_{red})_0$-$2x_{max}$	x_{max}	$2x_{max}$

3. التفاعل (1) بطيء يستمر في التطور من أجل $0 < x < x_{max}$. إن تعيين تقدم التفاعل x في لحظة t يتطلب توقيف التفاعل، لهذا الغرض نسكب الجزء المأخوذ في بيشر يحتوي على 50 mL من ماء شديد البرودة.

4. أ. التحول (2) سريع وتام .

ب. العلاقة بين $n(I_2)$ المتشكل من التحول (1) ، C_{tit} و V_E

جدول تقدم تفاعل المعايرة :

المعادلة	التقدم	$I_2(aq)$ +	$2S_2O_3^{2-}(aq)$ =	$2I^-(aq)$ +	$S_4O_6^{2-}(aq)$
الحالة الابتدائية	0	$n(I_2)$	$n_E(S_2O_3^{2-})$	0	0
الحالة النهـائية	x_E	$n(I_2)$- x_E	$n_E(S_2O_3^{2-})$-2 x_E	$2x_E$	x_E

عند التكافؤ : $n(I_2) - x_E = 0$ و $n_E(S_2O_3^{2-}) - 2\,x_E = 0$

$x_E = n(I_2) = \dfrac{n_E(S_2O_3^{2-})}{V}$ وهي تمثل كمية المادة في 5 mL من الوسط التفاعلي.

وبما أن حجم الوسط التفاعلي 100 mL ، فإن كمية المادة لثنائي اليود المتشكل في التفاعل (1)

$$n(I_2) = 20\,\frac{n_E(S_2O_3^{2-})}{V} = 10 n_E(S_2O_3^{2-}) = 10 \times C_{tit} V_E$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

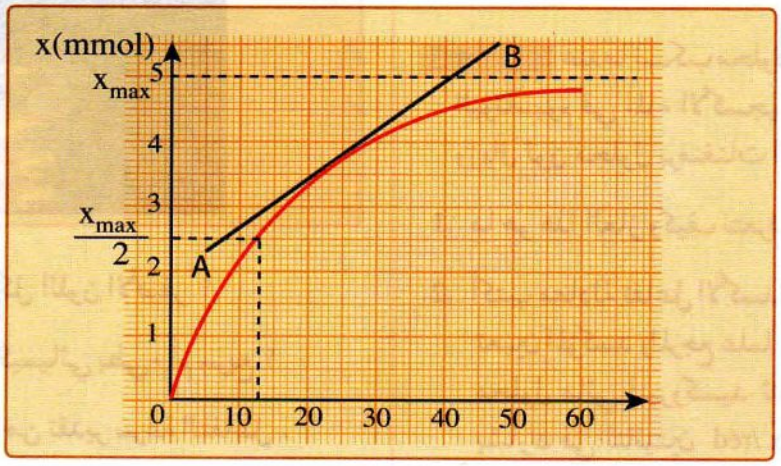
جـ . حسب جدول تقدم التفاعل (1) $n(I_2)$ المتشكل من التفاعل (1) يساوي التقدم x للتفاعل (1) ومنه :

$$x = 10.C_{tit}.V_E$$

د . الجدول الذي يعطي التقدم x للتفاعل (1) بدلالة الزمن (t) .

t(min)	3	6	10	15	20	30	40	50	60
X(m.mol)	0,78	1,4	2,1	2,8	3,4	4,1	4,5	4,7	4,8

5. البيان $x = f(t)$



6. تعيين قيمة سرعة تفاعل (1) في اللحظة $t = 25\ min$.

نرسم المماس المنحني $x = f(t)$ في اللحظة $t = 25\ min$ ، ثم نعين قيمة الميل لهذا المماس فنحصل على قيمة سرعة التفاعل $V_{25} = \frac{x_B - x_A}{t_B - t_A} = \frac{5,5 - 2,3}{48 - 5}$

$$V_{25} = 7,4.10^{-5}\ mol.min^{-1} = 1,2.10^{-6}\ mol.s^{-1}$$

7. أ . كميات المادة للمتفاعلات

$$(n_{ox})_0 = C_{ox}.V_{ox} = 5,0.10^{-3}\ mol$$

$$(n_{réd})_0 = C_{réd}.V_{réd} = 1,6.10^{-2}\ mol$$

البحث عن التقدم الأعظمي : من جدول التقدم إذا كان المؤكسد هو المتفاعل المحد فإن $(n_{ox})_0 - x = 0$ أي $x = 5,0.10^{-3}\ mol$ وإذا كان المرجع هو المحد فإن $(n_{red})_0 - 2x = 0$ أي $x = 8,0.10^{-3}\ mol$

التقدم الأعظمي : $x_{max} = 5,0.10^{-3}\ mol$

فالمتفاعل المحد هو $S_2O_8^{2-}(aq)$

ب . زمن نصف التفاعل $t_{½}$ يمثل المدة اللّازمة لتقدم يساوي نصف التقدم الأعظمي $x = \frac{x_{max}}{2}$

من البيان ومن أجل $x = \frac{x_{max}}{2} = 2.5\ mmol$ نجد $t_{½} = 13\ min$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمـارين

1. متابعة زمنية لتحول كيميائي

★1 نشاهد في التجربة التالية ظهور اللون الأصفر لحظة إضافة محلول حمض كلور الهيدروجين إلى محلول تيوكبريتات الصوديوم $(2Na^{2+}, S_2O_3^{2-})$.



1. على ماذا يدل تشكل اللون الأصفر ؟
2. هل هذا التحول الكيميائي بطيء أم سريع ؟
3. اقترح طريقة تمكنك من تقدير سرعة التفاعل .

★2 نترك قطعة مصقولة من الحديد عرضة للهواء الرطب بعد عدة أسابيع نلاحظ ظهور بقع بنية اللون (صدأ الحديد) في بعض الأماكن من القطعة .

1. على ماذا يدل تشكل صدأ الحديد ؟
2. أكتب معادلة التفاعل الكيميائي الحادث.
1. ماذا يمكن القول عن هذا التفاعل من حيث التطور ؟

★3 نسكب محلولا لثنائي اليود في محلول لتيوكبريتات الصوديوم . يزول لون محلول ثنائي اليود بسرعة.

1. ما هي الثنائيات Ox /réd الداخلة في هذا التفاعل ؟
2. أكتب المعادلات النصفية الخاصة بها .
3. اكتب معادلة تفاعل الأكسدة الارجاعية الحادث
4. كيف تفسّر زوال اللون الملاحظ ؟

★4 نسكب محلول بيروكسوديكبريتات البوتاسيوم في محلول يود البوتاسيوم. يظهر اللون الأسمر ببطء.

1. ما هي الثنائيات Ox /réd الداخلة في هذا التفاعل ؟
2. أكتب المعادلات النصفية الخاصة بها .
3. أكتب معادلة تفاعل الأكسدة الارجاعية الحادث.
4. كيف تفسّر ظهور اللون الأسمر ؟

★5 عندما نسكب محلولا محمضا من برمنغنات البوتاسيوم في الماء الأكسجيني نلاحظ انطلاق غاز وزوال لون محلول برمنغنات البوتاسيوم.

1. ما هو هذا الغاز وكيف نتعرف عليه ؟
2. أكتب معادلة تفاعل الأكسدة الارجاعية الحادث مع تعيين المؤكسد والمرجع علما أن الماء الأكسجيني هو محلول مائي لبيروكسيد ثنائي الهيدروجين H_2O_2 يشارك في ثنائيتين Ox /réd وهما :

$(H_2O_2(aq) / H_2O(\ell))$ ، $(O_2(g) / H_2O_2(aq))$

★6 إن معدن الصوديوم يتفاعل بشدة عندما يلامس الماء، فنلاحظ انطلاق غاز.

الثنائيتان Ox /réd الداخلتان في التفاعل هي :

$(Na^+(aq) / Na(s))$ و $(H_2O(\ell) / H_2(g))$

1. ما هو الغاز المنطلق وكيف نتعرف عليه ؟
2. عين المؤكسد والمرجع .
3. أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الحادث.

★7 عندما نسكب محلولا لكبريتات النحاس II على برادة الحديد، وبعد الرج، يحدث تفاعل أكسدة ارجاعية ويزول تدريجيا اللون الأزرق للمحلول.

1. أكتب معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية الحادث مع تعيين الثنائيتين Ox /réd الداخلة في التفاعل.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2. على ماذا يدل زوال اللون الأزرق ؟ هل هذا التفاعل بطيء أم سريع ؟

3. كيف يتم الكشف عن الشوارد المتشكلة ؟

★★8 نعاير في وسط حمضي حجما $V = 25\ mL$ من محلول عديم اللون للماء الأكسجيني ذي التركيز المولي C بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم تركيزه المولي $C' = 0.13\ mol.L^{-1}$

1. ماهي الثنائية (Oxd/réd) الداخلة في التفاعل ؟

2. أكتب معادلة التفاعل الحادث في الوسط الحمضي بين الماء الأكسجيني وشوارد البرمنغنات.

3. كيف تكشف عن حدوث التكافؤ ؟

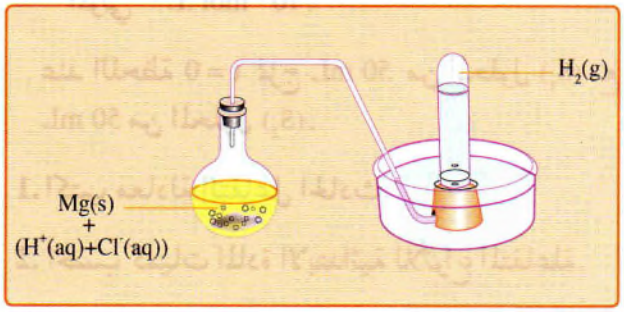
4. أنجز جدولا لتقدم تفاعل المعايرة : نرمز بـ x_E لقيمة x_{max} عند التكافؤ .

5. استنتج العلاقة بين C, V, C' و V'_E

6. أحسب C .

★★9 ندخل في بالون كتلة $m = 36,45\ mg$ من المغنزيوم Mg (s) وحجما $V_1 = 10,0\ ml$ من محلول حمض كلور الهدروجين $(H^+(aq) + Cl^-(aq))$ ذي التركيز المولي $1,0\ mol.L^{-1}$ ثم نضيف حجما $V_2 = 20\ ml$ من الماء.

نغلق الدورق بسدادة مزودة بأنبوب انطلاق موصول إلى مقياس مدرج ومنكس في حوض مائي.



1. أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الحادث.

2. خلال 15 دقيقة يتجمع $31,0\ mL$ من ثنائي الهيدروجين . هل يمكن اعتبار التفاعل قد انتهى ؟ يعطى : $V_m = 22.4\ L.mol^{-1}$

2. سرعة التفاعل

★10 نعتبر التفاعل ذي المعادلة التالية :

$$2A + B = C + D$$

إذا كانت السرعة الحجمية لاختفاء المتفاعل A هي $0,2\ mol.L^{-1}.min^{-1}$، أحسب السرعة الحجمية لتشكل الناتج C .

★11 نضع في بيشر $50\ cm^3$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم المحمض ذي التركيز المولي $0,01 mol.L^{-1}$، ثم نضيف إليها $50\ cm^3$ من محلول لحمض الأكساليك $(H_2C_2O_4)$. فنلاحظ زوال اللون البنفسجي كليا بعد 140 s .

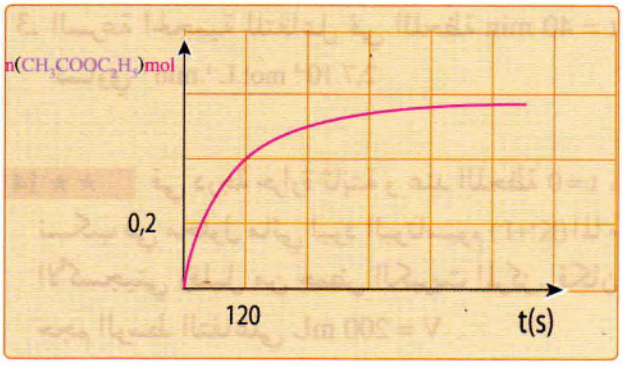
1. هل التفاعل الكيميائي الحادث سريع أم بطيء ؟

2. أحسب السرعة الحجمية المتوسطة لاختفاء شوارد البرمنغنات خلال هذه المدة.

★★12 نعتبر التفاعل ذي المعادلة الكيميائية التالية :

$$CH_3COOH(\ell) + C_2H_5OH(\ell) = CH_3COOC_2H_5(\ell) + H_2O(\ell)$$

يمثل البيان التالي تغيرات كمية المادة لـ $CH_3COOC_2H_5$ المتشكل بدلالة الزمن .



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. أحسب السرعة المتوسطة في المجال الزمني [120,360s].

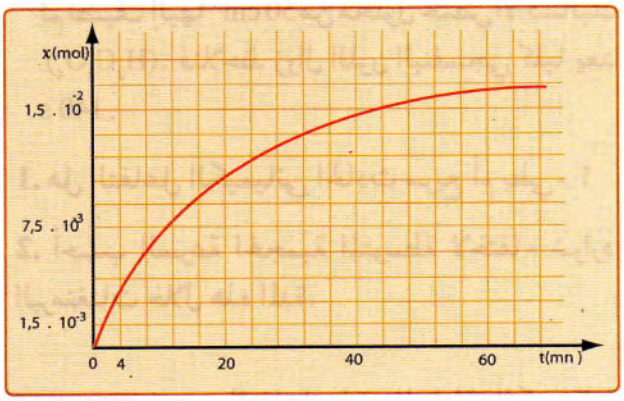
2. أحسب السرعة اللحظية عند $t = 0$.

3. عين بيانيا زمن نصف التفاعل .

★13 ندرس تطور تفاعل بين حجم $V_1 = 200mL$ من محلول يحتوي على شوارد اليود $I^-(aq)$ وحجم $V_2 = 200\ mL$ من محلول يحتوي على شوارد بيروكسوديكبريتات $S_2O_8^{2-}(aq)$. تكتب معادلة التفاعل :

$$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$$

يمثل المنحنى التالي تغيرات تقدم التفاعل x بدلالة الزمن :



هل الاقتراحات التالية صحيحة أم خاطئة ؟

1. السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $t = 0\ min$ معدومة.

2. السرعة الحجمية للتفاعل خلال ساعة تكون أعظمية

3. السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $t = 40\ min$ تساوي $2,7.10^{-4}\ mol.L^{-1}.min^{-1}$

★★14 في درجة حرارة ثابتة و عند اللحظة $t = 0$ ، نسكب في محلول مائي ليود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)$ الماء الأكسجيني وقليل من حمض الكبريت المركز. فكان حجم الوسط التفاعلي $V = 200\ mL$.

شوارد اليود تتأكسد بواسطة الماء الأكسجيني وفق التفاعل ذي المعادلة :

$$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2I^-(aq) = I_2(aq) + 2H_2O(\ell)$$

بطريقة مختارة ومناسبة نتابع تطور $[I_2]$ في المزيج الذي يبقى حجمه ثابتا لندوّن النتائج في الجدول :

t(min)	0	1	2	4	6	8	12
$[I_2](mmol.L^{-1})$	0	1,1	2,1	3,7	4,6	5,5	6,6
t(min)	16	20	30	40	60	120	
$[I_2](mmol.L^{-1})$	7,3	7,7	8,2	8,5	8,7	8,7	

1. أنجز جدولا لتقدم التفاعل وعبر عن كميات المادة بدلالة التقدم .

2. احسب التقدم x من أجل مختلف الأزمنة (t) المعطاة في الجدول وارسم المنحنى الممثل لـ $x = f(t)$ من أجل $0 < t < 40\ min$

3. أ. عرف السرعة الحجمية للتفاعل وعين قيمها في اللحظات $t = 0$ و $t = 10\ min$

ب. ماذا يمكن القول عن السرعة عند $t = 100\ min$

جـ. كيف تفسّر تطور سرعة التفاعل.

★★15 نحضر محلولين :

- (S_1) محلول محمض لـ برمنغنات البوتاسيوم فيه $[MnO_4^-] = 10^{-3}\ mol.L^{-1}$.
- (S_2) محلول لـ حمض الأكساليك $(H_2C_2O_4)$ تركيزه المولي $10^{-1}\ mol.L^{-1}$.

عند اللحظة $t = 0$ نمزج $50\ mL$ من المحلول (S_1) مع $50\ mL$ من المحلول (S_2).

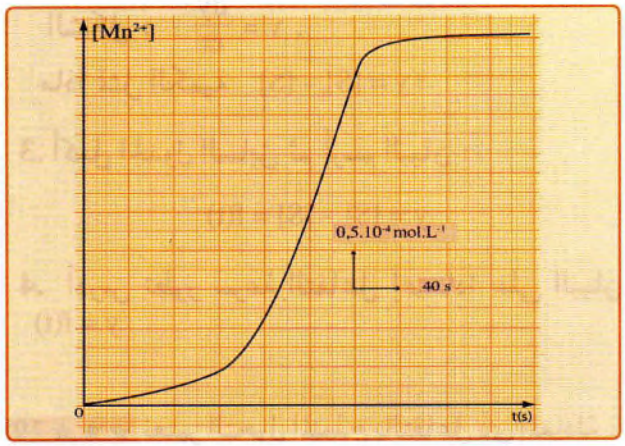
1. اكتب معادلة التفاعل الحادث.

2. أحسب كميات المادة الابتدائية للأنواع المتفاعلة.

3. هل تكفي كمية مادة الحمض المستعمل لزوال لون شوارد البرمنغنات في المزيج ؟ علل .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

4. يمثل البيان التالي تطور تركيز شوارد المنغنيز $[Mn^{2+}]$ بدلالة الزمن .



- أحسب السرعة الحجمية لتشكل شوارد المنغنيز في اللحظات التالية : $t_1 = 80\ s$, $t_2 = 200\ s$, $t_3 = 280\ s$ ماذا تستنتج ؟

16 ★★ لدراسة تطور التفاعل بين شوارد اليود (I^-) وشوارد بروكسوديكبريتات $(S_2O_8^{2-})$. نضيف عند اللحظة $t = 0$ حجما قدره $50\ mL$ من محلول (S_1) ليود البوتاسيوم (K^+, I^-) تركيزه المولي $C_1 = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$ إلى $50\ mL$ من محلول (S_2) لبروكسوديكبريتات البوتاسيوم $(2K^+, S_2O_8^{2-})$ تركيزه المولي $C_2 = 5 \times 10^{-2}\ mol.L^{-1}$.

نضيف للمزيج النتائج (S) قليلا من صمغ النشاء.

في لحظة t نأخذ $10\ mL$ من المحلول (S) ونضيف إليها كمية من الماء البارد لإيقاف التفاعل، ثم نعاير كمية مادة ثنائي اليود المتشكل في اللحظة السابقة t بواسطة محلول (S') لتيو كبريتات الصوديوم $(2Na^+, S_2O_3^{2-})$ تركيزه المولي $C' = 10^{-1}\ mol.L^{-1}$.

ليكن V' حجم المحلول (S') الضروري لاختفاء اللون الأزرق (الذي يدل على وجود ثنائي اليود). فنحصل على النتائج التالية :

t(s)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
$n(I_2)10^{-5}$ mol	0	2	3,4	4,4	5,2	5,8	6.2	6.6	7

علما أن الثنائيتين الداخلتين في تفاعل المعايرة هي :

$(S_2O_3^{2-}(aq)/S_4O_6^{2-}(aq))$

$(I_2(aq)/I^-(aq))$

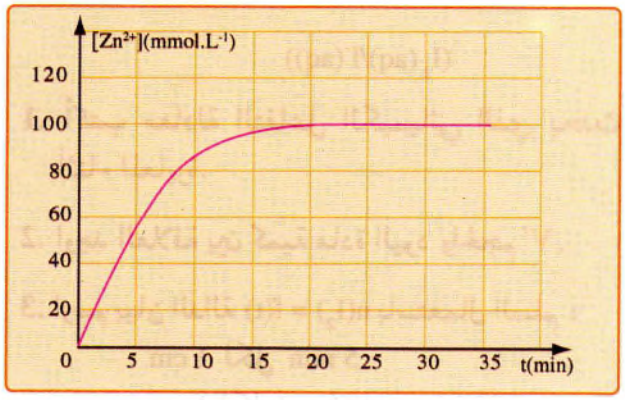
1. أكتب معادلة التفاعل الكيميائي الذي يحدث أثناء المعايرة.
2. أوجد العلاقة بين كمية مادة اليود والحجم V'.
3. ارسم بيان الدالة $n(I_2) = f(t)$ باستعمال السلم :
   $5\ min$ لكل $1\ cm$
   $10^{-5}\ mol$ لكل $1\ cm$
4. انطلاقا من البيان :
   أ. أوجد قيمة السرعة الحجمية المتوسطة لتشكل ثنائي اليود بين اللحظتين :
   $t_1 = 10\ min$ و $t_2 = 20\ min$.
   ب. أوجد قيمة السرعة الحجمية اللحظية لتشكل ثنائي اليود في اللحظة $t_1 = 15\ min$.
5. إذا علمت أن الثنائيات الداخلة في التفاعل المدروس هي : $(I^-(aq)/I_2(aq))$ ، $(S_2O_8^{2-}(aq)/SO_4^{2-}(aq))$
   أ. اكتب معادلة التفاعل الكيميائي الذي يحدث عند مزج المحلولين S_1 و S_2.
   ب. استنتج العلاقة بين سرعة اختفاء $S_2O_8^{2-}$ وسرعة التفاعل .
   جـ. أحسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 15min$.

17 ★★ محلول حمض كلور الماء $H^+(aq) + Cl^-(aq)$ يؤثر على التوتياء فينتج غاز ثنائي الهيدروجين $H_2(g)$ وتتشكل الشوارد $Zn^{2+}(aq)$.

عند اللحظة $t = 0$ نضع كتلة $m = 2,3\ g$ من مسحوق التوتياء في بالون يحتوي على حجم $V = 100\ mL$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي $C_A = 0,2\ mol.L^{-1}$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

إن متابعة تطور هذا التحوّل تمكن من رسم البيان $[Zn^{2+}] = f(t)$



1. أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحوّل.
2. قدّم جدولا لتقدّم التفاعل. عيّن المتفاعل المحد ثم أستنتج علاقة بين $[Zn^{+2}]$ و x .
3. عرّف زمن نصف التفاعل $t_{½}$ ثم عيّن قيمته.
4. عيّن تركيب الوسط التفاعلي عند اللحظتين $t = t_{½}$ و $t = t_f$ حيث t_f لحظة إنتهاء التفاعل.
5. عيّن السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 0$ ثم عند اللحظة $t = t_{½}$.

18 ★★★ عند إماهة السكاروز $C_{12}H_{22}O_{11}$ ينتج متماكبان الغلوكوز (G) $C_6H_{12}O_6$ والفريكتوز (F) $C_6H_{12}O_6$ وفقا للتفاعل ذي المعادلة :

$$C_{12}H_{22}O_{11}(aq) + H_2O(\ell) = C_6H_{12}O_6(aq) + C_6H_{12}O_6(aq)$$

يوجد في المخبر محلول (S) للسكاروز تركيزه المولي $[S]_i = 0,1\ mol.L^{-1}$.

خلال الإماهة ندرس تغيرات [S] بدلالة الزمن t عن طريق المعايرة مع العلم أن الماء أستعمل بزيادة. نحصل على الجدول التالي :

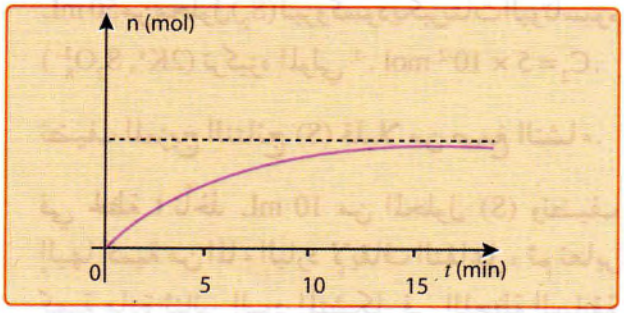
t (min)	0	100	300	500	700	900	1100
[S] (mol.L-1)	4.10^{-1}	3.10^{-1}	$1,5.10^{-1}$	$7,5.10^{-2}$	$3,7.10^{-2}$	$1,9.10^{-2}$	$9,3.10^{-3}$
$y = [S]_i - [S]$ (mol.L-1)							

1. قدّم جدولا لتقدّم التفاعل.
2. عرّف سرعة التفاعل ثم بيّن أنها تكتب على الشكل : $v = \frac{dy}{dt}$.
   ماذا تمثل الكمية $y = [S]_i - [S]$ ؟
3. أكمل الجدول السابق ثم أرسم البيان :
   $y = [S]_i - [S] = f(t)$
4. أدرس تطور سرعة التفاعل إعتمادا على البيان $y = f(t)$

19 ★★★ نعتبر التحول المنمذج بالتفاعل ذي المعادلة :

$$5\ Br^- + BrO_3^- + 6\ H^+ = 3\ Br_2 + 3\ H_2O$$

1. عند اللحظة $t = 0$ تكون كميات المادة الإبتدائية هي :
   $n_0(BrO_3^-) = 2\ mol.$
   $n_0(Br^-) = 12\ mol$.
   $n_0(H^+) = 12\ mol$
   بالإستعانة بجدول تقدّم التفاعل قدّم حصيلة المادة عند اللحظات : $t = 0$. $t = t_{1/2}$ و $t \to \infty$
2. المنحنى التالي يبيّن تطور $n(Br_2)$ بدلالة الزمن



أ. عيّن السّلم العمودي
ب. أرسم في نفس المعلم البيانات :
$n(BrO_3^-) = g(t)$
$n(Br^-) = h(t)$
$n(H^+) = k(t)$

ج. عيّن قيمة السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 0$ علما أن حجم الوسط التفاعلي $V = 100\ mL$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

20 ★★★ عند درجة الحرارة 20 °C وفي دورق (بالون) حجمه V = 500 mL، نتابع باستعمال جهاز قياس الضغط، التحول الذي يحدث بين حجم V′=200 ml لمحلول حمض كلور الهيدروجين $(H^+(aq) + Cl^-(aq))$ ذي التركيز المولي $C = 1{,}0.10^{-1}mol/L$ وكتلة $m(Mg) = 9{,}0\ cg$ من المغنيزيوم.

معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث هي :

$$Mg(s) + 2H^+(aq) = Mg^{2+}(aq) + H_2(g)$$

يعطى :

$R = 8{,}31\ j.K^{-1}.mol^{-1}$; $M(Mg) = 24{,}3g.mol^{-1}$

1. ما هي النواتج المتشكلة خلال هذا التحول ؟
2. احسب كميات المادة الابتدائية للمتفاعلات .
3. ما هو المتفاعل المحد ؟ علل .
4. الضغط الجوي، في شروط التجربة $P_{atm} = 1{,}009 \times 10^5\ Pa$. نقيس الضغط P للغاز الموجود في الدورق في أزمنة مختلفة، وتعطى قيمته بالعلاقة:

$$P = P_{atm} + P_{H_2}$$

نتحصل على جدول القياسات التالي :

t(s)	0	18	52	71	90	115
P(10^5Pa)	1,009	1,034	1,097	1,127	1,159	1,198
t(s)	144	160	174	193	212	238
P(10^5Pa)	1,239	1,261	1,273	1,294	1,297	1,297
t(s)	266	290				
P(10^5Pa)	1,297	1,297				

أوجد العبارة الحرفية للتقدم x بدلالة P_{H_2}.

5. مثل بيان تغيرات التقدم x بدلالة الزمن .

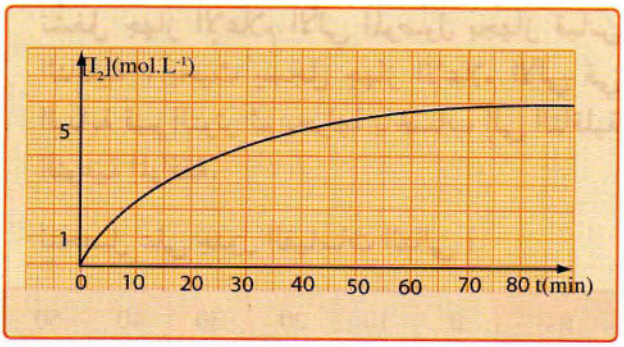
سلم الرسم : 20s ⟷ 1cm للفواصل ،

$4.10^{-4}mol$ ⟷ 1cm للتراتيب .

6. عين زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.
7. عين السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة t =180 s
8. عين عند اللحظة t = 180 s، حجم ثنائي الهيدروجين المتشكل والتركيز المولي لشوارد $Mg^{2+}(aq)$ في الوسط التفاعلي.

21 ★★★ في اللحظة t = 0، نمزج حجما $V_1 = 500\ mL$ من محلول مائي S_1 لبيروكسود يكبريتات البوتاسيوم $(2K^+(aq) + S_2O_8^{2-}(aq))$ ذي التركيز المولي $C_1 = 1{,}5 \times 10^{-2}\ mol.L^{-1}$ مع حجم $V_2 = 500mL$ من محلول مائي S_2 ليود البوتاسيوم $(K^+(aq) + I^-(aq))$ ذي التركيز المولي C_2 .

في لحظات مختلفة ، نقوم بأخذ أجزاء متساوية من المزيج ونبردها بوضعها في الجليد الذائب. نعاير ثنائي اليود المتشكل خلال التحول الكيميائي ، ثم نرسم المنحنى الذي يمثل تغيرات التركيز المولي $[I_2(aq)]$ بدلالة الزمن .



1. لماذا نبرد الأجزاء في الجليد ؟
2. ما هي الثنائيات (Ox/réd) التي تدخل في التفاعل المدروس ؟
3. ما هو النوع الكيميائي المرجع؟ علّل .
4. ما هو النوع الكيميائي المؤكسد؟ علّل .
5. أكتب معادلة تفاعل الأكسدة الارجاعية الحادث .
6. عين كميات المادة الابتدائية للمتفاعلات.
7. أنجز جدولا لتقدم التفاعل وبيّن أن البيان الممثل لتغيرات التقدم x بدلالة الزمن t يتطور بنفس الطريقة التي يتطور بها البيان $[I_2(aq)] = f(t)$ الممثل أعلاه.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

8. أحسب السرعة الحجمية للتفاعل المدروس في اللحظة $t = 25\ min$.

9. عين التركيز المولي النهائي لثنائي اليود $[I_2(aq)]$. ثم استنتج المتفاعل المحد.

10. عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ و عين قيمته.

11. أحسب التركيز المولي الابتدائي C_2 لمحلول يود البوتاسيوم.

22 ★★★ ندرس تفاعل إماهة 2- كلور-2- ميثيل بروبان $(CH_3)_3C\text{-}Cl$. من أجل هذا نسكب في بيشر حجما $V = 2,0\ mL$ من محلول 2- كلور – 2- ميثيل بروبان تركيزه الكتلي : $s = 4,0\ g.L^{-1}$. في اللحظة $t = 0$ ، نسكب في هذا المحلول $80\ mL$ من مذيب يتكون من 95% من الماء و5% خلون (acétone).

نشّغل جهاز الإعلام الآلي الموصول بجهاز قياس الناقلية ، بحيث يسجل جهاز الإعلام الآلي في البداية قيم التوتر ثم يحولها بالحساب إلى الناقلية النوعية الموافقة.

نتحصل على جدول القياسات التالي :

t(s)	0	10	20	30	40	50
σ(µs/cm)	0	52,79	74,53	99,38	121,1	142,9
t(s)	60	70	80	90	100	110
σ(µs/cm)	161,5	117	192,5	205	214,3	226,7
t(s)	120	140	160	190	220	240
σ(µs/cm)	232,9	248,4	260,9	273,3	279,5	285,7
t(s)	285	315	365	375	380	450
σ(µs/cm)	291,9	295	298,1	298,1	298,1	298,1

معادلة التفاعل المنمذج للتحول المدروس هي :

$$(CH_3)_3C\text{-}Cl(aq) + H_2O = (CH_3)_3C\text{-}OH + H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

المعطيات :

$M(C) = 12\ g.mol^{-1}$; $M(H) = 1\ g.mol^{-1}$

$M(Cl) = 35,5\ g.mol^{-1}$

1. اشرح لماذا يمكن متابعته هذا التحول عن طريق قياس الناقلية.

2. أحسب كميات المادة الابتدائية للمتفاعلات .

3. انشأ جدولا لتقدم التفاعل .

4. أكتب العبارة الحرفية للناقلية النوعية σ للمحلول بدلالة التقدم x.

5. لماذا تكون الناقلية النوعية للوسط التفاعلي معدومة في اللحظة $t = 0\ s$ ؟

6. أعط عبارة الناقلية النوعية σ_f في نهاية التفاعل.

7. أحسب التقدم الأعظمي x_{max}

8. انطلاقا من العبارات المتحصل عليها في السؤال 4 و6 و قيمة x_{maxl}، عين عبارة التقدم x في اللحظة t بدلالة σ و σ_f

9. أنجز جدولا لقيم التقدم x في اللحظات المختلفة .

10. أرسم البيان $x = f(t)$

السلم :

1 cm للفواصل ⟷ 20 s

2 cm للتراتيب ⟷ $1,0.10^{-5}$ mol

11. عرف ثم عين زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

12. عين قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظات t = 60 s و t = 200 s

13. بمقارنة قيمتي السرعة المتحصل عليها في السؤال 12، وضح كيف تتطور السرعة خلال هذا التفاعل، مبرّرا هذا التطور. كيف يمكن التأكد بيانيا ؟

23 ★★★ في الوسط المائي حمض الأزوتيد HNO_2 غير مستقر ويتحوّل ببطء إلى محلول حمض الأزوت $H^+(aq) + NO_3^-(aq)$ وينطلق غاز أحادي أكسيد الأزوت NO(g).

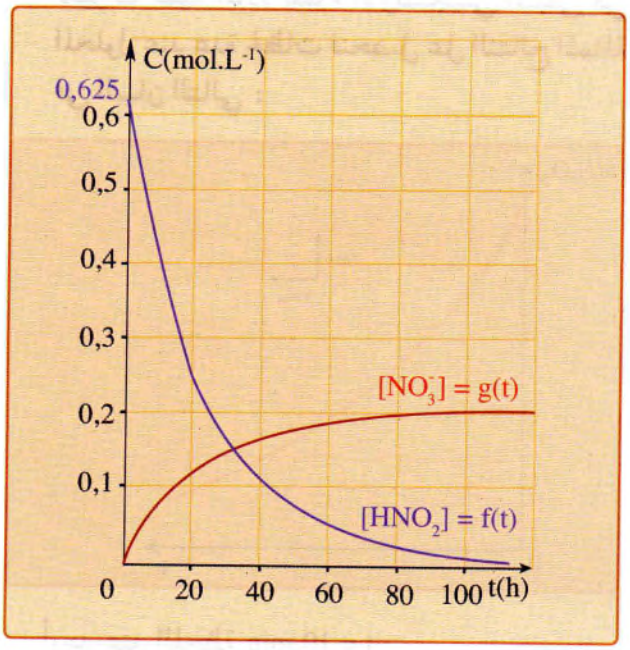
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ينمذج التحول بالتفاعل ذي المعادلة :

$$3\,HNO_2(aq) = 2\,NO(g) + 3\,H_3O^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

إنطلاقا من محلول الحمض HNO_2 تركيزه المولي C_0 نتابع التحول لنحصل على المنحنيين

$$[HNO_2] = f(t) \;،\; [NO_3^-] = g(t)$$



1. قدّم جدولا لتقدّم التفاعل ثم استنتج عبارتي $[HNO_2]$. $[NO_3^-]$ بدلالة C_0 . X . الحجم V .

2. عرّف السرعة الحجمية للتفاعل ثم بيّن أنه يمكن معرفتها من كل منحنى.

3. عيّن السرعة الحجمية الإبتدائية للتفاعل V_0 .

4. عيّن عند اللحظة t_1 (نقطة تقاطع المنحنيين) كمية المادة للأنواع المتواجدة في المزيج ثم السرعة الحجمية للتفاعل V_1 عند هذه اللحظة .

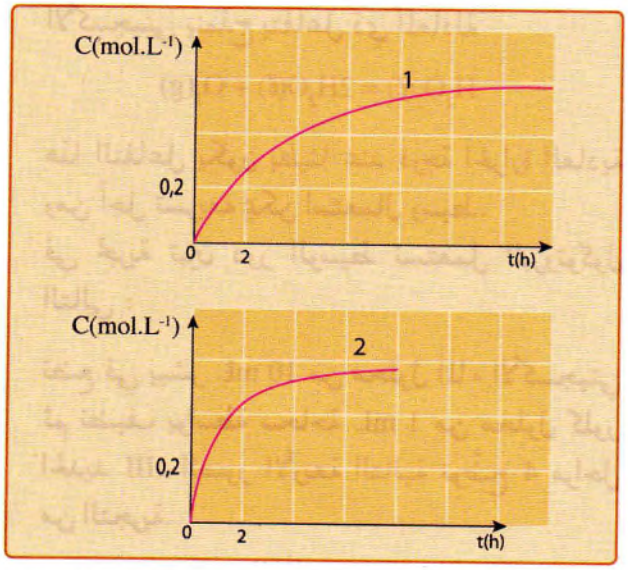
5. قارن بين V_0 . V_1 ما هو حينئذ العامل الحركي المراد إبرازه.

6. في أي لحظة يمكن إعتبار التحوّل قد إنتهى ؟ ما هي قيمة السرعة الحجمية للتفاعل آنذاك ؟

3. العوامل الحركية

★24 نعتبر التحول المنمذج بالتفاعل ذي المعادلة : $A + B = C + D$

يمثل البيان (1) تطورات [C] بدلالة الزمن (t) عند درجة حرارة 50 °C، ويمثل البيان (2) تطورات [C] بدلالة الزمن (t) عند درجة حرارة 100 °C .



1. أوجد من أجل كل حالة زمن نصف التفاعل ثم قارن بين سرعة التفاعلين.

2. استنتج تأثير درجة الحرارة على سرعة التفاعل.

★25 نضع في بيشر $200\ cm^3$ من محلول حمض الأكساليك تركيزه المولي $C = 0{,}005\ mol.L^{-1}$، نضيف $0{,}2\ cm^3$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم ذي التركيز المولي $0{,}2\ mol.L^{-1}$ حيث درجة حرارة المزيج 15 °C .

1. نلاحظ زوال اللون البنفسجي للمحلول بعد 45 s.
   أ. على ماذا يدل زوال اللون البنفسجي ؟
   ب. أحسب السرعة الحجمية الوسطية للتفاعل الحادث.

2. ما هو التركيز المولي لحمض الأكساليك بعد زوال اللون ؟

3. نضيف إلى المزيج السابق $0{,}2\ cm^3$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم فيزول لونها بعد 28 s.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

أ. أحسب السرعة الحجمية الوسطية للتفاعل .

ب. كيف تفسر تغير قيمة السرعة ؟

4. لو كانت درجة الحرارة 70°C في السؤال (i) فإن زوال لون شوارد البرمنغانات يستغرق ثانية واحدة، كيف تفسر ذلك ؟

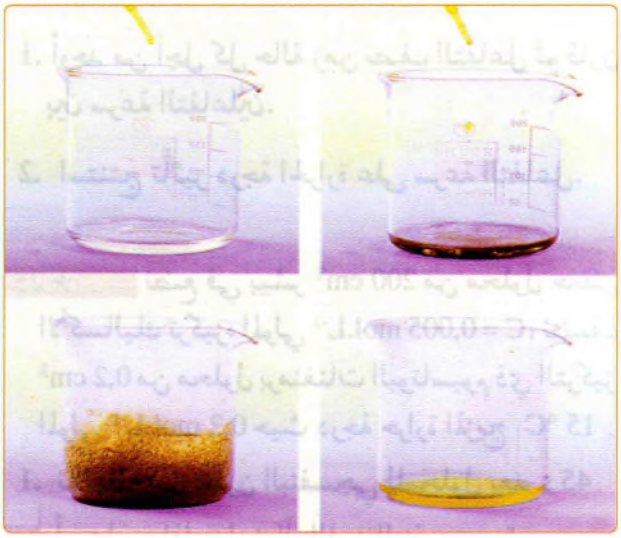
26 ★ التحليل الذاتي (dismutation) للماء الأكسجيني ينمذج بتفاعل ذي المعادلة

$$H_2O_2(\ell) = 2H_2O(\ell) + O_2(g)$$

هذا التفاعل يكون بطيئا عند درجة الحرارة العادية ومن أجل تسريعه يمكن استعمال وسيط.

في تجربة تبيّن دور الوسيط نستعمل البروتوكول التالي :

نضع في بيشر 10 mL من محلول الماء الأكسجيني ثم نضيف بواسطة سحاحة 1 mL من محلول كلور الحديد III. الصور الأربعة التالية توضّح 4 مراحل من التجربة.



1. ماذا يمكن القول عن التفاعل دون الوسيط ؟

2. ما هو نوع الوساطة في التجربة ؟ برّر إجابتك.

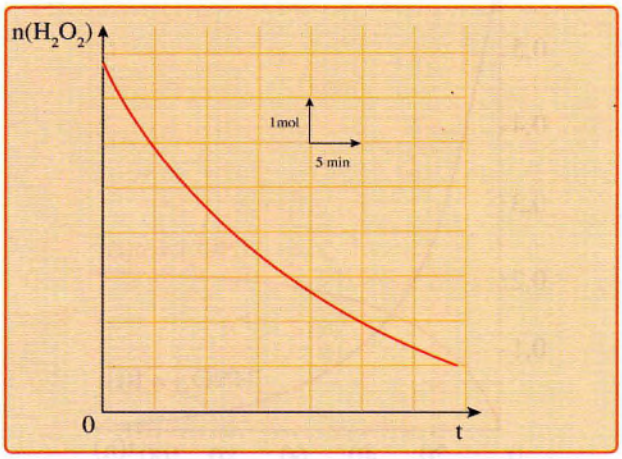
3. ما الذي يوضّح أن الوسيط شارك في التفاعل ؟

4. ما هي المعلومة المتعلقة بالوسيط التي تبرزها الصورة ؟

27 ★★ يتحلل بيروكسيد ثنائي الهيدروجين (الماء الأوكسجيني) وفق التفاعا ذي التالية :

$$2H_2O_2(aq) = O_2(g) + 2H_2O(\ell)$$

1. لدراسة تطور هذا التفاعل عند درجة حرارة ثابتة نضيف للماء الأوكسجيني عند اللحظة (t = 0) كمية قليلة من ثنائي أكسيد المنغنيز (MnO_2) ونتابع تغيرات كمية المادة للماء الأوكسجيني المتبقى في المحلول عند عدة لحظات فنحصل عل النتائج الممثلة في البيان التالي :



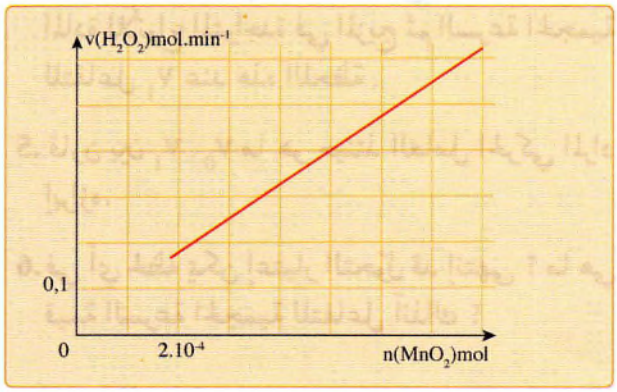
أوجد عند اللحظة t = 10 min :

أ. كمية المادة لـ H_2O_2 المتبقية،

ب. التركيب المولي للمزيج،

جـ. سرعة اختفاء الماء الأكسجيني.

2. نغير كمية مادة الوسيط MnO_2 عدة مرات ونحدد في كل مرة سرعة اختفاء الماء الأوكسجيني عند نفس اللحظة t = 10 min فنتحصل على البيان التالي :



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

أ. أوجد سرعة اختفاء الماء الأوكسجيني في غياب الوسيط .

ب. ما هي كمية مادة الوسيط MnO_2 المستعملة في السؤال 1؟

جـ. ما هو تأثير كمية مادة الوسيط على سرعة التفاعل؟

28 ★★★ نهتم بحركية أكسدة اليود I^- بواسطة شوارد البيروكسيديكبريتات $S_2O_8^{2-}$ وفقا للتفاعل ذي المعادلة :

$$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$$

1. عرّف السرعة الحجمية للتفاعل ثم عبّر عنها بدلالة $[S_2O_8^{2-}]$

2. نحقّق 4 تجارب في الشروط التالية :

أ. درجة الحرارة $\theta_1 = 32^0\,C$

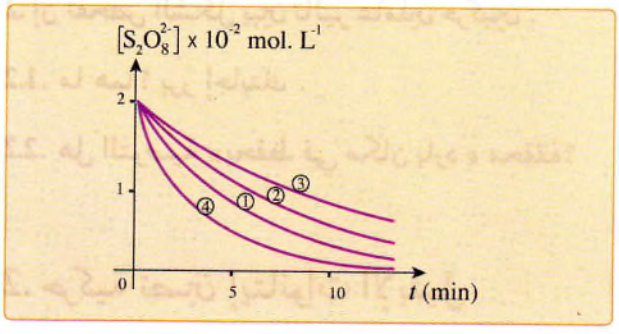
ب. درجة الحرارة $\theta_2 = 23^0\,C$

جـ. درجة الحرارة $\theta_3 = 15^0\,C$

د. درجة الحرارة $\theta_4 = 32^0\,C$

بوجود الشوارد Fe^{2+} و Fe^{3+}

من أجل كل تجربة $[I^-] = 2.10^{-3}\ mol.L^{-1}$. الوثيقة التالية تبيّن المنحنى $[S_2O_8^{2-}] = f(t)$.



– عيّن $[S_2O_8^{2-}]$ في كل تجربة.

3. كيف تطوّر سرعة التفاعل في كل تجربة وكيف تفسر ذلك ؟

4. ما هي العوامل الحركية التي تبرزها هذه التجارب ؟

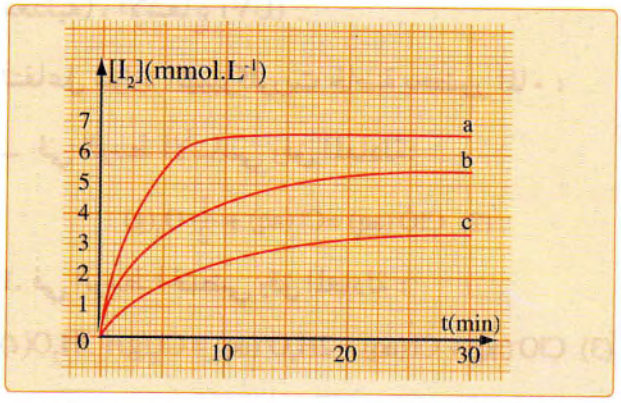
5. عند رسم البيان $[S_2O_8^{2-}] = f(t)$ في كل تجربة العيّنة المعايَرة توضع في (ماء الجليد) لماذا ؟

29 ★★★ نريد دراسة حركية التحوّل بين الشوارد $I^-(aq)$ والماء الأكسجيني $H_2O_2(\ell)$ من حيث تراكيز المتفاعلات. خلال تطور الجملة نعيّن $[I^-]$ المتشكل بواسطة إحدى طرق المعايرة.

نحقق 5 خلائط لمحلول حمض الكبريت، محلول يود البوتاسيوم، الماء الأكسجيني والماء المقطر وفقا للجدول التالي :

الخليط	محلول حمض الكبريت ($2H^+ + SO_4^{2-}$) $1,0\ mol.L^{-1}$	محلول يود البوتاسيوم $K^+ + I^-$ $0,1\ mol.L^{-1}$	الماء الأكسجيني H_2O_2 $0,1\ mol.L^{-1}$	الماء المقطر H_2O
a	10 mL	18 mL	2 mL	0
b	10 mL	10 mL	10 mL	10 mL
c	10 mL	10 mL	1 mL	9 mL

الوثيقة التالية تمثل $[I^+] = f(t)$ في الخلائط الثلاثة



1. معادلة التفاعل المنمذج للتحول المدروس.

$$H_2O_2(\ell) + 2H^+(aq) + 2I^-(aq) = 2H_2O(\ell) + I_2(aq)$$

أ. من أجل كل خليط عيّن التراكيز المولية الإبتدائية $[I^-]_0$. $[H_2O_2]_0$

ب. من هو المتفاعل المحد في كل خليط ؟

2. عيّن التركيز المولي النهائي $[I_2]_f$ لثنائي اليود المتشكل في كل خليط.

3. عيّن $[I_2]_f$ عند اللحظة $t = 30\ min$ في كل خليط

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. ماء جافيل

ماء جافيل منتوج شائع يستعمل كثيرا لقدرته على التطهير . يمكن الحصول عليه بإذابة ثنائي الكلور الغازي في محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم وفق المعادلة التالية :

$$(1)\ Cl_2(g) + 2Na^+(aq) + 2HO^-(aq) = ClO^-(aq) + Cl^-(aq) + 2Na^+(aq) + 2H_2O(\ell)$$

أثناء تحضير ماء جافيل، شوارد الهيدروكسيد $HO^-(aq)$ توجد بزيادة. وpH ماء جافيل يكون محصورا بين 11 و 12 .

إن خصائص ماء جافيل تعود إلى الطبيعة المؤكسدة لشوارد الهيبوكلوريت $ClO^-(aq)$، هذه الشوارد تؤدي إلى عدة تفاعلات تتدخل فيها عوامل مختلفة :

pH، التركيز المولي ، درجة الحرارة ، الوسائط (شوارد معدنية)، الإشعاع (UV) .

تتفاعل شوارد الهيبوكلوريت خاصة بحضور الماء :

- في الوسط الأساسي وفق المعادلة:

$$(2)\ ClO^-(aq) = Cl^-(aq) + \frac{1}{2}O_2(g)$$

1. في الوسط الحمضي وفق المعادلة :

$$(3)\ ClO^-(aq) + Cl^-(aq) + 2H_3O^+(aq) = Cl_2(g) + 3H_2O(\ell)$$

تقرأ بعض التوصيات على غلاف التعبئة لماء الجافيل وهي:

- يحفظ في مكان بارد، بعيدا عن الشمس والضوء.
- لا يستعمل مع منتوجات أخرى ، فعندما يلامس حمضا ينطلق غاز سام .

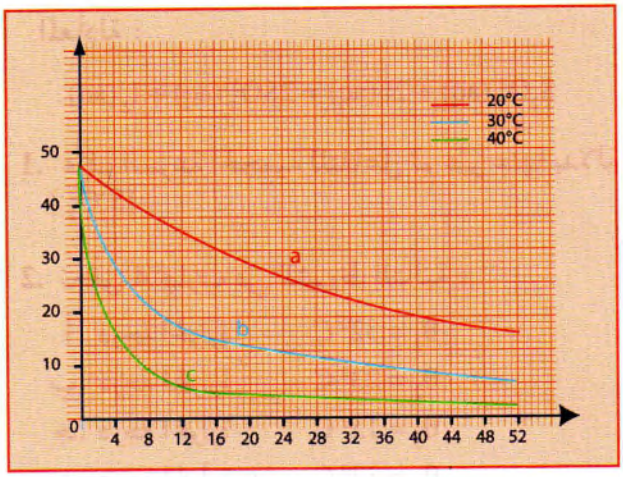
تركيز ماء جافيل :

يعرف ماء جافيل غالبا بدرجته الكلورومترية (Chl°) فهي توافق حجما لثنائي الكلور الغازي (مقدّرا باللتر) والمقاس في الشروط النظامية واللازم استعماله لصنع لتر واحد من ماء جافيل حسب المعادلة (1) .

في هذه الشروط الحجم المولي $V_m = 22{,}4\ L.\ mol^{-1}$

في أكياس (مركز)	في قارورات (1 أو 2L)	تجهيز
48°	12°	°chl

الشكل أدناه يحدد تطور التفاعل (2) في درجات حرارة مختلفة .



1. استنتج من تعريف الدرجة الكلورومترية ، التركيز المولي لشوارد الهيبوكلوريت $ClO^-(aq)$ في ماء جافيل عند 48°Chl.

2. إن تفحّص الشكل يبين تأثير عاملين حركيين .

1.2. ما هما ؟ برر إجابتك .

2.2. هل التوصية «يحفظ في مكان بارد» محققة؟

2. حركية تصبن إيتانوات الإيثيل

بكالوريا أمريكا الجنوبية ، نوفمبر 2005 .

1. إيتانوات الإيثيل :

إيتانوات الإتيل $(C_4H_8O_2)$ سائل عديم اللون صيغته نصف المفصلة :

$$CH_3 - C - O - CH_2 - CH_3$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- ما هي الوظيفة الكيميائية له؟ وما هي المجموعة التي تميزه؟

2. تصبن إيتانوات الإيثيل :

هو التفاعل بين إيثانوات الإيثيل ومحلول الصود (أو محلول البوتاس). تكتب المعادلة الكيميائية للتفاعل الحادث كالتالي :

$$C_4H_8O_2(aq) + Na^+(aq) + HO^-(aq) = Na^+(aq) + A^-(aq) + B(aq)$$

- أكتب الصيغة النصف مفصلة للنوع الكيميائي A^- . وما اسمه؟
- هل التفاعل محدود أم تام ؟

3. دراسة تجريبية لحركية التصبن بقياس الناقلية :

في لحظة مختارة $t = 0\ s$ نسكب إيثانوات الإيثيل في بيشر يحتوي على محلول الصود . نتحصل على محلول حجمه $V = 100,0\ mL$ بحيث التركيز المولي لكل الأنواع الكيميائية متساوية بحيث :

$$C_0 = 1,0 \times 10^{-2}\ mol/L = 10\ mol/m^3$$

عند درجة الحرارة الثابتة $30°C$. نغمس في المزيج مسبار جهاز قياس الناقلية الذي يسمح بقياس الناقلية النوعية للمحول في كل لحظة .

الجدول التالي يبين بعض القياسات :

t(min)	0	5	9	13	20	27	∞
$\sigma(s.m^{-1})$	0,250	0,210	0,192	0,178	0,160	0,148	0,091

1. تطور التحويل الكيميائي :

ليكن $x(t)$ تقدم التحول في اللحظة t . أكمل جدول التقدم في هذا الجدول، $t = \infty$ يوافق لحظة كبيرة يفترض عندها أن التحول الكيميائي قد انتهى .

التفاعل	$C_4H_8O_2$ +	$Na^+(aq)$ +	$HO^-(aq)$ =	$Na^+(aq)$ +	$A^-(aq)$ +	$B(aq)$
0	c_0V	c_0V	c_0V	c_0V	0	0
t	c_0V-x	c_0V-x	c_0V-x	c_0V+x	x	x
∞	c_0V-x_{max}	c_0V-x_{max}	c_0V-x_{max}	c_0V+x_{max}	x_{max}	x_{max}

2. الناقلية :

1.2. ما هي الأنواع الكيميائية المسؤولة عن ناقلية المحلول؟

2.2. لماذا تتناقص الناقلية النوعية للمحلول ؟ معطيات:

$$\lambda_{HO^-} = 2,0 \times 10^{-2}\ S.m^2.mol^{-1}$$
$$\lambda_{Na^+} = 5,0 \times 10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$$
$$\lambda_{A^-} = 4,1 \times 10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$$

3. عبر عن σ_t، قيمة الناقلية النوعية للمحلول في اللحظة t بدلالة $x(t)$ ، V ، C_0 والناقليات النوعية المولية الشاردية.

4. العبارات σ_0 و σ_∞، قيم الناقلية النوعية للمحلول في اللحظات $t = 0$ و $t \to \infty$

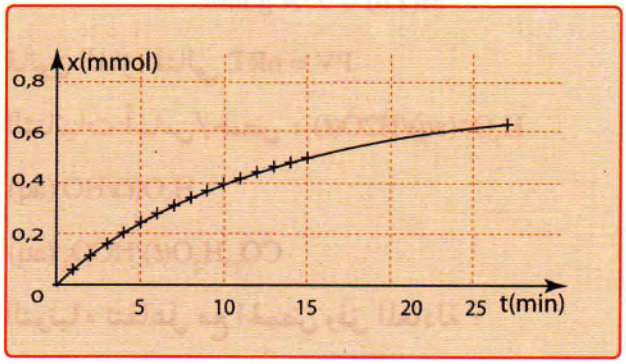
$$\sigma_0 = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{OH^-})c_0$$
$$\sigma_\infty = (\lambda_{Na^+} + \lambda_{A^-})c_0$$

5. بين أن التقدم $x(t)$ يمكن أن يحسب بالعبارة:

$$x(t) = c_0.V\frac{\sigma_0 - \sigma_t}{\sigma_0 - \sigma_\infty}$$

1. دراسة حركية :

العبارة الموجودة في السؤال 5.2 تسمح بحساب قيم التقدم $x(t)$ في كل لحظة. وتمكن من رسم البيان التالي الذي يمثل تطور التقدم $x(t)$ بدلالة الزمن :



1. أعط عبارة السرعة الحجمية للتفاعل وحدد الوحدات.

2. اشرح الطريقة التي تسمح بتعيين هذه السرعة بيانيا في لحظة ما.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

3. كيف تتطور هذه السرعة خلال التحول الكيميائي ؟

ما هو العامل الحركي المؤثر في التفاعل ؟

4. احسب التقدم الأعظمي .

5. عرف زمن نصف التفاعل واوجد قيمته انطلاقا من البيان .

6. نعيد نفس التجربة عند درجة الحرارة 20°C ارسم على نفس البيان شكل المنحنى الموافق مع التبرير .

3. تآكل قنوات صرف المياه

بكالوريا فرنسا جوان 2006

الوثيقة: الأمطار طبيعيا حمضية لأنها تحتوي على غاز CO_2 المتواجد في الجو. من جهة أخرى إحتراق المواد المستحاثة (البترول، الغاز ...) تنتج غاز SO_2 وغاز NO_2 التي تتأثر برطوبة الهواء الجوي لتتحول إلى حمض الكبريت وحمض الآزوت.

تحمل هذه الأحماض بعيدا (سحب) لتسقط على شكل أمطار حمضية.

عادة الأمطار المتساقطة تنساب من سقوف المنازل والمصانع على سيالات من الزنك.

المعطيات

$M(Zn) = 65,4\ g.mol^{-1}$

قانون الغاز المثالي $PV = nRT$

الثنائيات أساس/حمض : $H_3O^+(aq)/H2O(\ell)$

$H_2O(\ell)/HO^-(aq)$

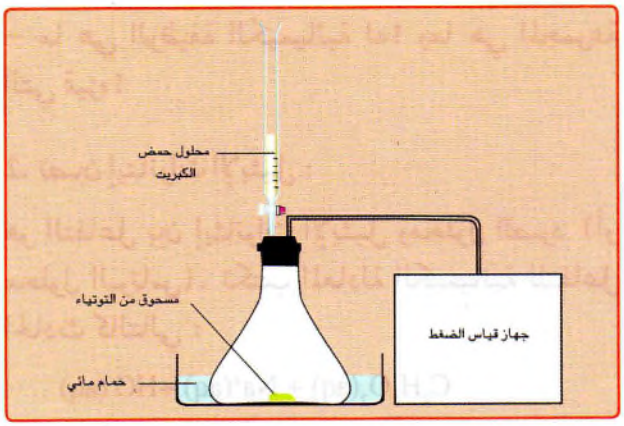
$CO_2,H_2O(\ell)/HCO_3^-(aq)$

التوتياء تتفاعل مع الحمض وفق المعادلة :

$$Zn(s) + 2H_3O^+(aq) = Zn^{2+}(aq) + H_2(g) + 2H_2O(\ell)$$

1. متابعة حركة تحول كيميائي

لدراسة هذا التحول الذي نعتبره تحولا تاما، نحقق التجربة المبينة في الشكل (1) .



في اللحظة $t = 0$، نسكب بسرعة 0.50 g من مسحوق الزنك (التوتياء) على 75.0 mL من محلول حمض الكبريت ذي التركيز المولي بشوارد الهيدرونيوم H_3O^+ تساوي 0.40 mol/L

الضغط المقاس في هذه اللحظة بجهاز التقاط الضغط هو $P_i = 1\,020$ hPa. إن تشكل ثنائي الهيدروجين يسبب زيادة في الضغط الذي يجمع مع الضغط الجوي الموجود في البداية

قيم الضغط المقاسة في لحظات مختلفة ، مدّونة في الجدول التالي .

t(min)	0	1,0	3,0	5.0	7.0	9,0	11,0	15,0
P(hPa)	1020	1030	1060	1082	1101	1120	1138	1172

t(min)	20,0	25,0	30.0	35.0	45,0	50,0	60,0	70,0
P(hPa)	1215	1259	1296	1335	1413	1452	1513	1565

t(min)	80,0	,90.0	110.0	140,0	160,0	190,0	240,0	300,0
P(hPa)	1608	1641	1697	1744	1749	1757	1757	1757

1.1. اكمل جدول التقدم التالي :

معادلة التفاعل		$Zn_{(s)}$	$+2H_3O^+ = Zn^{2+}_{(aq)}$	$+H_{2(g)}$	$+2H_2O_{(l)}$	
الحالة الابتدائية	0	$n(Zn)_i$	$n(H_3O^+)_i$	0	0	بالزيادة
الحالة أثناء التحول	x					بالزيادة
الحالة النهائية	x_{max}					بالزيادة

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2.1. استنتج قيمة التقدم الأعظمي . ما هو المتفاعل المحدّ؟

3.1. نعتبر أن ثنائي الهيدروجين المنطلق من التفاعل هو غاز مثالي . في كل لحظة الزيادة في الضغط $(P-P_i)$ تتناسب مع كمية المادة $n(H_2)$ لثنائي الهيدروجين المتشكل وتتناسب عكسا مع V_{gaz} حجم الغاز الموجود في ارلنميير (erlenmeyer) :

$$(P-P_i)\,V_{gaz}=n(H_2)RT$$

حيث P_i يمثل الضغط المقاس في اللحظة $t = 0s$، P الضغط المقاس بجهاز قياس الضغط و T درجة الحرارة المطلقة للوسط (ثابتة في كل التجربة)

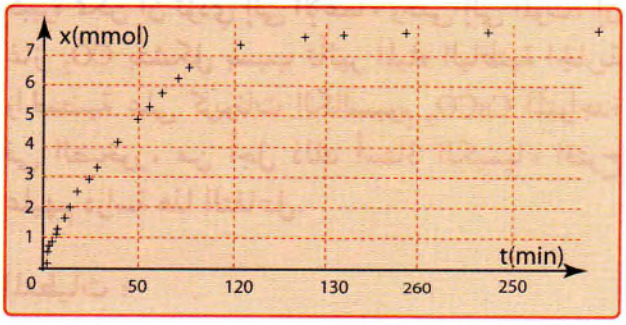
1.3.1. ما هي العلاقة التي تعطي التقدم x للتفاعل بدلالة $(P-P_i)$ ، V_{gaz} . R و T

2.3.1. نرمز إلى P_{max} الضغط المقاس في الحالة النهائية اكتب العلاقة التي تعطي التقدم x_{max} بدلالة P_{max} ، P_i ، V_{gaz} ، R و T .

استنتج العلاقة التي تعطي التقدم x :

$$x = x_{max}\left(\frac{P - P_i}{P_{max} - P_i}\right)$$

يمثل الشكل التالي البيان الذي يعطي تطور التقدم x بدلالة الزمن.



3.3.1. تحقق باستعمال البيان من القيمة x_{max}، الموجودة في السؤال (2).

4.3.1. بالاستعانة بجدول النتائج، عين قيمة التقدم في اللحظة $t = 50.0\ min$. ثم تحقق منها من البيان.

– كيف يمكن دراسة تطور السرعة الحجمية للتفاعل خلال التحول الكيميائي المدروس من البيان؟ فسر هذا التطور كيفيا .

نذكّر بعبارة السرعة الحجمية للتفاعل :

$$v = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$$

V : حجم المحلول، معتبر ثابت خلال التفاعل .

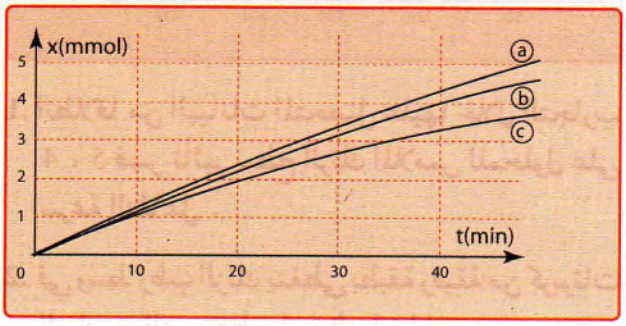
2. العوامل الحركية :

– تأثير التركيز المولي لشوارد الهيدروجين .

نستعمل الجهاز السابق (الشكل 1) ، ونحقق التجارب الثلاثة التالية :

	تجربة 1	تجربة 2	تجربة 3
درجة الحرارة	25°C	25°C	25°C
الكتلة الابتدائية للزنك	0,50 g	0,50 g	0,50 g
شكل الزنك	مسحوق	مسحوق	مسحوق
حجم محلول حمض الكبريت المسكوب	75 mL	75 mL	75 mL
التركيز المولي الابتدائي لشوارد الهيدرونيوم	0,50 $mol.L^{-1}$	0,25 $mol.L^{-1}$	0,40 $mol.L^{-1}$

لكل من التجارب الثلاثة 1، 2 و3 نرسم على الشكل 2 المنحنيات a,b,c وهي تمثل تقدم التفاعل خلال 05 دقائق الأولى.



أرفق كل منحنى من الشكل 2 برقم التجربة الموافقة، علّل .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

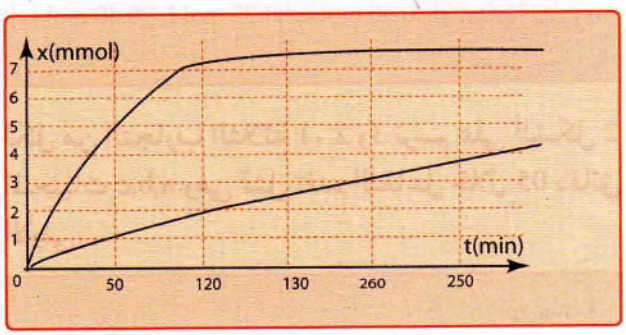
- تأثير حالة السطح وحالة الزنك

نستعمل جهاز (الشكل 1)، ونحقق ثلاثة تجارب جديدة :

- باستعمال مسحوق الزنك .
- باستعمال حبات الزنك حديثة التحضير .
- باستعمال حبات الزنك قديمة .

	تجربة 4	تجربة 5	تجربة 6
درجة الحرارة	25 °C	25 °C	25 °C
الكتلة الابتدائية للزنك	0.50 g	0.50 g	0.50 g
شكل الزنك	مسحوق	حبات	حبات الزنك قديمة مغطاة بطبقة من كربونات الزنك
حجم محلول حمض الكبريت المسكوب	75 mL	75 mL	75 mL
التركيز المولي الابتدائي لشوارد الهيدرونيوم	0,50 $mol.L^{-1}$	0,50 $mol.L^{-1}$	0,50 $mol.L^{-1}$

نرسم البيانات $x = f(t)$ للتجارب الثلاثة، ونتحصل على (الشكل 3).



1. انطلاقا من البيانات المتحصل عليها خلال التجارب 4 ، 5 فسر تأثير سطح الزنك الملامس للمحلول على سرعة التفاعل .

2. في وسط رطب الزنك يتغطى بطبقة رقيقة من كربونات الزنك ، والتي تعطي له مظهرا زلجا .

انطلاقا من البيانات المتحصل عليها بين مدى تأثير طبقة كربونات الزنك على سرعة التفاعل .

1. الأمطار الحمضية .

الأمطار، الثلوج الطبيعية غير المتلوثة لها pH حامضي. هذه الحموضة ناتجة عن انحلال ثاني أكسيد الكربون في الماء.

معادلة التفاعل بين الماء وثنائي أكسيد الكربون تكتب على الشكل :

$$CO_2(aq) + 2H_2O(\ell) = HCO_3^-(aq) + H_3O^+$$

في فرنسا متوسط pH السنوي لمياه الأمطار هي من رتبة 5.

1. انطلاقا من قيمة pH المذكورة أعلاه، عين القيمة المتوسطة للتركيز المولي لشوارد الهيدرونيوم المتواجودة في مياه الأمطار .

2. بين أن العوامل الحركية الثلاثة المدروسة في الفقرة (2)، تسمح بتبرير استعمال صفائح الزنك لمدة طويلة في المباني.

4. تفاعل كربونات الكالسيوم مع المياه الباطنية

في إطار بحث جيولوجي أراد تلاميذ السنة الثالثة علوم زيارة مغارة حيث توجد خطورة استنشاق غاز CO_2 الذي يمكن أن يتسرب. إن نسبة تسرب غاز CO_2 بكثافة كبيرة ممكن أن تؤدي إلى الإغماء وحتى إلى الموت، إن غاز CO_2 يتشكل بسبب تأثير المياه الباطنية الجارية والحمضية على كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ المتواجدة في الصخور، من أجل ذلك أستاذ الكيمياء اقترح عليهم دراسة هذا التفاعل.

المعطيات :

درجة حرارة المخبر عند إجراء التجارب 25°C

الضغط الجوي $P = 1,031 \times 10^5 Pa$

قانون الغاز المثالي $PV = nRT$ حيث $R = 8,31$ SI.

الكتل المولية الذرية :

$M(O) = 16 ; M(H) = 1 ; M(C) = 12 ; M(Ca) = 40 (g.mol^{-1})$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

كثافة غاز بالنسبة للهواء $d = \frac{M}{29}$ حيث M الكتلة المولية للغاز.

نضع في بالونة كربونات الكالسيوم $CaCO_3(s)$ ومحلول حمض كلور الماء $(H_3O^+(aq) + Cl^-(aq))$ فينتج غاز CO_2 خلال التفاعل والذي يمكن تجميعه في مخبار مدرج.

يضع أحد التلاميذ في البالونة حجما $V = 100\ mL$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي $0{,}1 mol.L^{-1}$ و 2.0 g من كربونات الكالسيوم بينما تلميذ آخر يشغل الكرونومتر عند اللحظة $t = 0$. يسجل التلاميذ $V(CO_2)$ الناتج في لحظات مختلفة حيث الضغط يبقى ثابتا.

t(s)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
$V(CO_2)$ (mL)	0	29	49	63	72	79	84	89	93	97	100	103

t(s)	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440
$V(CO_2)$											

التحول الكيميائي الحادث في البالونة ينمذج بتفاعل معادلته.

$$CaCO_3(s) + 2H_3O^+(aq) = Ca^{2+}(aq) + CO_2(g) + 3H_2O(\ell)$$

1. احسب كثافة غاز CO_2 بالنسبة للهواء. في أي مناطق من المغارة يمكن لهذا الغاز أن يتكاثف.

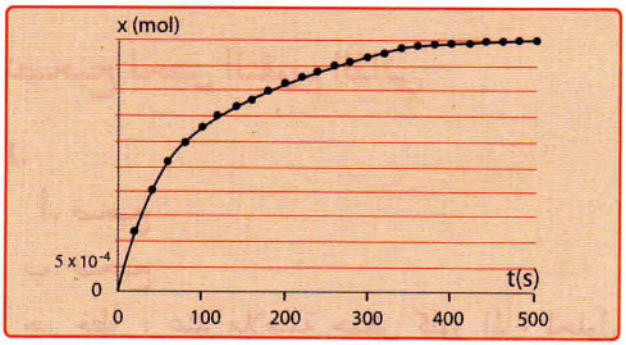
2. عين كمية المادة الإبتدائية لكل متفاعل.

3. قدم جدولا لتقدم التفاعل. من هو المتفاعل المحد؟ استنتج x_{max}

4. أ. عبر في اللحظة t عن التقدم x بدلالة $V(CO_2)$، درجة الحرارة T، الضغط P وثابت الغاز المثالي R ثم احسب قيمته عند اللحظة $t = 20\ s$.

ب. احسب الحجم الأعظمي لغاز CO_2 الذي يمكن حجزه في الشروط التجريبية. هل التحول تاما؟

5. بعد حساب قيم التقدم x في اللحظات السابقة رسم التلاميذ البيان $x = f(t)$ كالتالي:



أ. أعط عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة x وحجم الوسط التفاعلي Vs. كيف تتغير هذه السرعة؟

ب. عرف زمن نصف التفاعل ثم عين قيمته من البيان.

6. إذا كانت درجة حرارة المغارة المراد استكشافها أقل من 25°C.

أ. ما هو تأثير ذلك على سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 0$.

ب. أرسم كيفيا مع البيان السابق شكل المنحنى $x = g(t)$.

7. إن التحول السابق يمكن أن يتابع بواسطة قياس ناقلية الوسط التفاعلي في كل لحظة.

أ. ما هي الشوارد المتواجدة في الوسط التفاعلي؟ ومن هي الشاردة الخاملة كيميائيا (تركيزها لا يتغير)؟

ب. نلاحظ تجريبيا تناقص في الناقلية النوعية σ للوسط التفاعلي، برر هذه الملاحظة (دون أي حساب) علما أن عند 25°C.

$\lambda_{H_3O^+} = 35\ ms.m^2.mol^{-1}$

$\lambda_{Ca^{2+}} = 12\ ms.m^2.mol^{-1}$

$\lambda_{Cl^-} = 35\ ms.m^2.mol^{-1}$

جـ. احسب σ عند اللحظة $t = 0$

د. بين أنه توجد علاقة بين σ والتقدم x بحيث $\sigma = 4{,}35 - 380\ x$

هـ. احسب σ من أجل التقدم الأعظمي x_{max}

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تصحيح

تصحيح فحص التقويم الذاتي

1.

أ. صحيح

ب. صحيح

ج. خطأ : عند ملامسة حمض كلور الماء لمحلول الصود يتشكل ملح كلور الصوديوم.

د. خطأ : عند ملامسة كلور الصوديوم لمحلول نترات الفضة يتشكل راسب كلور الفضة.

2. أ. صحيح

ب. صحيح

ج. خطأ : عند التكافؤ كميات المادة للأنواع الكيميائية المعايرة والمعايرة متساوية أي توجد في الشريط الستوكيومترية.

د. صحيح

3. أ. خطأ : تمثل سرعة التفاعل.

ب. خطأ : تمثل سرعة إختفاء نوع كيميائي.

ج. خطأ : تمثل السرعة الحجمية للتفاعل.

د. صحيح

4. أ. صحيح

ب. خطأ :

ج. خطأ : زمن نصف التفاعل يمثل زمن بلوغ التفاعل نصف تقدّمه النهائي.

د. خطأ

4. أ. صحيح

ب. خطأ : مدة بلوغ التفاعل نهايته أكبر من زمن نصف التفاعل.

ج. خطأ : إذا كان التفاعل غير تام التقدم النهائي أقل من التقدم الأعظمي.

د. خطأ : زمن ربع التقدم الأعظمي لا يساوي زمن نصف التقدم النهائي.

6. أ. صحيح

ب. صحيح

ج. خطأ : طبيعة التفاعلات لا تؤثر على سرعة التفاعل

د. خطأ : كمية المادة وحدها لا تؤثر على سرعة التفاعل.

7. أ. صحيح

ب. صحيح

ج. خطأ : الوساطة الأنزيمية وساطة بيولوجية

د. خطأ : إذا كان الوسيط والمتفاعلات ليست في نفس الطور في وساطة غير متجانسة.

8. أ. خطأ : عند تناقص تراكيز المتفاعلات يتناقص عدد الأفراد فيتناقص عدد الإصطدامات المفاعلة.

ب. صحيح

ج. خطأ : التمديد يجعل تراكيز المتفاعلات تتناقص.

د. صحيح

9. أ. خطأ : سرعة التفاعل تتزايد عند نهاية التفاعل.

ب. خطأ : تتزايد خلال مدة ثم تتناقص بعد ذلك إلى غاية إنعدامها في النهاية.

ج. صحيح

د. صحيح

10. أ. صحيح

ب. خطأ : الميل يمثل سرعة التفاعل.

ج . خطأ : زمن نصف التفاعل يمثل زمن بلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي.

د. صحيح

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تصحيح بعض التمارين

تمرين 9 : **1.** $Mg(s) + 2H^+(aq) = Mg^{2+}(aq) + H_2(g)$

2. $V_f(H_2) = 33,6\ mL$

التفاعل لم يبلغ نهايته لأن $(31,0\ mL < 33,6\ mL)$

تمرين 12 : **1.** $v = 4,58 \times 10^{-4}\ mol.s^{-1}$

2. $v = 6,7 \times 10^{-3}\ mol.s^{-1}$ ؛ **3.** $t_{½} = 0,27\ s$.

تمرين 16 : **1.** $5C_2H_2O_2(aq) + 6H^+(aq) = 10CO_2(g) + 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O$

2. $n_0(M_nO_4^-) = 5 \times 10^{-5}\ mol$

$n_0(C_2H_2O_4) = 5 \times 10^{-3}\ mol$

3. $n_0(C_2H_2O_4) = 1,25 \times 10^{-4}\ mol$

$n_0(C_2H_2O_4) > n(C_2H_2O_4)$

4. $v_1 = 3,80 \times 10^{-7}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$

$v_2 = 6,25 \times 10^{-3}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$

$v_3 = 4,86 \times 10^{-7}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$

تمرين 20 : **1.** شوارد المغنيزيوم $Mg^{2+}(aq)$ وثنائي الهيدروجين $H_2(g)$ والماء H_2O.

2. $n(Mg) = 3,7 \times 10^{-3}\ mol$ ، $n(H_3O^+) = 2 \times 10^{-2}\ mol$

3. $Mg(s)$ هو المتفاعل المحد.

4. $x(t) = (P - Patm)\ 1,23 \times 10^{-7}\ mol$ ،

6. $t_{½} = 88\ s$ ؛ **7.** $v(t = 80\ s) = 4,5 \times 10^{-5}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$

8. $v(H_2) = 8 \times 10^{-2}\ L$ ؛ $[Mg^{2+}] = 1.66 \times 10^{-2}\ mol.L^{-1}$

تمرين 21 : **1.** لتوقيف تفاعل من أجل تعيين كمية المادة $n(I_2)$ عند اللحظة t ؛ **2.** I_2/I^- ؛ $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$.

3. الشاردة $S_2O_8^{2-}$ مؤكسدة لأنها تكتسب إلكترونات.

4. الشاردة I^- مرجعة لأنها تفقد إلكترونات.

5. $2I^-(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) = I_2(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$

6. $n_0(S_2O_8^{2-}) = 7,5 \times 10^{-3}\ mol$ ؛ $n_0(I^-) = 0,5\ .\ C_2$.

8. $v_1 = 8,3 \times 10^{-5}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$

9. $[I_2]_f = 6 \times 10^{-3}\ mol.L^{-1}$ ؛ $I^-(aq)$ هو المتفاعل.

10. $t_{½} = 17\ min$ ؛ **11.** $C_2 = 2,4 \times 10^{-2}\ mol.L^{-1}$.

تمرين 22 : **1.** لوجود الشوارد $H^+(aq)$ ؛ $Cl^-(aq)$

2. $n(R\text{-}Cl) = 3,6 \times 10^{-5}\ mol$ ؛ **3.** جدول التقدم

معادلة التفاعل	$(R\text{-}Cl) + H_2O = R\text{-}OH + H^+ + M^+ + Cl^-$				
الحالة الابتدائية (t = 0)	$8,6 \times 10^{-5}$	بزيادة	0	0	0
الحالة عند اللحظة t	$8,6 \times 10^{-5} - x$	بزيادة	1	x	x

4. $\sigma(t) = (\lambda_{H+} + \lambda_{Cl-})\frac{x}{V}$ ؛ **5.** لا توجد الشواردفي الوسط التفاعلي عند t = 0 بكمية كبيرة (توجد H^+ و HO^- في الماء بكمية قليلة)؛ **6.** $\sigma_f = (\lambda_{H+} + \lambda_{Cl-})\frac{x_{max}}{V}$.

7. $x_{max} = n(R\text{-}Cl) = 8,6 \times 10^{-5}\ mol$.

8. $x = 8,6 \times 10^{-5}\ \frac{\sigma(t)}{258,1}$ ؛ **11.** $t_{½} = 52\ s$.

12. $v_{(60)} = 5,7 \times 10^{-6}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$

$v_{(200)} = 1,2 \times 10^{-6}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$ ؛ $v_{(60)} < v_{(200)}$ يعني أن السرعة الحجمية تتناقص مع الزمن لأن تراكيز المتفاعلات تتناقص. ميل المماس يتناقص .

تمرين 24 : **1.** – من أجل المنحنى (1) $t_{½} = 2.5\ h$

– من أجل المنحنى (2) $t_{½} = 1\ h$

التحول الثاني أسرع من الأول

2. نستنتج أن درجة الحرارة عامل حركي بحيث كلما إرتفعت درجة الحرارة يكون التفاعل أسرع.

تمرين 27 : **1.** $n_0(H_2O) = 3,5$ ، $n_0(H_2O_2) = 4,5\ mol$

$v = 0.04\ mol.min^{-1}$ ؛ **2.** $v_{10} = 0.25\ mol.min^{-1}$

$v_{10} = k.n(M_nO_2)$ ، $n_0(M_nO_2) = 6 \times 10^{-4}\ mol$.

تمرين 28 : **1.** $v = \frac{x}{V}\frac{dx}{dt}$ ؛ $v = \frac{d[S_2O_8^{2-}]}{dt}$

2. $[S_2O_8^{2-}]_0 = 2 \times 10^{-2}\ mol.L^{-1}$ بالنسبة لكل التجارب.

3. – في الحالة (4) سرعة التفاعل هي الأكبر.

– في الحالة (1) سرعة التفاعل هي الأصغر.

– من أجل درجة حرارة متناقصة سرعة التفاعل تتناقص.

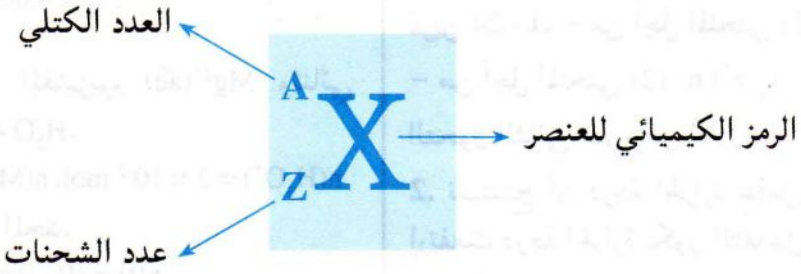
– من أجل نفس المنحنى سرعة التفاعل تتناقص مع الزمن، إذن درجة الحرارة وتراكيز المتفاعلات عوامل حركية.

4. نبرد المزيج من أجل توقيف التفاعل حتى تكون المعايرة دقيقة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- تركيب الذرة : تتركب الذرة من نواة تدور حولها إلكترونات
- بنية النواة : تتركب النواة من نويّات وهي عبارة عن بروتونات ونيترونات مرتبطة بقوى جذب قوية.

- خواص الأنوية :
  - النيترون لا شحنة له
  - شحنة البروتون موجبة
  - كتلة النيترون ≃ كتلة البروتون
  - كتلة البروتون = 1 836 × كتلة الإلكترون
- التمثيل الرمزي للنواة:



أمثلة :

اسم العنصر	هيدروجين	كربون	نحاس	أورانيوم
Z	1	6	29	92
رمز النظير	$^{1}_{1}H$	$^{12}_{6}C$	$^{63}_{29}Cu$	$^{238}_{92}U$
A	1	12	63	238
عدد البروتونات	1	6	29	92
عدد النيترونات	0	6	34	146

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الوحدة 2

التحولات النووية

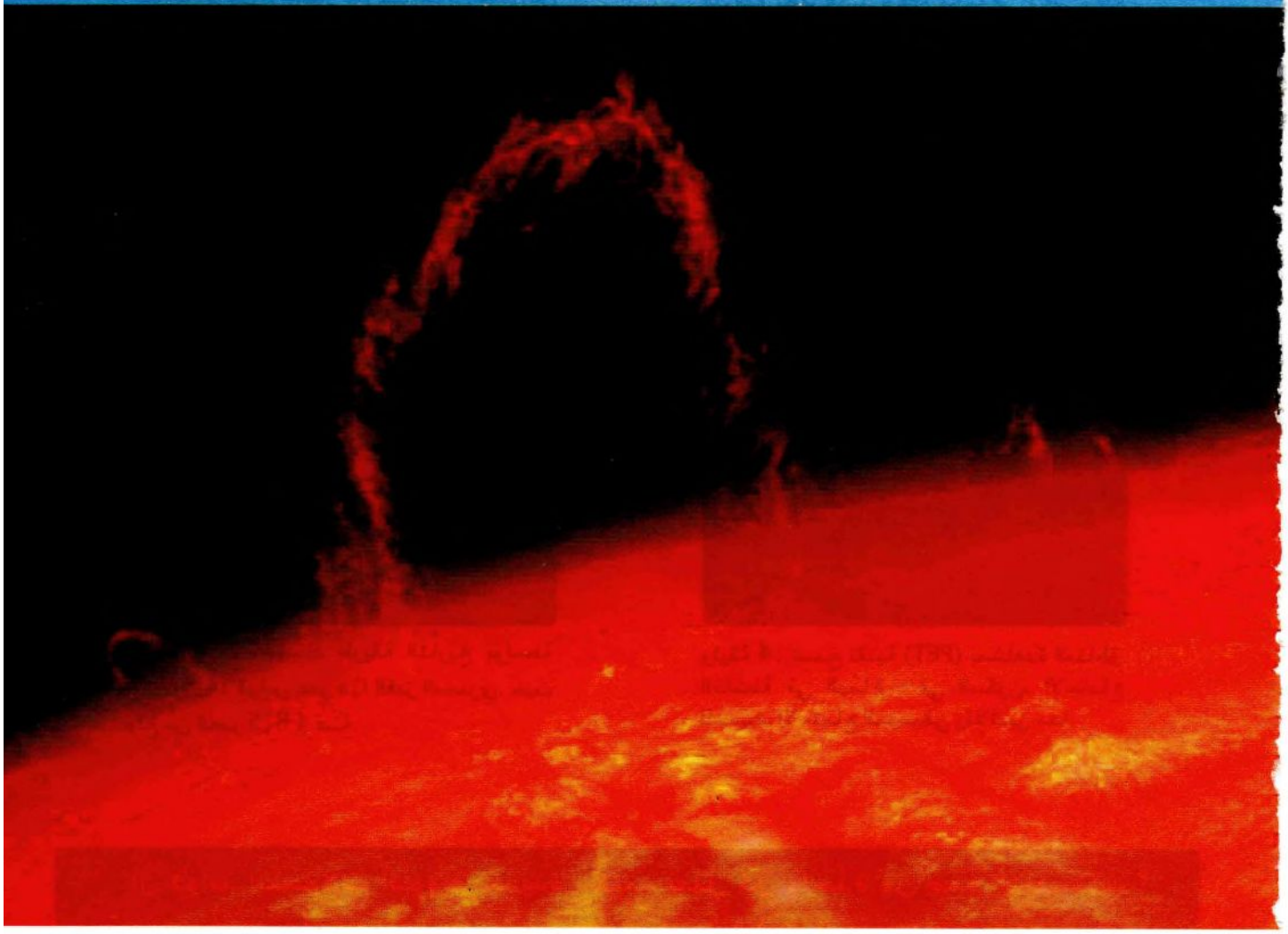
إن الشمس تضيئنا بفضل الطاقة المعتبرة الناتجة عن تفاعلات الاندماج الحراري النووي.

ما هي تفاعلات الاندماج ؟

كيف تنتج هذا الكمّ من الطاقة ؟

تتعلمون في هذه الوحدة :

- تعريف النواة المشعة ؛
- التمييز بين النشاطات الإشعاعية α ، β ، γ ؛
- إستعمال قوانين التناقص الإشعاعي ؛
- إيجاد الناتج الطاقوي للتفاعلات النووية ؛
- التمييز بين تفاعلات الانشطار والاندماج ؛
- معرفة المنافع والمشاكل المطروحة في النووي.



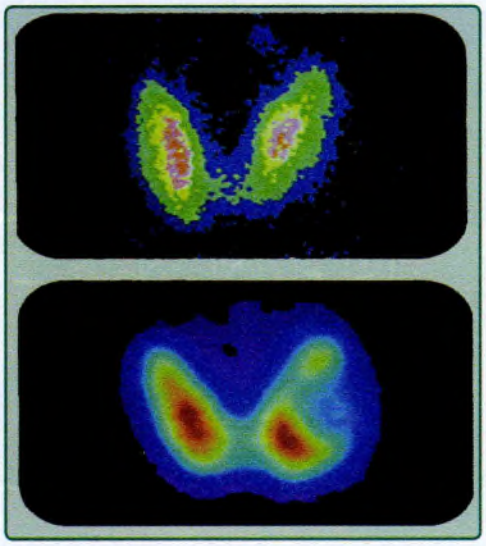
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاطات تمهيدية

نشاط 1 : فوائد التحولات النووية



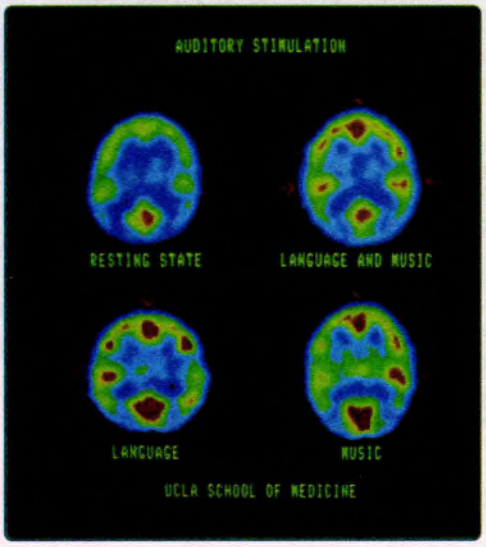
وثيقة 1: يتحقّق الانشطار النووي داخل المفاعلات النووية. يرافق الانشطار المراقب تحويل طاقي من الإشعاعي إلى الكهربائي.



وثيقة 2 : يُمتصّ اليود 131 المشع من طرف الغدّة الدرقية. تظهر الصورة غدّة عادية في الأعلى وغدة مريضة (goitre) في الأسفل.



وثيقة 3 : سمحت طريقة التأريخ بواسطة الكربون 14 قياس عمر هذا القبر المصري. حيث بلغ من العمر 815 4 سنة.



وثيقة 4: تسمح تقنية (PET) بمشاهدة المناطق الناشطة في الدمّاغ : في السكون، الإستماع للحديث، الاستماع للموسيقى وللإثنين معا.

إن فوائد التحولات النووية عديدة . كيف تعمل كل واحدة من هذه التطبيقات ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاط 2 : الآثار المضرّة للإشعاع



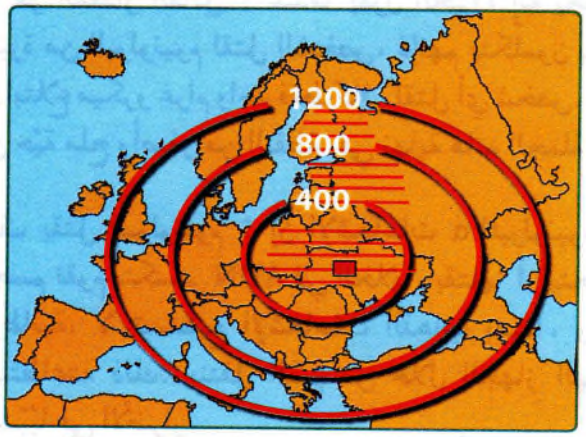
وثيقة 5 : يمكن للجيولوجي البحث عما إذا كانت الأرض قد تعرضت للإشعاع باستخدام جهاز جيجر بسيط محمول أو عدّاد يشتغل بالشرارة.



وثيقة 6 : تهدّم مدينة هيروشيما بعد إنفجار القنبلة الذرّية. حيث تراوح عدد القتلى مباشرة بعد الإنفجار واولئك المتأثرين بالإشعاع ما بين 90 و 140 ألف شخص.



وثيقة 7 : تنتج الصناعة النووية فضلات مثل اليود 129 الذي يمتلك نصف حياة $1,57 \times 10^7$ سنة. يستلزم ذلك تخزينها في شروط خاصّة جدا.



وثيقة 8 : إن حادث شرنبل لوّث أوروبا والشرق الأوسط. تزايد عدد المصابين بالسرطان إلى المتواجدين على بعد 500 كلم من موقع الحادث.

ما هو الإشعاع ؟ بماذا تتعلق آثاره ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاطات تمهيدية

نشاط 3 : كـل شيء عن البولونيوم 210

مُخبر سري سابق، تم قتله بواسطة البولونيوم 210 المشع، وهو نظير نادر لا يشكل خطرًا إذا كانت كمّيته قليلة. إن تصنيعه كسمّ صعب ولكنه سهل عند نقله ودسّه.

من أين يأتي البولونيوم ؟ إنه عنصر طبيعي متواجد بكميات قليلة في أي مكان. في الهواء، الأرض وفي النباتات. إنه متواجد في جسمك الآن ولكن لا يتسبب في أي ضرر. إذا كنتم تدخنون فإنكم معرّضون أكثر، لتواجده في أوراق التبغ المنتقل له عن طريق التربة والمخصّبات.

هل يمكن تصنيع البولونيوم ؟ نعم، يجب قذف البيزموت 209 بالنيترونات لامتصاصها حيث يتناقص ليعطي البولونيوم.

كيف يتم نقل البولونيوم ؟ بطريقة جدّ سهلة إن كان بكميات صغيرة. لكن نقل كميات كبيرة من البولونيوم يتطلّب تجهيزات خاصة وذلك لأن نصف غرام فقط من البولونيوم يمتلك درجة حرارة 500 °C.

هل التعرّض للبولونيوم خطير ؟ إلا إذا تمّ إبتلاعه أو إستنشاقه بكمية كبيرة أو إذا تعرّض خدش مفتوح لذلك.

ما هو المقدار القاتل ؟ عندما يقول الخبراء إنه يجب توفر كميات كبيرة من البولونيوم لقتل الشخص، فإنهم يتكلّمون بالسمك النووي. إن ابتلاع ميكرو غرام واحد فقط كاف لقتل أي شخص. إن ذلك يزن أقل من حبّة ملح وأصغر من النقطة في نهاية هاته الجملة.

كيف يقتل البولونيوم ؟ إن الإشعاعات α للبولونيوم عندما تخترق الجسم تقوم بتكسير ADN في الخلايا، بقتلها أو بتحويلها إلى خلايا سرطانية. لا تستطيع الإشعاعات الذهاب بعيدا، ولكن البولونيوم باستطاعته ذلك. ينتقل السّم من خلال الجهاز الهضمي والدموي متسبّبًا في الأضرار.

هل يمكن معالجة التّسمّم بالبولونيوم ؟ نعم ولكن هذا مرتبط بدرجة التّعرّض وزمنه. إن كمية كبيرة يمكن أن تتسبّب في توقّف عضو في بضعة أيّام.

إن البولونيوم عنصر معدني نادر رمزه : Po ، عدده الذري هو 84. تم إكتشافه في منجم البشبلاند في 1898من طرف الكيميائي الفرنسي بيار كوري الذي اعطى له اسم بلد زوجته بولونيا. إن البولونيوم 210 هو النظير الوحيد المتواجد في الطبيعة. تتحلل اغلب نظائر البولونيوم ببث جسيمات الفا. يشكل العنصر إذا مصدر للإشعّاعات(α).

من الموقع الإلكتروني :

http://www.ac-creteil.fr

وثيقة 9 : عنصر البولونيوم .



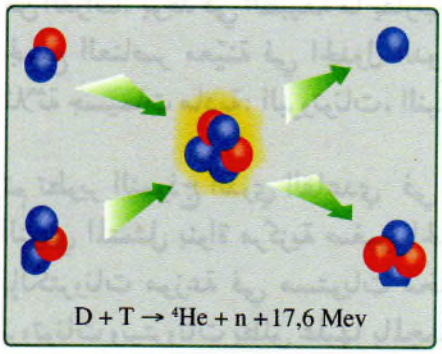
وثيقة 10 : بيار وماري كوري اكتشفا البولونيوم سنة 1898 .

كم هو عدد جسيمات α المنبعثة من البولونيوم في الثانية ؟ كيف تحدث الأضرار الإشعاعية؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاط 4 : مشروع ITER

لماذا ITER ؟ الهدف من مشروع ITER (المفاعل الحراري النووي التجريبي الدولي) هو إثبات الإمكانية العلمية والتكنولوجية لإنتاج الطاقة بواسطة اندماج الذرّات.



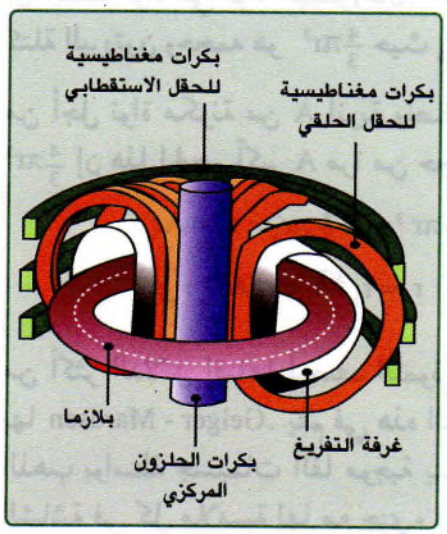
وثيقة 11 : ITER لإثبات الإمكانية العلمية والتكنولوجية لإنتاج الطاقة بواسطة الاندماج.

الاندماج المراقب يمثّل تحدّيا علميا وتكنولوجيا كبيرا يمكن له الإستجابة للمشاكل العويصة والحصول على مصادر جديدة للطاقة على المدى القريب أو البعيد. بجانب طاقة الانشطار تشكل طاقة الاندماج الأمل في الحصول على مصدر طاقة نظيف ومتوفر على مدى القرن الواحد والعشرين.

يمكن الحصول على غرام من الديتيريوم (أحد الأنوية المستعملة في تفاعل الاندماج) من 300 لتر من ماء البحر. هذا يعني أن مياه المحيطات بإمكانها وحدها تلبية إحتياجات بشرية مدة ما يقارب المليار سنة.

تفاعلات الاندماج : إن خليطا من الديتريوم والتريتيوم داخل مفاعل من نوع Tokamak يمكن إيصاله إلى درجة حرارة في حدود 200 مليون درجة ممّا يسمح لتفاعل الاندماج من التواصل ذاتيا ويبقى مراقبا.

وما بعد ذلك ؟ إن الخطوة القادمة تهتم ببناء مفاعل صناعي ينتج الكهرباء. بهذا تتحقق على المدى البعيد أحد أحلام الفيزيائيين: تسخير الطاقة على الأرض مثلما هي منتجة داخل النجوم مثل الشمس.



وثيقة 12 : طريقة عمل الآلة.

كيف تعمل ؟ إن الخليط المنصهر ديتريوم-تريتيوم يُدفع داخل غرفة حيث يتحول إلى البلازما بواسطة نظام للحصر ويشتعل. يقوم المفاعل بإنتاج رماد وطاقة على شكل جزيئات سريعة أو إشعاع.

إن الطاقة الناتجة على شكل جزيئات وإشعاع يتم إمتصاصها في مركّب خاص، "الحاجز الأول" كما يدل عليه اسمه يشكّل أول عنصر مادي يتم لقاؤه خارج البلازما.

الطاقة التي تظهر على شكل طاقة حركية للنيترونات يتم تحويلها إلى حرارة داخل الغلاف، وهو عبارة عن عنصر متواجد بعد الحاجز الأول داخل الغرفة المفرغة. الغرفة المفرغة تُشكّل المكوّن الذي يعزل الفضاء الذي حصل فيه التفاعل.

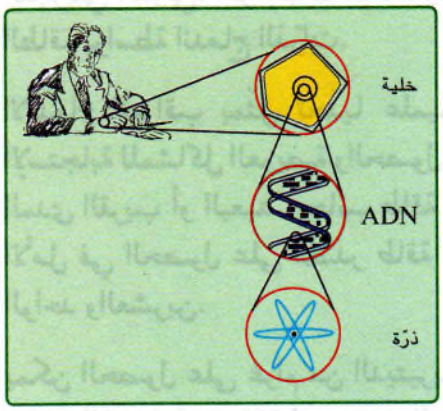
ماهو تفاعل الاندماج ؟ لماذا يعتبر الاندماج أفضل من الانشطار ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. البنية النووية

1.1. النموذج النووي

المادة التي تحيط بنا، حية كانت أم أخرى مكونة من تركيبات مختلفة من الذرات. يوجد في الطبيعة ما يقارب مائة ذرة مختلفة. القائمة التامة لجميع العناصر معيّنة في الجدول الدوري. تتكون الذرات من إرتباط ثلاثة جسيمات مادية: البروتونات، النيترونات، والإلكترونات.

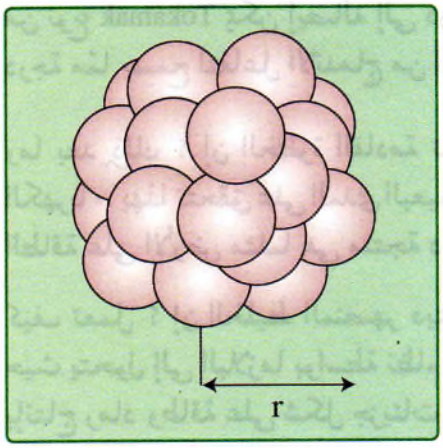


وثيقة 13 : في النموذج الذري القاعدي نحن نتكون من بروتونات ونيترونات وإلكترونات ولا شيئ غير ذلك .

تم تطوير النموذج الذري القاعدي في القرن الماضي، المعرّف بالنموذج النووي المتمثل بنواة مركزية صغيرة الحجم تسمى كذلك النوية محاطة بإلكترونات موزعة في مستويات مختلفة للطاقة. تتكون النواة من بروتونات ونيترونات يطلق عليها بالمجموع النوية. الإكترونات لا تساهم إلا بجزء قليل من الكتلة ولكنها تساهم بكل الشحنات السالبة. في المجموع تكون الذرة معتدلة كهربائيا (neutre).

كل الشحنات الموجبة وما يقارب كل الكتل للذرة متواجدة في نواتها.

أغلب حجم الذرة مكوّن من الفراغ.



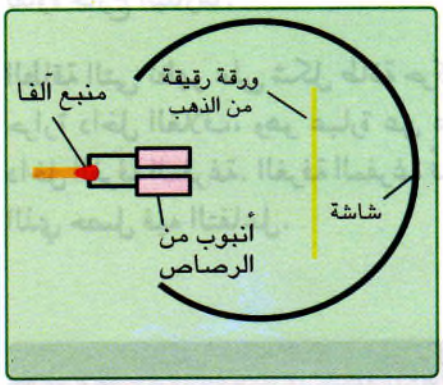
وثيقة 14 : ذرة كبيرة حجمها هو: $\frac{4}{3}\pi r^3$.

إن أبسط نواة هي نواة الهيدروجين، تحتوي على بروتون. كتلتها هي كتلة البروتون وحجمه هو $\frac{4}{3}\pi r^3$ حيث r_0 هو نصف قطر البروتون.

من أجل نواة مكونة من A أنوية ونصف قطر r يكون حجم النواة هو $\frac{4}{3}\pi r^3$ إن هذا الحجم أكبر A مرة من حجم نواة الهيدروجين :

$$\frac{4}{3}\pi r^3 = A\,\frac{4}{3}\pi r_0^3 \quad ; \quad r^3 = A r_0^3$$

$$\text{أي : } r = r_0\sqrt[3]{A} = r_0 A^{1/3}$$



وثيقة 15 : تجربة Geiger - Mardsen.

من أكثر الدلائل إقناعا لوصف النموذج النووي هو التجربة التي قام بها Geiger - Mardsen. يتم في هذه التجربة قذف ورقة رقيقة جدا من الذهب بواسطة جسيمات ألفا موجبة يتم بعث وميضة من الضوء على الشاشة في كل ملامسة لها مع جزيء (α).

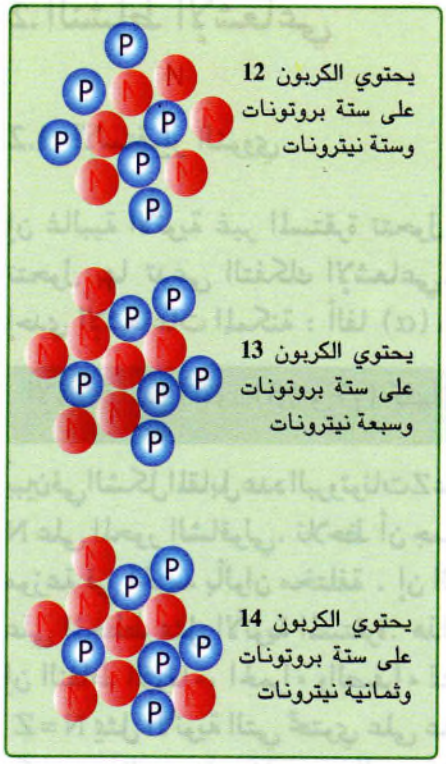
لقد أُكتشف أن جزءا من هذه الجزيئات انحرفت بزوايا أكبر من 90° (ما يقارب 8 000). ما يعني أنه تم انعكاس. جسيمات أخرى حوّلت بزوايا أقل من 90°، ما يشبه تنافرا إلكتروستاتيكيا بين شحنتين من نفس النوع، ولكن غالبية جزيئات α لم يتم تحويلها بتاتا ممّا يبرهن من أن ورقة الذهب مكونة عمليا من الفراغ. إن النتائج التجريبية هي :

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ـ تحتوي الذرة على نواة صغيرة مشحونة موجبا وتشكل غالبية كتلة الذرة.
ـ المسافة بين نواة وأخرى تكون كبيرة جدا.

2.1. النظائر

عند حدوث تفاعل كيميائي، يتم إشراك الإلكترونات الخارجية للذرات المعنية. تمتلك العناصر المختلفة خواصا كيميائية مختلفة تبعا لتغير التوزيع الخارجي للإلكترونات من عنصر لآخر. تحدّد الخواص الكيميائية لعنصر خاص بعدد الشحنات الموجبة الموجودة في النواة. بمعنى آخر عدد البروتونات. بصفة عامة، تؤدي التركيبات النووية المختلفة إلى خواص كيميائية مختلفة. النوّية هو اسم يطلق على نوع خاص من الذرات (بحيث يشمل عددا مميزا من البروتونات وعددا مميزا من النيترونات). بعض النويّات تنتمي لنفس العنصر، ولها نفس الخواص الكيميائية، وتحتوي على نفس العدد من البروتونات. هذه النويّات تدعى النظائر.



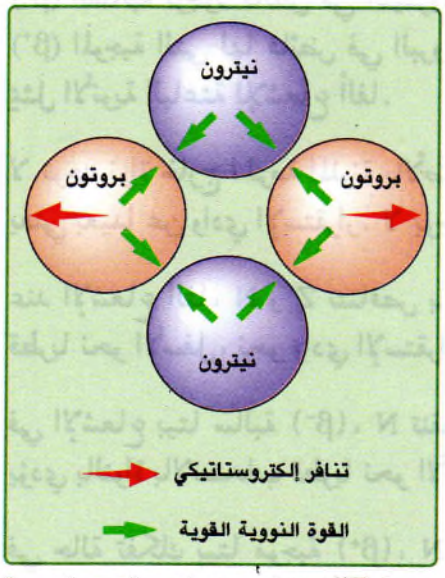
وثيقة 16 : نظائر الكربون.

تحتوي النظائر على نفس العدد من البروتونات وعدد مختلف من النيترونات.

3.1. القوة النووية القوية

جميع بروتونات النواة مشحونة موجبا. هذا يؤدي إلى تنافرها دوما لأن الشحنات من نفس النوع تتنافر، هذا يعني أن هناك قوة تحافظ على تماسك النواة، وإلا حدث الانشطار. لدينا بعض المعلومات على هذه القوة.

- يجب أن تكون قوية. لأن من الواضح أن التجاذب بين النويات ضعيف جدا لكي يتمكن من الحفاظ على تماسك كامل النواة، مع العلم أن تنافر البروتونات قوي.
- يكون مداها قصيرا؛ لأن تأثير هذه القوة منعدم خارج النواة.
- يجب كذلك إشراك النيترونات. النويات الصغيرة تؤول إلى اكتساب عدد متساو من البروتونات والنيترونات. أما النويات الكبيرة فإنها تتطلب عددا أكبر من النيترونات حتى تحافظ على تماسك النواة.



وثيقة 17 : تنافر وتجاذب القوة النووية القوية يحافظ على النواة مجتمعة ضد التنافر الإلكتروستاتيكي.

الاسم المعطى لهذه القوة هو القوة النووية القوية. إنها تربط النيترونات والبروتونات مع بعضها البعض. تحافظ النيترونات في الأنوية المستقرة على إبقاء البروتونات بعيدة عن بعضها البعض حتى تبقى القوة النووية القوية مساوية لتنافر القوة الالكتروستاتيكية.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

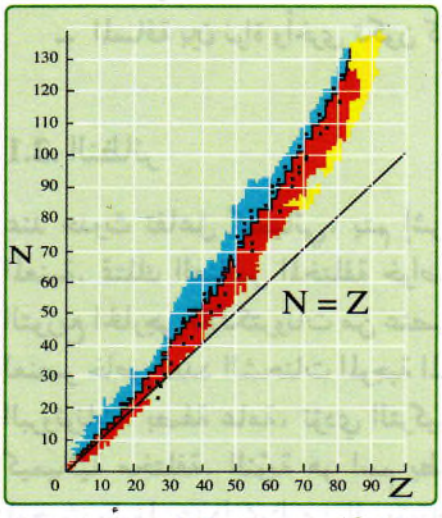
2. النشاط الإشعاعي

1.2. الإستقرار النووي

إن غالبية الأنوية غير المستقرة تتحول إلى أنوية مستقرة. الآلية التي تتحول بها تدعى التفكك الإشعاعي. كل تفكك يؤدي إلى انبعاث إحدى الإشعاعات الممكنة : ألفا (α)، بيتا (β) و غاما (γ).

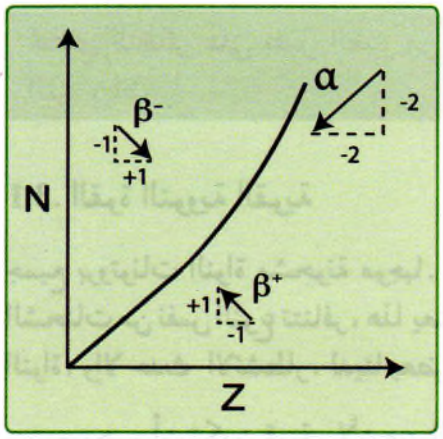
الإشعاعات (α)، (β) و (γ) كلها منبعثة من النواة.

يبين في الشكل المقابل عدد البروتونات Z على المحور الأفقي وعدد النيترونات N على المحور الشاقولي. نلاحظ أن جميع الأنوية المستقرة وغير المستقرة موزعة في الحزمة بألوان مختلفة . إن الشق الفاصل بين الأزرق والأحمر على المخطط يمثل الأنوية المستقرة. هذا الفصل يدعى وادي الإستقرار. إن النقاط الزرقاء، الحمراء والصفراء تمثل أنوية غير مستقرة. إن الخط N = Z يمثل الأنوية التي تحتوي على عدد صغير من البروتونات، عندما يكبر عدد البروتونات فإن عدد النيترونات يزيد عن عدد البروتونات.



وثيقة 18 : مخطط (N,Z) ؛ الألوان تمثل انماط التفكك. بين الاحمر والازرق يوجد واد الإستقرار.

بصفة عامة، عند التناقص الإشعاعي، تؤول الأنوية إلى الإستقرار والإقتراب من وادي الإستقرار. اللون الأزرق يمثل الأنوية الباعثة للإشعاع (β^-) السالبة لوجود فائض في النيترونات. اللون الأحمر يمثل الإشعاع (β^+) الموجبة التي لها فائض في البروتونات داخل النواة.اللون الأصفر يمثل الأنوية الباعثة للإشعاع ألفا.



وثيقة 19 : التناقص الإشعاعي يؤدي إلى إنسحاب النواة نحو وادي الإستقرار.

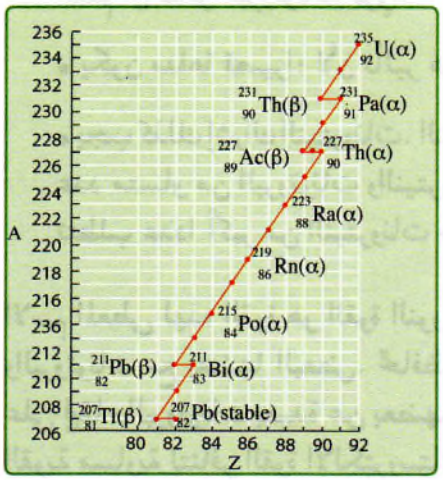
لا توجد نواة خارج الحزمة الملونة بالأصفر، الأزرق والأحمر للشكل، ما يعني بعيدا عن وادي الإستقرار. لا يوجد في الطبيعة مثل هذه الأنوية.

عند الإشعاع ألفا، N و Z تتناقص بـ 2، مما يؤدي بالنواة بالإنسحاب قطريا نحو الأسفل، نحو وادي الإستقرار.

في الإشعاع بيتا سالبة (β^-)، N تنقص بوحدة و Z تزداد بوحدة. مما يؤدي بالنواة بالانسحاب قطريا نحو الأسفل، نحو واد الاستقرار.

في حالة تفكك بيتا موجبة (β^+)، N تزداد بوحدة و Z تزداد بوحدة. تنسحب النواة قطريا نحو الأعلى باتجاه وادي الإستقرار.

يمكن للنواة الثقيلة أن تتعرض إلى مرحلة من التفكك على طول وادي الإستقرار قبل إستقرارها. مثال ذلك اليورانيوم 235 يتعرض إلى تفكك ألفا وغاما ليصبح رصاص 207 مستقرا وأكثر خفة. مجموع عناصر اليورانيوم 235 حتى الرصاص 207 تدعى العائلة المشعّة لليورانيوم 235.

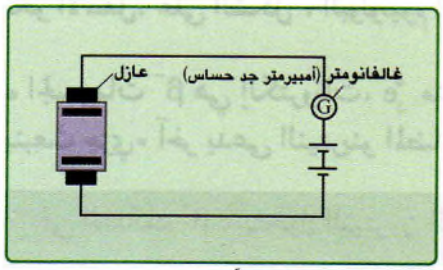


وثيقة 20 : سلسلة التفكك لليورانيوم 235 .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

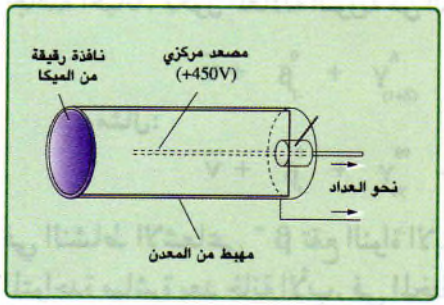
2.2. الخواص المؤينة وكشف الإشعاعات

الإشعاعات الثلاثة مُؤيِّنة. هذا يعني أنها عندما تخترق مادة يحدث تصادمات مما يفرّق الإلكترونات عن الذرات. تدعى الذرات التي فقدت أو أكتسبت إلكترونات بالشوارد. هذه الخاصية تسمح بالكشف عن الإشعاعات، وتبين أيضا طبعتها الخطيرة عندما تخضع الجسيمات البيولوجية الهامة مثل ADN للتأين يؤدي لتحولات في بنيتها.



وثيقة 21 : غرفة التأين.

يمكن إستعمال غرفة التأين وأنبوب Geiger-Muller (عدّاد Geiger) لعدّ الإشعاعات المؤينة التي تدخل في هذه الأجهزة. إنها متشابهة في المبدأ. عندما تدخل الأشعة في الغرفة تقوم بتأيين الجزيئات الغازية، فارق التوتر الكهربائي يؤدي إلى تسريع الأيونات إلى الأقطاب وتمر نبضة كهربائية في الدارة. عدد النبضات التي تصل في الثانية تمثل قياس معدّل دخول الأشعة المؤينة إلى الغرفة.



وثيقة 22 : أنبوب جيجر – ميلر.

3.2. نوع التفكك (α)، (β) و (γ)

إن النشاط الإشعاعي ظاهرة عفوية لتفاعل نووي تقوم أثناءه نواة مشعة تدعى النواة الأب بالإنقسام لتعطي نواة أخرى تدعى الابن، بإصدار جسيم. الجسيمات المنبعثة ثلاث أنواع : الجسيمات α، β^- و β^+ زيادة على ذلك يوجد نوع رابع من الإشعاع يتميز ببساطة بإصدار طاقة من النواة تدعى الإثارة المعاكسة γ.

عند تناقص النواة إشعاعيا فإن العدد الكتلي والعدد الذري يتساويان في طرفي المعادلة النووية.

- الجسيمات α هي نواة الهليوم ${}^{4}_{2}\alpha$ أو ${}^{4}_{2}He^{+2}$.

في التناقص الإشعاعي α، ينبعث جزء من النواة.

الجزء المُتبقّى هو نويّة مختلفة. تكون المعادلة النووية على الشكل :

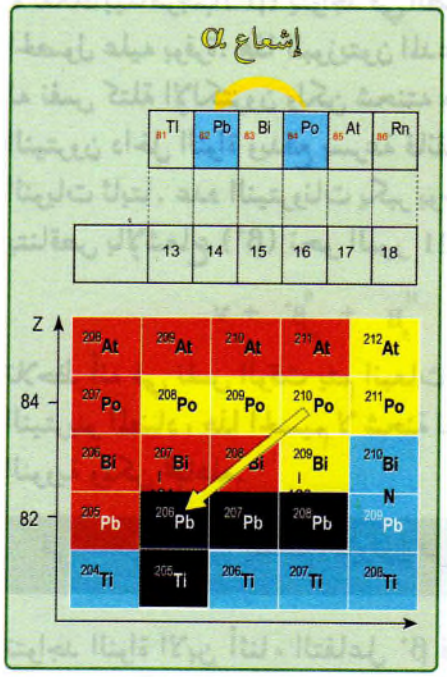
$$ {}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{(A-4)}_{(Z-2)}Y + {}^{4}_{2}\alpha $$

مثال :

$$ {}^{241}_{95}Am \longrightarrow {}^{237}_{93}Np + {}^{4}_{2}\alpha $$

تتساوى الأعداد النووية والكتلية على حدّي المعادلة :

$(95 = 93 + 2$ و $241 = 237 + 4)$



وثيقة 23 : تمثيل الإشعاع α في الترتيب الدوري وفي المخطط (N.Z).

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

في الترتيب الدوري، أثناء التفكك تتواجد النواة الابن على نفس الخط ولكن بخانتين قبل خانة الأب : في المخطط (N , Z)، الذرة تتحرك قطريا نحو الأسفل. على الشكل ، البولونيوم 210 يتحول إلى رصاص 206.

• الجسيمات β^- هي إلكترونات، $^0_{-1}e$ منبعثة من النواة. في نفس الوقت ينبعث جزيء آخر يدعى النيترينو المضاد.

في التفكك β^- ، يتحول النيترون إلى بروتون.

$$^1_0n \longrightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}\beta + \bar{\nu}$$

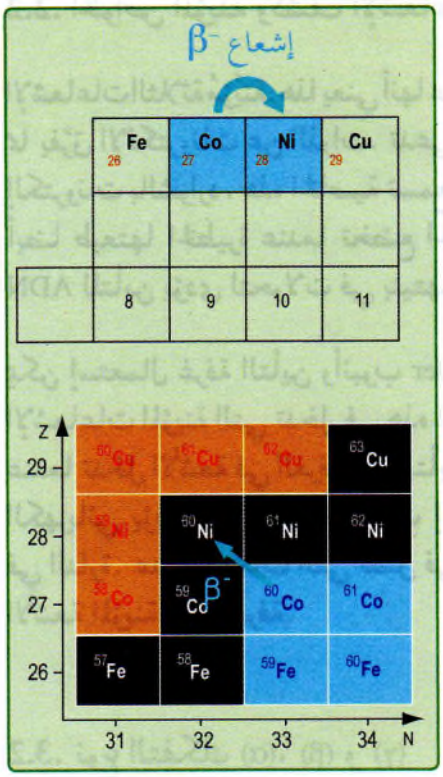
وبما أن النيترون المضاد لا يملك شحنة ولا كتلة لا يؤثر في المعادلة وعليه يمكن تجاهله أحيانا. تكون المعادلة النووية من الشكل :

$$^A_ZX \longrightarrow {}^A_{(Z+1)}Y + {}^0_{-1}\beta + \bar{\nu}$$

مثال:

$$^{90}_{38}Sr \longrightarrow {}^{90}_{39}Y + {}^0_{-1}\beta^- + \bar{\nu}$$

في النشاط الإشعاعي β^- تقع النواة الابن في التصنيف الدوري في الخانة المتواجدة مباشرة بعد خانة الأب. في المخطط (N,Z) يُبيّن الإشعاع β^- على العكس بسهم متجه قطريا نحو الأعلى. في مثالنا يصبح الكوبالت 60 نيكل 60.



وثيقة 24 : تمثيل الإشعاع β^- في التصنيف الدوري وفي المخطط (N.Z).

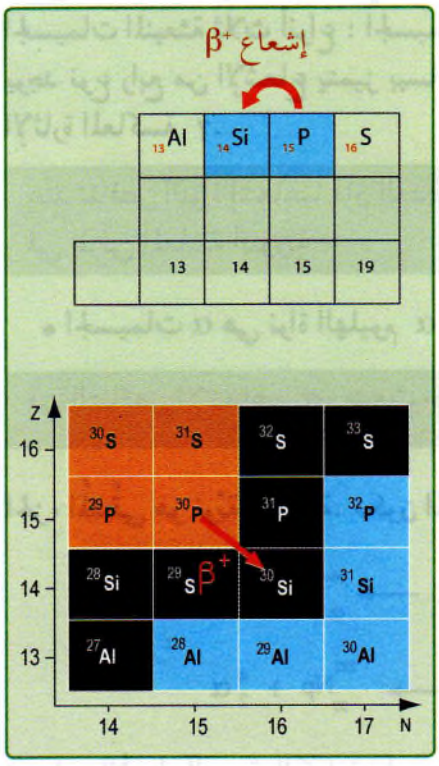
• تفكك بيتاموجب (β^+) يتواجد في الطبيعة بقلّة، ولكن إصطناعيًا يمكن الحصول عليه بوفرة. هذا البوزيتون المدعو (β^+) هو جزء المادة العكسية له نفس كتلة الإلكترون ولكن شحنته موجبة. في الإشعاع (β^+) يبقى النيترون داخل النواة ويدفع بسرعة فائقة. في هذا التفاعل، يبقى عدد النويات ثابتا. عدد النيترونات يكبر بوحدة وينبعث بوزيتون. الكربون 11 يتناقص بالإشعاع (β^+) نحو البور 11 مثلما توضحه المعادلة :

$$^{11}_6C \longrightarrow {}^{11}_5B + {}^0_{+1}\beta^+ + \nu$$

نلاحظ أنه في نفس الوقت يتم إنبعاث جسيم (ν) يدعى نيترينو. مثل النيترينو المضاد، هذا الجسيم لا شحنة له ولا كتلة. لا يؤثر على المعادلة النووية ويمكن تجاهله.

في التفكك β^+ ، ينقسم البروتون في النواة إلى نيترون وبوزيتون.

تتواجد النواة الابن أثناء التفاعل β^+ في التصنيف الدوري في الخانة قبل خانة الأب. في المخطط (N.Z) يبين التفاعل بسهم قطري نحو الأسفل. في مثالنا، الفوسفور 30 يصبح سيليسيوم 30.



وثيقة 25 : تمثيل الإشعاع β^+ في التصنيف الدوري وفي المخطط (N.Z).

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

• تختلف أشعة غاما كونها تنتمي إلى الطيف الكهرو مغناطيسي. عند انبعاثها يبقى العدد الكتلي والعدد الذري بدون تغيير.

عند انبعاث أشعة غاما تنتقل النوية من حالة مثارة إلى حالة أقل طاقة.

$$^{A}_{Z}X^{*} \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{0}\gamma$$

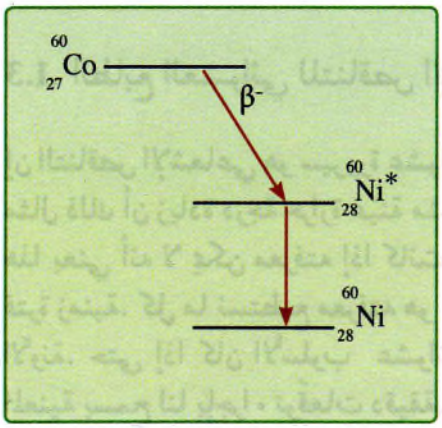
حالة مثارة — حالة أقل طاقة

تحدث هذه الظاهرة عند تفكك α أو β. يمكن أن تكون النواة الابن في حالة أكثر طاقوية من حالته الأساسية المستقرة. يكون إذاً في حالة مثارة يحدث هذا مثلا عند انبعاث β^- من الكوبالت 60 الذي يمكن تبيينه بفضل مستويات الطاقة في الشكل المقابل، معادلاته الذرية هي :

$$^{60}_{27}Co \longrightarrow {}^{60}_{28}Ni^{*} + \beta^- + \overline{\nu}$$

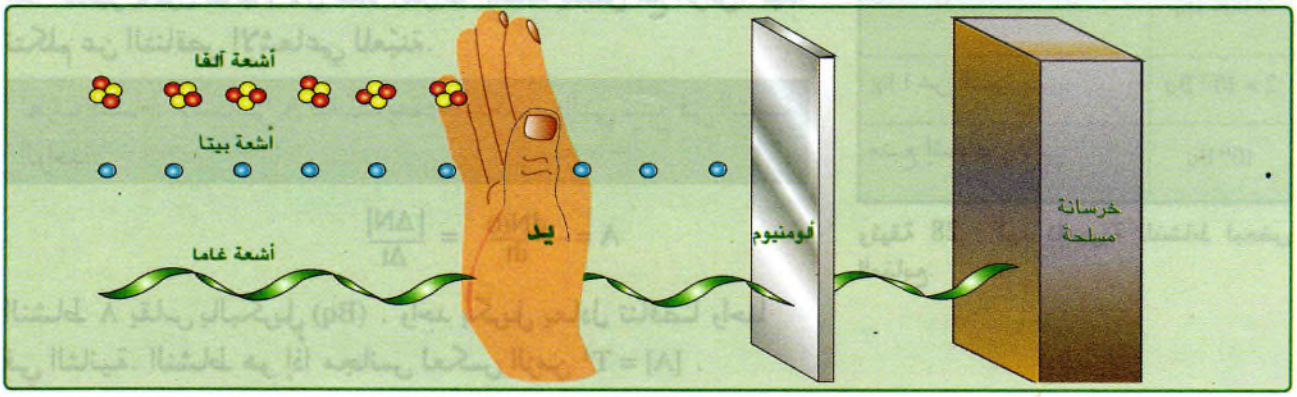
$$^{60}_{28}Ni^{*} \longrightarrow {}^{60}_{28}Ni + \gamma$$

ويمكن كتابتها بإهمال النيترون المضاد: $^{60}_{27}Co \longrightarrow {}^{60}_{28}Ni + \gamma + \beta^-$.



وثيقة 26 : تفكك β^- للكوبالت 60متبوعة بانبعاث β من نواة النيكل 60.

ملخص خواص الإشعاعات ألفا، بيتا و غاما			
خاصية	ألفا α	بيتا β	غاما γ
التأثير على فيلم فوتوغرافي	نعم	نعم	نعم
العدد التقريبي لأزواج الأيونات المنتجة في الهواء	10^4/mm	10^2/mm	1/mm
المادة النوعية اللازمة لامتصاصه	ورقة ألومنيوم بسمك 10^{-2} mm ، ورقة من الورق	بعض المليمترات من الألومنيوم	10 cm من الرصاص، 1 m من الإسمنت المسلح
قدرة الولوج	منخفضة	متوسطة	عالية
الطول النوعي للمسار في الهواء	بعض السنتيمترات	أقل من متر	نظريا غير متناه
الإنحراف الناتج عن حقل كهربائي ومغناطيسي	تتصرف كشحنة موجبة	تتصرف كشحنة سالبة أو موجبة	لا تنحرف
السرعة	حوالي 10^7 m.s^{-1}	حوالي 10^8 m.s^{-1} متغير كثيرا	3×10^8 m.s^{-1}

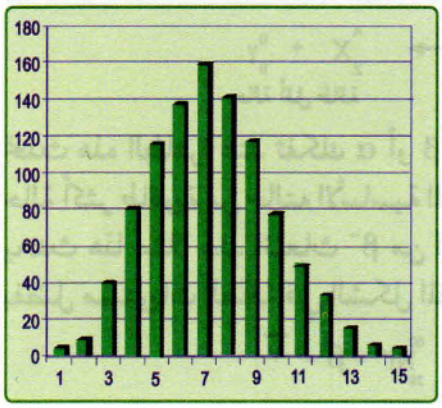


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

3. التناقص الإشعاعي

1.3. الطابع العشوائي للتناقص الإشعاعي

إن التناقص الإشعاعي هو سيرورة عشوائية ولا يتأثر بالشروط الخارجية. مثال ذلك أن زيادة درجة حرارة عيّنة مشعّة لا يؤثر على معدّل التناقص. هذا يعني أنه لا يمكن معرفته إذا كانت نواة محدّدة تتناقص أو لا خلال فترة زمنية. كل ما نستطيع معرفته هو حظوظ التناقص الحاصلة في هذه الآونة. حتى إذا كان الأسلوب عشوائيا، فإن عددًا كبيرًا من الذرات المعنية يسمح لنا بإجراء توقّعات دقيقة. إذا بدأنا بعدد معين من الذرات يمكن لنا توقع عدد معيّن من التناقصات في الدقيقة التي تلي.



وثيقة 27 : مخطط زمني يمثل على المحور الأفقي عدد التناقص المقاس خلال مدة $\Delta t = 5s$ وعلى المحور الشاقولي عدد المرات التي يبرز فيها العدد في 1 000 قياس. تتوزع النتائج حول قيمة متوسطة $\bar{n} = 7,4$.

إذا وجد عدد أكثر من الذرات في العيّنة يكون عدد التفككات أكبر. في المتوسط يكون معدّل التفككات لعيّنة متناسبا مع العدد الذري للعيّنة. يعبّر عن هذا رياضيا بـ:

$$\frac{dN(t)}{dt} \sim -N$$

حيث تبيّن إشارة الناقص بأن تغيّر N مع الزمن هو سالب.

2.3. البكريل كوحدة قياس النشاط الإشعاعي (Bq)

إذا كان N هو عدد الذرات المشعة لعيّنة ما، تتفكك هذه الذرات تلقائيا وعليه يكون N دالة تابعة للزمن نرمز لها N(t) .

التغير ΔN لعدد الذرات المشعة للعيّنة يساوي :

$$\Delta N = N(t + \Delta t) - N(t)$$

هذا التغير يكون سالبا؛ لأن عدد الذرات المشعّة ينقص مع الزمن. لهذا نتكلم عن التناقص الإشعاعي للعيّنة.

منبع إشعاعي	نشاط
إنسان (70 kg)	7 000 Bq
1L من الماء المعدني	10 Bq
1 kg من السمك	100 Bq
1 kg من الأسمدة الفوسفاتية	2 000 Bq
1 kg من البلوتونيوم	2×10^{12} Bq
منبع إشعاعي طبي	10^{14} Bq

وثيقة 28 : قيم تقديرية للنشاط لبعض المنابع.

نعرّف النشاط الإشعاعي A للعيّنة بعدد التفككات التي تنتج في الثانية الواحدة.

$$A = -\frac{dN(t)}{dt} = \frac{|\Delta N|}{\Delta t}$$

النشاط A يقاس بالبكريل (Bq) . واحد بكريل يعادل تناقصا واحدا في الثانية. النشاط هو إذًا مجانس لعكس الزمن $[A] = T^{-1}$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

3.3. نصف العمر

غالبا ما نعتقد أن كل كمية تتناقص مع الزمن تتغير بطريقة أسيّة، ولكن المنحنيات الرتيبة تمتلك خاصية رياضية خاصة.

في المخطط المقابل يكون الزمن اللازم لتناقص نصف عدد الذرات هو دائما نفسه، مهما كانت قيمة الإنطلاق المختارة. إن هذا يسمح لنا بالتعبير عن احتمال تناقص إشعاعي أو تفكك عيّنة، بمقدار يدعى نصف العمر $t_{½}$. المادة التي لها نصف حياة كبير تأخذ وقتا طويلا للتناقص. المادة التي لها نصف حياة قصير تتناقص بسرعة أكبر. تتغير أنصاف الحياة من أجزاء الثانية إلى ملايين السنوات.

يسمح نصف العمر بتصنيف التناقص الإشعاعي في العيّنة. حيث يمثل المدة التي يتناقص فيها النشاط إلى النصف.

في أغلب الحالات البسيطة يكون إيجاد المواد المشعّة المتبقية هو مسألة تطبيق خاصية نصف العمر عدّة مرّات. الخطأ الشائع هو إعتقاد أنه إذا كان نصف العمر لمادة مشعة 3 أيام فإنها تتناقص في 6 أيام. في الواقع تبقى بعد 6 أيام (إثنان نصف حياة) نصف النصف" أي الربع، وبعد ثلاثة أنصاف حياة يبقى الثمن وهكذا.

أهم خاصية للنواة أنها تتميّز بزمنين :

1. ثابت الزمن $\tau = \frac{1}{\lambda}$ حيث :

$$N(\tau) = N_0 . e^{-\lambda.\tau} = \frac{N_0}{e} = 0,37\ N_0$$

الذي يمثل تناقص بـ 63% بالنسبة للعدد الأصلي للنواة N_0 .

2. نصف العمر $t_{½}$ الذي يعطي : $N(t_{½}) = \frac{N_0}{2}$

المكتوب على الشكل : $N_0 . e^{-\lambda.t_{½}} = \frac{N_0}{2}$

الذي يعطي $e^{-\lambda.t_{½}} = \frac{1}{2}$ ؛ $\lambda.t_{½} = \ln 2$

أي : $t_{½} = \frac{0,693}{\lambda} = 0,693\ \tau$

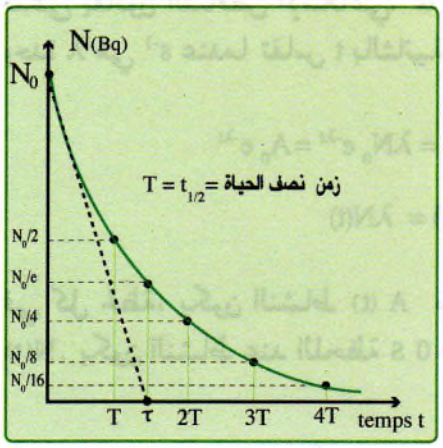
4.3. قانون التناقص الإشعاعي

يكتب النشاط من أجل فترات قصيرة من الزمن كالتالي :

$$A = -\frac{dN(t)}{dt}$$

عنصر مشع	نصف العمر
كربون 14	5 730 ans
سيزيوم 137	30,2 ans
يود 123	13,2 h
يورانيوم 238	$4,46 \times 10^9$ ans
رادون 220	58 s

وثيقة 29 : نصف حياة بعض الأنوية المشعة.



وثيقة 30 : دالة التناقص الإشعاعي.

رياضيات التناقص الإشعاعي

- الدالة الأسية e معرّفة في R

لكل عدد x و y وعدد حقيقي α

$e^{x+y} = e^x \times e^y$

$e^{x-y} = \frac{e^x}{e^y}$

$e^{\alpha x} = (e^x)^\alpha$

- الدالة اللوغاريتمية ln معرّفة في $]0, +\infty[$

لكل الأعداد الحقيقية $x>0$ ، $y>0$ و a

$\ln xy = \ln x + \ln y$

$\ln \frac{x}{y} = \ln x - \ln y$

$\ln x^a = a \ln x$

- لكل الأعداد الحقيقية $x>0$ و $y>0$

$y = e^x$ يكافئ $x = \ln y$

وثيقة 31 : رياضيات التناقص الإشعاعي.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

وتعطي الدالة N(t) تطور عدد الذرات غير المفككة خلال الزمن. معدل التناقص لعيّنة يتناسب طردا مع عدد الذرات في العيّنة مما يعني أن التناقص الإشعاعي يتم بصفة أسية. إن عدد الذرات لعنصر N يتناقص أسيا مع الزمن حسب العلاقة :

$$N(t) = N_0\, e^{-\lambda.t}$$

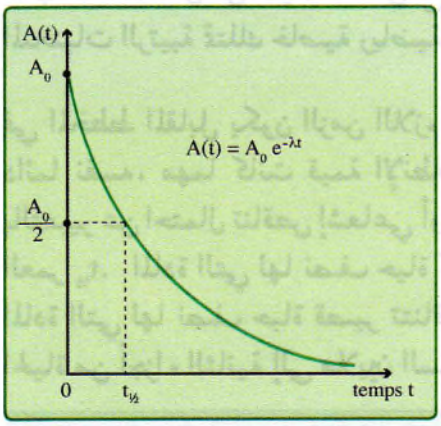
حيث N_0 هو عدد الذرات المشعة المتواجدة في اللحظة الإبتدائية (t = 0).

λ يدعى ثابت التفكك، إنها مميّز للنظير. المعادلة N (t) المبيّنة أعلاه تدعى بقانون التناقص الإشعاعي. مما يدل أن الحدّ λt بدون وحدة فإن وحدة λ هي s^{-1} عندما تقاس t بالثانية نحصل إذاً على :

$$A(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = \lambda N_0\, e^{-\lambda t} = A_0\, e^{-\lambda t}$$

$$A(t) = \lambda N(t)$$

في كل لحظة، يكون النشاط A (t) متناسبا مع عدد الذرات المشعة N(t). يكون النشاط عند اللحظة $t_0 = 0$ S هو A_0.



وثيقة 32 : تناقص نشاط العيّنة خلال الزمن الشكل هو نفسه لـ N(t) .

5.3. تطبيق الإشعاع للتأريخ

يمكن بواسطة الإشعاع تقدير عمر الموادّ العضوية مثل بقايا الأعضاء النباتية أو الحيوانية ذات عمر يقارب 40 000 سنة باستعمال الكربون 14.

يتواجد الكربون في كل المركبات العضوية. يتكون هذا العنصر أساسا من الكربون 14 المشع بنصف حياة 5 730 سنة.

مبدأ التأريخ بواسطة الكربون 14 يستند على النظرية بأن النسبة $\frac{^{14}C}{^{12}C}$ في الكون وفي العالم الحيّ ثابتة عموما. تم هذا بفضل التبادلات مثل التحليل الضوئي والتغذية التي تحدث باستمرار.

عندما يموت عضو فإن الكربون 14 الذي يحتويه لا يتجدّد لأن التفاعلات مع العالم الخارجي تتوقف، وعليه فإنه يبدأ في التناقص.

يرمز بـ A_0 للنشاط الإبتدائي للعيّنة الناتج عن الكربون 14، عند اللحظة t بعد موت العيّنة، يكون نشاطها يساوي :

$$A(t) = A_0\, e^{-\lambda.t}$$



وثيقة 33 : تسمح طريقة التأريخ بواسطة الكربون 14 بتقدير عمر المومياء بخطأ يقدر بقرن. هذه المومياء عمرها 2 300 عام.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الذي يعطي:

$$\ln \frac{A(t)}{A_0} = -\lambda t = -\ln 2 \frac{t}{t_{½}}$$

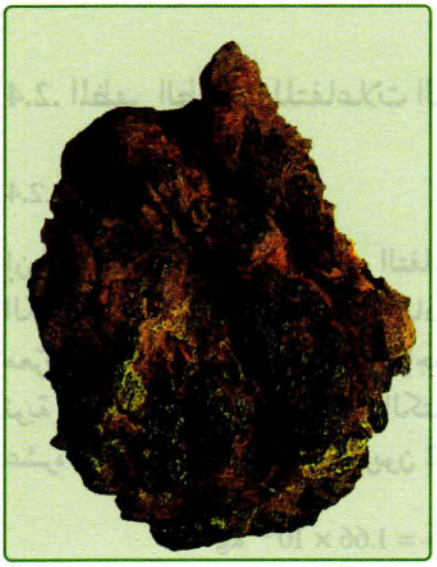
أي :

$$t = -\frac{t_{½}}{\ln 2} \ln \frac{A(t)}{A_0}$$

نصف العمر للكربون 14 هو $t_{½} = 5.7 \times 10^3$ ans الذي يؤدي إلى :

$$t\ (ans) = 8{,}22 \times 10^3 \ln \frac{A(t)}{A_0}$$

عند تأريخ عيّنات أكبر من 40 000 سنة كالصخور مثلا، تستخدم ذرات نصف العمر لها أطول مثل اليورانيوم 238 ($4{,}468 \times 10^9$ans) مقارنة بالرصاص 206 الذي هو مستقر أو الروبيديوم 87 (دوره 9,48 مليار سنة) مقارنة بالسترونسيوم الذي هو مستقر. مما سمح بتقدير عمر الأرض بحوالى 4,55 مليار سنة.

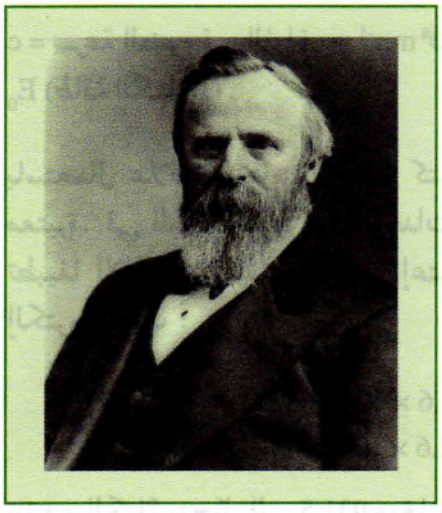


وثيقة 34 : قانون التناقص الإشعاعي للروبيديوم 87 يسمح بتحديد عمر هذا النيزك.

4. التفاعلات النووية

1.4. التفاعلات التلقائية والتفاعلات المفتعلة

رأينا في السابق أن الجسم المشع يصدر عفويا إشعاعات مختلفة α، β^+، β^- و γ. لا نستطيع إطلاقا فعل أي شيء ضد هذه التحولات النووية الطبيعية ولكن تحت شروط معيّنة، نستطيع إفتعال تفاعلات نووية. يمكن فعل هذا بقذف النواة بجسيم ألفا أو بنواة أخرى. تدعى هذه التفاعلات بالتفاعلات المفتعلة أو بالتحولات الإصطناعية. عموما ما يتم إلتقاط القذيفة من طرف النواة المستهدفة في مرحلة أولى لتتشكل نواة مركبة غير مستقرة ويرافق ذلك إصدار جسيم آخر.



وثيقة 35 : كان راذرفورد وراء إنطلاق أول تفاعل إصطناعي مفتعل في سنة 1919.

إن أول تحوّل إصطناعي كان من عمل Rutherford سنة 1919 في تجربته تم قذف الأزوت بجسيمات α ثم الكشف عن الأكسجين بوسائل طيفية.

$$^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He^{2+} \longrightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}p$$

في هذا التفاعل الإصطناعي المفتعل، الأعداد الكتلية (14+ 4 = 17 + 1) والأعداد النووية (2 + 7 = 8 + 1) في الحدين من المعادلة تبقى محفوظة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

يمكن للإشعاعات المنبعثة من مختلف التفاعلات النووية أن تؤين المادة، فتستطيع طبع فلم فتوغرافي وعليه فإن هذه الإشعاعات تحمل طاقة. ما هو مصدر هذه الطاقة ؟

2.4. المظهر الطاقوي للتفاعلات النووية

1.2.4. وحدة الكتلة الموحدة :

إن الكتل الفردية المستخدمة في التفاعلات النووية صغيرة جدّا. لمقارنة الكتل النووية يستخدم الفيزيائيون عادة وحدات للكتلة النووية (u). هاته معرّفة على أساس النظير الأكثر تواجدا في ذرة الكربون 12. يوجد 12 نوية في الكربون 12 وتعرّف وحدة الكتلة النووية على أنها جزء من إثني عشرة جزء من الكتلة الذرية للكربون 12 وعليه :

$$1u = \frac{1}{12}\frac{12\ g}{N_A} = 1.66 \times 10^{-27}\ kg$$

2.2.4. وحدة الكتلة الموحّدة :

في إطار النظرية النسبية اقترح إنشتاين في بداية القرن 20 أنّ كل كتلة تصحبها طاقة كتلة يعبّر عنها بعلاقة تكافؤ بين الكتلة والطاقة. وعليه :

تمتلك كتلة m في الكون طاقة كتلة : $E_0 = mc^2$

c = سرعة الضوء في الفراغ = $3 \cdot 10^8\ m.s^{-1}$ ؛ m(كتلة kg) ؛
E_0 (طاقة الكتلة J).

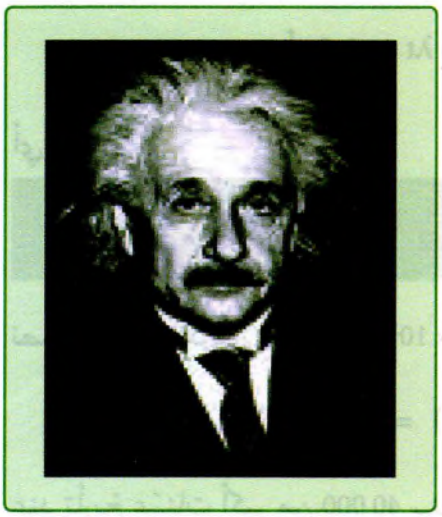
باستعمال علاقة انشتاين. 1 kg كتلة تكافؤ 9×10^{16} J إنها طاقة معتبرة. في السلم الذري توجد وحدات أخرى للطاقة أكثر نفعا وأكثر تطبيقا الإلكترون فولت أو أكثر إعتياديا في الفيزياء النووية الميغا إلكترون فولت :

$$1\ eV = 1{,}6 \times 10^{-19}\ J$$
$$1\ MeV = 1.6 \times 10^{-13}\ J$$

1u من الكتلة يتحوّل إلى 931,5 ميغا إلكترون فولت.

مثال ذلك، ما هي الطاقة المحررة إذا تفككت 14 g من الكربون 14 كما تبينه المعادلة التالية:

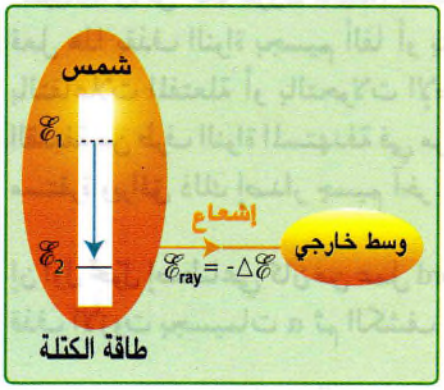
$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}\beta^-$$



وثيقة 36 : ألبير إنشتاين (1879-1955). أحدثت نظريته المعتمدة على النسبية انقلابا على المفاهيم التي تربط المسافة بالزمن كما اعطى علاقة التكافؤ بين الكتلة و الطاقة.

جسيم	كتلة (u)	طاقة (MeV)
بروتون	1,007 28	938,272
نيترون	1,008 66	939,565
إلكترون	0,000 549	0,511

وثيقة 37 : الكتلة و الطاقة للبروتون، النيترون والإلكترون.



وثيقة 38 : بين لحظتين t_1 و t_2 تغيّر كتلة الشمس (فقدان كتلة). يؤدي إلى فقدان الطاقة عن طريق إشعاع الشمس. برهن الفلكيون أن الشمس تفقد أكثر من اربعة ملايين طن من المادة في الثانية.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

المعطيات :

$m_e = 0{,}000\,549$ **u** ; $m(^{14}N) = 14{,}003\,074$ **u** ; $m(^{14}C) = 14{,}003\,242$ **u**

الفرق في الكتلة بين الحد الأيمن والحد الأيسر هو:

$$14{,}003\,242 - 14{,}003\,074 - 0{,}000\,549 = 0{,}000\,168 \text{ u}$$

الطاقة الناتجة عن التفكك هي :

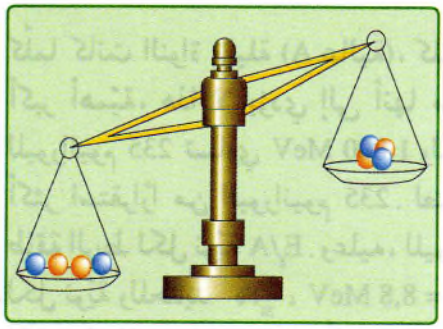
$$0{,}000\,168 \times 931{,}5 = 0{,}156\,492 \text{ MeV}$$

تكوّن 14 g من الكربون مولاً واحدا. وبما أن العدد الكلي للتفاعلات هو :

$$N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$$

فإن الطاقة الكلية الناتجة هي:

$$6{,}02 \times 10^{23} \times 0{,}156\,492 = 9{,}42 \times 10^{22} \text{ MeV} = 150\,73 \text{ J} = 15 \text{ KJ}$$

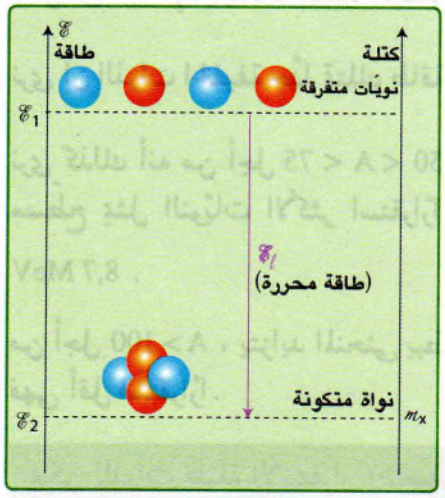


وثيقة 39 : مجموع كتل النويات منعزلة يكون دومًا أكبر من كتلة النواة الجامعة لكل النويات. يظهر الرسم نواة الهليوم.

3.2.4. النقص الكتلي

عند النظر إلى كتل البروتونات، النيترونات والإلكترونات، من البديهي أنه إذا أضيفت 6 بروتونات، 6 نيترونات و6 إلكترونات إلى بعضها فإننا نحصل على رقم يكون أكبر من 12 u، ماذا حدث ؟ تكون الإجابة واضحة عندما نبحث عن معرفة الشيء الذي يربط مختلف النويات في النواة.

إن الفرق بين كتلة النواة وكتل مركباته من النويات يدعى فارق الكتلة. إذا تخيّلنا إننا بصدد جمع النواة فإن النيترونات والبروتونات تحتاج إلى جمع الطاقة الضرورية للقيام بهذا العمل يجب أن تأتي من جهة ما، خصوصا وأن البروتونات تمتلك نفس الشحنة الموجبة وتوجد قوة طاردة بينهم. الإجابة موجودة في علاقة التكافؤ كتلة–طاقة لأنشتاين $E = mc^2$. في هذه المعادلة تعتبر الكتلة صيغة أخرى من الطاقة ويمكن تحويل الكتلة إلى طاقة والعكس.



وثيقة 40 : علاقة التكافؤ بين الكتلة والطاقة لنواة الهليوم. النويّات المنفصلة وفي السكون تمتلك كتلة وطاقة كتلة أكثر أهمية من النواة. طاقة الربط الناتجة عن تكوّن النواة إبتداءً من نويّاتها مساوية لطاقة الربط للنويّات المكوّنة للنواة.

$$\mathcal{E}_{\text{nucléons}} = \mathcal{E}_{\text{noyau}} + \mathcal{E}_\ell$$

إن طاقة الربط إذًا هي كمية الطاقة الناتجة عند جمع النواة ابتداء من مركباتها. تأتي هذه الطاقة من تناقص الكتلة. طاقة الربط هي كذلك الطاقة الواجب إضافتها لفصل الكتلة إلى مختلف النويّات الفردية.

فارق الكتلة يمثل إذًا وحدة أخرى لطاقة الربط $E = \Delta m.c^2$.

تحسب طاقة الربط بالعلاقة :

$$E_\ell = (Zm_p + (A-Z)m_n - m)c^2$$

حيث m_p : كتلة البروتون؛ m_n : كتلة النيترون؛ m : كتلة النواة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

5. الانشطار والاندماج

1.5. طاقة الربط لكل نويّة

كلّما كانت النواة ثقيلة (A عالية)، كلما كانت طاقة الربط الكلية لها أكبر أهميّة، هذا لا يؤدي إلى أنها مستقرة. مثال ذلك، طاقة الربط لليورانيوم 235 تساوي 1 800 MeV وللحديد 56 تكون 490 MeV وهو أكثر استقرارًا من اليورانيوم 235. لضبط إستقرار النواة يجب اعتبار طاقة الربط لكل نويّة E_ℓ/A. وعليه، لليورانيوم $^{235}_{92}U$ ، $E_\ell/A = 7{,}6$ MeV، لكل نويّة وللحديد $^{56}_{26}Fe$ ، $E_\ell/A = 8{,}8$ MeV لكل نويّة. إن طاقة الربط لكل نويّة للحديد هي فعليا أكبر من تلك لليورانيوم 235.

إنها فعلا طاقة الربط لكل نويّة E_ℓ/A المسؤولة عن استقرار النواة. عادة ما يعبّر عنها بـ MeV لكل نويّة. تكون النواة أكثر استقرارًا كلما كانت طاقة الربط لكل نويّة لها كبيرة.

المنحنى (وثيقة 41)، المدعو منحنى أستون يمثل عكس طاقة الربط لكل نويّة $(-E_\ell/A)$ بدلالة العدد الكتلي A.

نرى أن الذرات الخفيفة جدًا تمتلك طاقة ربط لكل نويّة ضعيفة.

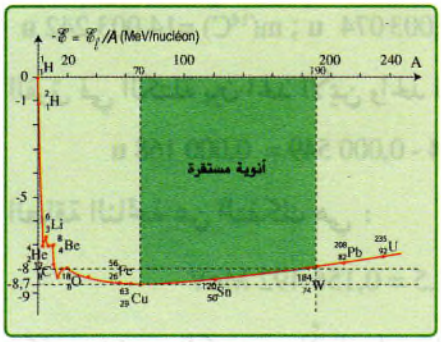
نرى كذلك أنه من أجل $50 < A < 75$، يظهر في المنحنى جزء أصغري مسطّح يمثل النويّات الأكثر استقرارًا؛ القيمة الوسطية لـ E_ℓ/A هي 8,7 MeV.

من أجل $A > 100$ ، يتزايد المنحنى ببطء . كتلة النويّات الممثلة له أكبر فهي أقل استقرارًا.

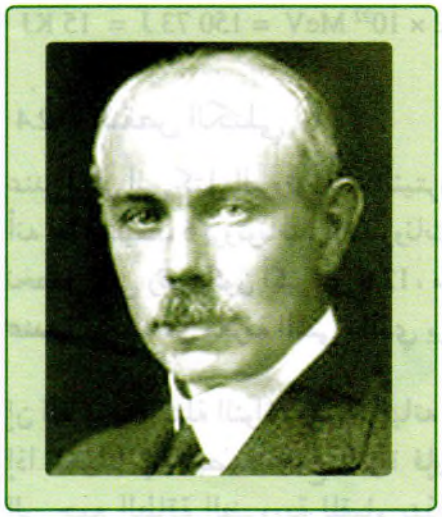
يمكن للذرات قليلة الإستقرار (ضعيف E_ℓ/A) أن تتحول إلى ذرات أكثر استقرارًا وذلك بتحرير الطاقة.

توجد آليتان مختلفتان ممكنتان كما هو موضح في الصورة:

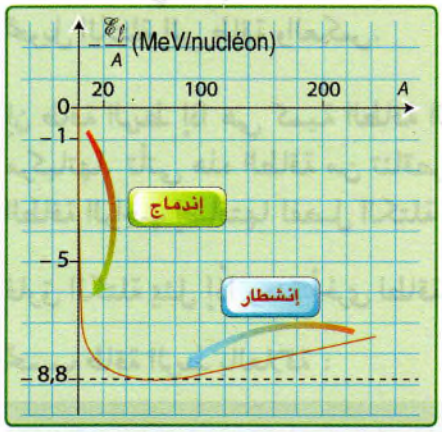
- الانشطار الذي يؤدي إلى تجزئة النواة-الهدف الثقيلة وقليلة الإستقرار، بقذفها بجسيمات، مثل النيترونات.
- الاندماج الذي يتمثل في الحصول على ذرّات أكثر ثقلاً بواسطة التصادم بين جسيمات خفيفة أقل استقرارًا.



وثيقة 41 : منحنى أستون يمثّل عكس طاقة الربط لكل نويّة، أي المقدار $-\mathcal{E}_{\ell/A}$ بدلالة A عدد النويّات. الأنويّة المستقرّة هي التي تتكون بحيث $70 < A < 190$.



وثيقة 42 : فرنسيس ويليام أستون فيزيائي انجليزي، من أول المشاركين في إختراع الإيزوتوب، حاصل على جائزة نوبل في الكيمياء سنة 1922.



وثيقة 43 : إن طاقة الربط لكل نويّة لنويّات الذرّات الخفيفة جدًا أو الثقيلة جدًا تكون ضعيفة. إن الرّبط بين النويّات ضعيف.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2.5. الانشطار

1.2.5. مبدأ الانشطار

قام في 1938 العالمان الألمانيان أوتوهاهن وفريتز ستراسمان باكتشاف غريب. وجدا أن قذف اليورانيوم بالنيترونات ينتج أحيانا ذرات أكثر صغرًا تساوي تقريبا نصف مقاس النواة الأصلية لليورانيوم.

ليز مايتنر وأوتو فريش، عالمان ألمانيان يعملان في أسكندنافيا حقّقا ما حدث : إن نواة اليورانيوم بعد إمتصاصها للنيترون تجزّأت إلى قطعتين.

سميت هذه الظاهرة الجديدة بالانشطار النووي لتشابهها بالانشطار البيولوجي (الانقسام الخلوي). يمكن تصور الآلية على أن نواة اليورانيوم تمثل قطرة سائل. تبعا لهذا النموذج لقطرة السائل، يعطى النيترون الممتص لنواة اليورانيوم طاقة داخلية إضافية (كأنّ قطرة السائل تسخن). هذه المرحلة الوسطية أو النواة المركبة، اليورانيوم 236 ($^{236}_{92}U$) موجود في حالة مثارة، غير مستقرة . تنقسم إذًا النواة إلى نواتين N_2 و N_1 تدعى بشظايا الانشطار . ينبعث في هذه الآلية عدد معين من النيترونات (اثنان أو ثلاثة في الغالب). يمكن كتابة معادلة التفاعل كالتالي:

$$n + {}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{236}_{92}U^* \longrightarrow N_1 + N_2 + \text{neutrons}$$

النواة المركبة $^{236}_{92}U^*$ تتواجد فقط خلال 10^{-12} s، وعليه تكون الآلية سريعة جدًا، من جملة التفاعلات الممكنة:

$$n + {}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3n$$

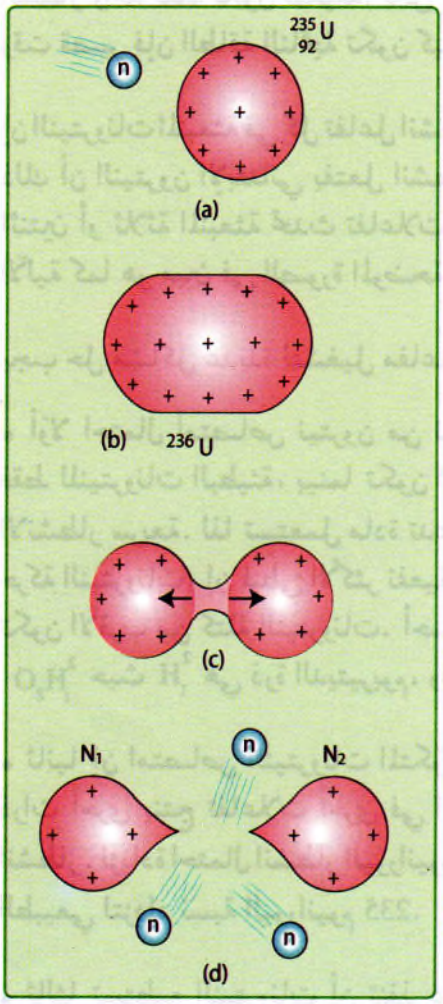
تنتج طاقة كبيرة عن تفاعل الانشطار؛ لأن كتلة اليورانيوم 235 أكبر بكثير من كتلة شظايا الانشطار والنيترونات المحصّل عليها.

يمكن رؤية ذلك في المنحنى الممثل لطاقة الربط لكل نويّة. طاقة الربط لكل نويّة لليورانيوم تساوي تقريبا 7,6 MeV/nucléon ولكن لشظايا الانشطار التي تمتلك كتلة تقارب $A \approx 100$، تكون طاقة الربط المتوسطة لكل نويّة تقارب 8,5 MeV/nucléon . يكون الفارق في الطاقة بين النواة الأصلية لليورانيوم وشظايا الانشطار هو :

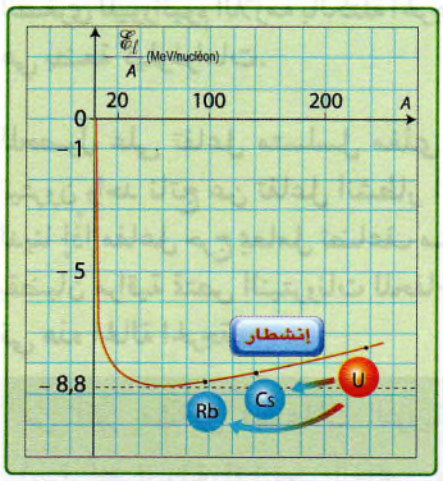
$$8,5 - 7,6 = 0,9 \text{ MeV/nucléon}$$

بما أنه يوجد 236 نويّة معنية لكل انشطار فإن الطاقة الكلية المحررة هي:

$$0,9 \text{ MeV/nucléon} \times 236 \text{ nucléon} \approx 200 \text{ MeV}$$



وثيقة 44 : انشطار نواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$ بعد قبضه لنيترون تبعا النموذج قطرة السائل.



وثيقة 45 : انشطار نواة اليورانيوم 235 يحرّر الطاقة لأنّ النواتين المتكوّنتين تمتلكان طاقة ربط لكل نويّة عالية جدًا.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

وهذا يمثل طاقة كبيرة في حدث نووي بسيط. عمليًا إن الطاقة الناتجة عن انشطار واحد فقط تكون ضعيفة. لكن إذا تم افتعال انشطارات عدّة في وقت قصير فإن الطاقة الناتجة تكون كبيرة على المستوى العياني.

إن النيترونات المنبعثة في كل تفاعل انشطار تحدث تفاعلات أخرى، معنى ذلك أن النيترون الإبتدائي يفتعل انشطار نواة اليورانيوم؛ النيترونات، اثنتين أو ثلاثة المنبعثة تحدث تفاعلات انشطار أخرى وهكذا تتضاعف الآلية كما هو مبين في الصورة الموضحة للتفاعل المتسلسل.

يجب حل مشاكل عديدة لتشغيل مفاعل نووي :

• أوّلا احتمال امتصاص نيترون من نواة اليورانيوم 235 يكون كبيرا فقط للنيترونات البطيئة، بينما تكون النيترونات المنبعثة في تفاعلات الانشطار سريعة. لذا تستعمل مادة تدعى المبطّئ (modérateur) لإبطاء حركة النيترونات. إن لمبطّئ الأكثر نفعية هو المكوّن من ذرات تمتلك كتلة تكون الأقرب من كتلة النيترونات. أحسن نموذج للمعدّل هو الماء الثقيل $_{1}^{2}H_2O$ حيث $_{1}^{2}H$ هي ذرة الديتيريوم، وفيها بروتون ونيترون واحد.

• ثانيا إن امتصاص النيترونات المتكوّنة في تفاعل انشطار من طرف ذرات أخرى ينتج تفاعلات أخرى في المفاعل، بدلا أن تنتج تفاعلات انشطار. لزيادة احتمال انشطار اليورانيوم 235، يجب تخصيب اليورانيوم الطبيعي لتزداد نسبة اليورانيوم 235.

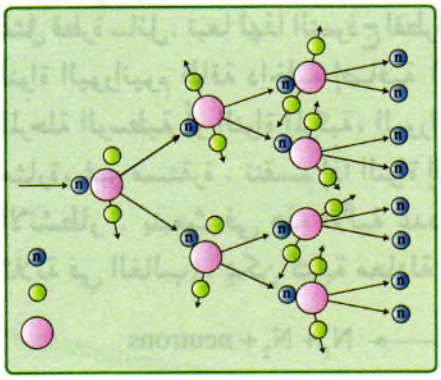
• ثالثا تستطيع النيترونات أن تنفذ عبر سطح المفاعل قبل أن تحدث تفاعل انشطار. يجب أن تكون كتلة الوقود كبيرة بما فيه الكفاية حتى يتمكن تفاعل متسلسل ذاتي التسيير من الاستمرار. تدعى الكتلة الصغرى لليورانيوم اللاّزمة بالكتلة الحرجة. القيمة النموذجية لهذه الكتلة هي بضعة كيلوغرامات.

للحصول على تفاعل متسلسل مغذى ذاتيا، يلزم على الأقل وسطيا نيترون واحد ناتج عن تفاعل انشطار أن يحدث تفاعل انشطار. يكون لدينا إذًا مفاعل حرج بمعامل تضاعف مساو للوحدة. إن المفاعلات مجهزة بقضبان مراقبة تمتص النيترونات للحفاظ على استعمال المفاعل النووي في هذه الحالة الحرجة.

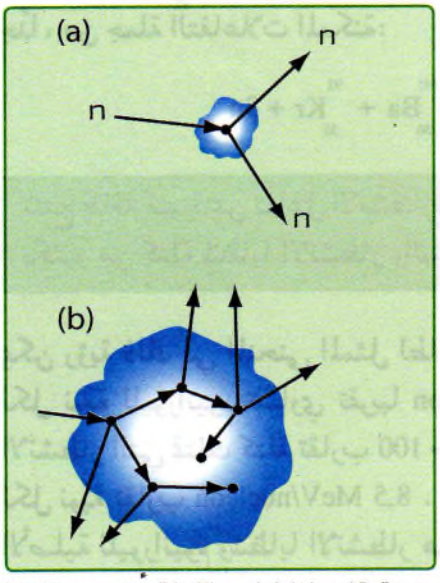
من أكبر مشاكل المفاعلات النووية هي الفضلات النووية نظرًا لطول أنصاف الحياة لبعض العناصر مثل اليود الذي له نصف حياة $1{,}57 \times 10^7$ ans، لذا تستلزم شروط تخزين خاصة.



وثيقة 46 : انفجار قنبلة نووية (قنبلةA)



وثيقة 47 : التفاعل المتسلسل



وثيقة 48 : إذا كانت الكتلة أقل من الكتلة الحرجة (a) فإن كثيرا من النويّات تبتعد قبل حدوث تفاعلات الانشطار ولا يمكن الحفاظ على التفاعل المتسلسل. إذا تجاوزت كتلة اليورانيوم الكتلة الحرجة (b) ، يمكن حدوث تفاعل متسلسل.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2.2.5. حصيلة الطاقة لتفاعل انشطار

البلوتونيوم 239 نواة انشطارية، يستعمل أحيانا كوقود في المراكز النووية.

عندما تقذف نواة البلوتونيوم 239 بنيترونات بطيئة تنشطر إلى نواتين ابنين ونيترونات. إحدى التفاعلات الممكنة هي التالية :

$$^{239}_{94}Pu + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{102}_{42}Mo + ^{135}_{52}I + 3\,^{1}_{0}n$$

كتل كل نواة متدخّلة في التفاعل هي:

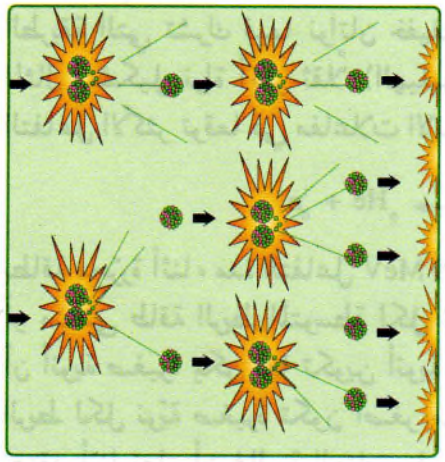
$$m(Pu) = 239{,}053\ u \quad , \quad m(Mo) = 101{,}910\ u$$
$$m(I) = 134{,}691\ 7\ u \quad , \quad m(n) = 1{,}008\ 665\ u$$

ضياع الكتلة خلال التفاعل يكتب:

$$\Delta m = m(Pu) + m(n) - m(Mo) - m(I) - 3m(n)$$
$$= m(Pu) - m(Mo) - m(I) - 2m(n)$$
$$= 239{,}053 - 101{,}910 - 134{,}6917 - 2 \times 1{,}008665$$
$$\Delta m = 0{,}208\ 667\ 0\ u$$

هذا الضياع في الكتلة يوافق:

$$\Delta m = 0{,}208\ 667\ 0 \times 931{,}5 = 194{,}376\ MeV/c^2$$



وثيقة 49 : إحراجية : في المتوسط يعطي نيترون لكل تفاعل انشطار تفاعل انشطار اخر.
إحراجية عالية : في المتوسط أكثر من نيترون واحد يعطي لكل تفاعل انشطار تفاعلات انشطار إخر معدل تفاعل الانشطار يتزايد بطريقة أسّية.

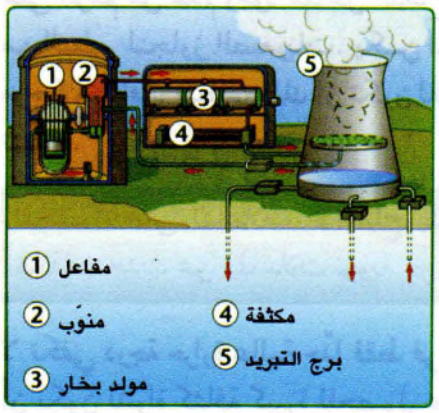
تكون الطاقة المحرّرة من هذا التفاعل حوالي : $E_{lib} = 195\ MeV$.

أردنا حساب الطاقة بالجول التي يمكن استرجاعها باستخدام كلغ واحد من االبلوتونيوم $(m = 1kg)$ ، يجب علينا في البداية حساب عدد الأنوية N القابلة للانشطار :

$$N = \frac{m}{m(Pu)} \times N_A$$

لإيجاد الطاقة الكلية المحرّرة:

$$E_t = E_{lib} \times N = E_{lib} \frac{m}{m(Pu)}\ N_A$$
$$= \frac{1000}{239} \times 6{,}02.10^{23} \times 194{,}376 \times 1.6 \times 10^{-13}$$
$$= 438{,}7 \times 10^{13}\ J$$



وثيقة 50 : في المركز النووي تحدث تفاعلات الانشطار في المفاعل تبين الرسم مفاعل بالماء تحت الضغط . يستخدم الماء كمعدّل لنقل الحرارة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

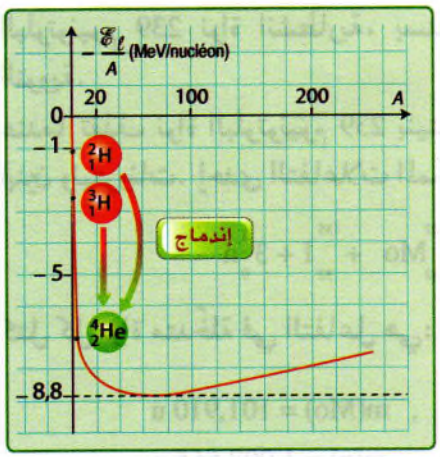
3.5. الاندماج

1.3.5. مبدأ الاندماج

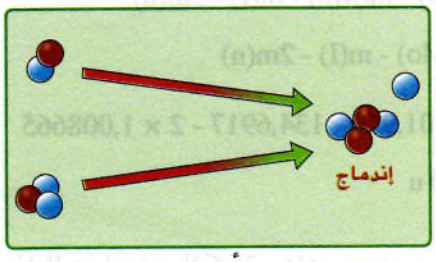
الطريقة التي تشرك فيها نواتان خفيفتان من الهيدروجين على سبيل المثال لتشكيل نواة أكثر ثقلاً (الهيليوم) تدعى الاندماج النووي. إن التفاعل الأكثر توقعا في مفاعلات الاندماج هو التفاعل التالي :

$$ {}_{1}^{2}H + {}_{1}^{3}H \longrightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{0}^{1}n $$

بطاقة محرّرة أثناء مدة التفاعل 17,59 MeV. بالنظر إلى منحنى أستون أو منحنى طاقة الربط المتوسطة لكل نويّة بدلالة عدد النويّات، يظهر أن أنوية صغيرة يمكن لها تكوين أنوية كبيرة بتحرير الطاقة. لأن طاقة الربط لكل نويّة صغيرة تكون أصغر منها للأنوية ذات الكتلة الأكبر. نعتقد أننا نعلم أن غالبية العناصر في الكون تشكلت في البداية من خلال تفاعلات الاندماج. اليوم يحدث الاندماج باستمرار في النجوم وفي الشمس منتجا كميات هائلة من طاقة الإشعاع.



وثيقة 51 : عند اندماج نواتين خفيفتين لهما طاقة ربط لكل نويّة ضعيفة ينتج نواة اثقل ولها طاقة ربط لكل نويّة اكبر.

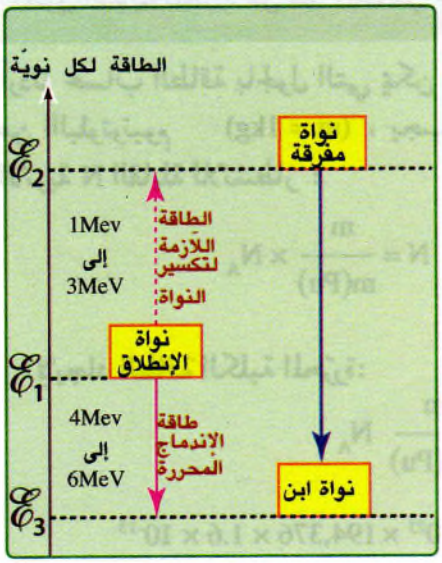


وثيقة 52 : التفاعل الأكثر استعمالا في تفاعل اندماج يستخدم انوية الديتوريوم والتريتيوم التي هي انوية هيدروجين ثقيل (^2_1H و ^3_1H).

بمقارنة الطاقة المحرّرة من تفاعل انشطار ومن تفاعل اندماج، نلاحظ أن طاقة الاندماج أعلى للنويّة الواحدة. زيادة على أن مفاعل الاندماج يمكن أن يستخدم الهيدروجين الموجود في مياه المحيطات. حيث الوفرة الطبيعية للديتريوم ^2_1H هي 0,015% ، بمعنى ذلك أنه يوجد غرام واحد من الديتريوم في كل 60 لتر من الماء.

على الرغم من عدم وجود مفاعل اندماج ليومنا هذا إلا أنه تحقق الكثير من التطور لتجاوز الصعوبات. يكمن المشكل في أن الكتل لها شحنات موجبة وتتنافر. يتطلب ذلك أن تكون للأنوية طاقة حركية كبيرة جدا لكي تندمج.

للحصول على تفاعلات الاندماج يتطلب ذلك درجة حرارة عالية. هكذا نتحدث عن مفاعلات نووية حرارية للاندماج.



وثيقة 53 : حصيلة طاقوية لتفاعل الاندماج.

لا تكفي درجة حرارة عالية جدًا فقط في مفاعل اندماج، بل يجب كذلك أن يكون للنواة كثافة كبيرة للحصول على معدّل تصادم عال جدًا. أحد الصعوبات في الاندماج المراقب هو حصر الأنوية لمدة طويلة بكثافة كبيرة نوعًا ما حتى يمكن حدوث تفاعلات اندماج محررة لطاقة كافية، عند هذه الحرارة المطلوبة للاندماج، تكون الذرات متأيّنة و تشكل مجموعة الإلكترونات والأيونات البلازما.

إن الآلات العادية التي تتبخّر عند درجة حرارة مقدرة ببضعة آلاف لا

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تستخدم لاحتواء البلازما. هناك تقنيتان هامتان للإحتواء هما قيد التجربة : الإحتواء المغناطيسي والعطالي.

تُستخدم الحقول المغناطيسية في الإحتواء المغناطيسي، لمحاولة احتواء البلازما الساخنة. أحسن مفاعل يتميز بشكل حلقي ويدعى «توكاماك»، تم تطويره لأول مرّة في الإتحاد السوفياتي. يستعمل توكاماك تركيب حقلين مغناطيسين لاحتواء البلازما.

الطريقة الثانية لاحتواء الوقود من أجل الاندماج هي الاحتواء العطالي حيث يقذف قرصا صغيرا من الديتريوم والتريتيوم بواسطة أشعة ليزر كثيفة جدًا في عدّة إتجاهات وفي آنٍ واحد. إن تدفق الطاقة في مفاعل من هذا النوع يسخن ويؤين القرص ليكوّن منها بلازما.



وثيقة 54 : يحدث في القنبلة الهيدروجينية تفاعلات اندماج غير مراقبة بين انوية الهيدروجين لتعطى انوية الهليوم.

2.3.5. حصيلة الطاقة لتفاعل الاندماج

لتكن معادلة الاندماج التالية :

$$ {}_{1}^{2}H + {}_{1}^{3}H \longrightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{0}^{1}n $$

إن هذا التفاعل هو الأكثر إحتمالا في مفاعلات الاندماج مستقبلا نظرًا للإمتيازات الفيزيائية والتكنولوجية مقارنة بالتفاعلات الأخرى. وقود هذا التفاعل هو مزيج من الديتريوم (d أو ${}_{1}^{2}H$) والتريسيوم (t أو ${}_{1}^{3}H$).

تكون كتل مختلف الدقائق :

$m_d = 2{,}01355\ \mathbf{u}$, $m_t = 3{,}01550\ \mathbf{u}$

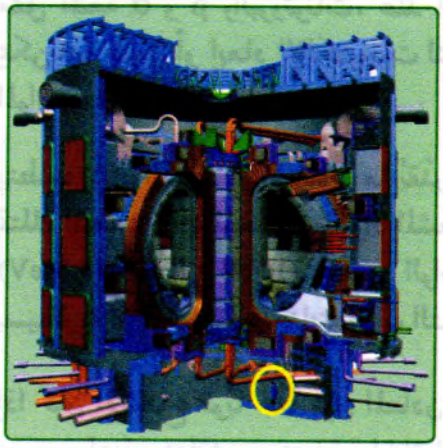
$m(n) = 1{,}00866\ \mathbf{u}$, $m({}_{2}^{4}He) = 4{,}00150\ \mathbf{u}$

نحسب نقصان الكتلة لهذا التفاعل :

$$ m_i - m_f = (2{,}01355 + 3{,}01550) - (1{,}00866 + 4{,}00150) $$
$$ = 1{,}889.10^{-2}\ \mathbf{u} $$

تكون الطاقة المحرّرة على شكل طاقة حركية للمكونات :

$$ E = (m_i - m_f)c^2 = 1{,}889.10^{-2} \times 931{,}5 = 17{,}6\ MeV $$



وثيقة 55 : التوكاماك ITER، الذي يتم بناؤه في سنه 2012 يمكن ان يكون عمليا 2036. لاحظ مقاس مفاعل بالنسبة للشخص في الاسفل على اليمين.

لتشكيل مول هليوم مثلا، تكون الطاقة المحرّرة مساوية لـ :

$$ \mathscr{E} = N_a.E = 6{,}02.10^{23} \times 17{,}6 \times 1{,}6.10^{-13} = 1{,}70.10^{12}\ J $$

إن هذه الطاقة هائلة، إنها أكبر بما يقارب 5 مرات من الطاقة المحرّرة من انشطار اليورانيوم 235 من أجل نفس كتلة الوقود.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

المنافع والمخاطر المطروحة في النووي



وثيقة 56 : تقوم طبيبة بمشاهدة صورة دماغ لشخص مريض ناتجة عن بث البوزيتون للتصوير الطبقي (PET). تستعمل هذه التقنية العالية للتصوير الطبي في الكشف عن الأمراض.

مرور الإشعاع من خلال المادة ؛ الأضرار الإشعاعية :

الإشعاع المؤين هو عبارة عن جسيمات مشحونة قادرة على تأيين ذرات أو جزيئات لأي مادة مخترقة. يمكن للإشعاع أن يُسبّب أضرارا معتبرة للمواد عامة وللأنسجة البيولوجية خاصة. ينتج التـأين عن جسيمات مشحونة مثل أشعة α و β والبروتونات، عند اختراقها للمواد يمكن لها جذب أو إبعاد الإلكترونات لنزعها من ذرات المواد بقوة معتبرة.

يتطلب تأيين الذرات أو الجزيئات ما يُقدّر بـ 10 eV بينما تمتلك أشعة α و β المنبعثة من المواد المشعّة طاقة تُقدّر بـ (1 MeV) (10^6 إلى 10^7eV). إنه من الواضح أن جسيماً بسيطاً α أو β يمكن له إحداث آلاف التأيّنات.

إذا كان الإشعاع قويًا جدًا فإن المعادن والمواد الأخرى تصبح واهنة وتتلاشى، تتضرّر الخلايا في الأعضاء البيولوجية. إن الأيونات أو الأقطاب الناتجة تكون فعّالة جدًا وتشارك في تفاعلات كيميائية تتداخل مع العمليّة الطبيعيّة للخليّة. إذا كانت الأيونات عبارة عن إلكترونات مرتبطة فإن الجزيء يمكن أن ينكسر أو تتلف بنيته. وعلى ذلك فإنه لا يستطيع تأدية وظيفته العاديّة بل يؤدي وظيفة مضرّة.

إن فقدان البروتين لجزيء لا يشكل خطرًا إذا وُجدت نسخ أخرى منه داخل الخليّة، لأن جزيئات إضافية يمكن تصنيعها من النواة.

لكن كميات كبيرة من الإشعاع يمكن أن تضرّ بعدد من الجزيئات لا يمكن تعويضها بالسرعة اللاّزمة ممّا يؤدي إلى هلاك الخليّة.

عادة لا يُشكّل هلاك خليّة واحدة مشكلة لأن الجسم باستطاعته تعويضها (باستثناء الخلايا العصبية الغير قابلة للتعويض ممّا يُشكل خطرًا عند فقدانها). فيما يخصّ ADN فإن الضّرر أكثر خطورة، لأن الخليّة تمتلك نسخة واحدة منه فقط. إنّ أيّ تشوّه في ADN يؤثر على المورثة ويمكن أن يُشوّه الجزيء الذي من أجله يعمل ممّا يؤدي إلى استحالة تركيب البروتينات اللاّزمة أو موّاد أخرى. يمكن في هذه الحالة هلاك الخليّة كذلك. من جهة أخرى يمكن أن تبقى حيّة ولكنها قاصرة. كما يمكن أن تواصل انقسامها وإنتاج خلايا قاصرة كثيرة أخرى تؤدي إلى السرطان.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الطب الإشعاعي :

يمكن علاج السرطان، الناتج عن تضاعف سريع للخلايا القاصرة، بواسطة الطب الإشعاعي. يخصّ الشكل الأوّل للتّداوي، عند التّحديد الدّقيق للورم باستعمال حزمة دقيقة من أشعة γ أو أشعة X ناتجة عن منبع إشعاعي مثل $^{60}_{27}Co$. شكل ثان للتّداوي يعتمد على زرع مباشر لمنبع إشعاعي مصغّر داخل الورم وهذه التقنية تستخدم النّظائر الإشعاعية التي بمجرّد حقنها في الدّم تقوم بالتّمركز وبث إشعاع مكثّف يدمّر الخلايا القاصرة. ولكنه لا يمكن إتلاف جميع الخلايا السّرطانيّة ويمكن للمرض الظهور مرة أخرى.

الرّسامات (Traceurs) والتصوير في البحث وفي الطب

تستخدم النظائر الإشعاعية في البيولوجيا وفي البحث الطبي كرسّامات . إنها تبيّن كيفية تحليل الأحماض الأمينية والمواد المركبة الأخرى عن طريق الأعضاء. إنها تحدّد أيضا نفاذية الأغشية الخلوية لمختلف الجزيئات والأيونات.

إن المركب المحضّر إصطناعيا باستخدام نظير مشعّ يكون باستطاعته الكشف عن الجزيئات المحددة التي تتحرّك داخل العضو أو تلك التي تتعرّض لتفاعل كيميائي. يمكن إذاً الكشف عن الإشعاعات المنبعثة بواسطة عدّاد جيجر أوعدّاد يشتغل بالومضات.

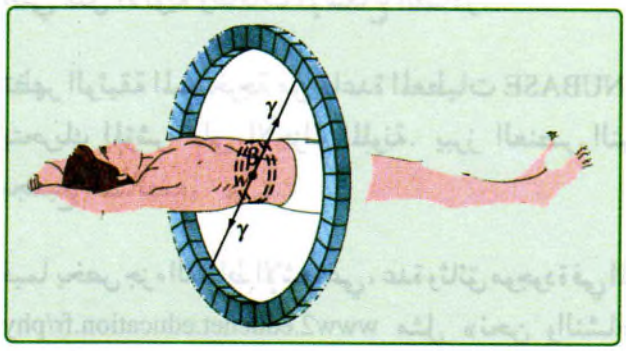
البث الإشعاعي الطبقي

يستعمل الطب النووي صوراً مستخرجة من منابع رسّامات أشعاعية. مثال ذلك تقنية PET التي تعتمد على بثّ البوزيتون الطبقي الذي يستخدم البوزيتون المشعّ. يمكن لهذه النظائر المدمجة داخل جزيئات يتم استنشاقها أو حقنها، تتخزّن هذه النظائر داخل العضو أو المنطقة من الجسم المراد فحصه. يمكن للنظام PET إعطاء صور مرتبطة بالكيمياء الحيوية، بالتفاعل الحيوي وبالوظيفة بدقّة تُقدّر بـ 3 - 5 mm .

يلتقي البوزيتون المنبعث بالإلكترون. يصدر عن ذلك شعاعي γ المنبعثين بزاوية 180° بينهما واللذان يتم الكشف عنهما.

يستخدم الباحثون تقنية PET لإعطاء صور عن عمل الدماغ اعتمادا عن كشوفات شعاعي γ المنبعثة بسبب تلاقي البوزيتون مع الإلكترون.

ينجز المريض عملية خاصة كالقراءة أو الرسم للسماح للسكانير PET للكشف عن مناطق للدماغ التي تستقبل كمية أكبر من الدم كنتيجة لتنفيذ العملية.

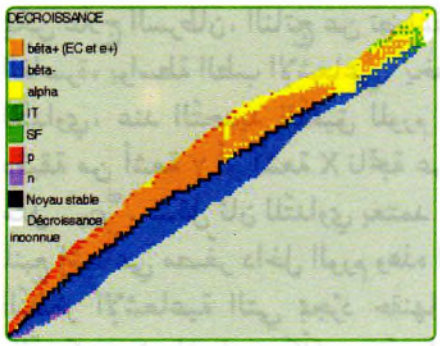


وثيقة 57 : بثّ بوزيتون للتصوير الطبقي (PET). يظهر النظام حلقة من الكواشف للكشف عن الشعاعين γ المنبعثين بزاوية 180° بين الشعاع والآخر. ($e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$)

ماهو الترقيم النظائري ؟ لماذا يمكن للعنصر المشع أن يشارك في التفاعل الحيوي مثل العنصر الطبيعي ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

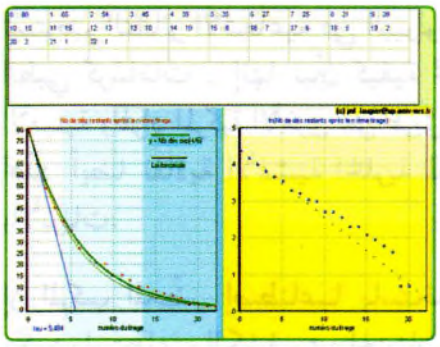
إن استعمال TICE في الميدان النووي يشكّل أكثر من وسيلة حديثة للتعلّم والعمل، ولتعدد المعطيات في هذا الميدان أصبح ضروريا. إنه لا يوجد سوى التكنولوجيات الحديثة التي بإمكانها أن تمنح وسائل بسيطة وسريعة لمعالجتها. هناك برامج، ومحاكاة ووثائق تغطي جميع مظاهر هذه الوحدة موجودة في مواقع إلكترونية ويمكن استخدامها بكل حرية مباشرة أو تحميلها لاستخدامها كوسيلة بيداغوجية للتعلم أو للتوثيق من أجل توضيح الأجزاء الخمسة من هذا الكتاب.



وثيقة 58 : منحنى (N;Z) على الموقع :
http://csnwww.in2p3.fr/amdc/jvnubase/jvNubase_fr.html

فيما يخص الجزء الأول المتعلّق بالبنية النووية؛ فإن مركز المعطيات حول الكتل النووية AMDS يمتلك كشفا إلكترونيا يمكّن كلّ الباحثين العاملين حول مواضيع تتعلق بالكتل النووية بإعلام الأسرة العلمية حول تطوّرات بحوثهم. إن موقع AMDS يضع خاصة بين تصرف المستخدمين آخر المعطيات حول الكتل النووية.

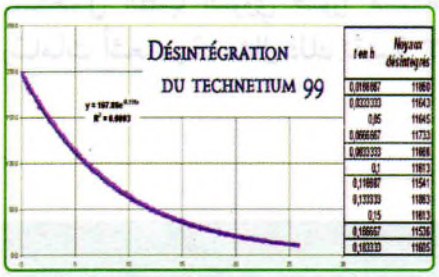
تشكل قاعدة المعطيات NUBASE مصدرا آخرا للمعلومات حول الكتل النووية ويمكن الإطلاع عليها إلكترونيا بواسطة البرنامج NUCLEUS الذي يمكن شحنه مجانا. إن كل هذا يسمح لنا بالحصول على معلومات متعددة من بينها : كتل الذرّات، استقرار الأنوية، الإشعاعات المختلفة التي تمثل الأنوية وطاقات الإشعاع الصادر.



وثيقة 59 : تناقص الناتج عن رمي النرد.
http://agregation.capes.free.fr/DocHelpRadioactiviteTS.htm

تظهر الوثيقة المستخرجة من قاعدة المعطيات NUBASE المنحنى (N,Z). بتحريك المؤشر على الأجزاء الملونة. يبرز العنصر النووي الموافق لها بجميع خصائصه.

فيما يخص جزء النشاط الإشعاعي، عدة وثائق موجودة في الموقع الإلكتروني: www2.educnet.education.fr/phy مثل «نحن والنشاط الإشعاعي»، ونجد أيضا في هذا الموقع «عمل تطبيقي حول النشاط الإشعاعي مستخدما برنامج محاكاة».



وثيقة 60 : تناقص إشعاعي للتكنيتيوم 99.
http://ww2.ac-poitiers.fr/sc_phys/spip.php?article=31

«نحن والنشاط الإشعاعي» فيلم من جزئين منفصلين تماما. يظهر سلسلة أولى من أربعة فصول، حيث نكتشف النشاط الإشعاعي انطلاقا من التجارب وهي مُتمَّمة بتطبيقات النشاط الإشعاعي في الحياة اليومية، وباستعمال قوانين التناقص الإشعاعي، وبقدرة الولوج للإشعاعات المؤينة والتشكيل الإصطناعي للعناصر المشعة. يرفق هذا الفيلم بكتيّب يبيّن عناصر السيناريو ويقترح طرق الاستغلال في القسم.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

إن الهدف من استعمال «عمل تطبيقي حول النشاط الإشعاعي مستخدما برنامج محاكاة» هو التطرق لبعض المفاهيم المتعلّقة ببنية الأنوية النووية انطلاقا من الملاحظة التجريبية لعدم استقرارها (النشاط الإشعاعي) وبمعرفة بعض المقادير الحدية المتعلّقة بالإشعاع الطبيعي (جسم بشري، صخر ...) وفهم إمكانية استعمالها في التأريخ لأزمنة جيولوجية أو تاريخية، وكذلك تحوّل الكتلة - طاقة الذي بإمكانه أن يكون مصدرا للطاقة المستعملة (شمس، مراكز نووية، جيوحرارية) لعرض تجربتين إحداهما حول الدراسة الاستاتيكية لسلسلة من العدّ والأخرى للتناقص الإشعاعي. يمكن كذلك إنجاز تمارين.

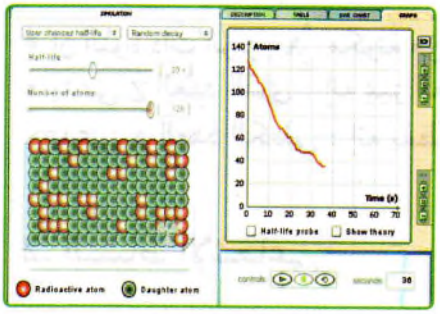
فيما يخص التناقص الإشعاعي تُقترح عدة مواقع لعبة النّرد كما توضحه الوثيقة. كما أن التناقص الإشعاعي لمختلف العناصر مثل التكنسيوم 99 واليود 131 تمّت محاكاتها، كما نجد كذلك وبصورة واسعة الإنتشار برامج لنمذجة التناقص الإشعاعي وذلك باستخدام برنامج Excel واستخدام طريقة أولير.

يجب الاحتفاظ بالخصوص بالبرنامج المسمى التناقص الإشعاعي للتكنسيوم 99 في موقع educnet لفهم ظاهرة التناقص الإشعاعي، إنه وثيقة فيديو بوثائق مرافقة لاستخدامها في الأعمال التجريبية للسنة الثالثة ثانوي بتجربة من 26 ساعة تظهر تطوّر العدّ.

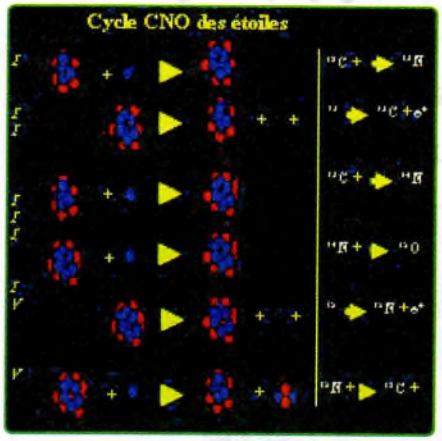
الفيديو ذو 30 Mo (يمكن تحميلها) تظهر منحنى التناقص الأسي لنشاط التكنسيوم المتحصل عليها تجريبيا. إنها كذلك موجودة لاستخدامات رياضية. تمت إضافة عمل تجريبي موافق لتكافؤ ممكن بين المنحنيات التجريبية المتحصل عليها عن طريق رمي النّرد والتناقص الإشعاعي للتكنسيوم . تظهر نتائج التجربة بعدة أشكال للنص وبرنامج Excel.

فيما يخص التفاعلات النووية، الانشطار والاندماج، الموقع الإلكتروني http://www.Cea.fr/jeunes/themes يقدم للتلاميذ معلومات ومحاكاة حديثة وتثقيفية.

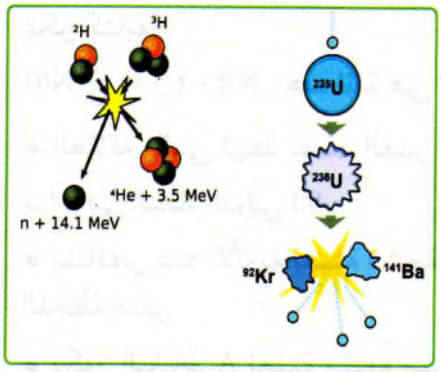
توجد كذلك برامج تتعلّق بالنجوم مثل «La nucluosynthèse» التي تتطرق إلى تفاعلات نووية في قلب النجوم، هذا البرنامج يعطي مفاهيم جد أساسية للفيزياء النووية ويعالج التحول كتلة - طاقة، للتفاعلات النووية، للاندماج الحراري النووي، منحنى أستون ومشروع ITER .



وثيقة 61 : محاكاة ومنحنى التناقص الإشعاعي لمختلف العناصر من الموقع :
http://www,explorelearning.com/index.cfm?method=cRessource.dspView&RessourceID=369



وثيقة 62 : دورة التفاعلات النووية في النجوم من الموقع :
http://www.spc.ac-aix.marseille.fr/phy_chi/Menu/Activites_pedagogiques/nucleosynthese/synthese_elements.pps



وثيقة 63 : محاكاة تفاعل انشطار واندماج في الموقع :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Fission_nuc1%C3%A9aire

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

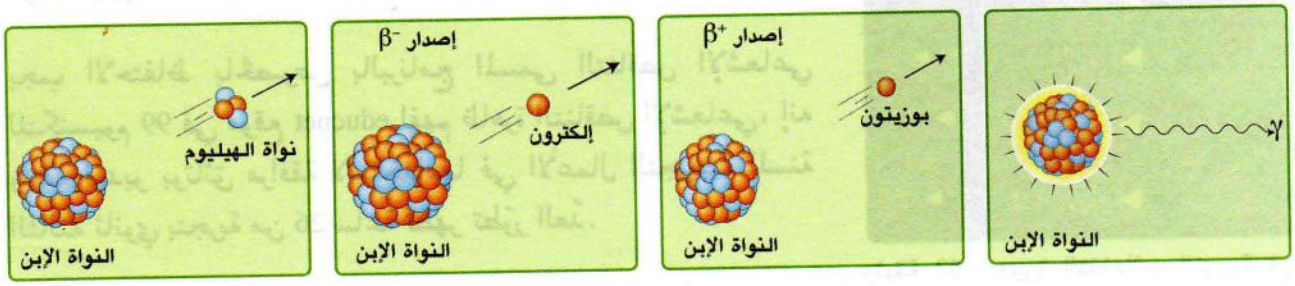
الخلاصة

1. النموذج النووي

- إن النواة ذات الرمز ${}^{A}_{Z}X$ مكونة من Z بروتون و (A - Z) نيترون .
- يدعى Z العدد الذري : إنه يميز العنصر الكيميائي
  يدعى A العدد الكتلي : إنه يعطي عدد النويات في النواة.

2. النشاط الإشعاعي

- تكون النواة مشعّة إذا تفككت تلقائيا لتكوّن نواة أكثر خفّة. إن تفككها عشوائي وحتمي وتلقائي.
- توجد أربعة أنماط من التفككات العفوية :
  - تفكك من نمط α الذي يعتمد على بث نواة الهليوم ${}^{4}_{2}He$
  - تفكك من نمط β^- الموافق لبث إلكترون ${}^{0}_{-1}e^-$
  - تفكك β^+ الموافق لبث يوزيتون ${}^{0}_{+1}e^+$.
  - تفكك من نمط γ الموافق لبث طاقة النواة على شكل إشعاع.
- الإشعاعات α ، β^- ، β^+ و γ ناتجة كلها من النواة.



3. التناقص الإشعاعي

- نصف العمر (أو مدة نصف العمر) $t_{½}$ لعيّنة هو المدة التي تتفكك خلالها نصف الأنوية المشعّة.
  يمكن كتابة :
  $N(t + t_{½}) = \frac{1}{2} N(t)$. هذه المدة هي مميّزة للنّواة المدروسة.
- العلاقة التي تربط نصف العمر بالثابت λ هي : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{½}}$ ، يدعى λ ثابت النشاط الإشعاعي، يعبّر عنه بـ s^{-1} في النظام الدولي S.I .
- يتناقص عدد الأنوية لعينة مشعة بطريقة أسية حسب العلاقة : $N = N_0 e^{-\lambda t}$ حيث N_0 هو عدد الأنوية في اللحظة صفر.
- يكون النشاط A لعيّنة مشعةّ مساويا لعدد التفككات الذي يحدث كل ثانية. يعبّر عنها بالبكريل (Bq).
  يتناسب النشاط طردا مع عدد الأنوية غير المستقرة الموجودة في العيّنة في اللّحظة t وهو يتناقص خلال الزّمن.
  يُعرّف النشاط الأشعاعي (من أجل t صغير) بـ : $A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

4. التفاعلات النووية

• إن قوانين الإنحفاظ تكون محقّقة أثناء التفاعل النووي التلقائي أو المفتعل. يوجد في حالة التحول النووي للتفاعل :

$$ {}^{A_1}_{Z_1}X_1 + {}^{A_2}_{Z_2}X_2 \longrightarrow {}^{A_3}_{Z_3}X_3 + {}^{A_4}_{Z_4}X_4 $$

– إنحفاظ العدد الكتلي : $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$

– إنحفاظ الشحنة : $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$

• كل جسيم كتلته m_0 يكتسب طاقة كتلة E_0 معطاة بعلاقة إنشتاين :

$$E_0 = m_0c^2 .$$

• الطاقة Q المحررة على شكل طاقة حرارية أو إشعاعية خلال التفاعل النووي تكتب :

$$Q = \Delta mc^2$$

Q : يمثل تغيّر طاقة الجملة (بالجول J) قبل وبعد التفاعل عندما تتغير الكتلة (بالكيلوغرام kg) بـ Δm و c يمثل سرعة انتشار الضوء في الفراغ ويقدر بـ $(m.s^{-1})$

• لكل نواة طاقة ربط E_ℓ تمثل النقص في الكتلة Δm للنواة.

إن نقص الكتلة Δm للنواة يساوي الفرق بين كتلة النويّات المفصولة عن بعضها وهي في حالة راحة وكتلة النواة في حالة راحة.

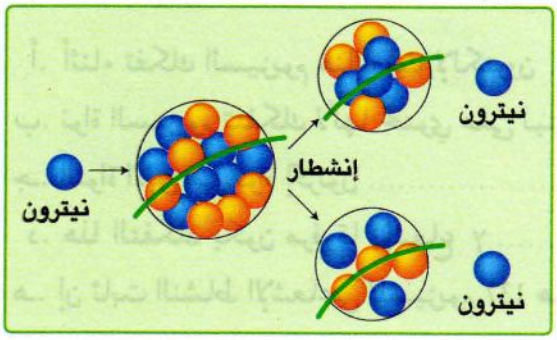
لدينا : $$E_\ell = [\, Z \,.\, m_p + (A - Z)\, m_n]\, c^2 - m\, c^2$$

مع m_p : كتلة البروتون ؛ m_n : كتلة النيترون ؛ m : كتلة النواة في حالة الراحة.

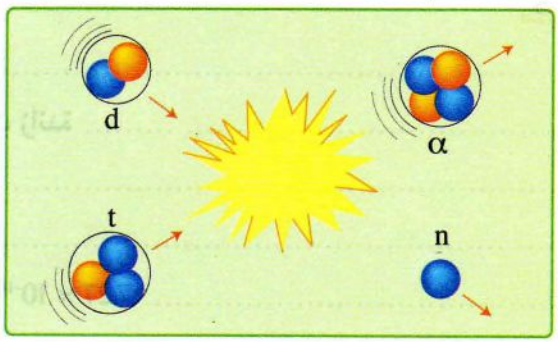
5. الانشطار والاندماج :

• الانشطار هو تفاعل نووي مفتعل ناتج عن انقسام نواة ثقيلة إلى نواتين أخف إثر قذفها بنيترون. إن تفاعل الانشطار يحرر نيترونات فيمكنه بذلك الاستمرار لإعطاء تفاعل متسلسل. هذا التفاعل يحرر الطاقة.

• الاندماج هو تفاعل نووي مفتعل ناتج عن التحام نواتين خفيفتين بتشكيل نواة أثقل وذلك بتحرير الطاقة.



تفاعل انشطار



تفاعل اندماج

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

التقويم الذاتي

تشتمل الأسئلة الآتية على عدّة مقترحات. بيّن الصحيحة منها بـ(ص) والخاطئة منها بـ (خ). تعطى نقطة واحدة لكل إجابة صحيحة، وتحذف نصف نقطة عن كل إجابة خاطئةو ولا شيء في حالة عدم الإجابة

1. يعطى الرمز الذّري لنواة العنصر X بـ ${}^{A}_{Z}X$ تنقيط 5

أ. يكون عدد الإلكترونات للذرة مساويا لعدد البروتونات في النواة .....

ب. يكون عدد البروتونات هو نفسه لكل ذرات النظائر لنفس العنصر .....

جـ. عدد النيترونات = عدد النويات – عدد البروتونات .....

د. A تمثل عدد النيترونات للنواة .....

هـ. تكون كتلة الذرة مساوية تقريبا لكتلة البروتونات .....

2. يمثّل مخطّط الإستقرار (N ; Z) مختلف النويات المستقرة تنقيط 5

أ. النواة التي تحتوي على بروتونات زائدة تتفكك ببث إلكترون .....

ب. إن الإشعاع ظاهرة عشوائية .....

جـ. يوافق التفكك β^+ إصدار إلكترون .....

د. النواة التي تحتوي على نويات زائدة تتفكك بإصدار نواة هليوم .....

هـ. التفكك يكون دوماً مرفوقا بإشعاع γ .....

3. إن دور التفكك لعنصر مشع تنقيط 5

أ. هو ميزة للنواة المعنية .....

ب. يعبّر عنه بوحدة الزمن .....

جـ. تمثيل الزمن اللاّزم لمضاعفة عدد الأنوية المعنية .....

د. يرتبط بالخواص الفيزيوكيميائية للعنصر .....

هـ. يكون أكثر كبرًا كلما كان العنصر المشع أكثر اللاّ استقرارًا .....

4. إن السيزيوم 137 يبث β^- نصف حياته هو 30,2 سنة تنقيط 5

أ. أثناء تفكك السيزيوم هناك بث لإلكترون .....

ب. نواة السيزيوم تتفكك لأنها تحتوي على نيترونات زائدة .....

جـ. النواة الابن هي نواة إكزنون .....

د. هذا التفكك يكون مرفوقا بإشعاع γ .....

هـ. إن ثابت النشاط الإشعاعي للسيزيوم 137 هو $7.27 \times 10^{-10}\ s^{-1}$ .....

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

5. يكون نشاط عينة تحتوي N من الأنوية المشعّة مساويا لـ $1,75 \times 10^3$ Bq. تنقيط 5

أ. يكون نشاط العيّنة متناسبا لعدد الأنوية المشعّة N .....

ب. نقيس 1 750 تفكك في الدقيقة .....

جـ. يكون النشاط ثابتا خلال الزمن .....

د. يكتب النشاط : $A = N_0 \exp(\lambda t)$ .....

هـ. يرتبط نشاط العيّنة بطبيعة الأنوية التي تحتويها .....

6. نقص الكتلة تنقيط 5

أ. يدل على نقص الإلكترونات في النواة .....

ب. يوافق الطاقة اللاّزمة للتفكك التام للنواة وإبعاد النويات إلى ما لا نهاية .....

جـ. إنه ثابت مهما كان عدد النويات .....

د. يفسّر تحرير الطاقة أثناء عملية الانشطار .....

هـ. يفسّر تحرير الطاقة أثناء عملية الاندماج .....

7. نعتبر التفاعل النووي $^{b}_{a}X + {}^{d}_{c}Y \rightarrow {}^{f}_{e}W$ تنقيط 5

أ. هو عبارة عن اندماج .....

ب. أثناء هذا التفاعل يكون تغيّر الكتلة : $\Delta m = m(W) - m(X) - m(Y)$ .....

جـ. الطّاقة المحررة أثناء هذا التفاعل هي : $E_\ell = [m(W) - m(X) - m(Y)]\, c^2$ .....

د. طاقة الربط للنواة W لكل نويّة تكون أقل من طاقة الأنوية X و Y .....

هـ. لا يتم التفاعل إلا مع أنوية خفيفة .....

8. تندمج نواتان من الهيدروجين لتعطيا نواة من الديتريوم وبوزيتون. كتلة الهيدروجين $m(H) = 1,007\ 3$ u ؛ كتلة الديتريوم $m(\text{ديتريوم}) = 2,013\ 5$ u ؛ كتلة الإلكترون $m_e = 0,549 \cdot 10^{-3}$ u تنقيط 5

أ. تكتب المعادلة : $2\,{}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{2}_{1}H + {}^{0}_{1}e$ .....

ب. يحفظ العدد الكتلي وعدد الشحنات أثناء هذا التفاعل .....

جـ. يكون فقدان الكتلة أثناء التفاعل $\Delta m = 1,006\ 8$ u .....

د. تكون الطاقة المحرّرة أثناء التفاعل $E_{lib} = 475$ Mev .....

هـ. يرافق هذا التفاعل إشعاع γ .....

مجموع النقاط 40

ملاحظة : إذا تحصلت على أقل من 30 نقطة يجب عليك مراجعة الدرس.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمارين محلولة

تمرين 1 :

يوجد في مخبر عيّنة من الآزوت 13 المشع النقي كتلتها 1,49 μg والذي نصف حياته 10 دقائق (600 ثا).

أ. ما هو عدد الأنوية الموجودة في البداية ؟

ب. ما هو النشاط الإبتدائي ؟

جـ . ما هو النشاط بعد ساعة ؟

د. ما هو تقريبًا الزمن اللاّزم لكي ينقص النشاط لأقل من واحد بكريل ؟

الحـل :

أ. بما أن العدد الكتلي هو 13 أي أن كل 13 g تحتوي على $6,02 \times 10^{23}$ نواة (عدد أفوغادرو).

بما أنه لدينا $1,49 \times 10^{-6}$g يكون العدد N_0 الذي نمتلكه في البداية هو:

$$\frac{N_0}{1,49 \times 10^{-6}} = \frac{6,02 \times 10^{23}}{13}$$

أي : $N_0 = 6.90 \times 10^{16}$ atomes

ب. من المعادلة : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{½}}$ نحصل على :

$$\lambda = (0,693) / (600) = 1,136 \times 10^{-3}\ s^{-1}$$

في الزمن $t = 0\ s$ لدينا :

$$-\left(\frac{\Delta N}{\Delta t}\right)_{t=0} = \lambda\ N_0 = (1,16 \times 10^{-3}\ s^{-1})\ (6,90 \cdot 10^{16}) = 8 \cdot 10^{13}\ s^{-1}$$

جـ. بما أن نصف العمر هو 10 mn فإن معدّل التناقص ينقص بالنصف كل عشرة دقائق. يمكن لنا استعمال الجدول التالي للنشاط بعد كل دورة.

زمن (min)	نشاط (Bq)
0	8×10^{13}
10	4×10^{13}
20	2×10^{13}
30	1×10^{13}
40	0.5×10^{13}
50	0.25×10^{13}
60	0.125×10^{13}

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

وعليه يكون النشاط هو $1,25 \times 10^{12}\,(Bq)$ بعد ساعة واحدة.

توجد طريقة سهلة وذلك بملاحظة أن 60 دقيقة تكافؤ 6 أنصاف حياة، ينقص النشاط بـ :

$(\frac{1}{2})(\frac{1}{2})(\frac{1}{2})(\frac{1}{2})(\frac{1}{2})(\frac{1}{2}) = (\frac{1}{2})^6 = \frac{1}{64}$ من قيمته الأصلية أي : $(8 \times 10^{13}) / (64) = 1,25 \times 10^{12}\ Bq$

هناك طريقة ثالثة للحصول على النتيجة وذلك باستخدام العلاقة :

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = -\left(\frac{\Delta N}{\Delta t}\right)_0 e^{-\lambda t} = (8 \,.\, 10^{13}\,s^{-1})\ e^{-(1,16 \times 10^{-3}\,s^{-1})\,(3600s)} = 1,25 \times 10^{12}\,s^{-1}$$

د. ينقص النشاط بمعامل 64 بعد كل ساعة. يمكن لنا كتابة جدول آخر كالتالي :

زمن (h)	نشاط (Bq)
0	8×10^{13}
1	$1,25 \times 10^{12}$
2	$1,95 \times 10^{10}$
3	$3,05 \times 10^{8}$
4	$4,77 \times 10^{6}$
5	$7,45 \times 10^{4}$
6	$1,16 \times 10^{3}$
7	$1,8 \times 10^{1} = 18$
8	< 1

يكون النشاط أقل من واحد بكريـل بعد 8 ساعات تقريبا.

يمكن لنا الحصول على نتيجة أكثر دقّة باستخدام خاصيّات الدّالة الأسيّة وعكسها، اللوغارتم الطبيعي. نريد تحديد الزمن t حيث :

$$e^{-\lambda t} = \frac{(\Delta N / \Delta t)}{(\Delta N / \Delta t)_0} = \frac{1\ s^{-1}}{8 \,.\, 10^{13}\,s^{-1}} = 1,25 \,.\, 10^{-14}$$

نأخذ اللوغارتم الطبيعي للطرفين (تذكر أن $Ln\ e^{-\lambda t} = -\lambda t$) وبالقسمة على λ ، نحصل على :

$$t = -\frac{Ln\,(1,25 \,.\, 10^{-14})}{\lambda} = 2,76 \,.\, 10^{4}\,s = 7,66\,h = 7h\ 40\ min$$

تمرين 2 :

كتلة الكربون لشظية من عظم حيوان وُجدت في مكان أثري هي 200 g . تمّ تسجيل النشاط لها بـ 15 Bq .علما أن الكربون 14 له نصف حياة 5 730 سنة وأن نسبة الكربون 14 للكربون 12 هي : $1,3 \times 10^{-12}$ ، ما هو عمر العظم ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الحـل :

نبدأ بحساب ثابت الإشعاع λ : $\lambda = \frac{0,693}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{(5\,730\text{ an}) \times (3\,156 \times 10^7\text{ s/an})} = 3,83 \times 10^{-12}\text{ s}^{-1}$

بما أن عدد الثواني في السنة هو : $(60)\,(60)\,(24)\,(365\frac{1}{4}) = 3\,156 \times 10^7\text{ s}$

عندما كان الحيوان حيًا، كانت النسبة بين الكربون ${}^{14}_{6}C$ والكربون ${}^{12}_{6}C$ في 200 g من العظام هي $1,3 \times 10^{-12}$، في هذه اللّحظة، كان عدد أنوية الكربون 14 :

$$N_0 = \left(\frac{6,02 \times 10^{23}\text{ atomes}}{12\text{ g}}\right)(200\text{g})\,(1,3 \times 10^{-12}) = 1,3 \cdot 10^{13}$$

كان النشاط في الأصل : $\left(\frac{\Delta N}{\Delta t}\right)_0 = \lambda N_0 = (3,83 \times 10^{-12}\text{ s}^{-1})\,(1,3 \times 10^{13}) = 50\text{ s}^{-1}$

يكون النشاط في الزمن t(بإهمال إشارة سالب) : $\frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N = \lambda N_0\, e^{-\lambda t}$

التي يمكن كتابتها : $e^{-\lambda t} = \frac{\lambda N_0}{\Delta N/\Delta t}$

يأخذ اللوغاريتم الطبيعي للطرفين :

$$t = \frac{1}{\lambda}\ln\frac{\lambda N_0}{\Delta N/\Delta t} = \frac{1}{3,83 \times 10^{-12}\text{ s}^{-1}}\ln\frac{(3,83 \times 10^{-12}\text{ s}^{-1})(1,3 \times 10^{13})}{15\text{ s}^{-1}} = 3,13 \times 10^{11}\text{s} = 9\,900\text{ années}$$

الذي يعتبر الزمن الذي مرّ على موت الحيوان.

تمرين 3 :

عند تفكك اليورانيوم 235 يمكن حدوث عدّة تفاعلات إحداها معطاة بالعلاقة :

$${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{139}_{Z}X + {}^{94}_{39}Y + a\,{}^{1}_{0}n$$

عيّن القوانين المستعملة :

أ. العدد a للنيترونات الناتجة عن الانشطار .

ب. العدد الذري للعنصر المرمز له بـ X

جـ. إسم ورمز هذا العنصر

د. عبّر عن فقدان الكتلة (بـ u) أثناء انشطار نواة اليورانيوم واحسبها.

هـ. عبّر عن حصيلة الطاقة (بـ MeV) للتفاعـل واحسبها.

و. احسب بالجول كمية الطاقة المحرّرة بالانشطار لواحد غرام من اليورانيوم.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

المعطيات :

$m(^{235}U) = 234,993\ 42\ u$; $m(^{139}X) = 138,897\ 00\ u$

$m(^{94}Y) = 93,890\ 18\ u$; $m_n = 1,008\ 66\ u$

$1\ eV = 1,6 \times 10^{-19}\ J$; $N_A = 6,02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$

الحـل :

أ. أثناء التفاعـل النووي يتحقق قانون حفظ عدد النويّات :
مجموع أعداد النويات للأنوية المشكّلة يساوي مجموع أعداد النويات للأنوية المفقودة :

$$235 + 1 = 139 + 94 + a \Rightarrow a = 3$$

ب. أثناء التفاعـل النووي يكون لدينا فقط الشّحنات :
مجموع أعداد الشّحنات للأنوية المشكّلة يساوي مجموع أعداد الشحنات للأنوية المفقودة :

$$92 + 0 = Z_X + 39 \Rightarrow Z_X = 53$$

جـ. العدد الذري للعدد x هو 53، هذا يعني إذًا اليود I أي :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{139}_{53}I + ^{94}_{39}Y + 3\,^{1}_{0}n$$

د. يعبّر عن حصيلة الكتلة أثناء التفاعـل النووي بـ :

$$m_i - m_f = (m(^{235}U) + m_n) - (m(^{139}I) + m(^{94}Y) + 3\,m_n)$$

$$= (234,993\ 42 + 1,008\ 66) - (138,897\ 00 + 98,890\ 18 + 3 \times 1,008\ 66) = 0,188\ 920\ u$$

هـ. يعبّر عن حصيلة الطاقة أثناء التفاعل النووي بـ : $Q = (m_i - m_f)\,c^2$
إذا قُدّر فقدان الكتلة بـ u ، تُقدّر الطاقة المكافئة للكتلة بـ MeV وتكون :

$$Q = 931,48 \times 0,188\ 920 = 175,97\ MeV$$

و. كمية المادة في عينة يورانيوم كتلتها 1 g هي :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1}{235} = 4,26\ .\ 10^{-3}\ mol$$

عدد الأنوية في 1 g من اليورانيوم :

$$N = N_A \times n = 6,02\ .\ 10^{23} \times 4,26\ .\ 10^{-3} = 2,56 \times 10^{21}\ atomes$$

$$E = Q \times N = 175,97 \times 2,56 \times 10^{21} = 4,50 \times 10^{23}\ MeV$$

$$E = 1,6 \times 10^{-13} \times 4,50 \times 10^{23} = 7,2 \times 10^{10}\ J\ .$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمـارين

1 . التركيب النووي

★1 ما هو نصف القطر التقريبي لنواة $^{64}_{29}Cu$ ؟
ما هي القيمة لـ A لنواة نصف قطرها $3,7 \times 10^{-15}\,m$ ؟

★2 قام العالمان جيجر ومردسان سنة 1909 بتجربة هامة لدراسة تصادم الجسيمات ألفا. تم توجيه هذه الجسيمات لقذف ورقة رقيقة من الذهب. تمت مشاهدة توزّع الجسيمات ألفا المنحرفة باستخدام كواشف.

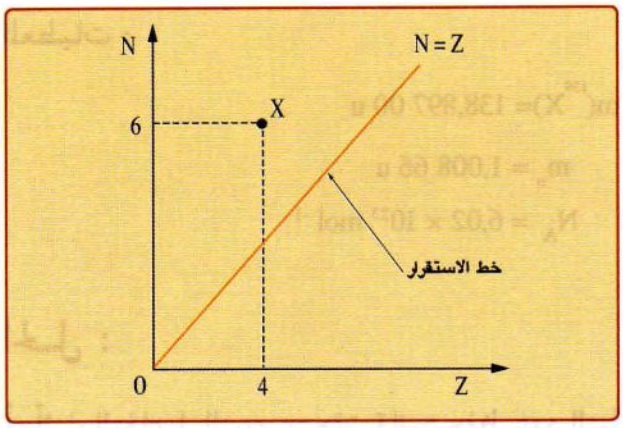
- تكلّم عما تمّت مشاهدته في هذه التجربة.
- إشرح لماذا تمّ التوصّل بواسطة هذه المشاهدات إلى النتيجة أن الذرّة مكوّنة عموما من الفراغ، ونواة صغيرة جدّا ومشحونة.
- إعط القيمة التقريبية لقطر ذرة الذهب ونواة الذهب.

★3 استنتج في المخطط N - Z :

1. اعط رمز النواة لخمس نظائر ممكنة للبوتاسيوم .
2. هل تمثل النواة $^{40}_{20}X$ نظيرا للبوتاسيوم ؟ لماذا ؟
3. إن وفرة النظائر في عيّنة طبيعية تمثل نسب كل نظير لنفس العنصر في العينة. نفرض أنه توجد في الطبيعة سوى نظيرين للبوتاسيوم هما النظيران 39 و41 نويّة ذات الكتل المولية $38,96\ g.mol^{-1}$ و $40,96\ g.mol^{-1}$ على التوالي التي تمتلك وفرة معتبرة. علما أن الكتلة المولية للبوتاسيوم الطبيعي هي $39,10\ g.mol^{-1}$، أحسب الوفرة النظائرية للبوتاسيوم.

2. النشاط الإشعاعي

★4 يعطي المخطط (N-Z) في الشكل التالي:



نعطي كذلك مستخرجا من الجدول الدوري.

الاسم	هيليوم	ليتيوم	بيريليوم	بور	كربون
Z	2	3	4	5	6

1. لأي نواة يكون العنصر X نظيرا ؟
2. هل النواة X غير مستقرة ؟
3. ما هو نمط التفكك الذي يمكن أن يحدث لها ؟
4. ما هي النواة التي تشكلها بعد تفككها ؟

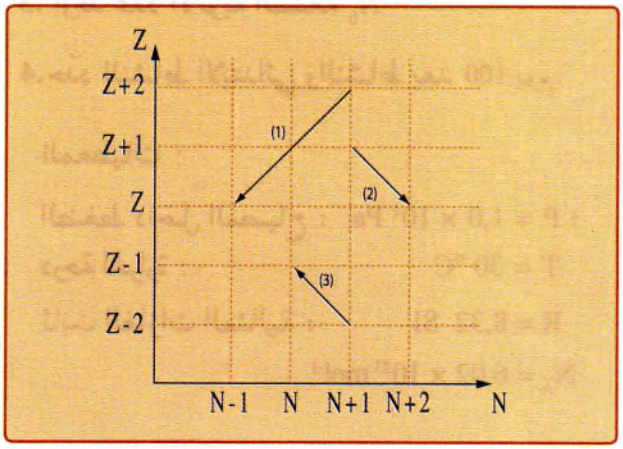
★5 أتمم المعادلات التالية واذكر ماهو النمط الإشعاعي المعني.

1. $^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + ...$
2. $^{12}_{7}N \rightarrow {}^{12}_{6}C + ...$
3. $^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + ...$
4. $^{174}_{73}Ta \rightarrow {}^{174}_{72}Hf + ...$
5. $^{213}_{84}Po \rightarrow {}^{209}_{82}N + ...$
6. $^{174}_{72}Hf \rightarrow ..... + {}^{4}_{2}He$

★6 استنتج من المخطط N - Z التالي :

1. بيّن مع التعليل الأنماط الإشعاعية التالية.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



2. بالإعتماد على المخطط (N-Z) المعطى في الدرس، ما هي ميزة الأنوية المتستقرة لـ :

$Z < 20$

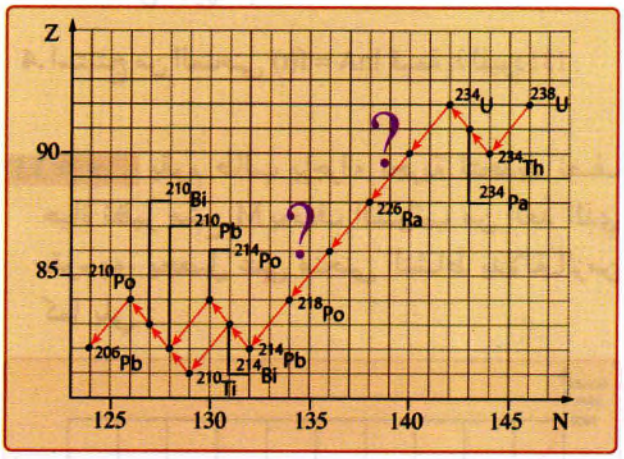
3. الايتربيوم $^{152}_{70}Y$ عنصر مشع، كيف يتفكك ؟

4. النواة الابن هل هي مشعة ؟ علّل.

5. يتواجد بين الفضلات الناتجة عن انشطار اليورانيوم 235 في المفاعلات النووية الإكزنون ($^{139}_{54}Xe$) والسترونسيوم ($^{98}_{38}Sr$) ما هو نمط الإشعاع الممكن أن يحدث لهما ؟

★7 في العائلة المشعة لليورانيوم 238 :

1. عرّف نمط الإشعاع الموافق لكل سهم.



2. أعط أعداد العناصر الناقصة لإتمام العائلة المشعة لليورانيوم 238 .

3. أكتب المعادلتين النوويتين الممكنتين للبيزموت 214،

4. لماذا يتواجد الرّصاص في مؤخرة هذه السلسلة المشعة ؟

3. التناقص الإشعاعي

★8 استعمل قانون التناقص الإشعاعي.

1. عبّر عن هذا القانون لعدد وسيط للأنوية المشعة.

2. عبّر عن ثابت الزمن بدلالة زمن نصف العمر.

3. الفرانسيوم 223 ($^{223}_{67}Fr$) يمتلك نصف حياة مقدّرة بـ 22 دقيقة. إذا كان لدينا كتلة إبتدائية $1,0 \times 10^{-13}\,g$، ما هي الكتلة المتبقية بعد ساعة ؟

4. أحسب عدد الأنوية ونشاط الكتلة المتبقية.

★★9 بمعرفة أن الفوسفور 32 يصدر جسيم β^- :

1. أتمم المعادلة التالية :

$$^{32}_{15}P \rightarrow \ldots\ldots + \beta^-$$

2. توجد عيّنة 1g من الفوسفور. بمعرفة أن هذه العيّنة تحتوي على عدّة نظائر للفوسفور وأن الفوسفور 32 لا يشكل سوى 53% وأن كتلة ذرة الفوسفور 32 هي $m_p = 5,356\,31 \times 10^{-26}\,kg$. أحسب العدد N(0) لنواة الفوسفور 32 .

3. بمعرفة أن نصف حياة الفوسفور 32 هي 14,3يوم. أحسب ومثّل في جدول العدد N(t) لنواة الفوسفور 32 كل 5 أيام من 0 إلى 40 يوما .

4. مثّل بيانيًا المنحنى N(t) .

5. أوجد بيانيا ثابت الزمن $\tau = \frac{1}{\lambda}$.

★★10 إن البيزموت $^{212}_{83}Bi$ يصدر α بنصف حياة $t_{½} = 60\ min$ النواة الناتجة تمثل عنصر التاليوم $^{208}_{81}Ti$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. أكتب معادلة التفكك

2. أحسب ثابت النشاط الإشعاعي λ

3. ينتج منبع $1,88 \times 10^{17}$ من التفككات $\Delta t = 6s$ ما هو النشاط في لحظة قياس (تفكك $A\Delta T = 1,88.10^{17}$) ؟

4. أعط العدد المتوسط N للنواة المشعة في لحظة القياس.

5. حدّد كتلة البيزموت الحاضرة في المنبع في هذه اللحظة.

6. أحسب حجم الهليوم الناتج في الشروط العادية في دقيقة واحدة باعتبار أن النشاط يبقى ثابتا.

7. ما هو نشاط هذه العيّنة بعد ساعة، 24 ساعة، 60 ساعة ؟ اشرح النتائج. هل مازالت العيّنة مشعّة ؟

المعطيات :

$m(Bi) = 210\ u$

$1u = 1,660\ 54 . 10^{-27}\ kg$

$N_A = 6,02 . 10^{23}\ mol^{-1}$

$V_m = 22,4L.\ mol^{-1}$

★★11 تعطى التفاعلات التالية :

$$^{226}_{88}Ra \xrightarrow{\alpha} {}^{222}_{86}Rn \xrightarrow{\alpha} {}^{218}_{84}Po$$

التي تبيّن أن الراديوم $^{226}_{88}Ra$ بإصداره لجسيمات α يتحول إلى رادون $^{222}_{86}Rn$ الذي يتحوّل إلى بولونيوم $^{218}_{84}Po$ بإصداره جسيمات α كذلك.

1. إن زمن نصف العمر للرادون $^{222}_{86}Rn$ هو 3,825 يوم نعتبر كتلة m_0 للرادون في لحظة مختارة. احسب المدة اللازمة لتفكك $\frac{9}{10}$ من هذه الكتلة m_0.

2. يحتوي مصباح على $2,0\ cm^3$ من الرادون على شكل غاز، باستعمال قانون الغازات المثالية، أوجد كمية المادة لأنوية الرادون.

3. أوجد عدد الأنوية المشعة N_0

4. حدّد النشاط الابتدائي والنشاط بعد 100 يوم.

المعطيات :

الضغط داخل المصباح : $P = 1,0 \times 10^4\ Pa$ ؛

درجة الحرارة : $T = 30\ °C$

ثابت الغازات المثالية : $R = 8,32\ SI$

$N_A = 6,02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$

★★12 يستخدم اليود 131 ($^{131}_{53}I$) أساسا في معالجة سرطان الغدة الدرقية. يسمح بإتلاف خلايا الغدة الدرقية المتبقية بعد بترها وكذلك بمعالجة المضاعفات. إن اليود 131 مشع من نمط β^- له نصف حياة $t_{½} = 8\ jours$.

1. أحسب نشاط عيّنة نشاطها الإبتدائي هو $A_0 = 3,2 \times 10^7\ Bq$ بعد $t_1 = 8\ j$ ، $t_2 = 16\ j$ ، $t_3 =$ ، 24,0 j ، $t_4 = 32,0\ j$ ، $t_5 = 40\ j$ مثل هذا النشاط على بيان باستعمال معادلة النشاط $A = A_0 e^{-\lambda t}$

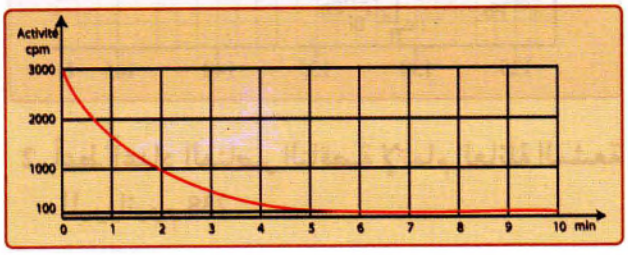
2. ما هو اللحظة الذي يصبح فيه هذا النشاط مساويا لـ :

$10 \times 10^6 Bq$ ؟

3. أرسم المنحنى $\ln A = f(t)$ لـ : $t = t_0 \ldots\ldots t_5$ بالقيم المحصل عليها.

4. استنتج من المنحنى $\ln A = f(t)$ قيمة λ لليود 131.

★★13 يقوم طالب بإجراء تجربة لتحديد نصف حياة نظير مشع M بحذف الشوائب من العدّ الذي يقوم به، يحصل على منحنى النشاط بدلالة الزمن كما يلي :



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. يستنتج الطالب من هذا المنحنى أن النظير M ليس نقيًا ولكن يحتوي على نسبة صغيرة لنظير آخر C، بيّن على المنحنى عنصرا يحتمل هذا الإستنتاج.
نستعمل بامكانية النشر من أجل t صغيرة أمام ثابت الزمن τ :

$$e^{-\frac{t}{\tau}} = 1 - \frac{t}{\tau}$$

2. قدّر نشاط النظير C.

3. حدّد نصف حياة النظير M مثبتا بوضوح كيفية الحصول على الإجابة.

4. يتفكك النظير M بإصدار الجسيمات β^- . أكتب المعادلة النووية المبيّنة لإنتاج الجسيمات β^-.

5. بيّن باختصار كيف يمكن للطالب تحديد طبيعة الإشعاع الصادر عن النظير C .

14 ★★ إن النظير 238 لليورانيوم يشكل المنطلق للعائلة الإشعاعية التي تؤدي إلى نظير مستقر من الرصاص $^{206}_{82}Pb$، نلاحظ تفككات متتابعة لـ α و β .

بافتراض عدم وجود أي منتوج وسيطي بعد انتهاء التفاعل. يمكن كتابة الحصيلة :

$$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{206}_{82}Pb + x\,.\,\alpha + y\,.\,\beta^-$$

نفرض أن العيّنة لا تحتوي في البداية سوى على اليورانيوم. يدعى $N_U(0)$ و $N_U(t)$ العدد المتوسط للأنوية في اللحظة 0 و t. N_{pb} عدد أنوية الرصاص في اللحظة t .

1. عيّن x و y

2. إعط العلاقة بين λ ثابت النشاط الإشعاعي و $t_{½}$ نصف العمر.

3. عبّر عن $N_{pb}(t)$ بدلالة t ، λ و $N_U(0)$.

4. عبّر عن العمر t للمعدن بدلالة الدور $t_{½}$ لليورانيوم والنسبة $\frac{N_{pb}(t)}{N_U(0)}$. يمكن افتراض $t << t_{½}$. بما أن ε صغير أمام 1 يكون لدينا $e^{\varepsilon} \simeq 1 + \varepsilon$

5. تطبيق عددي : يحتوي المعدن في اللحظة t على 1 g من اليورانيوم 238 و 10 mg من الرصاص. أحسب عمر المعدن.

المعطيات :

$M(U) = 238\ g.mol^{-1}$; $M(pb) = 206\ g.mol^{-1}$

$t_{½}(^{98}_{54}Sr) = 4{,}5 .10^9 ans$

15 ★★ أثناء كارثة تشيرنوبيل تم تحرير السيزيوم 134 والسيزيوم 137 في الهواء.

1. إن السيزيوم 137 يصدر الجسيمات β^- . أكتب قانوني الإنحفاظ لهذا التفاعل. أكتب معادلة الحصيلة للتفكك بتحديد المنتوج المتكوّن.

2. أحسب الطاقة المحرّرة بالتفكك لنواة السيزيوم 137 .

3. للسيزيوم 134 دور $t_{½} = 2\ ans$. ما هو الزمن اللازم لضياع 99% من السيزيوم المحرّر ؟

المعطيات :

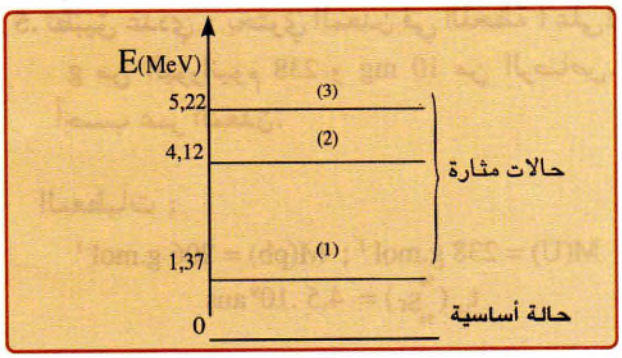
	الرمز	Z	A	كتلة الذرة بـ(u)
كزينون	Xe	54	132	131,904 16
سيزيوم	Cs	55	137	136,907 07
سيزيوم	Cs	55	134	133,906 71
باريوم	Ba	56	132	131,905 05
باريوم	Ba	56	137	136,905 81
باريوم	Ba	56	138	137,905 23

16 ★★ النوية $^{24}_{11}Na$ تصدر جسيمات β^-، هذا التفكك يعطي النوية ^{x}Mg.

1. أكتب المعادلة الحصيلة لهذا التفكك.

2. يمكن للنواة الابن الظهور في عدة حالات مثارة مرافقة للمخطط التالي للطاقات الممثل لمستوى الطاقة المحتملة للإشعاع غاما الصادر.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



تعطى كتلة الذرات :

$m(^{24}Na) = 23,990\ 06\ u$; $m(^{x}Mg) = 23,950\ 05\ u$

عيّن الطاقة العظمى للإلكترون عندما يتم إنتاج النواة الابن في حالته الأساسية (يمكن إهمال الطاقة الحركية لارتداد النواة).

3. ما هي الطاقة الحركية العظمى للإلكترون الصادر عندما تنتج النواة الابن في الحالة المثارة 2 ؟

17 ★★ إن السيزيوم $^{139}_{55}Cs$ مشع ويبث β^- ، تحوّله يؤدي إلى نظير من الباريوم Ba .

1. أكتب المعادلة الحصيلة للمتحوّل الإشعاعي.

2. أحسب ثابت النشاط الإشعاعي λ للسيزيوم 139 علما أن دوره قريب من 7,2 دقيقة.

3. ما هو الزمن اللازم لتنخفض كتلة من السيزيوم إلى $\frac{1}{10}$ من قيمتها الأصلية ؟

4. ما هو إذًا نشاط منبع من السيزيوم 139 كتلته الأصلية $1\mu g$ ؟

18 ★★ يستعمل الكربون 14 لتأريخ قطع من النباتات أو الحيوانات وجدت في أماكن أثرية. إن النباتات والحيوانات تمتص ثاني أكسيد الكربون الذي يحتوي على نظيرين من الكربون 12 و 14 أثناء حياتها. تبقى النسبة بين النظيرين ثابتة :

$$r = \frac{\%\ ^{14}_{6}C}{\%\ ^{12}_{6}C} = 10^{-12}$$

عند الممات، تتوقّف النباتات والحيوانات عن امتصاص ثاني أكسيد الكربون. يبدأ عندئذ الكربون 14 المشع المتواجد في أنسجتها بالتفكك إلى أزوت 14 بدون أن يتجدّد.

1. أكتب معادلة التفكك للكربون 14 . أذكر قانوني الإنحفاظ المستعملة. ما هو نمط التفكك المعني ؟

2. ما هو الزمن اللاّزم لتتناقص كمية الكربون 14 للنصف بعد ممات النّبتة ؟

3. لتأريخ عيّنة من الخشب القديم نقوم بمقارنة النشاط A لعيّنة من هذا الخشب القديم بالنشاط A_0 لعينة حالية بنفس الكتلة. ما هي العلاقة الموجودة بين A ؛ A_0 ؛ λ و t تاريخ صفيحة الخشب ؟

4. أخذنا من تابوت مصري قديم قطعة من الخشب تنتج 70 تفككا في الثانية بينما تنتج قطعة من نفس الخشب مقطوعة حاليا 102 تفككا في الثانية تحتوي على نفس الكمية من الكربون. عيّن تاريخ تصنيع التابوت.

المعطيات :

$Z(C) = 6$ ؛ $Z(N) = 7$ ؛ نصف حياة $^{14}_{6}C$ هي $t_{1/2} = 5\ 570$ ans ؛ الكتلة المولية للكربون $12\ g.mol^{-1}$

19 ★★ تمّ اكتشاف بقايا باخرة في سنة 1983 في وحل ميناء روسكلد (غرب كوبنهاغن). لتحقيق فرضية تبيّن أن الباخرة من مصدر الفيكنغ تمّ استعمال طريقة التأريخ بواسطة الكربون 14 على عيّنة من خشب الباخرة. إن نصف حياة الكربون 14 هو 5 570 ans . إن نشاط هذه العيّنة A (t) هو 12,0 تفككا في الدقيقة لكل غرام كربون. بينما يكون نشاط غرام واحد يساهم في دورة ثاني أكسيد الكربون للمناخ مساويا : $A_0 = 13,6$ تفككا في الدقيقة.

1. ذكّر تعريف نصف العمر. أعط العلاقة بين نصف العمر وثابت النشاط الإشعاعي λ .

2. عبّر عن الزّمن t بدلالة المقادير الأخرى . A(t)،

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

$A(0)$ و λ

3. أحسب t الموافق للفترة الممضاة بين تاريخ تصنيع الباخرة وتاريخ اكتشاف البقايا. حدّد سنة تصنيع المركّب.

4. تمتد فترة الفيكنغ من القرن الثامن إلى القرن الحادي عشر (بين 700 إلى 1000). هل الفرضية صحيحة ؟

20 ★★ يحاكى تفكك أنوية عنصر بواسطة رمي النرد يوافق ظهور الوجه « 6 » كل مرّة تفكك النواة.
نرمي $N_0 = 400$ (dés) ونحسب ظهور العدد « 6 » يتم حذفهما ونرمي العدد المتبقى من « 6 ».

يظهر عدد جديد من « 6 » . يتم حذفها ونواصل.
تعاد العملية بـ $N_0 = 400$ نردا ولكن ظهور الأوجه « 6 و « 3 » يوافق تفكك النواة.
نحصل على الجداول التالية :
الـ « 6 » تعدّ كمتفككة "

N⁰ de lancé	0	1	2	3	4	5
Dés restants	400	345	282	229	202	185

6	7	8	9	10	11	12	13
159	144	123	102	90	80	61	51

14	13	16	17	18	19	20	21	22	23
45	38	28	25	19	14	13	11	9	8

24	25	26	27	28	29	30	31
7	6	400	345	282	229	202	185

الـ « 6 » و « 3 » تعدّ كمتفككة

N⁰ de lancé	0	1	2	3	4	5
Dés restants	400	274	197	141	105	75

6	7	8	9	10
58	43	28	19	12

1. أرسم منحنى عدد النردات المتبقية بدلالة الرمي من أجل الحالتين على نفس المحاور.
اقرأ نصف العمر في كل حالة.

2. أرسم المنحنى $\ln(\frac{N_0}{N})$ بدلالة عدد الرمي في كلتي الحالتين.
أرسم المستقيمين المارين بالنقاط في كلتي الحالتين.
أحسب ثابت التفكك لكل حالة.

3. أحسب نصف العمر انطلاقا من ثابت التفكك لكل حالة.

4. فسر المعطيات والنتائج في هذا التمرين بمقارنتها بنتائج تفكك عيّنة من الذرات المشعة (السيزيوم 137 مثلا، نصف حياته 13,2 سنة) بالتركيز على الطبيعة العشوائية للتفكك.

21 ★★★ يكتسب البوتاسيوم 40 خاصية أنه يتفكك إلى نواتين مختلفتين. في 89% من الحالات يتفكك إلى الكالسيوم 40 وفي 11% من الحالات إلى الأرغون 40. يوجد نظيران آخران مستقران للبوتاسيوم 40 وهما متواجدان بوفرة أكبر (^{39}K ,^{41}K).

1. أكتب معادلات تفكك البوتاسيوم 40 إلى كالسيوم 40 وإلى أرغون 40. بين نوعية التفاعل في كل حالة.

2. يمتلك جسم إنسان يزن 70 kg نشاطا يقدّر بـ 8 000 Bq منها 5 000 Bq سببها تواجد البوتاسيوم 40 في العظام. ليكن N عدد الأنوية المشعة للبوتاسيوم داخل جسم الانسان. عبّر عن N بدلالة $t_{½}$ والنشاط $A(t)$ للجسم.

3. أحسب الطاقة المحرّرة $(E_{lib})_1$ بـ MeV الناتجة عن تفكك البوتاسيوم 40 إلى كالسيوم 40.

4. أحسب الطاقة المحرّرة $(E_{lib})_2$ بـ MeV الناتجة عن تفكك البوتاسيوم 40 إلى أرغون 40.

6. استنتج الطاقة المحرّرة E_{lib} بتفكك N نواة للبوتاسيوم 40 الموجود داخل جسم إنسان يزن 70 kg.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

المعطيات :

$m(^{39}K) = 38,963\ 7\ u$; $m(^{40}K) = 39,964\ 0\ u$;

$m(^{41}K) = 40,961\ 8\ u$; $m(^{40}Ar) = 39,962\ 4\ u$;

$m(^{40}Ca) = 39,096\ 26\ u$.

الكتلة المولية للبوتاسيوم هي : $39,0983\ g.mol^{-1}$

الوفرة بالنسبة المئوية هي :

$\%^{39}K = 93,258\ 1$; $\%^{40}K = 0,011\ 7$;

$\%^{41}K = 6,730\ 2$

يعطى كذلك :

$1u = 931,5\ MeV$; $m(e^-) = m(e^+) = 0,548\ 58 \times 10^{-3}\ u$

$Z(Ar) = 18$; $Z(K) = 19$; $Z(Ca) = 20$

نصف حياة البوتاسيوم 40 : $t_{½} = 1,28 \times 10^9\ ans$ ؛

$Na = 6,02 \times 10^{23}\ mol$.

★★★22 إن نوية التوريوم $^{232}_{90}Th$ مشعة لـ α :

1. أكتب المعادلة النووية لهذا التفكك بالتدقيق في رمز وتركيب النواة الابن. يعطى :

$_{85}At$; $_{86}Rn$; $_{87}Ra$; $_{89}Ac$

2. أحسب عدد الأنوية المشعة N_0 المحتواة في عيّنة من التوريوم كتلتها m_0 .

تطبيق عدد : $m_0 = 1,0\ mg$

كتلة البروتون = كتلة النيترون = $1,67 \times 10\text{-}27\ kg$

3. توجد عيّنة تحتوي على N_0 نواة من التوريوم المشع في اللحظة $t = 0$ الذي يمثل المبدأ.

في اللحظة t يتم تحديد عدد N من الأنوية غير المتفككة. نحصل على الجدول التالي :

t (jours)	0	5	10	15	20
$\frac{N}{N_0}$	1	0,82	0,68	0,56	0,46
$-\ln\frac{N}{N_0}$					

أ. عرّف نصف العمر للتوريوم. إن الجدول أعلاه يسمح بإعطاء تأطير بصفة لفظية. ما هو ؟

ب. أتمم الجدول. أرسم البيان $-\ln\frac{N}{N_0}$.

جـ. أحسب قيم ثابت النشاط الإشعاعي λ ونصف العمر $t_{½}$ للتوريوم.

4. إذا كانت العيّنة تحتوي في التاريخ $t = 0$ على N_0 نواة مشعة، احسب بالبكريل (Bq) النشاط A_0 في التاريخ $t = 0$ لمعرفة أن النشاط A(t) في التاريخ t معطى بالعبارة $A(t) = -\frac{dn}{dt}$.

★★★23 التطبيقات التكنولوجية للنشاط الإشعاعي

I. أسئلة تمهيدية :

1. ما هي الأعداد التي تميّز نواة الذرة ؟

2. "الكربون 11" و "الكربون 12" نظيران.
ما الذي يفرّق بين نظائر لنفس العنصر الكيميائي؟

3. إن "الأكسجين " مشع يصدر β^+ .

أكتب معادلة التفكك الموافقة. نفرض أن إصدار النواة الابن لا يكون في حالة مثارة.

$_6C$	$_7N$	$_8O$	$_9F$	$_{10}Ne$	$_{11}Na$

II. بعض أنماط الإشعاع

1. نتكلم عن الإشعاع β^- و α أعط الإسم والرمز ^A_ZX لكل من هذين الجسيمين.

2. إنطلاقا من السؤال السابق علّل الجملة " إن الإشعاع من نمط α يكون أكثر كتلية من الآخرين "

III. التصوير الومّاض

نحقّق وميضا بعيّنة من " اليود 14 " نصف العمر له يساوي تقريبا ثمانية أيام (8).

1. اعط تعريف زمن نصف العمر.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2. بالاعتماد على الجدول التالي، علّل إختيار " اليود 131" في التصوير الومّاض.

النشاط A_{400} بالبكريل بعد 400 يوم من الحقن	النشاط A_0 بالبكريل في لحظة الحقن.
6×10^{-3}	2×10^5
رسّام نصف العمر له 8 أيام (يود 131)	رسّام نصف العمر له 80 يوم
6 255	2×10^5

IV. الطب الإشعاعي

يصدر الكوبالت $^{60}_{27}Co$ الذي يمتلك ثابت النشاط الإشعاعي λ الجسيم β^- .

1. اكتب معادلة التفكك "للكوبالت 60" بافتراض أن النواة الابن تنتج في حالة مثارة.

المعطيات :

$_{25}Mn$	$_{26}Fe$	$_{27}Co$	$_{28}Ni$	$_{29}Cu$

ثابت أفوغادرو : $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$

الكتلة المولية للكوبالت 60 : $60\ g.mol^{-1}$.

2. يستقبل مركز طبي عيّنة من "الكوبالت 60".

أ. حدّد العدد N_0 للأنوية المحتواة في عيّنة $1\mu g$ عند نقطة استقبالها في المركز الطبي.

ب. ذكّر بالعبارة التي تربط N ، λ ، ΔN، Δt حيث يمثل N عدد الأنوية التي لا تزال موجودة في العيّنة في اللحظة t.

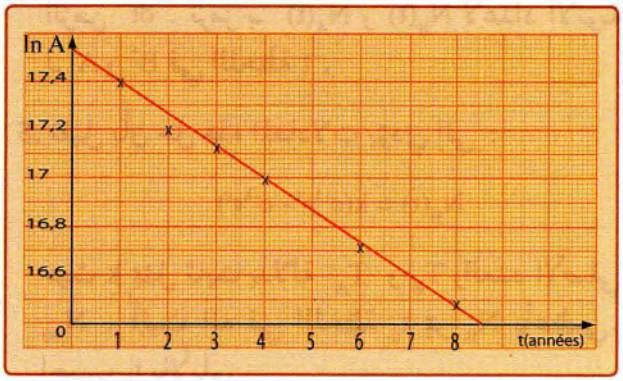
جـ. اعط العيّنة ΔN بدلالة N_0 ، λ، Δt و t.

يكلّف التقني بمراقبة المنبع كل سنة.

يحدّد بواسطة عدّاد، عدد التفككات ΔN المحصل عليها خلال فترة قصيرة $\Delta t = 1\ s$ يدعى هذا العدد النشاط A المعرّف بـ : $\frac{|dN|}{dt}$ يمكن كتابة النشاط على الشكل : $A = A_0 e^{-\lambda t}$.

د. ما هي العبارة الحرفية لـ A_0.

هـ. نرسم بالاعتماد على برنامج ملائم بيان لوغاريتم النشاط A بدلالة الزمن : $\ln A = f(t)$.



تذكرة : $\ln(ab) = \ln a + \ln b$

عبّر عن $\ln A$ بدلالة t ، λ و A_0 النشاط الإبتدائي للعيّنة عند نقطة إستقبالها .

و. أثبت أن شكل المنحنى أعلاه يمثل تحقيقا تجريبيا للعبارة الموجودة سابقا.

ز. حدّد بيانيا قيمة ثابت النشاط الإشعاعي λ للتفكك بـ : ans^{-1}.

حـ. اعط العلاقة بين $t_{½}$ و λ .

ط. أحسب $t_{½}$ بالسنوات . نجد في الجداول $t_{½} = 1{,}68 \times 10^8\ s$ "للكوبالت 60". علّل.

24 ★★★ ندرس السلسلة الإشعاعية التالية : β^-

$$A^* \rightarrow B^* \rightarrow C$$

حيث A^* و B^* مشعة و C مستقر.

1. بمعرفة الدور الإشعاعي T_A لـ A. أوجد ثابت النشاط الإشعاعي λ_A .

2. بقبول أن العنصر الذي كتلته m_0 لا يحتوي ابتدائيا سوى على العنصر A^*. احسب نشاطه الإبتدائي.

3. عند الاتزان الإشعاعي يتساوى الإشعاعان لـ A^* و B^* وتكون نسبة كتل A^* و B^* تساوي $\alpha = m_A/m_A$.

أوجد ثابت النشاط الإشعاعي λ_B للعنصر B^*

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

وإشعاعه T_B (بالأيام).

4. أكتب المعادلات التفاضلية المبينة لتغيّرات dN_A و dN_B ، أعداد الأنوية المشعة A^* و B^* خلال فترة الزمن dt . نرمز بـ $N_A(t)$ و $N_B(t)$ لأعداد الأنوية لـ A^* و B^* في اللحظة t .

5. نقبل بأن حل هذه المعادلات يؤدي إلى :

$$N_B(t) = k(e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t})$$

حيث k يمثل ثابت بدلالة T_A و T_B والعدد الأصلي N_{A0} . أثبت أنه في اللحظة t_0 يمر N_B بأعظمي. احسب t_0 بالأيام.

المعطيات

$\alpha = \frac{3}{2}$; $m_0 = 20\ g$; $T_A = 15\ jours$;

الكتلة الذرية لـ A^* : $M_A = 225\ g$

25 ★★★ داخل مفاعل نووي يتم قذف نظير الأزوت $^{14}_{7}N$ ببروتونات :

$$^{14}_{7}N + {}^{1}_{1}P \rightarrow {}^{14}_{7}C + {}^{1}_{0}n$$

يتم إنتاج النظير المشع الكربون 14 بمعدّل ρ (ρ يمثل الأنوية المتكونة في الثانية) ويمتلك دورا إشعاعيا $T = 5\ 600\ ans$.

تستغرق العملية من اللحظة $t = 0$ إلى اللحظة $t = t_0$.
في اللحظة $t = 0$ يتم استخراج النظير المشع من المفاعل.

1. أوجد العلاقات التي تعطي العدد $N(t)$ لأنوية الكربون 14 التي تم إنتاجها ولم تتحلّل في اللحظة t.

أ. مع t محصورة بين 0 و t_0 .

ب. مع t أكبر من t_0 .

2. أحسب ثابت التفكك للكربون 14.

3. ما هو الزمن الموافق لـ ¾ القيمة الأصلية ؟
ما هو الزمن الموافق لـ 0.1% من النشاط الأصلي ؟

4. ما هي كتلة هذا النظير الموافقة لنشاط 1 mg ؟
ما هو الزمن الموافق لتفكك $\frac{7}{8}$ من هذه الكتلة ؟

4 . التفاعلات النووية

26 ★★ يصدر البولونيوم 210 ($^{210}_{82}Po$) جسيمات α .
يعطي نواة إبن من الرصاص 206 ($^{206}_{82}Pb$)

1. أكتب معادلة هذا التفاعل التلقائي.

2. حدّد الطاقة المحرّرة بتفكك نواة البولونيوم.

3. سرعة النواة الابن منعدمة تقريبًا. أحسب الطاقة الحركية للجسيم α إذا لم ينتج فوتون γ .

4. إذا تمّ إنتاج شعاع γ بـ 2,20 MeV في التفاعل، أحسب الطاقة الحركية للجسيم α .

5. إذا سلّمنا بأن الآليتين في السؤالين جـ ، د لهما نفس الإحتمال للتحقيق وبفرض أن العيّنة من البولونيوم لها نشاط $3 \times 10^{15}\ Bq$، احسب الطاقة المحوّلة لورقة ألومنيوم بمعرفة أن الجسيمات α يتم توقيفها بواسطة ورقة الألومنيوم بينما لا يتم إمتصاص الجسيمات γ.

المعطيات :

$m(^{210}_{84}Po) = 209,982\ 86\ u$; $m(^{206}_{}Pb) = 205,974\ 45\ u$

27 ★★ يمتلك اليود عدّة نظائر منها اليود 127 ($^{127}_{53}I$) واليود 131 ($^{131}_{53}I$). أحد هذه النظائر مستقر والآخر يصدر جسيمات β^- .

1. أحسب طاقات الربط بـ MeV لهذين النظيرين.

2. احسب لكل من النواتين طاقة الربط لكل نويّة.

3. استنتج النظير المستقر والذي يشعّ.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

المعطيات :

$m(^{127}_{53}I) = 2,106\,831 \times 10^{-25}$ kg

$m(^{131}_{53}I) = 2,173\,29 \times 10^{-25}$ kg

$m_n = 1,008\,66$ u ; $m_p = 1,007\,28$ u

$1u = 1,660\,54 .10^{-27}$ kg $= 931,5$ MeV

$c = 2,997\,9 \times 10^8$ m.s^{-1}

28 ★★ نقذف $^{7}_{3}Li$ ببروتونات طاقتها الحركية 600 keV . نحصل على اثنين من جسيمات α .

1. اكتب معادلة التفاعل.
2. ما هو ضياع الكتلة في التفاعل.
3. طبّق قانون إنحفاظ الطاقة واحسب مجموع الطاقات الحركية للجسيمات α .

$m(^{7}_{3}Li) = 7,014\,35$ u ; $m_p = 1,007\,28$ u

$m(^{4}_{2}He) = 4,001\,50$ u ; $1u = 931,5$ MeV

29 ★★ نقذف الأزوت ($^{14}_{7}N$) بجسيمات α أي ($^{4}_{2}He$) للحصول على الأكسجين 17 ($^{17}_{8}O$) وبروتون.

1. أكتب معادلة هذا التفاعل النووي.
2. أحسب قيمة تغيّر الكتلة في هذا التفاعل.
3. أحسب تغيّر الطاقة المرتبطة بهذا التفاعل.
4. كيف يمكن لهذا التفاعل أن يحدث ؟ على أي شكل تظهر الطاقة اللاّزمة ؟

المعطيات :

$m(^{4}_{2}He) = 4,001\,5$ u ; $m(^{14}_{7}N) = 13,999\,2$ u ;

$m(^{17}_{8}O) = 16,994\,7$ u ; $m_p = 1,007\,28$ u .

30 ★★★ يعطى تغيّر الطاقة ΔE للجملة، في الشكل التالي، أثناء تفكك نواة الأكسجين 15. يمكن حسابها باستعمال المخطط الطاقي في هذا الشكل.

1. اكتب معادلة التفكك β^+ لنواة الأكسجين 15. لا ينتج النواة الابن في حالة مثارة.
2. عرّف طاقة الربط E_ℓ للنواة.
3. احسب بـ MeV تغيّر الطاقة ΔE_1 المبيّنة في الشكل.
4. باستخدام كتل الجسيمات، أحسب بـ MeV. تغيّر الطاقة ΔE_2 المبيّنة في الشكل.
5. استنتج من النتائج السابقة قيمة تغيّر الطاقة ΔE للجملة بـ MeV أثناء تفكك نواة الأكسجين 15.

المعطيات :

$m_n = 1,674\,92 \times 10^{-27}$ kg ; $m_p = 1,672\,62 \times 10^{-27}$ kg ;

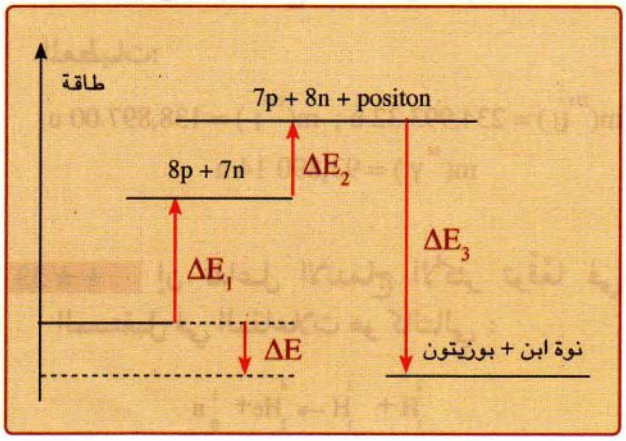
$m_e = 9,109 \times 10^{-27}$ kg ; $\frac{E_\ell}{A}$ MeV/n ;

$^{16}_{6}C : 6,676$; $^{15}_{7}N : 7,699$; $^{15}_{8}O : 7,463$; $^{15}_{5}F : 6,483$.

سرعة الضوء في الفراغ :

$c = 2,998 \times 10^8$ m.s^{-1} ; 1 eV $= 1,602 \times 10^{-19}$ J

المخطط الطاقي :



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

5. الانشطار والاندماج

31 ★★ نستعمل منحنى أستون.

1. ماذا يمثل هذا المنحنى ؟
2. أين تقع الأنوية المستقرة على المنحنى؟ الأنوية التي يمكن أن تحقق الاندماج ؟ والأنوية التي يمكن أن تحقق الانشطار ؟
3. عيّن طاقات الرّبط لكل نوية للأنوية التالية :

$^{6}_{3}Li$ (6,013 47 u) ; $^{10}_{4}Be$ (10,011 33 u) ;
$^{60}_{28}Ni$ (59,915 47 u) ; $^{208}_{82}Pb$ (207,931 62 u) ;
$^{238}_{92}U$ (238,000 18 u)

4. رتّب هذه الأنوية من الأكثر إلى الأقل استقرارا.

32 ★★ أحد أنماط انشطار اليورانيوم 235 هو :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{139}_{53}I + ^{94}_{39}Y + 3\,^{1}_{0}n$$

1. أحسب الطاقة المحررة بـ MeV في هذا التفاعل.
2. كيف يؤدي هذا التفاعل إلى تفاعل تسلسلي؟
3. على أي شكل تظهر الطاقة المحررة؟
4. أحسب كمية الطاقة الناتجة عن 1 kg من اليورانيوم 235.
5. أحسب كتلة البترول المنتجة لنفس كمية الطاقة بمعرفة أن 1 kg من البترول ينتج 42 MJ من الطاقة.

المعطيات:

$m(^{235}_{92}U) = 234,993\,32$ u ; $m(^{139}_{53}I) = 138,897\,00$ u
$m(^{94}_{39}Y) = 93,890\,14$ u

33 ★★ إن تفاعل الاندماج الأكثر توقّعًا في المستقبل في المفاعلات هو كالتالي :

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$$

1. أحسب الطاقة المحرّرة بـ MeV في هذا التفاعل.
2. على أي شكل تظهر الطاقة المحرّرة ؟
3. أحسب كمية الطاقة الناتجة عن كلغ واحد من الهيدروجين ($^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H$).
4. أحسب كتلة البترول التي تنتج نفس كمية الطاقة بمعرفة أن كلغ واحد من البترول ينتج 42 MJ من الطاقة.
5. قارن بكمية الطاقة الناتجة من انشطار كلغ واحد من اليورانيوم 235.

34 ★★ تعتبر الشمس مركزا لتفاعلات اندماج عدة. نجد بها عدة نظائر من الهيدروجين والهيليوم.

1. عيّن طاقات الرّبط لكل نويّة للهليوم 3 والهليوم 4 مستنتجا ما هي النواة الأكثر استقرارا ؟
2. أكتب معادلة التفاعل الناتج عن اندماج نواتين من الهليوم 3 لتشكيل نواة الهليوم 4 والهيدروجين.
3. أوجد بـ MeV الطاقة المحرّرة من التفاعل.
4. ما هي الطاقة المسترجعة بالجول عند تفاعل طن واحد من الهليوم 3 ؟

المعطيات :

$m(^{3}_{2}He) = 3,007\,28$ u ; $m(^{4}_{2}He) = 4,001\,51$ u ;
$m(^{1}_{1}H) = 1,007\,28$ u

الكتلة المولية للهيليوم 3 هي : $3\ g.mol^{-1}$

35 ★★ نعتبر تفاعل الاندماج :

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$$

1. أحسب الطاقة المحرّرة بالتفاعل
2. أحسب الطاقة المحرّرة أثناء تشكّل غرام واحد من الهليوم.
3. استطاعة اشعاع الشمس هي $3,9 \times 10^{26}$ Watt ، أحسب ضياع الكتلة للشمس في الثانية.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

4. تقدّر كتلة الشمس بـ $1{,}99 \times 10^{30}\ kg$ وعمرها 4,6 مليار سنة. بافتراض أن الطاقة المحرّرة ثابتة منذ نشأتها. أحسب الكتلة التي فقدتها حتّى اليوم.

5. ما هي النسبة المئوية لهذه الكتلة المفقودة بالنسبة إلى الكتلة الكليّة للشمس ؟

المعطيات :

$m\left({}^{3}_{1}H\right) = 3{,}015\ 50\ u$; $m\left({}^{2}_{1}H\right) = 2{,}013\ 55\ u$

$m(n) = 1{,}008\ 66\ u$; $m\left({}^{4}_{2}He\right) = 4{,}001\ 50\ u$

36 ★★ يعمل مفاعل نووي باليورانيوم المخصب بـ 3,7% من اليورانيوم 235. أحد التفاعلات الممكنة بالانشطار هي التالية :

$${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{94}_{x}Sr + {}^{139}_{54}Xe + y\ {}^{1}_{0}n$$

1. أوجد x و y في هذه المعادلة النووية.

2. أحسب الطاقة المحرّرة بـ MeV من هذا التفاعل.

3. أعط الطاقة المحرّرة من 1 g يورانيوم مخصّب بافتراض أن جميع تفاعلات الانشطار تحرّر الطّاقة المحسوبة سابقا.

4. بمعرفة أن جزءًا من الطاقة تضيع داخل المفاعل ولا يتم تحويلها إلى كهرباء وأن المفاعل يستهلك 27 طن من اليورانيوم المخصّب سنويًا وأنه ينتج 900 MW، ما هو مردوده η إذا كان هذا يعرّف بأنه النسبة بين الطاقة المشعّة من المفاعل والطاقة المنتجة من تفاعلات الانشطار.

المعطيات :

$m\left({}^{235}_{92}U\right) = 234{,}993\ 45\ u$; $m\left({}^{139}_{54}Xe\right) = 138{,}889\ 17\ u$;

$m\left({}^{94}_{x}Sr\right) = 93{,}894\ 51\ u$.

37 ★★★ سلسلة تفاعلات الاندماج في النجوم.

1. تحقق معادلات التفاعلات النووية قانونين. ما هما ؟

2. ما هو البوزيتون ؟

3. إن التفاعلات النووية الثلاثة لدورة بروتون – بروتون هي :

$${}^{1}_{1}H + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{2}_{1}H + \beta^{+} + 2$$

$${}^{2}_{1}H + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{3}_{2}He$$

$${}^{3}_{2}He + {}^{3}_{2}He \rightarrow {}^{4}_{2}He + 2\ {}^{1}_{1}H$$

– ما هي الحصيلة الكلية لهذه الدورة ؟

– ما هي بـ MeV الطاقة المحرّرة خلال هذه الدورة ؟

4. نجد كذلك أنوية الكربون في النجمة. تستخدم هذه الأنوية كنقطة انطلاق لسلسلة أخرى من التفاعلات النووية. هذه السلسلة من التفاعلات تدعى الدورة المغلقة وهي تتشكل من ستة تفاعلات نووية. إن الكربون ${}^{12}_{6}C$ الذي يستخدم كمتفاعل إبتدائي، يظهر مرّة أخرى في نهاية الدورة، عندما تتشكل نواة الهليوم (He) .

أ. أتمم حصيلة التفاعلات النووية الستة التالية التي تحدث في هذه الدورة.

$${}^{12}_{6}C + \cdots \rightarrow {}^{13}_{7}C$$

$${}^{13}_{7}N \rightarrow {}^{13}_{6}C + \cdots$$

$${}^{13}_{6}C + \cdots \rightarrow {}^{15}_{8}O$$

$${}^{14}_{7}N + \cdots \rightarrow {}^{15}_{8}O$$

$${}^{15}_{8}O \rightarrow {}^{15}_{7}N + \cdots$$

$${}^{15}_{7}N + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{12}_{6}C + \cdots$$

ب. أثبت أن الحصيلة الكلية لهذه الدورة مساوية لحصيلة دورة بروتون – بروتون المذكورة في السؤال الثالث :

معطيات عددية (ليست كلها ضرورية)

$C = 300\ 000\ km\ s^{-1}$; $e = 1{,}6 \times 10^{-19} c$;

كتلة الإلكترون $= 5{,}486 \times 10^{-4}\ u$

كتل الأنوية :

${}^{1}_{1}H = 007\ 3\ u$; ${}^{2}_{1}H = 2{,}013\ 4\ u$; ${}^{3}_{2}He = 3{,}014\ 9\ u$

$1u = 1{,}661 \times 10^{-27}\ kg = 931{,}5\ MeV/c^2$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. البولونيوم

بكالوريا المغرب، جوان 2004

1. الرمزان α و $^{4}_{2}He$ متطابقان.

نعطي مستخرجا من الجدول الدوري للعناصر.

الرمز	Th	Pb	Bi	Po	At
العدد الذري	81	82	83	84	85

1.1. ما معنى نواة مشعّة ؟

2.1. ما هو تركيب نواة البولونيوم 210 ؟

3.1. أكتب المعادلة الممثلة لتفكك هذه النواة، مبيّنًا قوانين الحفظ المطبقة.

2. ليكن N(t) عدد الأنوية المشعّة لعيّنة من البولونيوم غير متفككة في التاريخ t .

نرمز لـ N_0 لعدد الأنوية الأصلي من البولونيوم عند $t = 0$. يسمح كاشف أشعة α وعدّاد رقمي بإجراء القياسات المدونة في الجدول التالي :

t (Jours)	0	40	80	120	160	200	240
$\frac{N(t)}{N_0}$	1	0,82	0,67	0,55	0,45	0,37	0,30
$-\ln\frac{N(t)}{N_0}$							

1.2. أتمم السطر 3 من الجدول

2.2. أرسم على ورق ملّيمتري المنحنى $-\ln\frac{N(t)}{No} = f(t)$ باستعمال السلّم التالي:

على محور الفواصل : 1 سم تمثل 20 يوما .

على محور التراتيب : 1 سم تمثل 0,1.

3.2. ذكّر بقانون التناقص لعدد الأنوية غير المفككة لعيّنة تحتوي في البداية N_0 نواة مشعّة.

هل هي في تطابق مع التمثيل البياني السابق ؟ علّل إجابتك.

4.2. احسب ميل المنحنى وعيّن λ ثابت النشاط الإشعاعي المميّز للنظير 210 للبولونيوم. ما هي وحدة λ ؟

استنتج ثابت الزمن τ ما هي وحدته ؟

أعط عبارة مدة نصف العمر للعيّنة التي يرمز لها $t_{½}$ واحسبها.

2. الإشعاع في خدمة علم الآثار

بكالوريا فرنسا القارية – جوان 2006

نظير مشعّ للكربون، «الكربون 14 » رمزه ^{14}C يتشكل باستمرار في الطبقة العليا للجو. إنه جدّ تفاعلي ويعطي بسرعة ثاني أكسيد الكربون، الذي يختلط بمجموع غاز الكربون لغلافنا الجوي خلال عدة أشهر، يتمّ امتصاصه إذًا بواسطة النباتات مثل غاز الكربون المنتج من الكربون المستقر، (النظائر ^{12}C و ^{13}C)، وهكذا نجده أحد مكونات المادة العضوية للحيوانات العاشبة وآكلة اللحوم.

أثبت الكيميائي الأمريكي و.ليبي في سنة 1950 بأن جميع الكائنات الحية مميّزة بنفس نسبة عدد الأنوية ^{14}C لعدد أنوية ^{12}C : $N(^{14}C) / N(^{12}C)$.

نتيجة لذلك يمثل غرام واحد من الكربون النقي مستخرج من كائن حيّ نشاطا ناجما عن ^{14}C يقارب 13,6 تفككا في الدقيقة، الموافق لـ " عمر صفر ". في حيوان أو نبات ميّت (جذع شجرة، قوقعة، عظم .... وجدت في مغارة)، الكربون ^{14}C الذي تمّ امتصاصه بواسطة الحيوان أو النبات في حياته يتناقص أسّيًا بدلالة الزمن نتيجة للإشعاع إبتداءً من لحظة مماته. مقارنة هذا النشاط المتبقّي بـ 13,6 تفككا في الدّقيقة يعطي مباشرة عمر العيّنة الحفرية (نفرض أن قيمة 13,6 تفككا في الدقيقة لجسد حيّ تبقى ثابتة لفترة الألفيات الأخيرة).

لا يبقى إلا1% من الكربون ^{14}C بعد 40 ألفية الذي تحتويه الحفرية بداية؛ هذا التركيز يصبح جد ضعيف بحيث لا يمكن تعيينه بدقّة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. تفكك الكربون 14

نعطي الأعداد الذرية التالية :
$Z = 6$ للكربون C و $Z = 7$ للأزوت N .

1.1. لماذا تسمى النويتان $^{12}_{6}C$ و $^{13}_{6}C$ نظيرين ؟

2.1. أعط تركيب النواة ذات الرمز ^{14}C .

3.1. يتفكك «الكربون 14» إلى "آزوت".

أكتب معادلة تفكك «الكربون 14» بافتراض أن النواة الابن غير منتجة في الحالة المثارة، هل هذا متعلّق بالإشعاع α ، β^+ أو β^- ؟

2. خاصية التفكك الإشعاعي

1.2. أعط مميّزات التّحوّلات الإشعاعية، بإتمام المراحل الموجودة في الإطار المعطى في الملحق (يرجع مع الورقة) باستخدام كلمات وعبارات مقترحة.

2.2. نقترح ثلاث علاقات رياضية لتمثيل تطوّر العدد N لأنوية "الكربون" المتبقاة في العيّنة عند التاريخ t، حيث λ ثابت النشاط الإشعاعي النسبي للتفكك المدروس ($\lambda > 0$).

أ. $N = N_0\, e^{-\lambda t}$ ؛ ب. $N = N_0 - \lambda t$ ؛ جـ. $N = N_0\, e^{\lambda t}$

1.2.2. في كل علاقة من العلاقات الثلاث المعطاة أعلاه :

- كم تساوي N عند $t = 0$ ؟
- ما هي نهاية N عندما تؤول t إلى ما لا نهاية.

استنتج العلاقة المختارة من الاقتراحات أ، ب، جـ بالتعليل.

2.2.2. يعطي النشاط $A = -\frac{dN}{dt}$ عند اللحظة t بالعلاقة $A = A_0\, e^{-\lambda t}$. ماذا تمثل A_0 ؟

3.2.2. بالاستعانة بالنّص أعط قيمة A_0 لعيّنة 1,0 g من الكربون النقي المستخرج من كائن حيّ.

4.2.2. على أي حدث ينطبق «العمر صفر» الوارد في النّص؟

3. التأريخ بواسطة «الكربون 14»

زمن نصف حياة النظير $^{14}_{6}C$ هو $t_{½} = 5{,}73 \cdot 10^3$ ans .

1.3. ماذا نسمي نصف حياة $t_{½}$ لعيّنة مشعّة ؟

2.3. أثبت أن : $\lambda t_{½} = \ln 2$ انطلاقا من الاجابات المعطاة في الأسئلة 1.2.2 و 1.3 .

3.3. أحسب قيمة λ في حالة «الكربون 14» بالحفاظ على $t_{½}$ بالسنوات.

4.3. أوردت عدة مقالات علمية صادرة في 2004 معلومات وذلك عن اكتشاف أوتزي (Otzi)، رجل محنّط طبيعيًا بالجليد تمّ في سنة 1991 بواسطة مشاة في جبال الآلب الإيطالية.
من أجل تأريخ الجسم المحنّط، تمّ قياس نشاط المومياء. وجد أن النشاط يساوي 7,16 تفككا في الدّقيقة لكتلة تكافؤ 1,0 g من الكربون النّقي.
أعط العبارة النظرية للمدّة التي مرّت منذ وفاة أوتزي إلى قياس نشاط العيّنة. أحسب هذه المدة.

5.3. في أوبلوك (جمهورية جيبوتي) قام باحثون بدراسة مرجان عمره $1{,}2 \times 10^5$ ans (أي مائة وعشرون ألف سنة).
انطلاقا من النّص هل يمكن اعتبار تأريخ المرجان قد تمّ بالطّريقة التي تستعمل «الكربون 14» ؟ علّل الاجابة.

4. اختيار العنصر المشع

1.4. تستعمل أحيانا طريقة (البوتاسيوم - أرغون) لتأريخ الصّخور القديمة جدًا.
يتحوّل «البوتاسيوم 40» الذي نصف حياته $1{,}3.10^9$ ans إلى « أرغون 40».
ما هي النسبة المئوية لأنوية «البوتاسيوم 40» الباقية في الصخر بعد مرور زمن يقدّر بأربع مرّات زمن نصف العمر ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2.4. كما ورد في النّص من أجل «الكربون 14 » نفرض أن التركيز المحلي الأصغري الذي يسمح بالقيام بالتأريخ بواسطة «البوتاسيوم 40 » يكون مساويا لـ 1% من التركيز الابتدائي.

بمقارنة عمر الأرض الذي يساوي $4{,}5.10^{9}$ ans بنصف حياة «البوتاسيوم 40». دقّق إذا كانت طريقة التـأريخ بواسطة «البوتاسيوم 40» تسمح بقياس عمر الأرض. علّل الاجابة.

3. تأريخ الزلازل في كاليفورنيا

بكالوريا كاليدونيا الجديدة - نوفمبر 2005

يتواجد الإشعاع في كل الكون. يمكن استخدام العناصر المشعّة كساعات. تبعا لطبيعتها ومدّة حياتها باستطاعتها التّعريف بعمر الكون، عمر الأرض، الآليات الجيولوجية وحتى تاريخ البشرية. يقترح هنا تحديد تواريخ الهزّات الأرضية التي وقعت بالقرب من فجوة سان أندرياس بكاليفورنيا خلال قرون.

1. الإشعاع الطبيعي للكربون

1.1. أعط التركيب بالبروتونات والنيترونات للنواتين التاليتين : ${}^{12}_{6}C$ و ${}^{14}_{6}C$.

2.1. تشكل النواتان المذكورتان في السؤال السابق نظيرين. علّل هذا التأكيد بتعريف كلمة نظير.

3.1. إن الكربون 14 هو نواة مشعّة تصدر جسيمات β^- .

أكتب معادلة التفاعل النووي المطابق للتحليل.

نقبل بأن النّواة الابن لم تنتج في الحالة المثارة.

4.1. أحسب بالجول طاقة الرّبط للكربون 14 : $E_\ell({}^{14}C)$.

5.1. استنتج طاقة الرّبط لكل نويّة للكربون 14 «بالجول لكل نوية».

6.1. أحسب بالجول الطاقة المحرّرة بواسطة التفاعل في السؤال (3.1) .

المعطيات :

• الأعداد الذرية :

$Z(Be) = 4$; $Z(B) = 5$; $Z(C) = 6$;

$Z(N) = 7$; $Z(O) = 8$.

• سرعة الضوء في الفراغ : $C = 2{,}998 \cdot 10^{8}\ ms^{-1}$

• كتل بعض الجسيمات :

الجسيمات	البروتون	النيترون	الإلكترون
الكتلة بـ Kg	$1{,}672\,621 \times 10^{-27}$	$1{,}674\,927 \times 10^{-27}$	$9{,}109\,381 \times 10^{-31}$

الجسيمات	النواة ${}^{14}C$	النواة ${}^{14}N$
الكتلة بـ Kg	$2{,}325\,84 \times 10^{-26}$	$2{,}325\,27 \times 10^{-26}$

2. التأريخ بالكربون ${}^{14}C$

تفطن العالمان أندرسون وليبّي لاستخدام الإشعاع الطبيعي لكربون 14 في التأريخ. إن الكائنات الحيّة نباتات أو حيوانات تستهلك الكربون. نسبة عدد أنوية ${}^{14}C$ لأنوية ${}^{12}C$ تبقى ثابتة خلال كل حياتها. عند ممات العضو يتوقّف كل نشاط مع الوسط الطبيعي وتضيع ذرات الكربون شيئًا فشيئًا. يتناقص الإشعاع إذًا بدلالة الزمن وفق قانون أسّي، يسمح بالوصول لعمر تقديري للعيّنة التي تمّ فحصها. نسلّم بثبات النسبة بين ${}^{14}C$ و ${}^{12}C$ للكائنات الحيّة خلال الألفيات الأخيرة.

1.2. نرمز بـ $N(t)$ لعدد الأنوية المشعّة لذرات «الكربون 14 ».

في اللحظة التي تاريخها t لعيّنة و N_0 عدد الأنوية المشعّة في لحظة تؤخذ كمبدأ التواريخ $(t_0) = 0\ s$ لنفس هذه العيّنة.

أكتب قانون التناقص الإشعاعي.

2.2. زمن نصف العمر وثابت النشاط الإشعاعي.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1.2.2. إعط تعريف زمن نصف العمر لعيّنة مشعّة يرمز له بـ $t_{½}$.

2.2.2. أثبت أن العلاقة النظرية لزمن نصف العمر بدلالة ثابت النشاط الإشعاعي هي : $t_{½} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

3.2.2. إن زمن نصف العمر للكربون 14 هو $5{,}70.\ 10^3$ ans .

استنتج ثابت النشاط الإشعاعي λ بـ : an^{-1}

2.3. يعطي النشاط $A(t)$ لعيّنة مشعّة في اللحظة ذات التأريخ t هذا بالعلاقة $A(t) = \lambda\, N(t)$

1.2.3. عرّف النشاط واعط وحدته في النظام الدولي

2.2.3. باستخدام هذه العبارة وقانون التناقص استنتج أن :

$$\frac{A(t)}{A_0} = \frac{N(t)}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

حيث A_0 هو النشاط في اللحظة $t_0 = 0\ s$.

3. فجوة سان اندرياس

في عام 1989 بالقرب من فجوة سان اندرياس بكاليفورنيا تمّ استخراج عيّنات متساوية الكتلة لنباتات متشابهة غمرت أثناء زلازل قديمة. تمّ قياس نشاط كلّ من العيّنات. نقبل بأن هذا النشاط ناتج فقط عن وجود ^{14}C

النموذج	1	2	3
نشاط النموذج (SI)	0,233	0,215	0,223

1.3. نشاط عيّنة من نفس النبات الحيّ ونفس الكتلة هو $A_0 = 0{,}255$. نرمز بـ t الفترة التي مضت من الزمن ذي التأريخ $t_0 = 0s$ للزلازل ولحظة القياس. حدّد قيمة t_3 المطابقة للعيّنة 3 .

2.3. استنتج سنة وقوع الزلزال المطابق للعيّنة 3 المدروسة في 1989 .

3.3. تقترح للعيّنات 1 و 2 السّنوات 581 و 1247 . عيّن لكل عيّنة السنة التي توافقها. علّل بدون حساب.

4. الإشعاع في عائلة اليورانيوم

بكالوريا الأنتيل، مارس 2003

1. تفكك الراديوم

يحتوي الهواء على الرادون 222 بكميات أكثر أو أقل أهمّية. إن هذا الغاز المشعّ طبيعيًا يتولّد من الصّخور التي تحتوي على اليورانيوم والراديوم. يتشكّل الرادون من تفكك الراديوم (المتولّد هو نفسه من العائلة المشعّة لليورانيوم 238) طبقا لمعادلة التفاعل الذرّي التالية :

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

1.1. ما هو نمط الإشعاع المطابق لتفاعل التفكك هذا ؟ علّل الاجابة.

2.1. فقدان الكتلة.

1.2.1. أعط العبارة النّظريّة لنقص الكتلة Δm للنواة ذات الرّمز $^{A}_{Z}X$ والكتلة الذرية m_x .

2.2.1. أحسب كتلة نواة الراديوم Ra . عبّر عنها بوحدة الكتلة الذرية u .

3.1. أكتب علاقة التكافؤ كتلة – طاقة.

4.1. نقص الكتلة Δm لكتلة الرادون Rn هو :

$3{,}04 \times 10^{-27}\ kg$.

1.4.1. عرّف طاقة الرّبط E_ℓ للنواة.

2.4.1. أحسب بالجول طاقة الرّبط E_ℓ (Rn) لنواة الرادون.

3.4.1. تحقّق من أن هذه الطاقة تساوي $1{,}71.10^3$ Mev .

4.4.1. استنتج طاقة الرّبط لكل نويّة $\frac{E_\ell}{A}$ لنواة الرادون. عبّر عن هذه النتيجة بـ : Me V nucléon^{-1}

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

5.1. الحصيلة الطاقوية.

1.5.1. أوجد العبارة النظرية لتغيّر الطاقة ΔE للتفاعل (1) بدلالة m_{Ra} ، m_{Rn} ، m_{He} كتل أنوية الراديوم ، الرادون والهليوم على التوالي.

1.5.1. أعط ΔE بالجول.

2. انشطار اليورانيوم 235

يحتوي عنصر اليورانيوم في الحالة الطبيعية أساسا على النظائر $^{238}_{92}U$ و $^{239}_{92}U$. في المفاعلات النووية «ذات النيترونات البطيئة» يكون الوقود هو اليورانيوم «المخصّب».

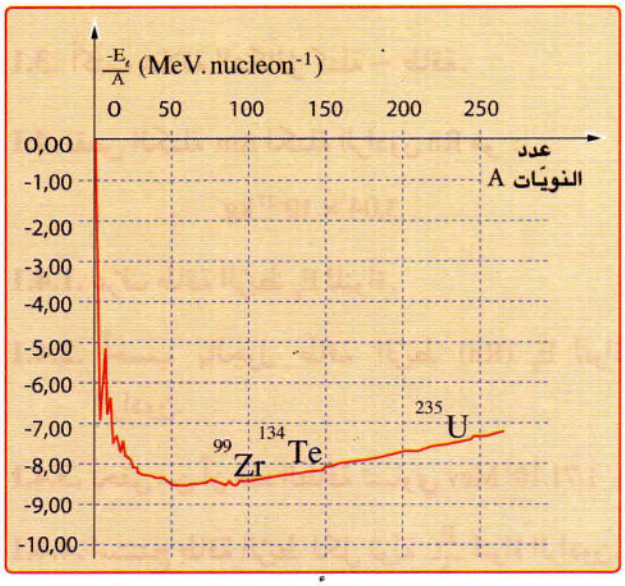
عند انشطار نواة اليورانيوم 235، يمكن لعدد كبير من التفاعلات أن يحدث. من بين هذه التفاعلات هناك من تعطي أنوية الزركينيوم والتيلور ذات الرموز $^{99}_{40}Zr$ و $^{134}_{52}Te$.

1.2. عرّف الحدّ «نظير»

2.2. الفائدة الطاقوية من الانشطار.

1.2.2. أعط تعريف الانشطار.

2.2.2. أكتب معادلة الانشطار لنواة اليورانيوم 235 مقذوفة بنيترون، يؤدي إلى تشكّل Zr و Te .



منحنى أستون

3.2.2. الأنوية U، Zr و Te موضوعة على المنحنى. انطلاقا من هذا المنحنى، استخرج الفائدة الطاقوية لتفاعل الانشطار هذا.

3. تفكك نواة Zr

إن نواة Zr المتولّدة من نواة اليورانيوم بالانشطار غير مستقرّة. تتفكك خلال تفكك β^- معطيا نواة نيوبيوم Nb.

1.3. أعط تعريف الإشعاع β^-

2.3. أكتب معادلة التفكك لنواة Zr .

المعطيات :

وحدة الكتلة الذرية	$u = 1{,}660\,54 \times 10^{-27}\,Kg$
طاقة كتلة وحدة الكتلة الذرية	$E = 931{,}5\ Mev$
إلكترون فولط	$1\ eV = 1{,}60 \times 10^{-19}\,J$
ميغا إلكترون فولط	$1\ Mev = 1 \times 10^{6}\,eV$
سرعة الضوء في الفراغ	$c = 3{,}00 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$

اسم النّواة أو الجسيم	هليوم	راديوم	رادون
رمز	$^{4}_{2}He$	$^{226}_{88}Ra$	$^{226}_{86}Rn$
كتلة بـ (u)	4,001	225,977	221,970

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

اسم النّواة أو الجسيم	نيترون	بروتون	إلكترون
رمز	$^{1}_{0}n$	$^{1}_{1}p$	$^{0}_{-1}e$
كتلة بـ (u)	1,009	1,007	$5,49 \times 10^{-4}$

5. إنتاج الطّاقة الذّرية

بكالوريا أمريكا الشمالية، جوان 2006

1. انشطار نووي

إن المفاعل الذري هو عبارة عن مصنع لإنتاج الكهرباء. تستعمل حاليا هذه المحطات الطّاقة الحرارية المحرّرة بتفاعلات انشطار اليورانيوم 235 المشكّل «للوقود النووي». تُحوّل هذه الطّاقة الماء إلى بخار. يسبب ضغط الماء بتدوير تربين بسرعة عالية بتشغيل منوّب للتّيار ينتج الكهرباء.

بعض منتجات الانشطار تُشكّل أنوية مشعّة ذات نصف حياة قد يكون طويلاً.

1.1. عرّف «نصف حياة».

2.1. عرّف نشاط منبع مشعّ. حدّد وحدته في النّظام الدولي (SI).

3.1. إن قذف نواة اليورانيوم 235 بالنيترون يمكن أن ينتج نواة سترونسيوم ونواة أكزينون حسب المعادلة التالية :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{94}_{Z}Sr + ^{A}_{54}Xe + 3\ ^{1}_{0}n$$

1.3.1. أوجد قيم الأعداد A و Z

1.3.2. أحسب بـ MeV الطاقة المحرّرة من تفاعل الانشطار هذا.

1.3.3. ما هي الطّاقة المحرّرة لكل نويّة مادة مشاركة في التفاعل؟

2. اندماج نووي

يقام مشروع ITER مستقبلا في موقع كدراش بفرنسا. هدف هذا المشروع هو إثبات الإمكانية العلمية والتكنولوجية لإنتاج الطّاقة باندماج الذرات.

إن الاندماج هو مصدر الطّاقة للشّمس ولنجوم أخرى. للحصول على تفاعل اندماج يجب تقريب نواتين متنافرتين بما فيه الكفاية لأنهما مشحونتان موجبا. وعليه فإن طاقة معتبرة ضرورية لتجاوز هذا الحاجز والوصول إلى المنطقة القريبة جدًا من النواة حيث تتواجد قوى ذريّة باستطاعتها التّغلّب على قوى التنافر الكهروستاتيكي.

تفاعل الانشطار الأكثر استخدامًا هو التفاعل الذي يُستخدم الديتريوم والتريسيوم. هذا هو التفاعل الذي تتركّز عليه البحوث المتعلّقة بالاندماج المراقب.

إن نصف حياة التريسيوم المستهلك خلال هذا التّفاعل ليست أكثر من 15 سنة.

زيادة على ذلك فإن الفضلات الذرية الناتجة عن الاندماج قليلة جدًا وأكثرها يبقى مُخزّنًا في هياكل التجهيز؛ 90 % منها قليلة أو متوسطة النشاط.

المعطيات :

جسيم أو كتلة	نيترون	هيدروجين 1 أو بروتون	هيدروجين 2 أو ديتريوم	هيدروجين 3 أوتريسيوم	هليوم 3
رمز	$^{1}_{0}n$	$^{1}_{1}H$	$^{2}_{1}H$	$^{3}_{1}H$	$^{3}_{1}He$
كتلة بـ u	1,008 66	1,007 28	2,013 55	3,015 50	3,014 93

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

جسيم أو كتلة	هليوم 4	يورانيوم 235	أكسيتون	سترونسيوم
رمز	$^{4}_{e}He$	$^{235}_{92}U$	$^{A}_{54}Xe$	$^{94}_{Z}Sr$
كتلة بـ u	4,001 50	234,994 2	138,889 2	93,894 5

وحدة الكتلة الذرية	$u = 1,660\,54 \times 10^{-27}\,Kg$
طاقة كتلة وحدة الكتلة الذرية	$E = 931,5\,MeV$
إلكترون فولط	$1\,eV = 1,60 \times 10^{-19}\,J$
ميغا إلكترون فولط	$1\,Mev = 1 \times 10^{6}\,eV$
سرعة الضوء في الفراغ	$C = 3,00 \times 10^{8}\,m,s^{-1}$

1.2. الديتريوم الذي رمزه $^{2}_{1}H$ والترسيوم الذي رمزه $^{3}_{1}H$ هما نظيرين للهيدروجين.

1.1.2. عرّف معنى "أنوية نظيرة"

2.1.2. أعط تركيب هاتين النواتين.

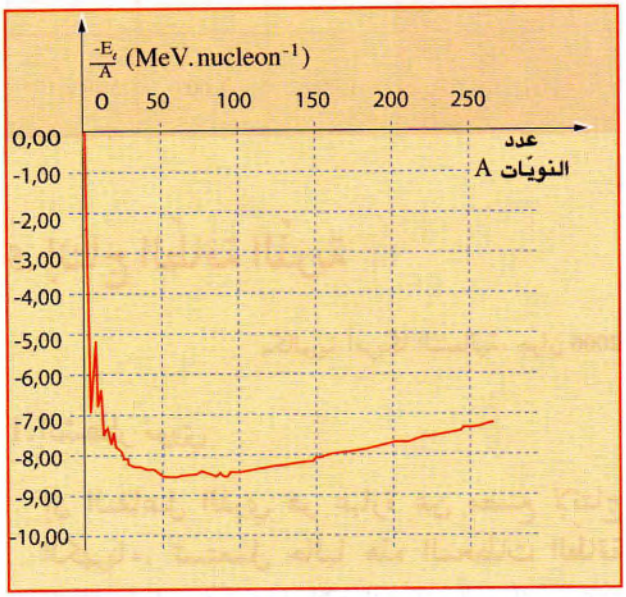
2.2. ما هو تفاعل الإندماج ؟

3.2. بيّن بوضوح على منحنى أستون (ملحق يرجع مع الورقة) في أيّ منطقة تتواجد الأنوية التي بمقدورها إعطاء تفاعل اندماج.

4.2. أكتب معادلة التفاعل الذرّي بين نواة الديتريوم ونواة التريسيوم. بمعرفة أن هذا التفاعل يُحرّر نيتروتًا ونواة رمزها $^{A}_{Z}X$. حدّد طبيعة النواة $^{A}_{Z}X$.

5.2. أثبت أن الطّاقة المحرّرة أثناء تفاعل الاندماج هذا هي 17,6 MeV. ما هي الطّاقة المحرّرة لكل نويّة من المادّة المشاركة في التّفاعل ؟

6.2. أختم بذكر أهمية مشروع ITER مبيّنًا الفوائد النّاتجة عن استخدام الاندماج مقارنة بالانشطار لتوليد الطّاقة الكهربائية في المفاعلات الذرية.



منحنى أستون

6. اندماج ديتريوم تريسيوم

بكالوريا بوندي شيري، أفريل 2006

الرموز المستعملة :

• جسيمات أو أنوية :

$$^{A}_{Z}X : {}^{1}_{1}H \; ; \; {}^{3}_{2}He \; ; \; {}^{4}_{2}He \; ; \; {}^{0}_{-1}e \; ; \; {}^{1}_{0}n \; ; \; {}^{1}_{1}P$$

• كتلة الجسيم أو النواة $^{A}_{Z}X$:

$$m(^{A}_{Z}X)$$

• طاقة الرّبط للنواة $^{A}_{Z}X$:

$$E_\ell(^{A}_{Z}X)$$

1. نظير

1.1. عرّف نظير ؟

2.1. في الأدبيات العلمية نذكر عادة :

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

• الديتريوم D الذي تحتوي نواته على 1 بروتون و 1 نيترون.

• التريسيوم T الذي تحتوي نواته على واحد بروتون و 2 نيترون.

كيف نرمز للأنوية D و T (في الترميز $^{A}_{Z}X$) ؟ ما هو العنصر الكيميائي الذي ينتسبان إليه ؟

2. الإشعاع

1.2. ما هي النواة المشعّة ؟

2.2. الترسيوم T المشعّ يصدر β^-. اكتب معادلة التفكك لـ T (باستعمال الترميز $^{A}_{Z}X$).

3.2. يمتلك الترسيوم T نصف حياة $t_{½} = 12$ ans.
ماذا يعني هذا التأكيد ؟

3. اندماج الأنوية

1.3. عرّف الاندماج النووي ؟

2.3. باستخدام الترميز $^{A}_{Z}X$، أكتب معادلة الاندماج النووي DT، يعني الاندماج بين نواة الديتريوم ونواة الترسيوم التي يتكوّن أثناءها نواة الهليوم $^{4}_{2}He$.
عبّر عن الطّاقة ΔE التي يمكن أن تتحرّر بهذا التفاعل بدلالة طاقات الكتل $E_m(^{A}_{Z}X)$ للجسيمات (أنوية) المتسبّبة في التفاعل.

3.3. عبّر عن الكتلة $m(^{A}_{Z}X)$ للنواة $^{A}_{Z}X$ بدلالة m_p ؛ m_n ؛ A ؛ Z وطاقة الرّبط $E_\ell(^{A}_{Z}X)$.

لتفاعل الاندماج المعني استنتج عبارة ΔE بدلالة طاقات الرّبط.

4.3. تُعطى قيم طاقات الرّبط للأنوية التالية :

$E_\ell(D) = 2{,}224$ Mev

$E_\ell(T) = 8{,}481$ Mev

$E_\ell(^{4}_{2}He) = 28{,}29$ Mev

أحسب عدديًا قيمة ΔE.

4. شروط اندماج DT.

لا يحدث الاندماج إلاّ إذا كانت النواتين في تلامس.

1.4. النواتان D و T تتنافران : لماذا ؟

2.4. ليتم الاندماج يجب أن يتم تلامس نواتي D و T.
إن هذا لا يمكن حدوثه إلا إذا كان الإضطراب الحراري أي طاقة الحركة E_c للأنوية كبيرة بما فيه الكفاية أي :

$$E_c > 0{,}35 \text{ MeV}$$

من الناحية الكمية تكون درجة الحرارة المطلقة T (بالكلفين) للأنوية متناسبة مع الطّاقة الحركية ؛ يُسلّم بأن طاقة حركية بواحد إلكترون فولط 1 eV توافق حرارة 7 700 K.
ما هي درجة الحرارة الدّنيا للأنوية لكي يحدث الاندماج ؟

3.4. إن درجة الحرارة الداخلية للشمس لا تتجاوز 15×10^6K.

ما هي النتيجة التي يمكن استخلاصها بمقارنة درجتي الحرارة هاتين ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تصحيح

تصحيح فحص التقويم الذاتي

1. أ. صحيح ؛ ب. صحيح ؛ جـ. صحيح؛
د. خطأ؛ هـ. خطأ.

2. أ. خطأ : الأنوية التي تملك بروتونات زائدة تتفكك بإصدار جسيم β^+ أو بوزيتون. في كل تفاعل يتحوّل البروتون إلى نيترون.
ب. صحيح : الإشعاع هو ظاهرة عشوائية لا يمكن معرفة عدد الأنوية التي تتفكك بدقة خلال الفترة Δt.
جـ. خطأ : التفكك β^+ يرافقه اصدار بوزيتون.
د. صحيح : النواة التي تحتوي على نويّات زائدة تتفكك وفق الاشعاع من نمط α.
هـ. صحيح : كل نواة إبن منتجة تكون مثارة. تفقد إثار تها مباشرة بإصدار أشعة γ.

3. أ. صحيح : T خاصية للنواة المعنية.
ب. صحيح : T يعبّر عنه بوحدة الزمن.
جـ. خطأ: نعرّف الدور T بالزمن الذي يلزم ليقسم عدد الأنوية المشعة على 2.
د. خطأ : يرتبط T بالقوى النووية داخل النواة.
هـ. خطأ : يكون T أصغر كلّما كان العنصر المشع أكثر اللإستقرار.

4. أ. صحيح .
ب. صحيح : أثناء التفاعل يتحوّل نيترون إلى بروتون.
جـ. خطأ : $^{137}_{55}Cs \longrightarrow {}^{137}_{55}Ba + {}^{0}_{-1}e$
د. صحيح : تكون كل التفاعلات النووية مرفوقة بإصدار γ .
هـ. صحيح : $\tau = \frac{\ln 2}{T} = 7{,}27 \times 10^{-10}\,s^{-1}$

5. أ. صحيح : A يتناسب طردًا مع عدد الأنوية غير المستقرة الموجودة في العيّنة، $A = \lambda N$.
ب. خطأ : $A = 1750\ Bq$ أي أنه يحدث 1750 تفكك في الثانية.
جـ. خطأ : ينقص نشاط عيّنة خلال الزمن.
د. خطأ : إن نشاط عيّنة يخضع لقانون التناقص الإشعاعي : $A = A_0 e^{-\lambda t} = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$.
هـ. صحيح.

6. أ. خطأ: $\Delta m = Z m_p + (A - Z)\, m_n - m\,(^A_Z X)$.
ب. صحيح .
جـ. خطأ : يرتبط بعدد البروتونات والنيترونات وطاقة الرّبط لكل نوية للأنوية.
د. صحيح : تحرّر الطاقة أثناء تفاعل الانشطار لأن كتلة النواة قبل التفاعل تكون أكبر من كتل الأنوية المحصّل عليها بعد التفاعل.
هـ. صحيح : تحرّر الطاقة أثناء تفاعل الاندماج تكون هذه الطاقة أيضا معادلة للفارق في نقص الكتلة بعد وقبل التفاعل.

7. أ. صحيح : أثناء تفاعل الاندماج تلتحم نواتان خفيفتان لتشكل نواة أثقل.
ب. صحيح : يكون تغيّر الكتلة مساويا للفرق بين كتل النواتج W وكتل المتفاعلات X و Y.
جـ. خطأ : الطاقة المحرّرة موجبة.
د. خطأ : تكون طاقة الربط لكل نوية للنواتج أكبر من تلك للمتفاعلات.يكون النواة الابن أكثر استقرارًا من النواة الأب.
هـ. صحيح : يحدث تفاعل الاندماج مع الذرات التي تكون لها طاقة الربط لكل نوية ضعيفة ولها Z صغير.

8. أ. صحيح.
ب. صحيح : تبيّن قوانين الإنحفاظ أثناء التفاعل النووي أن عدد الشحنات وعدد الكتلة محفوظة.
جـ. خطأ : $\Delta m = m(D) + m(e) - 2m(H)$
$= (2{,}0135 + 0{,}549.10^{-3} - 2 \times 1{,}0073)\ u$
$= -5{,}51 \cdot 10^{-4}\ u$
د. خطأ : الطاقة المحرّرة هي : $E_{lib} = -\Delta E$
$E_{lib} = \Delta m.c^2 = 0{,}51\ MeV$
هـ. صحيح.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تصحيح بعض التمارين

تمرين 11 : أ. $t = 12{,}70$ jours

ب. $n = 7{,}9 \times 10^{-6}$ moles de noyaux

جـ. $N_0 = 4{,}8 \times 10^{18}$ noyaux

د. $A = 1{,}3 \times 0^5$ Bq ; $A_0 = 1{,}0 \times 10^{13}$ Bq

تمرين 13 : أ. يبيّن المنحنى نشاطا ثابتا بعد 10 mm. تم عزل الشوائب الصوتية وتفكك النظير M تفككا تاما. تم ظهور نظير آخر C . $A = A_{M_0} e^{-t/\tau_M} + A_{C_0} e^{-t/\tau_C}$

في اللحظة $t = 10$ min

$\tau_M << t << \tau_C$; $\Rightarrow A = A_{C_0}$

ب. $A = A_{C_0}$ cpm

جـ. $t_{1/2} = 1{,}2$ mm ، الزمن اللآزم ليكون فيه نشاط العيّنة هو 1 575 cpm ؛ د. ${}^1_0n \rightarrow {}^1_0P + {}^0_{-1}\beta$

هـ. – يتم توقيف جسيمات α بورقة من الورق.

– يتم توقيف جسيمات β بورقة من الألومنيوم.

– يتم توقيف جسيمات γ بواسطة الرصاص.

تمرين 18 : أ. ${}^{14}_6C \rightarrow {}^{14}_7N + {}^0_{-1}e^-$ ، تفكك الكربون يكون من نمط β^-

ب. 5 570 ans ؛ جـ. $t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{A_0}{A}$ ؛ د. 3 025,3 ans

تمرين 20 : أ. 4 رميات، 2 رمية؛ ب. 0.34، 0.17؛

جـ. 4.1 رمية، 2.0 رمية ؛ د. $N = N_0 e^{-\lambda t}$ حيث t تساوي عدد الرميات.

تمرين 22 : **1.** ${}^{227}_{90}Th \rightarrow {}^4_2He + {}^{223}_{88}Ra$ ؛

2. $N_0 = 2{,}65 \times 10^{18}$ ؛ **3.** أ. 15 jours $< t_{1/2} <$ 20 jours ؛

ب. النقاط $\left(t ; -\ln \frac{N}{N_0}\right)$ هي (0 ; 0) ؛

(4 ; 0.15) ؛ (6 ; 0.24) ؛ (10 ; 0.39) ؛ (15 ; 0.58) ؛ (20 ; 0.78).

جـ. $\lambda = 3.9 \times 10^{-2}$ jours^{-1} $= 4{,}51 \times 10^{-7}$ s^{-1}

$t_{1/2} = 17{,}8$ jours

4. $A_0 = 1{,}19 \times 10^{12}$ Bq

تمرين 23 : **I. 1.** Z ؛ **2.** $A = Z + N$ مختلف ؛

3. ${}^{15}_8O \rightarrow {}^{15}_7N + {}^0_{+1}e$

II. 1. $\beta^- = {}^0_{-1}e$ ؛ $\alpha = {}^4_2He$ ؛ **2.** الجسيم α أكثر كتلية من الإلكترون.

III. 1. $N(t_{1/2}) = N_0/2$ ؛

2. يجب أن يكون نشاط الرسّامات متناقصا بسرعة.

IV. 1. ${}^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni^* + {}^0_{-1}e$

2. أ. $N_0 = 1{,}0 \times 10^{16}$ noyaux ؛ ب. $\Delta N = -\lambda N \Delta t$

جـ. $\Delta N = -\lambda N_0 e^{-\lambda t} \Delta t$ ؛ د. $A = A_0 e^{-\lambda t}$ مع $A_0 = \lambda N_0$

هـ. $\ln A = \ln A_0 - \lambda t$ ؛

و. $\ln A = mt + p$ مع $m = -\lambda$ ، $p = \ln A_0$.

ز. $\lambda = 1{,}3 \times 10^{-1}$ ans ؛ حـ. $\ln 2 = \lambda t_{1/2}$

ط. $t_{1/2} = 1{,}7 \times 10^8$ s نجد مرة ثانية λ بتقريب مئوي.

تمرين 24 : **1.** $\lambda_A = 5{,}35 \times 10^{-7}$ s^{-1} ؛

2. $\lambda_B = 8{,}025 \times 10^{-7}$ s^{-1} ؛ **3.** $A_{A_0} = 2{,}86 \times 10^{16}$ Bq ؛

4. $dN_A = -\lambda_A N_A dt$ ؛ $T_B = 10$ jours ؛

$dN_C = +\lambda_B N_B dt$ ؛ $dN_B = +\lambda_A N_A dt - \lambda_B N_B dt$

5. $t_0 = 17{,}8$ jours

تمرين 25 : **1.** من أجل $0 \le t \le t_0 : N(t) = \frac{\rho}{\lambda}(1 - e^{-\lambda t})$

من أجل $t \ge t_0 ; N(t) = \frac{\rho}{\lambda}(e^{-\lambda t_0} - 1)\, e^{-\lambda t}$

2. $\lambda = 3{,}92 \times 10^{12}$ s^{-1} ؛

3. $t(3/4) = 11\,200$ ans ؛ $t(0{,}1\%) = 56\,000$ ans

4. $m = 2{,}2 \times 10^{-4}$ g ؛ $t = 16\,800$ ans

تمرين 30 : **1.** ${}^{15}_8O \rightarrow {}^{15}_7N + {}^0_{+1}e$ ؛ **2.** $E_\ell = \Delta E_1$

3. $\Delta E_1 = 111{,}9$ MeV ؛

4. $\Delta E_2 = 2{,}886 \times 10^{-13}$ J $= 1{,}801$ MeV

5. $\Delta E = -1{,}8$ MeV ؛

تمرين 34 : أ. E_ℓ /nucléon (^{3}He) $= 1{,}50$ MeV/nucléon

E_ℓ /nucléon (^{4}He) $= 7{,}07$ MeV/nucléon

ب. $2\,{}^3_2He \rightarrow {}^4_2He + 2\,{}^1_1H$ ؛ جـ. $E_{lib} = 19{,}31$ MeV

د. $E_{tot} = 3{,}1 \times 10^7$ J

تمرين 37 : **1.** إنحفاظ الكتلة والشحنة.

2. أ. $e^+ (Z = 1 ; A = 0)$.

${}^1_1P + {}^1_1P \rightarrow {}^2_1H + {}^0_1e + \nu$; ${}^2_1H + {}^1_1P \rightarrow {}^3_2He$

ب. ${}^3_2He + {}^3_2He \rightarrow {}^4_2He + 2\,{}^1_1P$.

جـ. $4\,{}^1_1H \rightarrow {}^4_2He + 2\,{}^0_1e$ ؛ د. $E = 24{,}8$ MeV

3. أ. ${}^{12}_6C + {}^1_1H \rightarrow {}^{13}_7N$; ${}^{13}_7N \rightarrow {}^{13}_6C + {}^0_1e$;

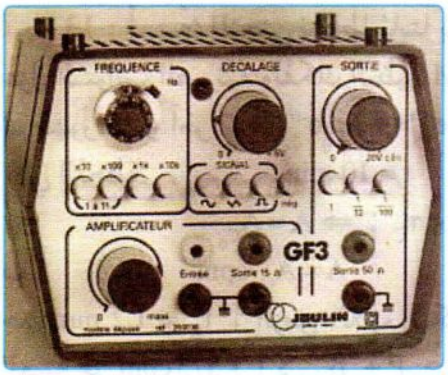
${}^{13}_6C + {}^1_1H \rightarrow {}^{14}_7N$; ${}^{14}_7N + {}^1_1H \rightarrow {}^{15}_8O$;

${}^{15}_8O \rightarrow {}^{15}_7N + {}^0_1e$; ${}^{15}_7N + {}^1_1H \rightarrow {}^{12}_6C + {}^4_2He$

ب. $4\,{}^1_1H \rightarrow {}^4_2He + 2\,{}^0_1e$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- التيار الكهربائي المستمر:هو كل تيار كهربائي شدته ثابتة بدلالة الزمن.
- التيار الكهربائي المتناوب: هو كل تيار كهربائي شدته متغيرة بدلالة الزمن.
- جهاز GBF : مولد منخفض التواترات يقدم إشارات مختلفة على شكل :

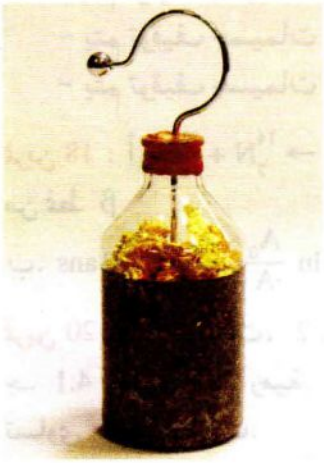


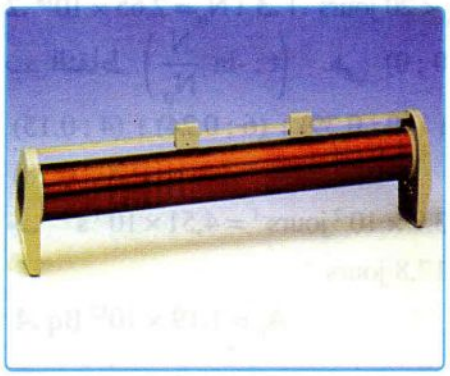
توتر جيبي

توتر مثلثي

توتر مربعي

- قانون جمع التوترات في حالة دارة تسلسلية. $U_{AB} = U_{AD} + U_{DC} + U_{CB}$
- قانون جمع الشدات في حالة دارة تفرعية ..... $I = I_1 + I_2 + I_3 +$
- قانون أوم بين طرفي ناقل أومي $U_R = RI_R$.
- استطاعة التحويل الكهربائي $P = E/\Delta t$ وتقدر بالواط (W)
- المكثفة : تتميز بسعتها (C) وتقدر بالفاراد (F)، وتعمل على تخزين الكهرباء والطاقة ..
- العلاقة بين التوتر بين طرفي المكثفة وسعتها والشحنة الكهربائية التي تحملها هي. $Q = U.C$
- شحن وتفريغ مكثفة :





- ثابت الزمن : لثنائي القطب RC هو الزمن اللازم لتشحن المكثفة بنسبة 63% من شحنتها العظمى رمزه (τ)
- الوشيعة : تتميز الوشيعة بذاتيتها(L) وتقدر بالهنري (H) ومقاومتها الداخلية (r) وتقدر بالأوم (Ω) .
- ظاهرة التحريض الذاتي : توليد تيار كهربائي في دارة لا تحتوي على مولد.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الوحدة 3

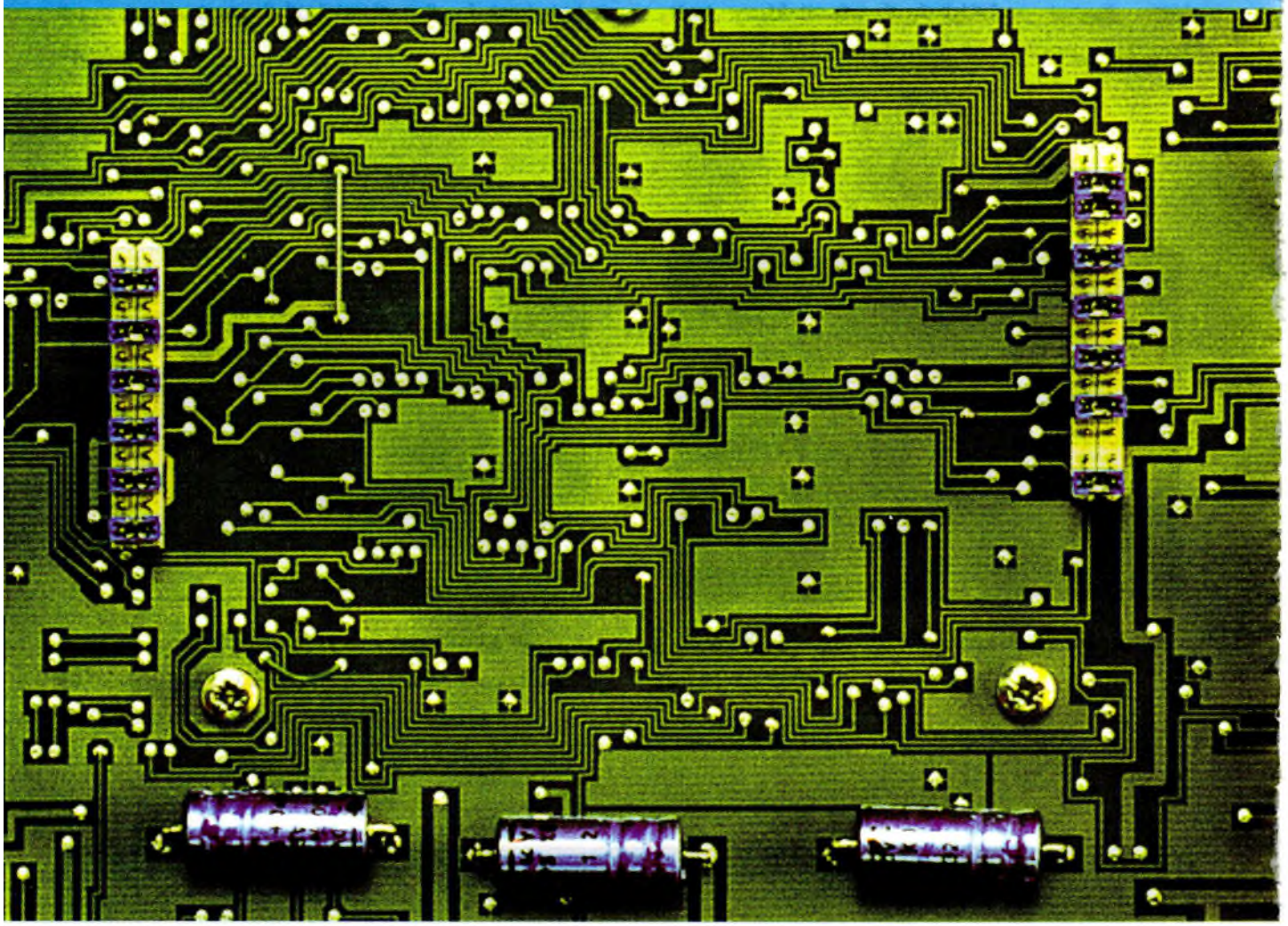
دراسة ظواهر كهربائية

في دارة الكمبيوتر يوجد عدة مقاومات، عدة مكثفات، عدة وشائع وعناصر كهربائية أخرى.
كيف تتصرف كل من المكثفة والوشيعة في الدارة ؟

تتعلمون في هذه الوحدة

ثنائي القطب RC
- خصائص مكثفة
- شحن وتفريغ مكثفة
- الطاقة المخزنة في مكثفة

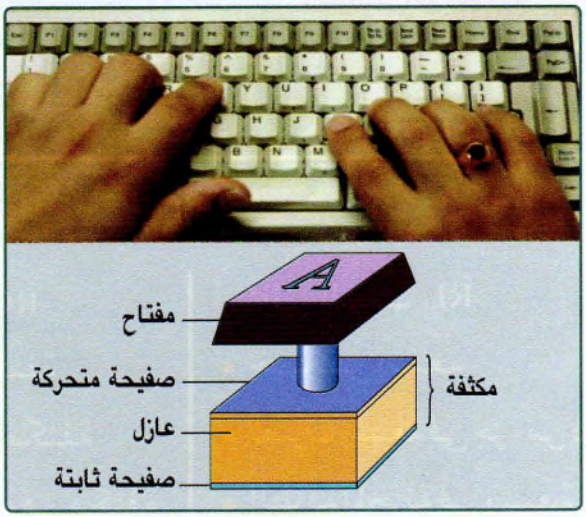
ثنائي القطب RL
- خصائص وشيعة
- تصرف وشيعة في جزء من دارة.
- الطاقة المخزنة في وشيعة



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاطات تمهيدية

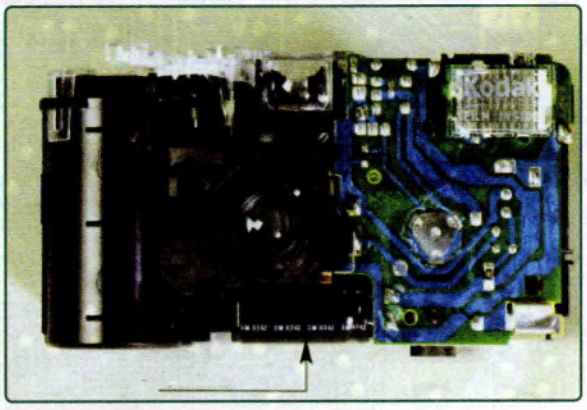
نشاط 1 : خصائص مكثفة



وثيقة 1 : تحت كل مفتاح من لوحة المفاتيح في الكمبيوتر توجد مكثفة مستوية ،فعند الضغط على إحداها ،يتقلص الفراغ الموجود بين صفيحتي المكثفة فتتناقص السعة، فتتولد إشارة كهربائية.



وثيقة 2 : لإزالة تشنج عضلة القلب لابد من تزويدها بطاقة محددة (أقل منها لا تفيد المريض، وأكثرمنها تقتل المريض)، وأفضل وسيلة للتحكم بكمية الطاقة هو استعمال مكثفة، لذلك يستعمل الأطباء جهاز مزيل التشنج العضلي الذي يعمل كمكثفة.



وثيقة 3 : في كل آلة تصوير يوجد فلاش لإلتقاط الصور في الظلام حيث يتطلب ذلك إضاءة شديدة يمكن تأمينها بواسطة مكثفة مشحونة بداية، ثم تفرغ عند التقاط الصورة.



وثيقة 4 : البرق ظاهرة كهربائية طبيعية تحدث نتيجة تفريغ كهربائي في الهواء ما بين الأرض وغيمة.

• ما هي المكثفة ؟ وما هي الخصائص التي تتميز بها ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

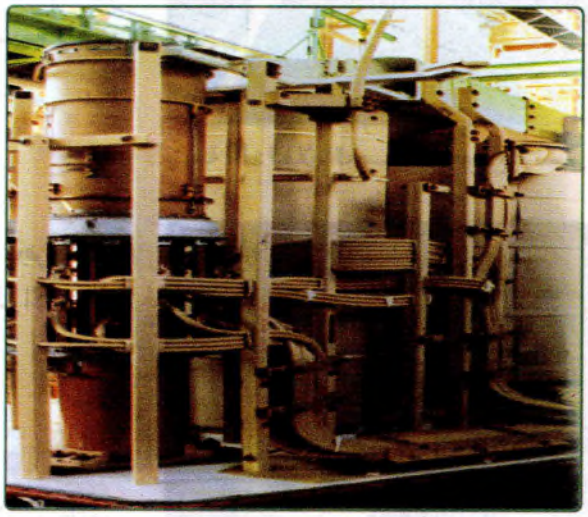
نشاط 2 : الوشيعة وظاهرة التحريض الكهرومغناطيسي.



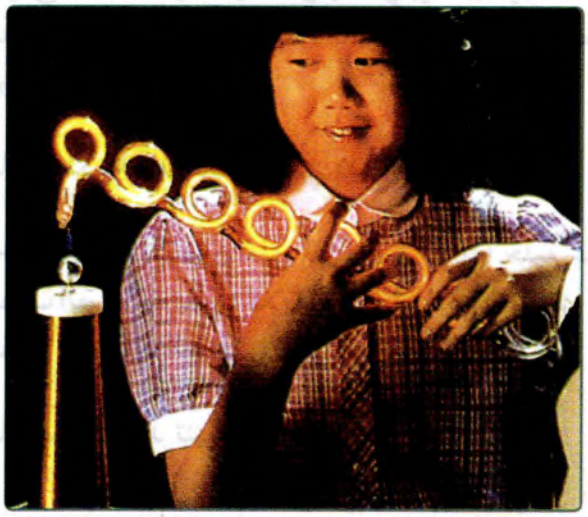
وثيقة 5 : تعمل القطارات في اليابان بفضل فوق التوتر الذى ينشأ في الوشيعة عندما يجتازها تيار متغير، والذي يجعل القطار يسير بقوة رفع ذاتية. تشبه حركة هذا القطار حركة جسم فوق طاولة النضد (البساط) الهوائي.



وثيقة 6 : ظاهرة التحريض الكهرومغناطيسي داخل مولدات مركبة على سد هوفر هي التي تسمح بإضاءة شوارع لاس فيغاس في الولايات المتحدة الامريكية.



وثيقة 7 : يظهر في الصورة محول ذو استطاعة عالية مخصص لربط فرنسا بانجليترا، يستعمل المحول ظاهرة التحريض الكهرومغناطيسي.



وثيقة 8 : إن الاختلاف في التوتر المهتز يحرض في وشيعة تسلا ما يكفي لجعل الغاز داخل الأنبوب يتوهج بنفسه، بالرغم من عدم وجود تماس بينهما.

• ما هي الوشيعة ؟ وكيف تتصرف في الدارات الكهربائية ؟

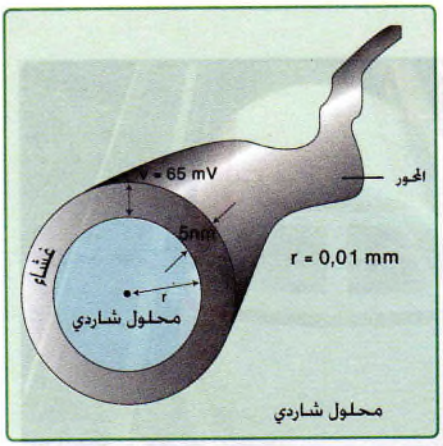
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاطات تمهيدية

نشاط 3 : المكثفة والجملة العصبية للإنسان

متى يجتاز العصب تيار كهربائي ؟

عندما يكون الجهاز العصبي للإنسان في وضع الراحة، يكون فرق التوتر (كمون الراحة) بين السطح الداخلي للعصب الحي وسطحه الخارجي ($\simeq -65$ mV)، والذي يبلغ سمكه 5 nm (وثيقة 9).



وثيقة 9 : تركيب العصب.

لا يوجد تيار يمر عبر الغشاء إلا عندما تنفتح قنوات بروتينية نوعية تسمح لشوارد (Na^+, K^+) بالعبور من خلالها، وهذا لا يحدث إلا إذا مر تنبيه عصبي فعال على مستوى العصب (كمون العمل).

مابين فترتي كمون الراحة وكمون العمل تكون الشوارد الموجبة الشوارد على السطح الخارجي للعصب، والشوارد السالبة على سطحه الداخلي، وهما مختلفان بالتركيز المولي مما يسمح بنشوء فرق في التوتر (كمون الراحة).

هل يمكن إجراء مقاربة بين العصب الحي والمكثفة ؟

نعم هذه المقاربة صحيحة، لأن السطح الخارجي والداخلي للعصب يمثلان لبوسي المكثفة، وغشاؤه الذي يفصل بين طبقتين مشحونتين يلعب دور العازل،تبلغ نفوذيتة النسبية 0,8. إذا العصب في الجملة العصبية يلعب دور مكثفة .



وثيقة 10 : الخلايا العصبية في دماغ الانسان.

ماهو عدد الخلايا العصبية في دماغ الإنسان ؟

يحتوي دماغ الإنسان على 10 بليون (10^{10}) خلية عصبية، يجري كل عصب اتصالا مع بقية الخلايا العصبية (لونها أصفر)، يدعى هذا الاتصال بنقطة الاشتباك العصبي، (الوثيقة 10).



وثيقة 11 : الجملة العصبية والعضلية في حالة عمل.

ماذا يحدث عند تنبيه العصب ؟

عندما يكون العصب في وضع الراحة (استقطاب)، تكون لديه طاقة مخزنة، عند التنبيه الفعال تتحول هذه الطاقة إلى أوامر (سيالة عصبية) تحملها الأعصاب إلى العضلات بتوجيه من الدماغ فتحركها، (وثيقة 11).

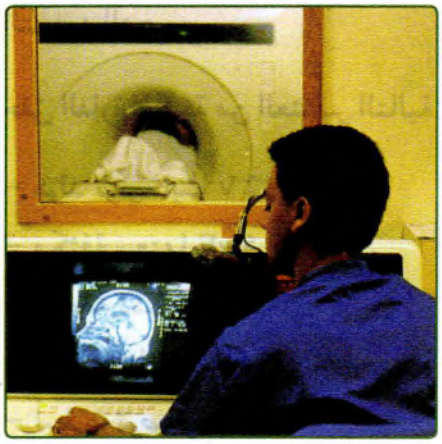
• ما هي آلية شحن وتفريغ المكثفة ؟ وماهي الطاقة التي تختزنها ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاط 4 : الطب المغناطيسي

هل جسم الإنسان مغناطيس ؟

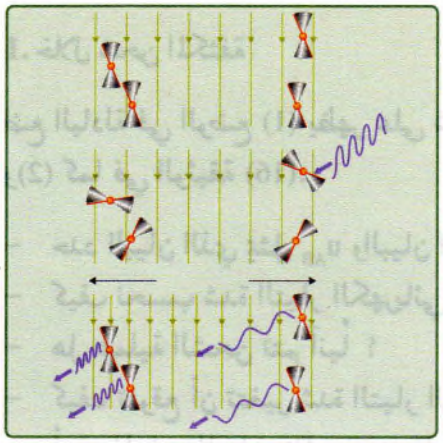
لا، جسم الإنسان ليس مغناطيس، لكنه يحتوي على عدد كبير جدا من ذرات الهيدروجين، تصطف هذه الذرات عندما تقع تحت تأثير حقل مغناطيسي قوي، في معظم المستشفيات يوجد أجهزة تستعمل الحقول المغناطيسية في تشخيص بعض الأمراض، ففي جهاز (IRM) توجد وشيعة عالية التوصيل بإمكانها توليد حقل مغناطيسي قوي كفاية بحيث يلتف حول جسم الانسان (وثيقة 12).



وثيقة 12 : جهاز IRM.

كيف يعمل الحقل المغناطيسي ؟

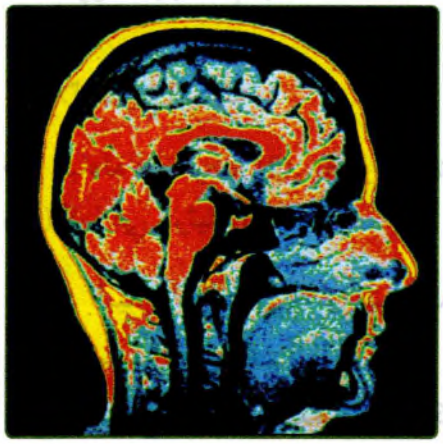
إن بعض النقاط في جسم المريض تسمح للحقل المغناطيسي بالوصول إليها بكثافة، مما يسمح لذرات الهيدروجين في تلك النقاط بإرسال إشارات مختلفة إلى راسم الاهتزازات. يتعلق نوع الإشارات الصادرة بمكان وجود هذه الذرات وطبيعة الحقل المغناطيسي (منتظم أو غير منتظم) الذي تخضع إليه (وثيقة 13).



وثيقة 13 : ذرات هيدروجين في حقل مغناطيسي قوي.

إن الإشارات التي تصدرها ذرات الهيدروجين الموجودة في أعلى الرأس تختلف عن الإشارات التي تصدرها ذرات الهيدروجين الموجودة في العنق.

باستطاعة جهاز الاستقبال (IRM) أن يميز بين الإشارات المختلفة القادمة من مختلف أماكن الجسم، ليس هذا فقط، بل باستطاعته تفحص كثافتها في هذه الإشارات، لذا يتمكن الجهاز من مقارنة كثافة ذرات الهيدروجين في أماكن مختلفة.



وثيقة 14 : صورة دماغ بالرنين المغناطيسي.

يستطيع جهاز (IRM) أن يكشف عن مواقع العمليات الجراحية والخطأ فيها. يستطيع جهاز (IRM) أن يميز بين الدم المؤكسد والدم غير المؤكسد في دماغ الإنسان، كما يستطيع أن يحدد موقع نشاط المخ المرتبط بنشاطات فيزيائية بسيطة.

• كيف تتصرف الوشيعة في دارة كهربائية ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

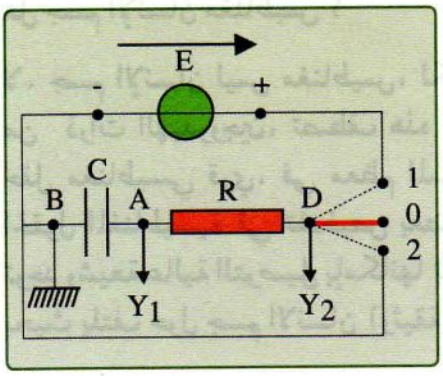
نشاطات تمهيدية

نشاط 5 : تطور التوتر الكهربائي بين طرفي مكثفة

التجهيز التجريبي

حقق الدارة المكونة من العناصر التالية (وثيقة 15):

- مولد توتر ثابت $E = 12\ V$.
- مكثفة سعتها $C = 15,5\ \mu F$.
- مقاومة $R = 10\ K\Omega$.
- راسم اهتزازات بذاكرة.
- أسلاك توصيل .
- بادلة.

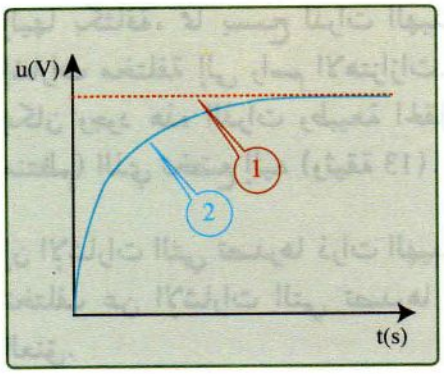


وثيقة 15 : دارة شحن وتفريغ مكثفة

1. خلال شحن المكثفة

ضع البادلة في الوضع (1) يظهر على شاشة راسم الاهتزازات بيانين (1) و(2) كما في الوثيقة (16).

- حدد البيان الذي يمثل u_{AB} والبيان الذي يمثل u_{DB} .
- كيف نحسب شدة التيار الكهربائي المار بالدارة في كل لحظة ؟
- هل عملية الشحن تتم آنياً ؟
- كيف تتوقع أن تتغير شدة التيار الكهربائي خلال الشحن؟
- أرسم المماس للبيان $i = f(t)$ عند المبدأ ،واستنتج فاصلة نقطة تقاطعه مع محور الأزمنة.
- قارن النتيجة مع الجداء RC. ماذا تلاحظ ؟

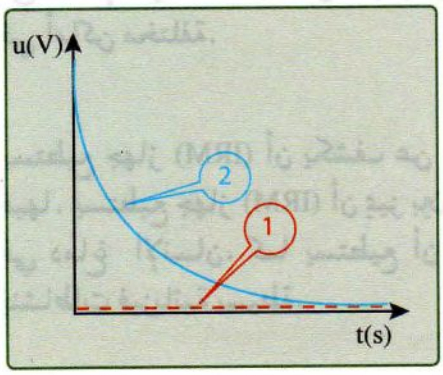


وثيقة 16 : بيان تطور التوتر خلال الشحن.

2. خلال تفريغ المكثفة

ضع البادلة في الوضع (2). يظهر على شاشة راسم الاهتزازات بيانين (1) و(2) كما في الوثيقة (17) .

- حدد البيان الذي يمثل u_{AB} و البيان الذي يمثل u_{DB} .
- هل عملية التفريغ تتم آنياً ؟
- كيف تتوقع أن تتغير شدة التيار الكهربائي خلال التفريغ؟



وثيقة 17 : بيان تطور التوتر خلال التفريغ.

• كيف يتطور التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة خلال الشحن والتفريغ ؟

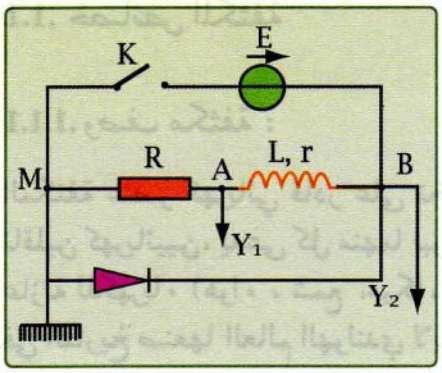
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاط 6 : تطور شدة التيار الكهربائي بين طرفي وشيعة تحريضية

التجهيز التجريبي

حقق الدارة المكونة من العناصر التالية (وثيقة 18) :

- مولد توتر ثابت E = 6 V.
- وشيعة (L = 1H, r = 10Ω) .
- مقاومة R = 470Ω .
- صمام عادي (يسمح بمرور التيار في جهة ولا يسمح له بالمرور بالاتجاه المعاكس).
- راسم اهتزازات ذو ذاكرة.
- قاطعة.

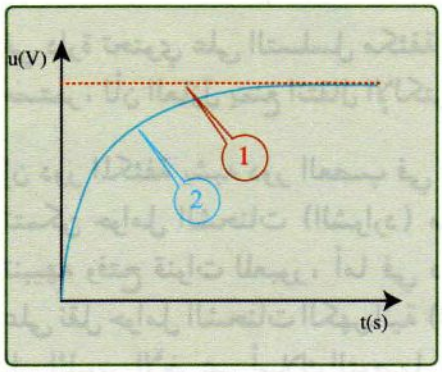


وثيقة 18 : مخطط الدارة.

1. تطور شدة التيار نحو قيمة ثابتة غير معدومة

أغلق القاطعة فيظهر على شاشة راسم الاهتزازات بيانين 1. 2 (وثيقة 19).

- حدّد البيان الذي يمثل u_{AM} والبيان الذي يمثل u_{BM}.
- كيف يتغير التوتر الكهربائي u_{AM} ؟
- أي البيانين يمكننا من متابعة تغير شدة التيار الكهربائي ؟
- كيف تتغير شدة التيار الكهربائي في الدارة ؟
- ما هي القيمة العظمى لشدة التيار الكهربائي ؟

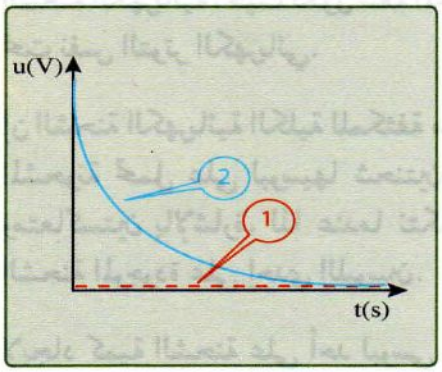


وثيقة 19 : تطور التوتر بعد غلق القاطعة.

2. تطور شدة التيار نحو قيمة ثابتة معدومة

إفتح القاطعة فيظهر على شاشة راسم الاهتزازات بيانين جديدين (1)، (2) (وثيقة 20).

- ماذا يمثل كل بيان ؟
- كيف تتغير شدة التيار الكهربائيفي الدارة ؟
- أرسم المماس للبيان u = f(t) عند المبدإ، واستنتج فاصلة نقطة تقاطعه مع محور الأزمنة.
- قارن النتيجة التي تحصلت عليها مع المقدار $\frac{L}{R+r}$.



وثيقة 20 : تطور التوتر بعد فتح القاطعة.

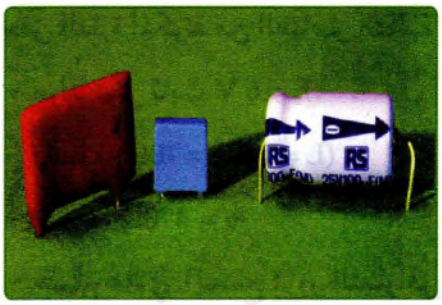
• كيف تتطور شدة التيار الكهربائي بين طرفي وشيعة تحريضية ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. المكثفات وثنائي القطب RC

1.1. خصائص المكثفة

1.1.1. وصف مكثفة :

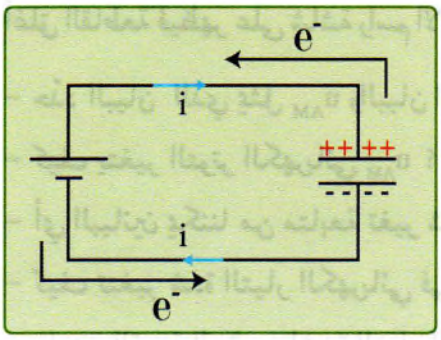


وثيقة 21 : بعض المكثفات.

المكثفة عنصر كهربائي قادر على تخزين شحنة كهربائية،تتكون من ناقلين كهربائيين، يدعى كل منهما لبوس المكثفة، يفصل بينهما مادة عازلة للكهرباء (هواء ، شمع ،ميكا،...). إن أول مكثفة اصطناعية في التاريخ صنعها العالم الهولندي لايد في عام 1745م وسميت باسمه (زجاجة لايد).

الرمز الإصطلاحي للمكثفة —||—

في دارة تحتوي على التسلسل مكثفة (وثيقة 22) لا يمر تيار كهربائي مستمر، لأن العازل يمنع انتقال الإلكترونات من لبوس إلى آخر.



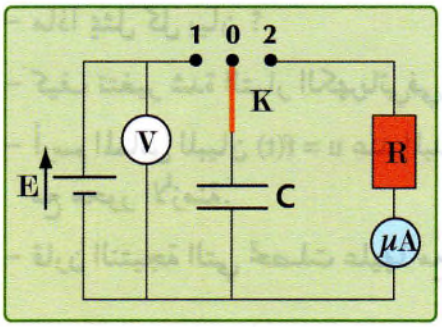
وثيقة 22 : التيار في دارة مكثفة.

إن دور المكثفة يشبه دور العصب في النشاط التمهيدي (3) ،حيث لا تتمكن حوامل الشحنات (الشوارد) من عبور غشاء العصب إلا بعد تنبيهه وفتح قنوات للعبور، أما في دارة المكثفة، فإن البطارية تعمل على نقل حوامل الشحنات الكهربائية (الإلكترونات) من إحدى اللبوسين إلى اللبوس الآخر عبر أسلاك التوصيل دون أن تمر عبر العازل الذي يشبه دوره دور الغشاء المحيط بالعصب.

لكل مكثفة خاصية تدعى السعة، وهي إمكانية المكثفة على تخزين الشحنة الكهربائية، حيث تكون سعة المكثفة أكبر كلما خزنت شحنة أكثر تحت نفس التوتر الكهربائي.

إن الشحنة الكهربائية الكلية للمكثفة معدومة في كل لحظة، لأن المكثفة المشحونة تحمل على لبوسيها شحنتين كهربائيتين متساويتين بالقيمة ومتعاكستين بالإشارة، لذا عندما نتكلم عن شحنة المكثفة هذا يعني الشحنة الموجودة على إحدى اللبوسين.

لإيجاد كمية الشحنة على أحد لبوسي المكثفة نحقق دارة كهربائية كما في (الوثيقة 23).



وثيقة 23 : دارة لإيجاد كمية الشحنة لمكثفة.

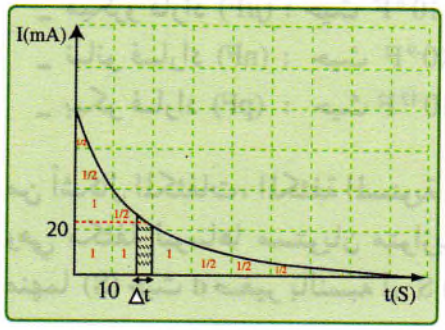
نشحن المكثفة بوضع البادلة في الوضع (1) ثم نفرغها بنقل البادلة إلى الوضع (2) ونقرأ كل 5 ثواني شدة التيار بواسطة مقياس الأمبير، ثم نرسم البيان i = f(t) (وثيقة 24).

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمثل مساحة الشريط المشطب في البيان كمية الشحنة Δq الموجودة على إحدى اللبوسين خلال الفترة الزمنية القصيرة Δt .

$$\Delta q = I\,\Delta t$$

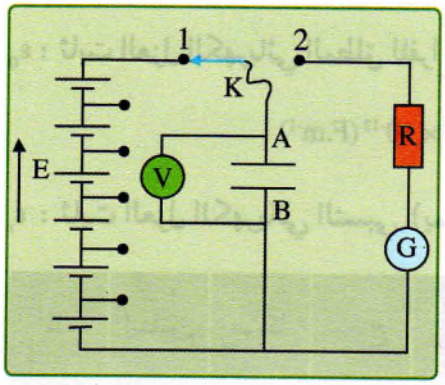
أما كمية الشحنة خلال فترة الشحن فتمثل مساحة الشكل المحصور تحت البيان $I = f(t)$. لحساب هذه المساحة نعد المربعات ونضرب الناتج بمساحة المربع الواحد، لدينا 4 مربعات كاملة و6 أنصاف مربعات، بالتالي المجموع هو 7 مربعات تقريباً، مساحة المربع الواحد 200 mC فإن كمية الشحنة هي 1 400 mC.



وثيقة 24 : بيان $i = f(t)$

لتحديد سعة المكثفة نحقق دارة كهربائية (وثيقة 25) .

نشحن المكثفة بوضع البادلة k في الوضع (1) ثم نفرغها بنقل البادلة إلى الوضع (2)، بواسطة مقياس غلفاني انحرافه يتعلق بكمية الكهرباء التي تمر فيه، يمكن معرفة شحنة المكثفة Q، وبواسطة مقياس الفولط يمكن قياس التوتر U_{AB} بين طرفي المكثفة. بتكرار التجربة عدة مرات، وتغيير U_{AB} في كل مرة نحصل على نتائج إحدى التجارب المسجلة في الجدول التالي :



وثيقة 25 : تركيب الدارة المستعملة لقياس سعة المكثفة

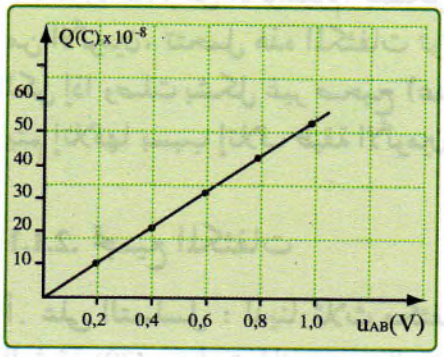
U_{AB} (V)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$Q(10^{-8}\,C)$	0	10,4	20,8	31,2	41,6	52,0

نرسم تغيرات $Q = f(U_{AB})$ فنحصل على البيان المبين في (وثيقة 26) .

العبارة البيانية : $Q = aU_{AB}$ حيث a معامل توجيه المستقيم.

نستنتج أن الشحنة Q تتناسب طردًا مع التوتر U_{AB} بين اللبوسين. نسمي النسبة بين الشحنة Q والتوتر U_{AB} بسعة المكثفة رمزها C وتعطى بالعلاقة التالية :

$$C = \frac{Q}{U_{AB}}$$



وثيقة 26 : بيان $Q = f(u_{AB})$

وحدة السعة في النظام العالمي للوحدات (SI) هي الفاراد (F)، وحدة الشحنة Q : الكولون (C) ، وحدة التوتر U_{AB}: الفولط (V) إن قيمة سعة المكثفة المستعملة في التجربة هي قيمة معامل توجيه المستقيم التي تساوي $0,5 \times 10^{-6}\,F$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

أجزاء الفاراد هي:

- ميكرو فاراد (μF) : حيث $1\mu F = 10^{-6} F$
- نانو فاراد (nF) : حيث $1nF = 10^{-9} F$
- بيكو فاراد (pF) : حيث $1pF = 10^{-12} F$

من أشكال المكثفات، المكثفة المستوية :
وهي مكثفة لبوساها مستويان متوازيان البعد بينهما (d) وسطح كل منهما (S) حيث d صغير بالنسبة ل S (وثيقة 28). عبارة سعتها هي :

$$C = \varepsilon \frac{S}{d}$$

السعة C(F)	الاستعمال
10^{-5}	تشغيل محرك
10^{-5}	وماض كهربائي (فلاش)
10^{-10}	خيط التلفاز بطول 1m
10^{-10}	زجاجة لايد

وثيقة 27 : سعة بعض المكثفات.

ε : ثابت العزل الكهربائي :

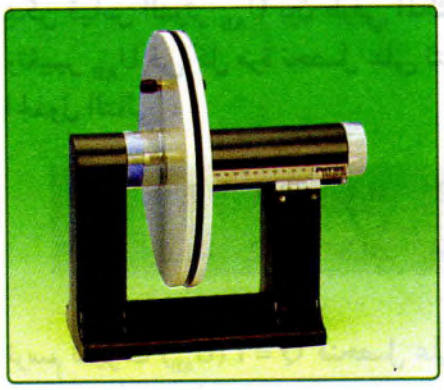
$$\varepsilon = \varepsilon_0 \times \varepsilon_r$$

ε_0 : ثابت العزل الكهربائي المطلق للفراغ حيث :

$$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} (F.m^{-1})$$

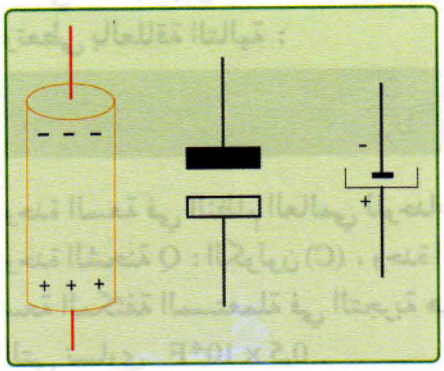
ε_r : ثابت العزل الكهربائي النسبي (يميز العازل).

	الماء	إيتانول	ميكا	زجاج	ورق مبرفن	برافين	هواء
ε_r	80	24	7	4...6	4,5	2,2	1



وثيقة 28 : مكثفة مستوية.

يوجد نوع آخر من المكثفات يدعى المكثفات الإلكتروكيميائية (المكثفات المستقطبة)، وهي مكثفات تستعمل مع التيار المستمر، نحصل عليها بعملية التحليل الكهربائي لملح كلور الأمونيوم باستعمال مساري (الكترودات)، من الألومنيوم، يتشكل على المصعد طبقة رقيقة عازلة من الألومين، تتحمل هذه المكثفات توترات عالية، سعاتها كبيرة جدا، لكن إذا وصلت بشكل غير صحيح (عدم مراعاة توصيل قطبيها بالمولد) يتم إتلافها بسبب إتلاف طبقة الألومين.



وثيقة 29 : رمز مكثفة مستقطبة

2.1.1. تجميع المكثفات

أ. على التسلسل : لدينا ثلاث مكثفات موصولة على التسلسل في الوثيقة (30)، بتطبيق قانون جمع التوترات نكتب :

$$U_{AB} = U_1 + U_2 + U_3$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

$$\frac{Q}{C}=\frac{Q_1}{C_1}+\frac{Q_2}{C_2}+\frac{Q_3}{C_3} \quad \text{لكن} \quad Q_1=Q_2=Q_3=Q$$

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}$$

يمكن تعميم ذلك على عدة مكثفات مهما كان عددها.

- نتيجة : جمع المكثفات على التسلسل :

- يجعل السعة المكافئة ضعيفة.
- يسمح باستخدام توتر أعلى من التوتر الذي تتحمله كل مكثفة على حدة.

ب. على التفرع : لدينا ثلاث مكثفات موصولة على التفرع، كما هو في (وثيقة 31).

إن شحنة المكثفة المكافئة = مجموع شحنات المكثفات

$$Q=Q_1+Q_2+Q_3$$

$$U_{AB}C=U_{AB}C_1+U_{AB}C_2+U_{AB}C_3$$

$$C=C_1+C_2+C_3$$

يمكن تعميم ذلك على عدة مكثفات مهما كان عددها.

- نتيجة : جمع المكثفات على الفرع :

- يجعل السعة المكافئة كبيرة.
- يسمح باستخدام توتر ضعيف للحصول على شحنة كبيرة لا توفرها كل مكثفة على حدة.

3.1.1. العلاقة بين شدة التيار الكهربائي والشحنة :

ترتبط شدة التيار الكهربائي الذي يجتاز مكثفة، والشحنة الموجودة على أحد لبوسيها بالعلاقة التالية :

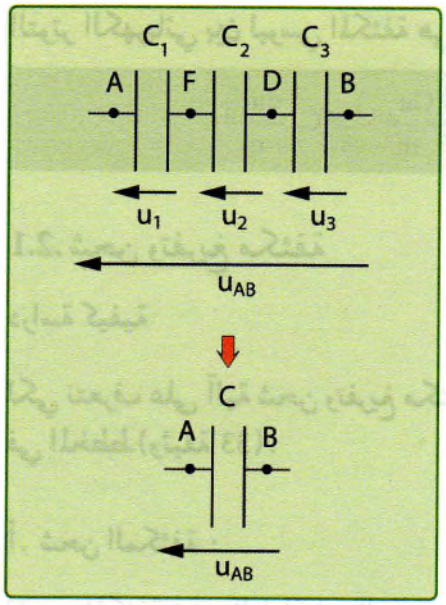
$$i=\frac{dq_A}{dt}$$

إذا كان $i>0$ فإن $\frac{dq_A}{dt}>0$ لذا تتزايد q_A

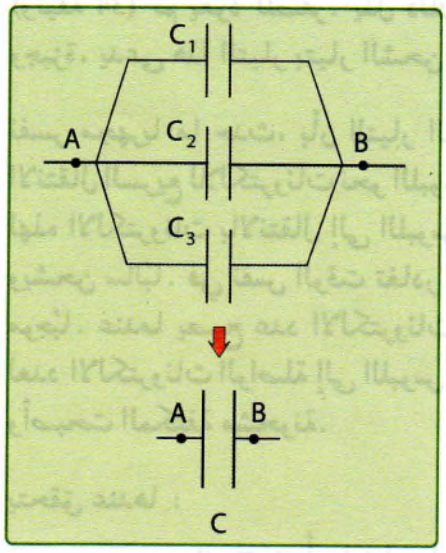
إذا كان $i<0$ فإن $\frac{dq_A}{dt}<0$ لذا تتناقص q_A

ملاحظة : يمكن التعبير عن شدة التيار الكهربائي خلال شحن المكثفة بتيار شدته (I) ثابتة بالعلاقة التالية :

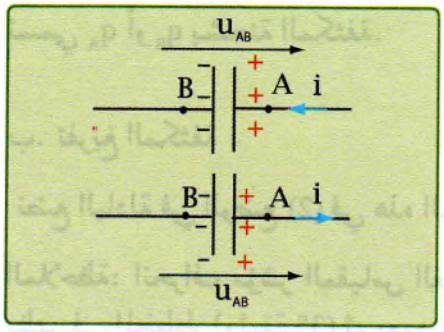
$$Q=I.t \quad \text{أو} \quad I=\frac{Q}{t}$$



وثيقة 30 : جمع المكثفات على التسلسل.



وثيقة 31 : جمع المكثفات على التفرع.



وثيقة 32 : العلاقة بين شدة التيار والشحنة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

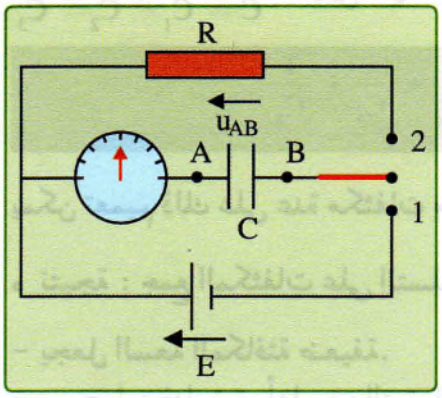
إن العلاقة بين (i) شدة التيار الكهربائي، و(C) سعة المكثفة، و(u_{AB}) التوتر الكهربائي بين لبوسي المكثفة هي :

$$i(t) = \frac{dq_A}{dt} = \frac{d(Cu_{AB})}{dt} = C\frac{du_{AB}}{dt}$$

2.1. شحن وتفريغ مكثفة

دراسة كيفية

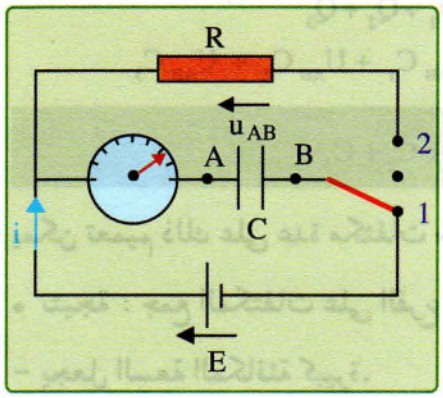
لكي نتعرف على آلية شحن وتفريغ مكثفة نحقق الدارة الكهربائية المبينة في المخطط (وثيقة 33).



وثيقة 33 : دارة شحن وتفريغ مكثفة

أ. شحن المكثفة :

لشحن المكثفة نضع البادلة في الوضع (1) أي المكثفة في دارة المولد. نلاحظ انحراف مؤشر المقياس الغلفاني بسرعة في الاتجاه المبين في (وثيقة 34) ثم يعود للصفر. يدل ذلك على مرور تيار كهربائي لفترة وجيزة، يدعى هذا التيار بتيار الشحن.



وثيقة 34 : البادلة في وضع شحن المكثفة

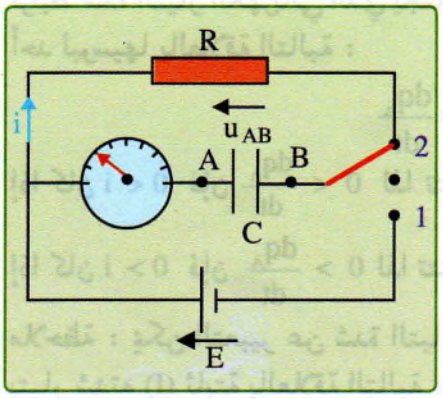
نفسر مجهريا ما حدث، بأن التيار الكهربائي المار بالدارة ناتج عن الانتقال السريع للالكترونات نحو اللبوس B، لكن وجود العازل لا يسمح لهذه الالكترونات بالانتقال إلى اللبوس A، لذا تتراكم عند اللبوس B ويشحن سالبًا. في نفس الوقت تغادر الالكترونات اللبوس A ويشحن موجبًا. عندما يصبح عدد الالكترونات التي تغادر اللبوس A مساويًا لعدد الالكترونات الواصلة إلى اللبوس B نقول إن عملية الشحن انتهت وأصبحت المكثفة مشحونة.

يتحقق عندها :

$$q_A = -q_B \quad \text{أو} \quad |q_B| = |q_A| \quad \text{حيث} \quad q_A = n|e^-|$$

n : عدد الالكترونات التي تغادر اللبوس A أو تصل إلى اللبوس B .

نسمي q_A أو q_B بشحنة المكثفة.



وثيقة 35 : البادلة في وضع لتفريغ المكثفة

ب. تفريغ المكثفة :

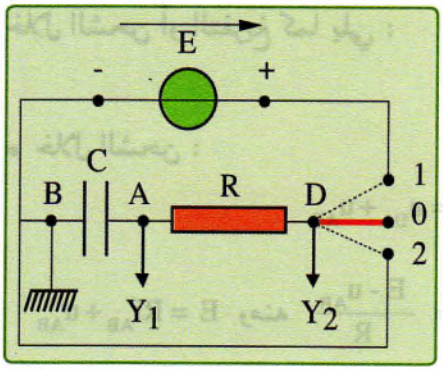
نضع البادلة في الوضع (2) في هذه الحالة يكون المولد خارج الدارة .

الملاحظة: انحراف مؤشر المقياس الغلفاني عكس الاتجاه الأول كما يظهر في المخطط (وثيقة 35) ثم يعود للصفر. يدل ذلك على مرور تيار كهربائي لفترة وجيزة يدعى بتيار التفريغ.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نفسر مجهريا ما حدث بأن الالكترونات تنتقل عبر المقاومة من اللبوس B إلى اللبوس A حتى يصبح اللبوسان معتدلين كهربائيا" وعندها يعود مؤشر المقياس الغلفاني إلى التدريجة صفر، فنقول إن المكثفة فرغت.

- نتيجة : تخزن المكثفة أثناء شحنها كمية من الكهرباء وتعيدها أثناء التفريغ.



وثيقة 36 : دارة شحن وتفريغ مكثفة

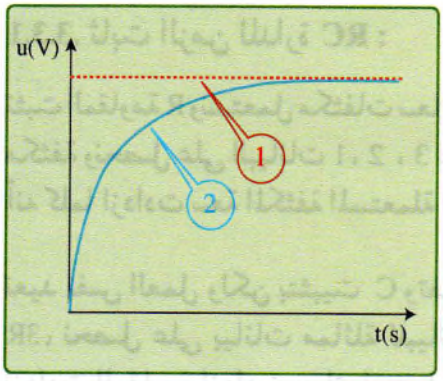
3.1. تطور التوتر الكهربائي بين طرفي مكثفة

1.3.1. خلال الشحن :

نستغل النشاط التمهيدي رقم (5)

عند وضع البادلة في الوضع (1) يظهر على شاشة راسم الاهتزازات البيانين التاليين (وثيقة 37) حيث :

يمثل البيان رقم (1) التوتر u_{DB} بين طرفي المولد وهو ثابت ويساوي E.
يمثل البيان رقم (2) التوتر u_{AB} بين طرفي المكثفة حيث يتطور هذا التوتر تدريجياً خلال عملية الشحن (نظام انتقالي) حتى يصل إلى قيمة ثابتة غير معدومة عند نهاية عملية الشحن (نظام دائم).



وثيقة 37 : بيان u = f(t) خلال الشحن.

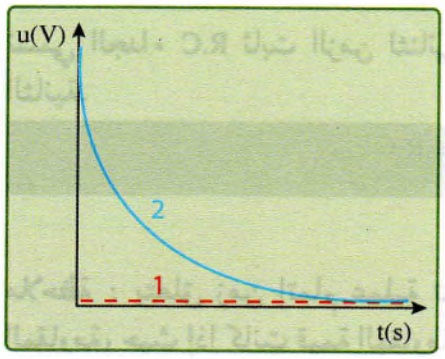
إن عملية شحن المكثفة لا تتم آنيا، يمكن أن نبين ذلك كما يلي :
لدينا $q_A = C \cdot u_{AB}$ ، و C مقدار ثابت.
بما أن u_{AB} يتطور تدريجياً، إذا q_A يتطور تدريجياً.

2.3.1. خلال التفريغ :

عندما ننقل البادلة إلى الوضع (2) يظهر على شاشة راسم الاهتزازات البيانين التاليين (وثيقة 38).

يمثل البيان رقم (1) التوتر u_{DB} بين طرفي المولد وهو منعدم لأن المولد خارج الدارة.

بينما يمثل البيان رقم (2) التوتر u_{AB} بين طرفي المكثفة حيث يتناقص هذا التوتر تدريجياً خلال عملية التفريغ (نظام انتقالي) حتى يصل إلى قيمة ثابتة معدومة عند نهاية عملية التفريغ (نظام دائم).

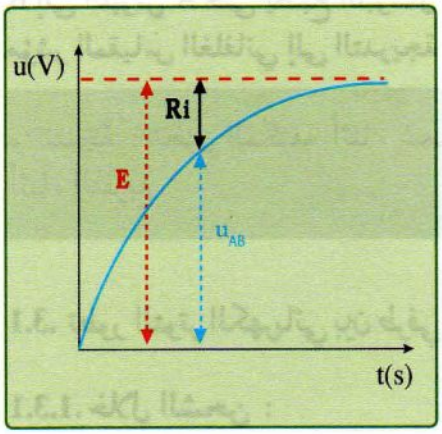


وثيقة 38 : تطور التوتر بين طرفي المكثفة خلال تفريغها.

عملية التفريغ لا تتم آنياً لنفس السبب السابق.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ملاحظة : يمكن حساب شدة التيار الكهربائي المار بالدارة في كل لحظة خلال الشحن أو التفريغ كما يلي :



وثيقة 39 : بيانات u = f(t)

- خلال الشحن :

$$u_{DB} = u_{DA} + u_{AB}$$

$$i_{AB} = \frac{E - u_{AB}}{R} \quad \text{ومنه} \quad E = Ri_{AB} + u_{AB}$$

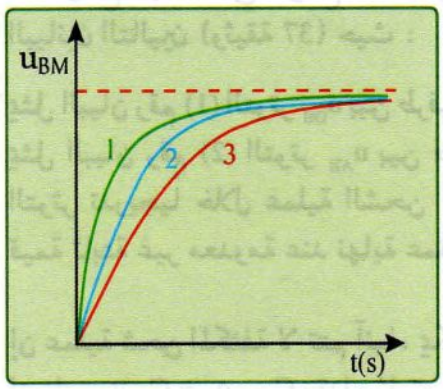
- خلال التفريغ :

$$u_{DB} = u_{DA} + u_{AB}$$

$$i_{AB} = \frac{-u_{AB}}{R} \quad \text{ومنه} \quad 0 = Ri_{AB} + u_{AB}$$

3.3.1. ثابت الزمن للدارة RC :

نثبت المقاومة R ونستعمل مكثفات سعاتها C، 2C، 3C. ونقوم بشحن كل مكثفة ونحصل على البيانات 1، 2 ، 3 على الترتيب (وثيقة 40). نلاحظ أنه كلما ازدادت سعة المكثفة المستعملة ازداد زمن إتمام عملية الشحن.



وثيقة 40 : بيانات تطور التوتر خلال شحن مكثفة من أجل سعات مختلفة

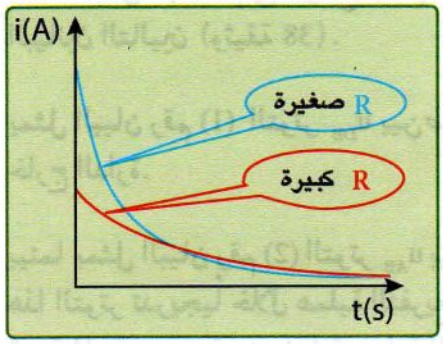
نعيد نفس العمل ولكن بتثبيت C وتغيير المقاومة فمن أجل R، 2R، 3R، نحصل على بيانات مماثلة للبيانات السابقة، نستنتج أنه كلما ازدادت المقاومة ازداد زمن إتمام عملية الشحن.

مما سبق نستنتج أن زمن إتمام عملية الشحن يزداد كلما ازداد الجداء R.C وهذا الجداء متجانس مع الزمن حيث:

$$[R].[C] = \frac{[u]}{[I]} \times \frac{[I]\,[T]}{[u]} = [T]$$

نسمي الجداء R.C ثابت الزمن لثنائي القطب (R,C) رمزه τ وحدته الثانية.

$$\tau = R.C$$



وثيقة 41 : التفريغ السريع والبطيء للمكثفة

ملاحظة : يتعلق زمن إتمام عملية تفريغ مكثفة في مقاومة بقيمة المقاومة، حيث إذا كانت قيمة المقاومة كبيرة كان التفريغ بطيئاً، وإذا كانت قيمة المقاومة صغيرة كان التفريغ سريعاً (وثيقة 41).

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

4.3.1. الدراسة النظرية :

أ. حالة شحن المكثفة :

في الدارة الكهربائية المبينة في المخطط (وثيقة 42) وبتطبيق قانون جمع التوترات، نكتب :

$$u_{DB} = u_{DA} + u_{AB}$$

$$E = Ri(t) + u(t) \quad (\text{نأخذ } u_{AB} = u(t))$$

لكن $$i(t) = \frac{dq}{dt} = C\frac{du(t)}{dt}$$

$$E = RC\frac{du(t)}{dt} + u(t)$$

نقسم طرفي المعادلة على RC فنجد :

$$\frac{du(t)}{dt} + \frac{1}{RC}u(t) - \frac{E}{RC} = 0$$

وهي معادلة تفاضلية من الرتبة الأولى، تقبل حلا من الشكل :

$$u(t) = E(1 - e^{-t/\tau}) \quad \text{أو} \quad u(t) = E(1 - e^{-t/RC})$$

حالات خاصة :

من أجل $t = 0$ نجد $u(0) = 0$ ومنه $\frac{du(t)}{dt} = \frac{E}{RC}$

من أجل $t = \tau$ نجد $u(\tau) = 0.63\,E$

نعبر عن شدة التيار الكهربائي كما يلي :

نعلم أن

$$i(t) = \frac{dq_A}{dt} = \frac{dcu_{AB}}{dt} = C\frac{du_{AB}}{dt}$$

$$i(t) = C\frac{E}{RC}e^{-t/RC} = \frac{E}{R}e^{-t/\tau} \quad \text{نضع} \quad \frac{E}{R} = I_0$$

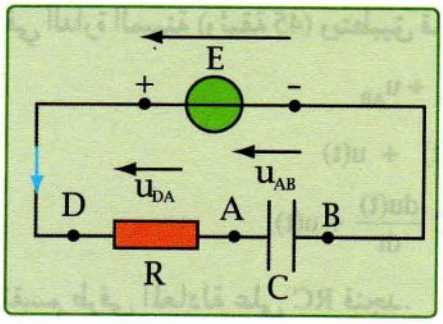
$$i(t) = I_0 e^{-t/\tau}$$

حالات خاصة :

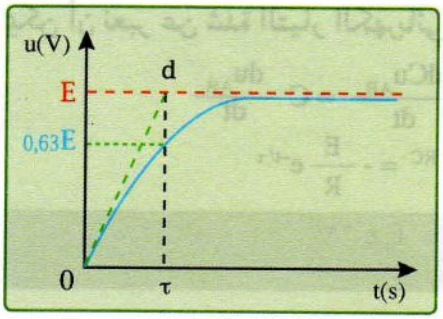
من أجل $t = 0$ نجد $i(0) = I_0$

من أجل $t = \tau$ نجد $i(\tau) = 0.37\,I_0$

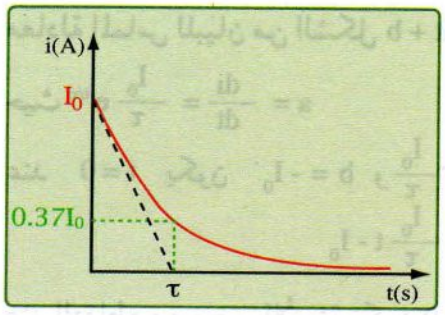
ملاحظة : يمكن تعيين ثابت الزمن بيانياً إما بطريقة (0,63 E أو 37% I_0) أو بواسطة المماس للبيان عند اللحظة $t = 0$.



وثيقة 42 : دارة شحن المكثفة.



وثيقة 43 : تعيين ثابت الزمن بيانيا.



وثيقة 44 : تطور شدة التيار خلال شحن المكثفة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ب. حالة تفريغ المكثفة :

في الدارة المبينة (وثيقة 45) وبتطبيق قانون جمع التوترات نكتب :

$$u_{DB} = u_{DA} + u_{AB}$$

$$0 = Ri(t) + u(t)$$

$$0 = RC\frac{du(t)}{dt} + u(t)$$

نقسم طرفي المعادلة على RC فنجد.

$$\frac{du(t)}{dt} + \frac{1}{RC}u(t) = 0$$

وهي معادلة تفاضلية من الرتبة الأولى بالنسبة ل u(t) تقبل حلاً من الشكل.

$$u(t) = E\,e^{-t/\tau} \quad \text{أو} \quad u(t) = E\,e^{-t/RC}$$

يمكن أن نعبر عن شدة التيار الكهربائي كما يلي :

$$i(t) = \frac{dq_A}{dt} = \frac{dCu_{AB}}{dt} = C\frac{du_{AB}}{dt}$$

$$i(t) = -C\frac{E}{RC}e^{-t/RC} = -\frac{E}{R}e^{-t/\tau}$$

$$i(t) = -I_0\,e^{-t/\tau}$$

حالات خاصة :

من أجل $t = 0$ نجد أن $i(0) = -I_0$

من أجل $t = \tau$ نجد أن $i(\tau) = -0.63\,I_0$

برهان رياضي : المماس للبيان عند المبدأ يقطع محور الأزمنة عند $t = \tau$

لدينا $i(t) = -I_0\,e^{-t/\tau}$.

معادلة المماس للبيان من الشكل $i(t) = at + b$

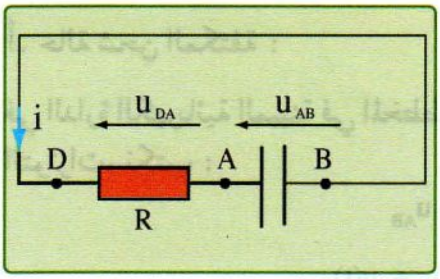
حيث $a = \frac{di}{dt} = \frac{I_0}{\tau}e^{-t/\tau}$

عند $t = 0$ يكون $b = -I_0$ و $a = \frac{I_0}{\tau}$

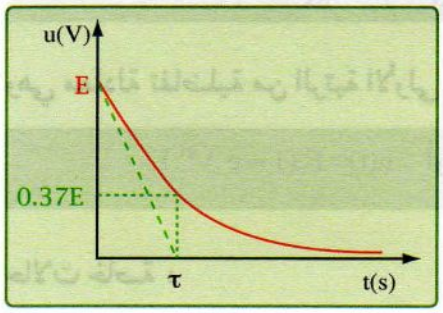
$$i(t) = \frac{I_0}{\tau}t - I_0$$

عند التقاطع مع محور الأزمنة يكون $i(t) = 0$

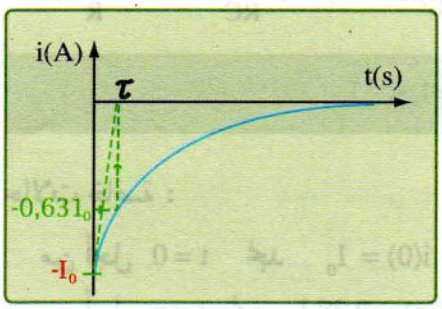
$$0 = \frac{I_0}{\tau}t - I_0 \quad \text{ومنه} \quad t = \tau$$



وثيقة 45 : دارة تفريغ مكثفة



وثيقة 46 : تطور التوتر بدلالة الزمن بين طرفي المكثفة خلال تفريغها.



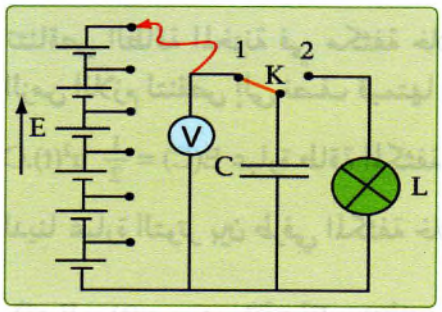
وثيقة 47 : تطور شدة التيار خلال تفريغ المكثفة

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

4.1. الطاقة المخزنة في مكثفة

1.4.1. العوامل المؤثرة على الطاقة المخزنة في مكثفة :

لتحديد العوامل المؤثرة على الطاقة المخزنة في مكثفة خلال شحنها، نحقق دارة كهربائية كما في (وثيقة 48).

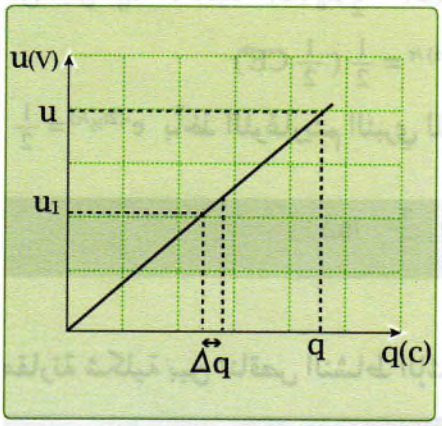


وثيقة 48 : مخطط الدارة.

لدراسة تأثير توتر الشحن على الطاقة المخزنة في المكثفة، نستعمل مكثفة سعتها 1 000 μF ، ثم نشحنها باستعمال مجموعة الأعمدة الست التي لكل منها قوة محركة كهربائية (1.5 V)، ونقرأ قيمة توتر الشحن على مقياس الفولط، ثم نفرغها في المصباح، ونتابع توهجه. نعيد التجربة عدة مرات بحذف عمود واحد في كل مرة .

تلاحظ زيادة توهج المصباح كلما ازداد توتر الشحن، نستنتج أن الطاقة التي تخزنها مكثفة خلال شحنها تزداد كلما ازداد توتر الشحن.

أما لدراسة تأثير السعة، فنثبت توتر الشحن وليكن (4.5V) ونستعمل مكثفات سعاتها متزايدة ولتكن (100 μF, 1 000 μF , 2 200 μF) ثم نكرر الخطوات السابقة ونراقب شدة توهج المصباح. فنلاحظ تزايد شدة توهجه كلما ازدادت سعة المكثفة، نستنتج أن الطاقة التي تخزنها مكثفة خلال شحنها تزداد كلما ازدادت سعة المكثفة.



وثيقة 49 : $u_c = f(q)$

نتيجة : تتعلق الطاقة المخزنة في مكثفة بسعتها وتوتر الشحن.

2.4.1. تعيين الطاقة المخزنة في مكثفة بيانياً :

لاحظنا عند شحن مكثفة أنه كلما ازدادت شحنتها ازداد التوتر الكهربائي بين طرفيها (وثيقة 49):

$$u(t) = \frac{q(t)}{C}$$

تذكر: التوتر بـ (V) هو الطاقة المنجزة بـ (J) لكل وحدة شحنة عنصرية بـ (C).

عندما تتغير شحنة المكثفة بمقدار Δq تخزن المكثفة طاقة عنصرية

$$\Delta E_{(C)} = u_1 \Delta q$$

وعند نهاية عملية الشحن تكون الطاقة المخزنة في المكثفة تساوي مجموع الطاقات العنصرية $E_{(C)} = \sum u_1 \Delta q$ ، تساوي قيمة هذه الطاقة مساحة المثلث المحصور تحت البيان المبين (وثيقة 49).

بعض استعمالات المكثفة :

- رفع التوتر اللحظي الذي تحتاجه الدارة الكهربائية.
- زيادة شدة التيار في مقطع معين من الدائرة.
- ترشيح التيارات غير المرغوب فيها في الدائرة وإزالة التشويش.

وثيقة 50 : بعض استعمالات المكثفة.

$E_{(C)} = \frac{1}{2} qu$ حيث : $u(v)$ ، $q(c)$ ، $E_{(C)}$ (J).

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

3.4.1. زمن تناقص طاقة المكثفة إلى النصف ($t_{½}$) :

تتناقص الطاقة المخزنة في مكثفة خلال تفريغها (وثيقة 51)، فما هو الزمن اللازم لتنقص إلى نصف قيمتها الابتدائية ؟

$E(C) = \frac{1}{2} u^2(t).C$ عبارة طاقة المكثفة في كل لحظة.

لدينا عبارة التوتر بين طرفي المكثفة خلال التفريغ هي :

$u(t) = E\, e^{-t/\tau}$ ومنه $u^2(t) = E^2\, e^{-2t/\tau}$

نعوض في عبارة الطاقة المخزنة في المكثفة خلال التفريغ فنجد :

$$E(C) = \frac{1}{2} CE^2\, e^{-2t/\tau}$$

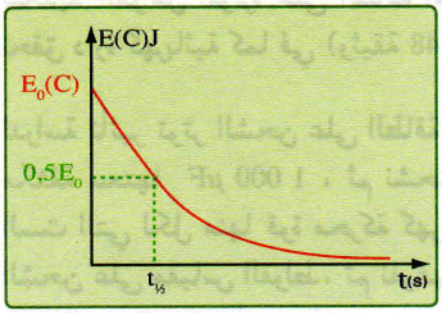
من أجل $t = 0$ نجد $E_0(C) = \frac{1}{2} CE^2$ ، حيث $E_0 = E_{max} = E$

من أجل $t = t_{½}$ لدينا $E(C) = \frac{1}{2} E_0(C)$

$$\frac{1}{2} C E^2 e^{-(2t_{½})/\tau} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} CE^2\right)$$

$e^{-(2t_{½}/\tau)} = \frac{1}{2}$ بأخذ اللوغاريتم النبري للطرفين نجد : $-\frac{2t_{½}}{\tau} = -\ln 2$

$$t_{½} = \frac{\tau}{2} \ln 2$$



وثيقة 51 : مخطط الطاقة بدلالة الزمن أثناء التفريغ.

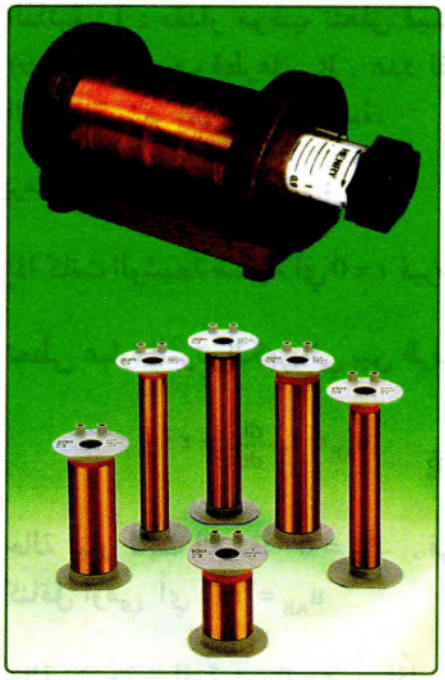
مقارنة شكلية بين تناقص النشاط الإشعاعي وتفريغ مكثفة:

تناقص النشاط الإشعاعي	تفريغ مكثفة
تناقص عدد الذرات	تناقص الشحنة
معدل تناقص عدد الذرات هو النشاط (A)	معدل تناقص الشحنة هو التيار (i)
$A = -\frac{dN}{dt}$ ، $\frac{dN}{dt} = -\lambda N_0$	$i = -\frac{dq}{dt}$ ، $\frac{dq}{dt} = -\frac{q_0}{RC}$
$N = N_0\, e^{-\lambda t}$	$q(t) = q_0\, e^{-t/RC}$
ثابت الزمن τ : $\tau = \frac{1}{\lambda}$	ثابت الزمن $\tau = RC$
عمُر النصف $t_{½}$: $\frac{1n2}{\lambda}$	زمن تناقص الطاقة للنصف $\frac{\tau}{2} \ln 2$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2. الوشائع وثنائي القطب RL

1.2. وصف الوشيعة وتصرفها في جزء من دارة



وثيقة 52 : مجموعة وشائع.

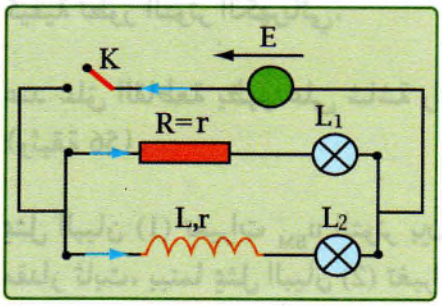
تتكون الوشيعة من سلك طويل من النحاس معزول بطبقة من الورنيش (vernis) ملفوف حول اسطوانة عازلة. يوجد في بعض الوشائع نواة حديدية تكون داخل الأسطوانة وهذا يزيد من فعل الوشيعة، (وثيقة 52).

نربط طرفي الوشيعة إلى مقياس أوم، فنجد أنه يشير إلى قيمة ما، نستنتج أن للوشيعة خاصية المقاومة لذا نقول وشيعة مقاومة.

حتى نتعرف على كيفية تصرف وشيعة في جزء من دارة كهربائية، نحقق دارة كهربائية كما في (وثيقة 53).

بعد غلق القاطعة تتغير شدة التيار المار بالدارة من القيمة 0 لحظة غلقها إلى قيمة (i) بعد عدة ثوان لذا نشاهد ما يلي :

بالنسبة للمصباح L_1 فيتوهج مباشرة وتكون إنارته ثابتة منذ البداية أما المصباح L_2 فإنه يتوهج متأخرا عن المصباح L_1، وبعد ثوان قليلة تصبح إنارة المصباحين متماثلة، أي أن التيار المار بالفرع الأول نفسه الذي يمر بالفرع الثاني. يدل ذلك على أن ثبات شدة التيار في الفرع الذي يحوي وشيعة، كان تدريجياً وهي ظاهرة انتقالية، سببها الوشيعة، حيث حرضت تياراً يعاكس تيار المولد، وهو سبب تأخير ظهور التيار في الوشيعة أنياً. نستنتج أن للوشيعة خاصية أخرى هي خاصية التحريض لذا نقول أنها وشيعة تحريضية.



وثيقة 53 : تأخر ظهور التيار في دارة الوشيعة حيث المصباحان متماثلان.

أما عندما تصبح إنارة المصباحين متماثلة أي شدة التيار المار بالفرعين نفسها وذات قيمة ثابتة نقول عندها أن تصرف الوشيعة مماثل لتصرف المقاومة الموجودة بالفرع الأول.

إن فتح القاطعة وغلقها باستمرار لا يسمح بظهور التيار في الوشيعة لأن ذلك يجعل التيار المار بها غير ثابت

نتيجة :

- تمانع الوشيعة لوقت قصير ظهور التيار في الدارة (نظام انتقالي).
- تتصرف الوشيعة كناقل أومي عندما يجتازها تيار ثابت الشدة (نظام دائم).

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

لكل وشيعة ميزتين هما :

- مقاومتها الداخلية (r) وتقدر بالأوم (Ω) .
- ذاتيتها (L) وتقدر بالهنري (H) .

الذاتية L : مقدار موجب تتعلق قيمته بالشكل الهندسي للوشيعة (طولها ℓ ، نصف قطرها R ، عدد لفاتها N). كما أن وجود النواة الحديدية يؤثر على قيمة الذاتية.

يرمز للوشيعة بالرمز التالي : 

إذا كانت الوشيعة صافية أي $r = 0$ فيرمز لها بالشكل : 

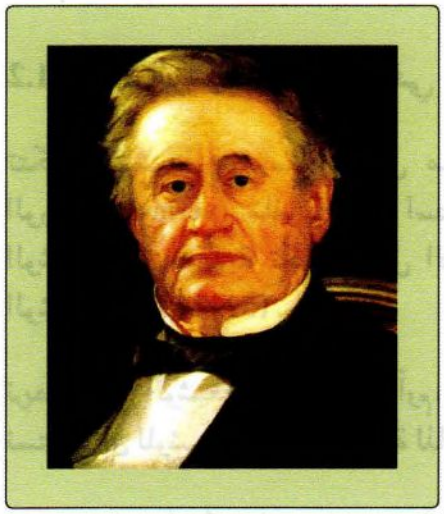
تعطى عبارة التوتر الكهربائي بين طرفي وشيعة بالشكل التالي :



$$u_{AB} = L\frac{di}{dt} + r\,i$$

حالة تيار ثابت الشدة: $\frac{di}{dt} = 0$. في هذه الحالة تتصرف الوشيعة كناقل أومي أي $u_{AB} = r\,I$

حالة وشيعة صافية : $r = 0$ إذًا $u_{AB} = L\frac{di}{dt}$



وثيقة 54 : جوزيف هنري.

طراز الوشيعة	L (H)
1 لفة قطرها 1m	10^{-6}
1000 لفة دون نواة	10^{-3}
1000 لفة مع نواة	1

وثيقة 55 : ذاتية بعض الوشائع

2.2. تطور شدة التيار الكهربائي المار في وشيعة تحريضية

للتعرف على كيفية تطور شدة التيار الكهربائي، الذي يجتاز وشيعة تحريضية، نستغل النشاط التمهيدي (6) : نتعرف في هذا النشاط على كيفية تطور التوتر الكهربائي.

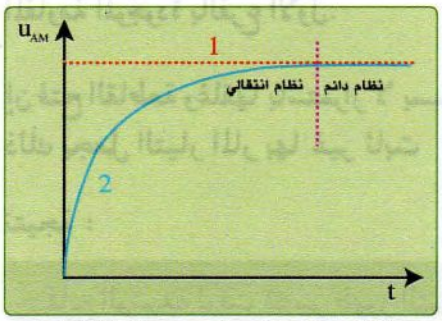
عند غلق القاطعة يظهر على شاشة راسم الاهتزازات بيانين (1)، (2) (وثيقة 56).

يمثل البيان (1) تغيرات u_{BM} التوتر بين طرفي المولد لأن $u_{BM} = E$ وهو مقدار ثابت، بينما يمثل البيان (2) تغيرات u_{AM} التوتر بين طرفي المقاومة حيث :

$$u_{AM} = Ri .$$

تمر تغيرات u_{AM} بمرحلتين :

مرحلة انتقالية (نظام انتقالي) : خلال هذه المرحلة يتغير التوتر بين طرفي المقاومة تدريجيا حتى يصل إلى قيمة عظمى.

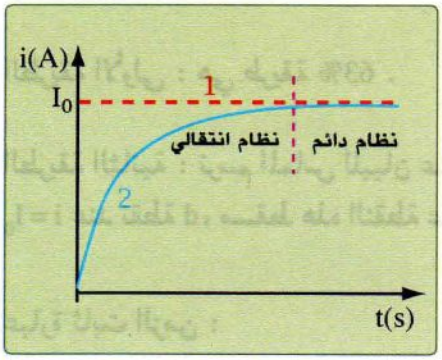


وثيقة 56 : تطور التوترات بعد غلق القاطعة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

مرحلة دائمة (نظام دائم) : خلال هذه المرحلة تكون قيمة التوتر u_{AM} عظمى وثابتة هي :

$$u_{AM(max)} = RI_0 .$$



وثيقة 57 : تطور شدة التيار بعد غلق القاطعة

2. 2. 1. تطور شدة التيار الكهربائي بدلالة الزمن :

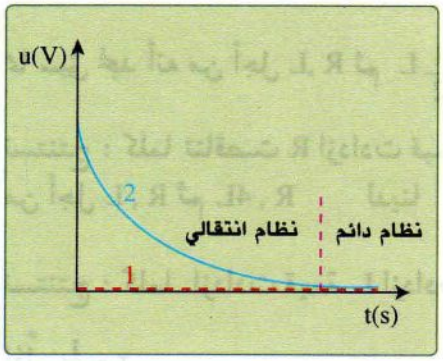
بما أن $u_{AM} = Ri$ و R ثابتة إذاً فإن تغيرات شدة التيار $i = f(t)$ مماثلة تماماً لتغيرات التوتر u_{AM} كما بالوثيقة (57). نلاحظ في هذه الوثيقة أن شدة التيار تمر بمرحلتين .

مرحلة انتقالية(نظام انتقالي): خلال هذه المرحلة تتزايد شدة التيار المار بالدارة تدريجيا مقتربة من قيمة عظمى.

مرحلة دائمة (نظام دائم) : خلال هذه المرحلة تكون شدة التيار وصلت لقيمة عظمى تعطى بالعلاقة التالية :

$$I_0 = \frac{u_{AM(max)}}{R}$$

أما عند فتح القاطعة، فيظهر على شاشة راسم الاهتزازات بيانين (1)و (2) (وثيقة 58).



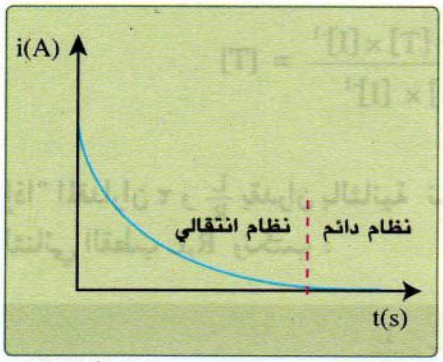
وثيقة 58 : تطور التوترات بعد فتح القاطعة

يمثل البيان (1) تغيرات u_{BM} حيث $u_{BM} = 0$ لأن المولد خارج الدارة .
يمثل البيان (2) تغيرات التوتر بين طرفي المقاومة $u_{AM} = Ri$

تمر شدة التيار بمرحلتين (وثيقة 59) :

- مرحلة انتقالية (نظام انتقالي): خلال هذه المرحلة تتناقص شدة التيار بين طرفي المقاومة تدريجيا مقتربة من قيمة معدومة.

- مرحلة دائمة (نظام دائم): في هذه المرحلة تنعدم شدة التيار الكهربائي.



وثيقة 59 : تطور شدة التيار بعد فتح القاطعة

2.2.2. ثابت الزمن لثنائي القطب RL :

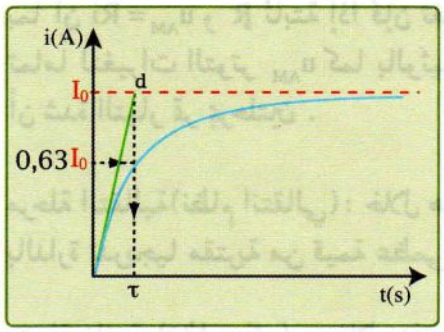
هو الزمن اللازم لتصل شدة التيار المار بالدارة بعد غلق القاطعة إلى قيمة تساوي63% من قيمتها العظمى والتي تبلغها عند ثبوت الشدة (نظام دائم). أي $i = 63\% I_0$. أو هو الزمن اللازم لكي تصل شدة التيار المار بالدارة بعد فتح القاطعة إلى القيمة 37% من قيمتها الابتدائية لحظة فتح القاطعة. رمزه τ وحدته الثانية.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

كيف نحدد ثابت الزمن بيانياً ؟ لتحديد ثابت الزمن بيانياً لدينا طريقتان نأخذ الحالة التي تكون عندها القاطعة مغلقة (وثيقة 60) :

الطريقة الأولى : هي طريقة 63% .

الطريقة الثانية : نرسم المماس للبيان عند المبدإ $(t=0)$، فيقطع المستقيم $i=I_0$ عند نقطة d، مسقط هذه النقطة على محور الأزمنة يحدد قيمة τ .



وثيقة 60 : تعيين ثابت الزمن للدارة RL.

عبارة ثابت الزمن :

نكرر نفس التجربة السابقة بتغيير R أو L كما يلي (وثيقة 61).

من أجل R ,L نحصل على البيان (1).

من أجل $\frac{1}{2}$ R,L نحصل على البيان (2).

من أجل R , 4L نحصل على البيان (3).

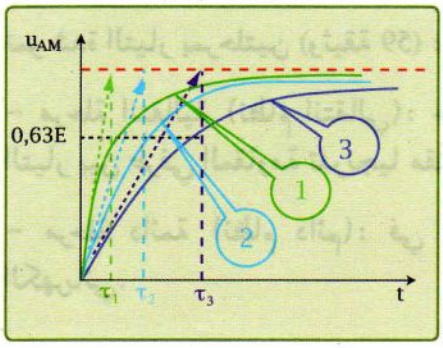
مما سبق نجد أنه من أجل R ,L ثم $\frac{1}{2}$ L , R لدينا $1\tau_2 = 2\tau_1$.

نستنتج : كلما تناقصت R ازدادت قيمة τ أي $\tau \sim \frac{1}{R}$.

من أجل R , L ثم R , 4L لدينا $\tau_3 = 4\tau_1$

نستنتج : كلما ازدادت قيمة L ازدادت قيمة τ أي $\tau \sim L$.

إذاً $\tau \sim \frac{L}{R}$



وثيقة 61 : بيانات تطور التوتر بين طرفي المقاومة.

$$[L] = [u] \times [T] \times [I]^{-1}$$

$$[R] = [u] \times [I]^{-1}$$

$$\frac{[L]}{[R]} = \frac{[u] \times [T] \times [I]^{-1}}{[u] \times [I]^{-1}} = [T]$$

إذا" المقداران τ و $\frac{L}{R}$ يقدران بالثانية نسمي المقدار $\frac{L}{R}$ ثابت الزمن لثنائي القطب R,L ونكتب :

$$\tau = \frac{L}{R}$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2. 2. 3. الدراسة النظرية

المعادلة التفاضلية :

حالة القاطعة مغلقة وثيقة (62) :

بتطبيق قانون جمع التوترات نكتب:

$$u_{BM} = u_{BA} + u_{AM}$$

لكن $u_{AM} = R_1 i$ و $u_{BA} = L\frac{di}{dt} + ri$ و $u_{BM} = E$

بالتعويض نجد أن :

$$E = L\frac{di}{dt} + r i + R_1 i$$

نضع : $R_1 + r = R$ $\quad E = L\frac{di}{dt} + (r + R_1) i$

$E = L\frac{di}{dt} + Ri$ نقسم الطرفين على R فنجد :

$\frac{E}{R} = \frac{L}{R}\frac{di}{dt} + i$ $\quad$ بما أن $\tau = \frac{L}{R}$ ، $I_0 = \frac{E}{R}$

تصبح المعادلة بعد القسمة على τ على الشكل التالي :

$$\frac{di}{dt} + \frac{1}{\tau} i = \frac{I_0}{\tau}$$

وهي معادلة تفاضلية من الرتبة الأولى بالنسبة ل i حلها من الشكل:

$$i(t) = I_0 (1 - e^{-t/\tau})$$

حالات خاصة:

من أجل $t = 0$ نجد $i(0) = 0$

من أجل $t = \tau$ نجد $i(\tau) = 0{,}63 I_0$

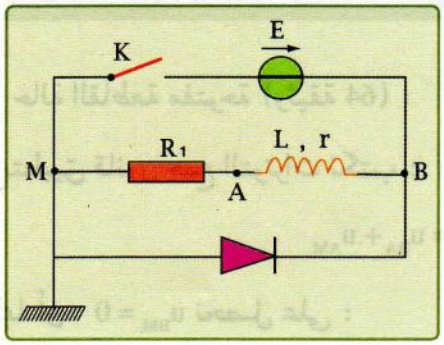
من أجل وشيعة صافية $(r = 0)$ تكون عبارة التوتر بين طرفي الوشيعة :

$$u_{AB} = L\frac{di}{dt} + r i$$

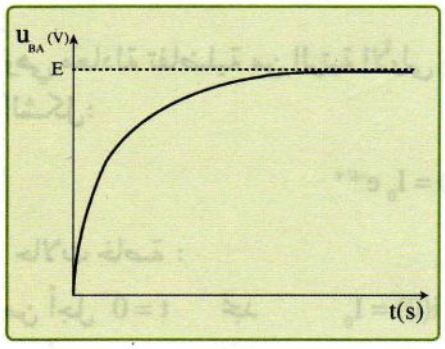
لكن $i(t) = I_0 (1 - e^{-t/\tau})$.

نشتق الطرفين بالنسبة للزمن فنجد :

$$\frac{di}{dt} = \frac{I_0}{\tau} e^{-t/\tau}$$



وثيقة 62 : مخطط الدارة والقاطعة مغلقة.



وثيقة 63 : تطور التوتر بين طرفي وشيعة صافية في حالة قاطعة مغلقة.

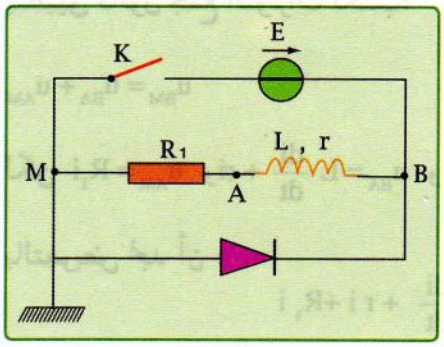
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

بالتعويض في عبارة التوتر u_{AB} نجد أن

$$u_{AB} = L \frac{I_0}{\tau} e^{-t/\tau}$$

بما أن $\tau = \frac{L}{R}$ فإن عبارة u_{AB} على الشكل التالي :

$$u_{AB} = E\, e^{-t/\tau}$$



وثيقة 64 : مخطط الدارة والقاطعة مفتوحة.

حالة القاطعة مفتوحة (وثيقة 64) :

بتطبيق قانون جمع التوترات نكتب :

$$u_{BM} = u_{BA} + u_{AM}$$

بما أن $u_{BM} = 0$ نحصل على :

$$0 = L \frac{di}{dt} + ri + R_1 i$$

$$0 = L \frac{di}{dt} + (r + R_1) i$$

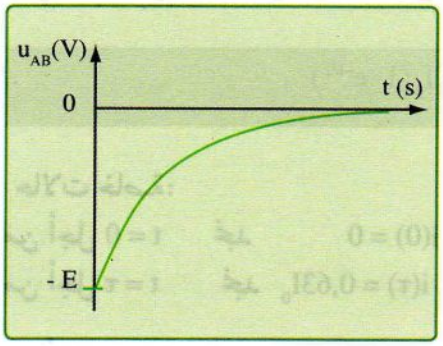
نضع $R_1 + r = R$

$0 = L \frac{di}{dt} + Ri$ بقسمة الطرفين على R نجد:

$\frac{di}{dt} + \frac{1}{\tau} i = 0$ نجد : τ بقسمة الطرفين على $0 = \frac{L}{R} \frac{di}{dt} + i$

وهي معادلة تفاضلية من الرتبة الأولى بالنسبة ل (i) يكون حلها من الشكل:

$$i(t) = I_0\, e^{-t/\tau}$$



وثيقة 65 : تطور التوتر بين طرفي وشيعة صافية حالة قاطعة مفتوحة.

حالات خاصة :

من أجل $t = 0$ نجد $i(0) = I_0$

من أجل $t = \tau$ نجد $i(\tau) = 0{,}37 I_0$

من أجل وشيعة صافية $(r = 0)$ تكون عبارة التوتر بين طرفي الوشيعة :

$$u_{AB} = L \frac{di}{dt} + r\, i$$

لكن $i(t) = I_0\, e^{-t/\tau}$.

نشتق الطرفين بالنسبة للزمن فنجد :

$$\frac{di}{dt} = -\frac{I_0}{\tau} e^{-t/\tau}$$

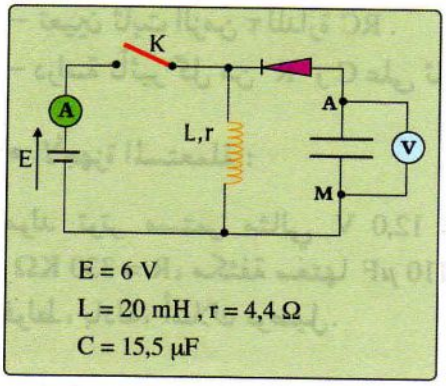
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

بالتعويض في عبارة التوتر u_{AB} نجد أن

$$u_{AB} = -L\frac{I_0}{\tau}e^{-t/\tau}$$

بما أن $\tau = \frac{L}{R}$ فإن عبارة u_{AB} على الشكل التالي :

$$u_{AB} = -E\,e^{-t/\tau}$$



وثيقة 66 : مخطط الدارة.

2. 3. الطاقة المخزنة في وشيعة

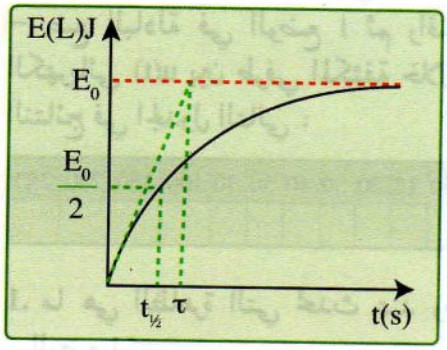
من أجل إظهار الطاقة المخزنة في وشيعة نحقق الدارة الكهربائية التالية (وثيقة 66).

نغلق القاطعة فيشير مقياس الأمبير إلى مرور تيار كهربائي شدته 2A، بينما مقياس الفولط يشير إلى القيمة (0)·يدل ذلك على أن التيار مر في الوشيعة فقط، وبالتالي بقيت المكثفة غير مشحونة . في هذه الحالة تقوم الوشيعة بتخزين الطاقة التي تعطى بالعلاقة التالية :

$$E(L) = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2}\ 0{,}02 \times 4 = 0\ ,04\ J$$

نفتح القاطعة فيشير مقياس الفولط إلى قيمة سالبة قدرها 59 V- وهي قيمة التوتر الذي تشحن تحته المكثفة. في هذه الحالة تخزن المكثفة طاقة تعطى بالعلاقة :

$$E(C) = \frac{1}{2}Cu^2 = \frac{1}{2} \times 15\ ,5 \times 10^{-6} \times (-59)^2 = 0\ ,027\ J$$



وثيقة 67 : مخطط الطاقة.

نلاحظ وجود فرق بين الطاقتين E(c) و E(L) هذا الفرق بينهما ضاع على شكل تحويل حراري في المقاومات بفعل جول.

إن المردود في تحويل الطاقة هو :

$$\eta = \frac{E(C)}{E(L)} = \frac{0{,}02\ 7}{0{,}04} = 0{,}675$$

أي : $\eta = 67{,}5\%$

يمكن دراسة تأثير الذاتية على الطاقة المخزنة في وشيعة قيم ذاتياتها مختلفة، كما يمكن دراسة تأثير شدة التيار بإضافة معدلة مع المولد على التسلسل للتحكم بشدة التيار.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تجريب واستكشاف

1. شحن وتفريغ مكثفة في ناقل أومي

• الهدف من التجربة :

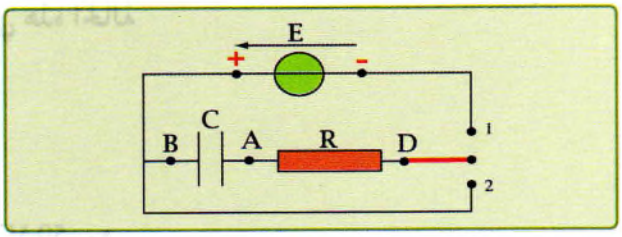
- ملاحظة تطور التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة خلال شحنها وتفريغها.
- تعيين ثابت الزمن τ للدارة RC .
- دراسة تأثير كل من R و C على ثابت الزمن.

• الأجهزة المستعملة :

مولد توتر مستمر مثالي E = 12,0 V ، مقاومة R = 330 KΩ، مكثفة سعتها C = 110 μF ، مقياس فولط، بادلة، أسلاك توصيل.

• التركيب التجريبي :

حقق الدارة التالية:



تجربة 1:

- صل مقياس الفولط بين طرفي المكثفة.
- ضع البادلة في الوضع 1 ثم راقب تطور التوتر الكهربائي u(t) بين طرفي المكثفة خلال الزمن ثم دون النتائج في الجدول التالي :

t(s)	0	5	10	15	20	30	40	50	70	100	150	200	250
u_{BA}(v)													

1. ما هي الظاهرة التي تحدث عند وضع البادلة في الوضع 1؟
2. أرسم المنحنى $u_{BA} = f(t)$.
3. هل تطور التوتر بين طرفي المكثفة خطيا أم رتيبا ؟
4. يقطع المماس للبيان عند المبدإ الخط المقارب للمنحني في نقطة d ما هو المدلول الفيزيائي لإحداثيتها ؟
5. أحسب قيمة الجداء RC وقارن النتيجة مع فاصلة النقطة d .

تجربة 2 :

ضع البادلة في الوضع 2 وسجل تغيرات u بين طرفي المكثفة خلال الزمن في الجدول التالي:

t(s)	0	5	10	15	20	30	40	50	70	100	150	200	250
u_{BA}(v)													

1. ما هي الظاهرة التي تحدث عند وضع البادلة في الوضع 2؟
2. أرسم المنحنى $u_{BA} = f(t)$.
3. كيف يتطور u(t) ؟
4. عين قيمة ثابت الزمن للدارة RC .
5. اقترح تجربة تؤدي نفس الهدف دون استعمال مقياس الفولط.

تجربة 3:

دراسة تأثير C على ثابت الزمن.

كرر التجربة (1) باستعمال مكثفات سعاتها مختلفة ومن أجل كل قيمة لـ C عين بيانياً ثابت الزمن τ ودون النتائج في الجدول التالي:

C(μF)	0,5	1,0	1,5
τ (s)			
τ / C			

1. أكمل الجدول :
2. ما هو تأثير C على قيمة ثابت الزمن؟

تجربة 4 :

دراسة تأثير R على ثابت الزمن

كرر التجربة (1) باستعمال عدة مقاومات مختلفة فتحصل من أجل كل مقاومة على بيان. حدد بيانياً ومن أجل كل قيمة لـ R قيمة ثابت الزمن ودون النتائج في الجدول التالي :

R(kΩ)	10	20	30
τ (s)			
τ / R			

1. أكمل الجدول .
2. ما هو تأثير المقاومة على ثابت الزمن؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2. تطور شدة التيار الكهربائي بين طرفي وشيعة

• الهدف من التجربة :

1. الدراسة بواسطة راسم الاهتزازات لدارة RL خاضعة لمستوى ثابت من التوتر.
2. تحديد قيمة ذاتية وشيعة في دارة RL.

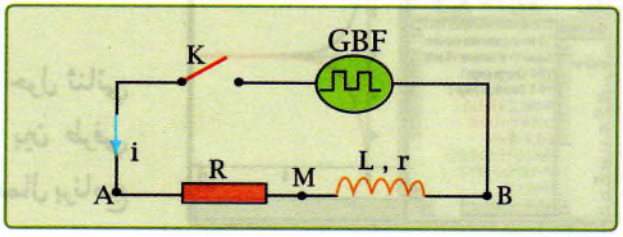
I. الدراسة بواسطة راسم الاهتزازات لدارة RL خاضعة لمستوى ثابت من التوتر.

• التجهيز التجريبي :

– وشيعة L,r ذاتيتها L = 0,1 H (دلالة صانع الجهاز).
– ناقل أومي مقاومته R = 500 Ω ، قاطعة، أسلاك توصيل.

• العمل :

1. بواسطة مقياس الأوم قس مقاومة الوشيعة r.
2. حقق الدارة الكهربائية التالية :



3. نغذي الدارة بواسطة مولد للتوترات المنخفضة (GBF) يقدم توترات على شكل مربعي (créneaux) قيمتها 5V وتواترها f = 2 000 Hz.

– مثل على مخطط الدارة كيفية توصيل راسم الاهتزازات من أجل مشاهدة التوتر u_R بين طرفي الناقل الأومي على المدخل الأول.
– شغّل راسم الاهتزازات.
– ضع خط البقعة في أسفل الشاشة بواسطة الزر Y الوضعية 1.
– أغلق القاطعة.

4. مثل البيان المتحصل عليه والممثل للتوتر u_R مع توضيح المعيار المستعمل وكذا قيمة المسح الزمني.
5. هل يمكننا هذا البيان من متابعة تغيرات شدة التيار؟
6. نريد تحديد ثابت الزمن لهذه الدارة الكهربائية بطريقتين:

ط 1: بتحديد نقطة تقاطع المماس عند المبدإ مع المستقيم ذي المعادلة: $u_R = u_{max}$
ط 2: ثابت الزمن يوافق 63% من القيمة العظمى للتوتر u_R (أو شدة التيار).

7. استنتج القيمة الحقيقية للذاتية L.
8. حدّد دقة قياس الذاتية L (الارتياب النسبي).

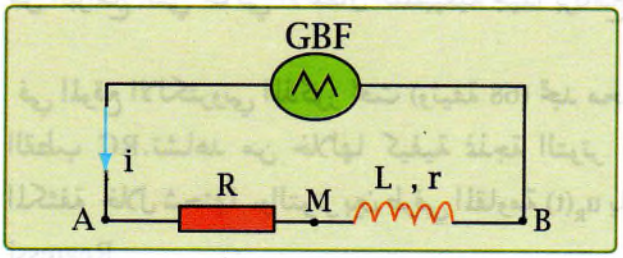
II. تحديد ذاتية وشيعة في دارة RL .

• التجهيز التجريبي :

– وشيعة L.r ذاتيتها مجهولة ومقاومتها r (الوشيعة دون نواة)
– ناقل أومي R = 2 000 Ω .
– مولد للتوتر المتناوب المثلثي يقدم توتر u(crêté à crete) = 4V وتواتره f = 400 Hz

• العمل :

1. حقّق الدارة التالية :



حتى تنجح هذه التجربة، يجب ألاّ يكون جهاز GBF موصولا بالأرض ومن أجل هذا يجب التأكد من أن المولد معزول.

2. إقرأ على الوشيعة قيمة مقاومتها r وتحقق من هذه القيمة بقياسها بمقياس الأوم.
3. نريد قياس التوترين u_{AM} و u_{BM} :
بيّن على مخطط الدارة كيفية توصيل راسم الاهتزازات.
4. من بين هذين التوترين، أيهما يسمح بمشاهدة شدة التيار i(t) ؟ علل.
5. أضبط حساسية المدخل A والمدخل B والمسح الزمني حتى تتحصل على منحنيات واضحة ومقروءة.
مثّل المنحنى المتحصل عليه.
6. قس قيمة u_{BM} ثم أحسب قيمة L و قارنها مع القيمة المبينة على الوشيعة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الإعلام الآلي وسيلة حديثة وضرورية لإيصال المعلومة بسرعة أكبر وبسهولة أكثر، يوجد على العناوين المذكورة تحت كل وثيقة برامج متعددة ومحاكاة يمكن استغلالها كوسيلة تربوية في فهم الظواهر الكهربائية التي تم التعرف عليها في الوحدة الثالثة.

إن استعمال تقنية الإعلام الآلي في دراسة الظواهر الكهربائية تسمح بالتعرف على حقيقة الظاهرة وكيفية تطورها مع الزمن ومعالجة المعطيات وتقديم النتائج على شكل بيانات سهلة التفسير والنمذجة، مما يجعل العمل التطبيقي أكثر وضوحا في فهم الظاهرة الفيزيائية المعنية بالتجربة.

إن تلامذة الجيل الحالي لديهم قدرة كبيرة على استيعاب البرامج المقترحة عليهم، وتطوير هذه القدرات هو جزء من تكوينهم.

من البرامج التي تحاكي الأعمال التطبيقية جيدا برنامج Regressi .

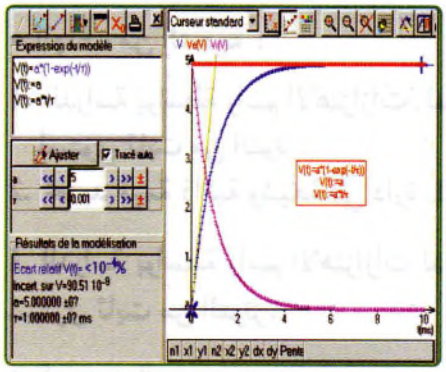
في الموقع الالكتروني المذكور تحت (وثيقة 68) تجد محاكاة حول ثنائي القطب RC.تشاهد من خلالها كيفية نمذجة التوتر u(t) بين طرفي المكثفة خلال شحنها ،والتوتر بين طرفي المقاومة $u_R(t)$ باستعمال برنامج Regressi.

في نفس الموقع الالكتروني السابق والذي يظهر تحت (وثيقة 69) تجد محاكاة تتعرف من خلالها على كيفية تطور التوتر u(t) بين طرفي المكثفة خلال تفريغها ،والتوتر بين طرفي المقاومة $u_R(t)$.

يمكن استغلال التقنيات الحديثة في الإعلام الآلي في إيجاد ثابت الزمن (τ) لثنائي القطب RC .

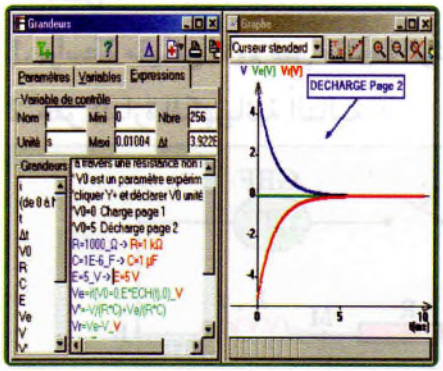
في (وثيقة 70) تجد محاكاة على العنوان المدون تحتها ،تمكنك من تحديد ثابت الزمن (τ) بطريقة المماس للبيان u(t) عند المبدأ .

يمكن أن تغير من قيمة سعة المكثفة C أو قيمة المقاومة R ومتابعة تأثير ذلك على قيمة ثابت الزمن.



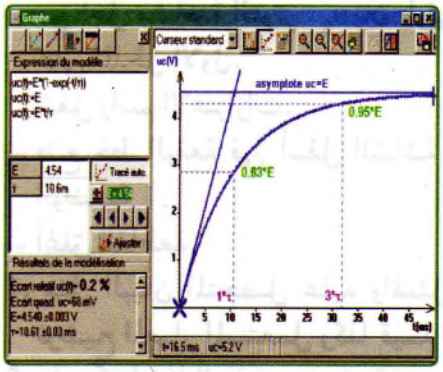
وثيقة 68 : تطور التوتر والتيار خلال شحن مكثفة

http://www.sciences.univ.nantes.fr/physique/perso/charrier/tp/rcrlrlc/index



وثيقة 69 : تطور التوتر والتيار خلال تفريغ مكثفة

http://www.sciences.univ.nantes.fr/physique/perso/charrier/tp/rcrlrlc/index



وثيقة 70 : تعيين ثابت الزمن لثنائي القطب RC

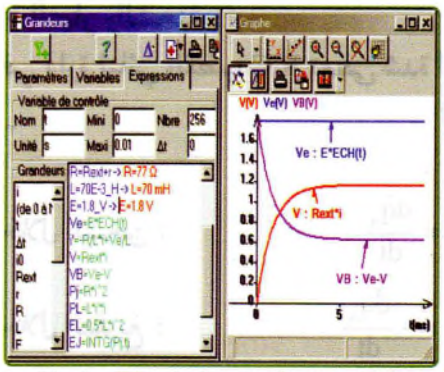
http://www.sciences.univ.nantes.fr/physique/perso/charrier/tp/rcrlrlc/index

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

إن دراسة الأنظمة الانتقالية في الدوائر RL,RC,RLC يتطلب من الآن وصاعدا استعمال آخذ المعطيات(l'acquisition de données).

إن راسم الاهتزازات الرقمي الحالي لديه محول قياسي رقمي 8 bits غير قادر بشكل كاف على ذلك، لذا سيتم استعمال نموذج قياسي كأداة مراقبة ضرورية لتحضير جيد لآخذ القياسات مع الحد المشترك Orphy (interface Orphy GTI).

لدراسة تصرف وشيعة في دارة كهربائية مغذاة بتوتر ثابت، تجد في الموقع المدون تحت (وثيقة 71) محاكاة يتم خلالها دراسة ثنائي قطب RL.

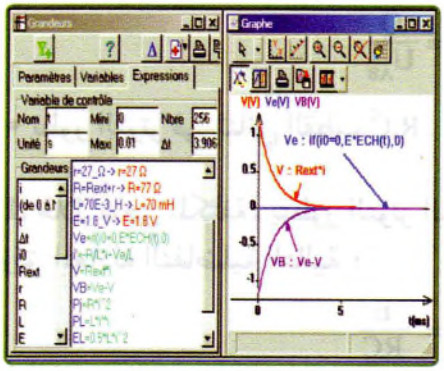


وثيقة 71 : دراسة ثنائي القطب RL بواسطة برنامج Regressi.

http://www.sciences.uiv.nantes.fr/physique/perso/charrier/tp/rcrlrlc/index

في هذه المحاكاة يظهر على شاشة الحاسوب بيان يوضح كيف يتطور التوتر بين طرفي الوشيعة (u_B) مع الزمن، كما يظهر على الشاشة بيان يوضح تطور التوتر بين طرفي المقاومة R، أما البيان الثالث فيبين تطور التوتر بين طرفي المولد u_e وهو مقدار ثابت .

تمت معالجة هذه البيانات في هذه التجربة باستخدام برنامج Regressi.

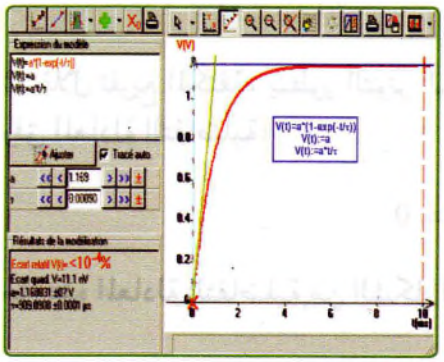


وثيقة 72 : دراسة ثنائي القطب RL بواسطة برنامج Regressi.

http://www.sciences.uiv.nantes.fr/physique/perso/charrier/tp/rcrlrlc/index

على نفس الموقع ستجد محاكاة لتطور التوتر بين طرفي كل من الوشيعة والمقاومة بعد فتح دارة المولد والإبقاء على الدارة RL مغلقة كما في (وثيقة 72) ، تلاحظ على الشاشة أن $u_e = 0$ لأن المولد خارج الدارة، بينما يتطور كلاً من التوتر بين طرفي الوشيعة والتوتر بين طرفي المقاومة نحو الانعدام.

في (وثيقة 73) تجد أيضاً على نفس الموقع محاكاة تمكنك من تحديد ثابت الزمن (τ) لثنائي القطب RL بطريقة المماس للبيان u(t) عند المبدأ .



وثيقة 73 : تعيين ثابت الزمن لثنائي القطب RL بواسطة برنامج Regressi.

http://www.sciences.uiv.nantes.fr/physique/perso/charrier/tp/rcrlrlc/index

يمكن أن تغير من قيمة ذاتية الوشيعة L أو قيمة المقاومة R ومتابعة تأثير ذلك على قيمة ثابت الزمن.

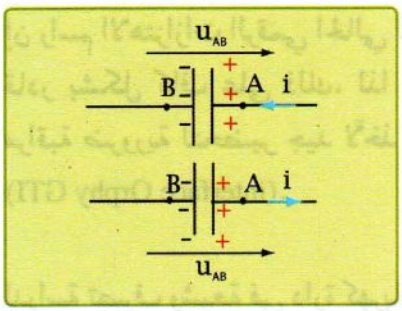
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الخلاصة

1. ثنائي القطب RC

• التيار والشحنة :

في دارة ثنائي القطب R,C تعطى شدة التيار الكهربائي بالعلاقة التالية.



خلال الشحن : $i = \frac{dq_A}{dt}$

خلال التفريغ : $i = -\frac{dq_A}{dt}$

• سعة المكثفة :

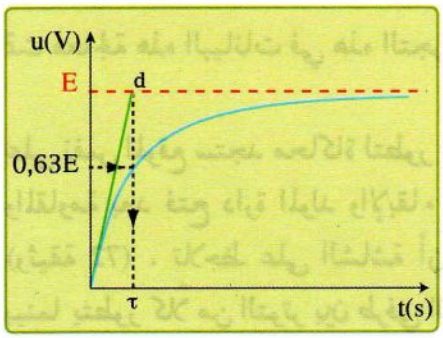
تعطى سعة المكثفة بالعلاقة التالية :

$$C = \frac{Q}{U_{AB}}$$

• تطور التوتر في ثنائي القطب R,C .

1. خلال شحن المكثفة، يتطور التوتر الكهربائي بين طرفيها بدلالة الزمن وفق المعادلة التفاضلية التالية :

$$\frac{du}{dt} + \frac{1}{RC}u(t) = \frac{E}{RC}$$



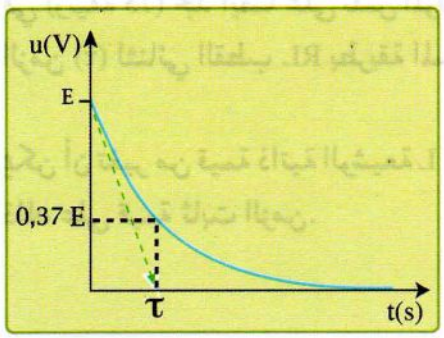
حل هذه المعادلة التفاضلية من الشكل التالي :

$$u(t) = E\,(1-e^{-t/\tau})$$

حيث τ (ثابت الزمن) ويعطى بالعلاقة التالية : $\tau = RC$

2. خلال تفريغ المكثفة، يتطور التوتر الكهربائي بين طرفيها بدلالة الزمن وفق المعادلة التفاضلية:

$$\frac{du}{dt} + \frac{1}{RC}u(t) = 0$$



حل هذه المعادلة التفاضلية من الشكل التالي :

$$u(t) = Ee^{-t/\tau}$$

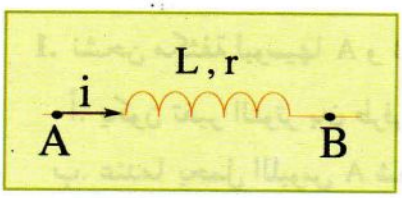
• الطاقة المخزنة في مكثفة : $E(C) = \frac{1}{2}C\,u^2$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2. ثنائي القطب RL

• التوتر بين طرفي وشيعة .

تعطى عبارة التوتر الكهربائي بين طرفي وشيعة بالعلاقة التالية.



$$u_{AB} = L\frac{di}{dt} + r\,i$$

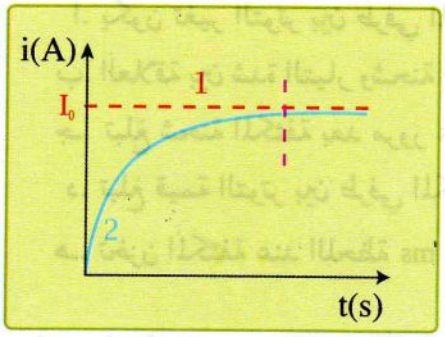
حالة تيار ثابت الشدة :

$\frac{di}{dt} = 0$ ومنه تتصرف الوشيعة كناقل أومي

ومنه $u_{AB} = r\,i$

حالة وشيعة صافية : $r = 0$ ومنه $u_{AB} = L\frac{di}{dt}$

• تطور التيار في ثنائي القطب RL:



1. نحو قيمة ثابتة غير معدومة:

المعادلة التفاضلية:

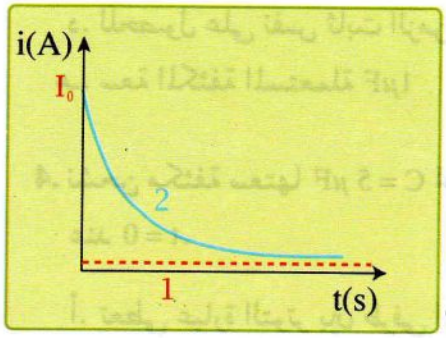
$$\frac{di}{dt} + \frac{1}{\tau}i = \frac{E}{L}$$

حل المعادلة التفاضلية:

$$i(t) = I_0(1 - e^{-t/\tau})$$

حيث τ (ثابت الزمن) يعطى بالعلاقة التالية : $\tau = \frac{L}{R}$

2. نحو قيمة ثابتة معدومة:



المعادلة التفاضلية:

$$\frac{di}{dt} + \frac{1}{\tau}i(t) = 0$$

حل المعادلة التفاضلية :

$$i(t) = I_0\,e^{-t/\tau}$$

• الطاقة المخزنة في وشيعة : $E(L) = \frac{1}{2}Li^2$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

التقويم الذاتي

تشتمل الأسئلة الآتية على عدّة مقترحات. بيّن الصحيحة منها بـ(ص) والخاطئة منها بـ (خ). تعطى نقطة واحدة لكل إجابة صحيحة، وتحذف نصف نقطة عن كل إجابة خاطئة ولا شيء في حالة عدم الإجابة

1. نشحن مكثفة لبوسيها A و B بتوتر ثابت E — تنقيط /5

أ. يكون تغير التوتر بين طرفي المكثفة بدلالة الزمن خطيا .....

ب. عندما يحمل اللبوس A شحنة موجبة q_A+ فإن اللبوس B يحمل شحنة $q_B=-2q_A$ .....

جـ. $i_{AB}=\frac{dq_A}{dt}$ .....

د. إذا كان $i_{AB}>0$ فإن $\frac{dq_A}{dt}<0$ .....

هـ. $q_A=C\,u_{BA}$ .....

2. نشحن مكثفة سعتها $C=0,04\ mF$ بتيار ثابت الشدة قيمته $I_0=0,05\ A$ — تنقيط /5

أ. يكون تغير التوتر بين طرفي المكثفة بدلالة الزمن خطياً .....

ب. العلاقة بين شدة التيار وشحنة المكثفة هي $\Delta q=I_0\Delta t$ .....

جـ. تبلغ شحنة المكثفة بعد مرور 20 ms القيمة 2,0 mC .....

د. تبلغ قيمة التوتر بين طرفي المكثفة 25 V عند اللحظة 20 ms .....

هـ. تخزن المكثفة عند اللحظة 20 ms طاقة قدرها 25 J .....

3. نربط مكثفة مشحونة على التسلسل مع مقاومة $R=1\ k\Omega$ ونغلق القاطعة عند اللحظة $t=0$ تعطى تغيرات التوتر بين طرفي المكثفة بدلالة الزمن بالعلاقة التالية : $u(t)=6\,e^{-t}$ حيث u(V) و t(s) تنقيط /5

أ. ثابت زمن ثنائي القطب RC هو 1 ms .....

ب. يصل التوتر بعد ثواني معدودة إلى النظام الدائم .....

جـ. تم شحن المكثفة بمولد قوته المحركة الكهربائية 9V .....

د. للحصول على نفس ثابت الزمن إذا ضاعفنا R يجب مضاعفة C .....

هـ. سعة المكثفة المستعملة $1\mu F$ .....

4. نشحن مكثفة سعتها $C=5\ \mu F$ تحت توتر $E=6,0\ V$ ثم نفرغها بناقل أومي مقاومته $R=1,0\ k\Omega$ عند $t=0$. — تنقيط /5

أ. تعطى عبارة التوتر بين طرفي المكثفة بالعلاقة $u(t)=E(1-e^{-t/\tau})$ .....

ب. عند اللحظة $t=0$ يكون $u(0)=0$ .....

جـ. قيمة ثابت الزمن $\tau=5,0\ ms$ .....

د. نحتاج لتفريغ المكثفة بنسبة 99% لزمن قدره 25 ms .....

هـ. عند اللحظة $t=\tau$ يكون $u(\tau)=3,0\ V$ .....

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

5. في ثنائي القطب (R,L) المغذى بمولد توتر ثابت E، عند تطور شدة التيار نحو قيمة ثابتة غير معدومة .

تنقيط 5

أ. يكون تطور التيار رتيبا .....

ب. تعطى عبارة شدة التيار بدلالة الزمن بالعلاقة $i(t) = I_0 e^{-t/\tau}$ .....

جـ. تكون شدة التيار عند اللحظة $t = 0$ معدومة .....

د. يزداد زمن الوصول للنظام الدائم كلما ازدادت قيمة المقاومة R .....

هـ. تعطى الشدة العظمى للتيار بالعلاقة $I_0 = E/L$ .....

6. ثنائي قطب (R,L) حيث $R = 470\ \Omega$، $(L = 0{,}82\ H, r = 0)$. يغذى بمولد مثالي ذي توتر ثابت $E = 10V$.
نغلق الدارة عند اللحظة $t = 0$

تنقيط 5

أ. تكون شدة التيار عند النظام الدائم : 2,1 mA .....

ب. قيمة التوتر بين طرفي ثنائي القطب عند النظام الدائم : 1 V .....

جـ. ثابت الزمن للدارة : $\tau = 17{,}4ms$ .....

د. تبلغ شدة التيار عند اللحظة $t = \tau$ القيمة : 13,23 mA .....

هـ. تبلغ شدة التيار عند اللحظة $t = 5\tau$ القيمة : 20,8 mA .....

7. في ثنائي القطب (R,L) وعند تطور شدة التيارالكهربائي نحو قيمة ثابتة معدومة .

تنقيط 5

أ. يكون انعدام التيار الكهربائي آنيا .....

ب. عند بلوغ النظام الدائم يكون التوتر بين طرفي ثنائي القطب معدوما .....

جـ. تعطى عبارة التوتر بين طرفي المقاومة بالعلاقة $u_R = E(1 - e^{-t/\tau})$ .....

د. يزداد زمن الوصول للنظام الدائم كلما ازدادت قيمة الذاتية L .....

هـ. تكون قيمة $u_R = 0{,}37\ E$ عند اللحظة $t = 2\tau$ .....

8. وشيعة ذاتيتها $L = 0{,}2\ H$ مقاومتها الداخلية $r = 12\ \Omega$ نربط طرفيها A,B بمولد لتوتر ثابت $E = 6\ V$
حيث يمر التيار من A نحو B.

تنقيط 5

أ. تمانع الوشيعة لفترة قصيرة مرور التيار الكهربائي .....

ب. تعطى عبارة التوتر بين طرفي الوشيعة بالعلاقة التالية $u_{AB} = L\frac{di}{dt} + ri$ .....

جـ. .قيمة التوتر الكهربائي بين طرفي المقاومة 5 V عند بلوغ النظام الدائم .....

د. تتصرف الوشيعة كناقل أومي عند بلوغ النظام الدائم .....

هـ. الطاقة العظمى المخزنة في الوشيعة هي $0{,}25 \times 10^{-4}\ J$ .....

مجموع النقاط 40

ملاحظة : إذا تحصلت على أقل من 30 نقطة يجب عليك مراجعة الدرس.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمرين 1 :

تتألف دارة كهربائية من مولد للتوتر الثابت $E = 12{,}00\ V$ ، مقاومة $R = 320\ k\Omega$ ، مكثفة سعتها C. راسم اهتزازات وقاطعة. نقوم بغلق القاطعة لكي نشحن المكثفة .نشاهد على شاشة راسم الاهتزازات البيان التالي:

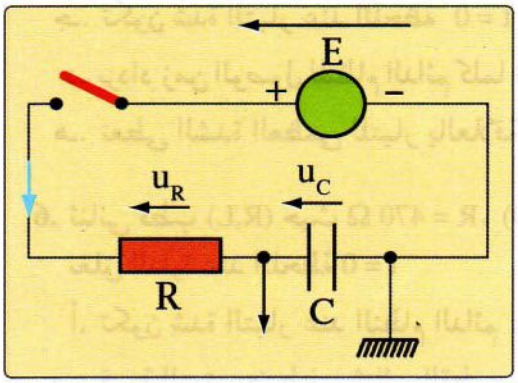
1. عبر في لحظة t عن u بدلالة E, i, R .
2. عبر عن شدة التيار i_0 عند اللحظة $t = 0$ بدلالة E, R ثم أوجد قيمته العددية.
3. إلى أي قيمة ينتهي i عندما ينتهي الزمن t إلى ∞ ؟ علل.
4. إذا كانت المعادلة التفاضلية للدارة RC هي :

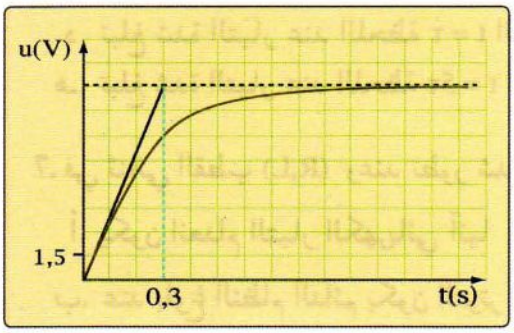
$$\frac{du}{dt} + \frac{1}{RC}u - \frac{E}{RC} = 0$$

أثبت أن حلها من الشكل التالي:

$$u(t) = E(1 - e^{-t/RC})$$

5. أوجد بيانياً قيمة ثابت الزمن τ واستنتج قيمة C .
6. أوجد قيمة u_c من أجل $t = \tau$ بيانياً وحسابياً.
7. أحسب الطاقة المخزنة في المكثفة عند نهاية شحنها.





الحـل :

1. $E = u(t) + u_R$

$E = u(t) + Ri$ ومنه $u(t) = E - Ri$

2. $\begin{cases} t = 0 \\ u(0) = 0 \end{cases}$ ومنه $i(0) = \frac{E}{R}$

$$i(0) = \frac{12}{320 \times 10^3} = 0{,}04 \times 10^{-3}\ A$$

3. عندما $t \longrightarrow \infty$ فإن $u \longrightarrow E$ هذا يعني أن المكثفة مشحونة كليا وعندها لا يمر تيار مستمر في الدارة إذا $i = 0$.

4. $u(t) = E - E\,e^{-t/RC}$ نشتق الطرفين بالنسبة للزمن :

$$\frac{du}{dt} = 0 + \frac{E}{RC}e^{-t/RC}$$ نعوض في المعادلة التفاضلية:

$$\frac{E}{RC}e^{-t/RC} + \frac{1}{RC}E(1 - e^{-t/RC}) =$$

$$\frac{E}{RC}e^{-t/RC} + \frac{E}{RC} - \frac{E}{RC}e^{-t/RC} = \frac{E}{RC}$$

5. من البيان نجد: $\tau = 0{,}3\ s$ لكن $\tau = RC$ إذاً $C = \frac{\tau}{R}$ أي $C = 0{,}94\ \mu F$

6. $t = \tau$ ومنه $u(\tau) = 0{,}63E$ ومنه $u(\tau) = 7{,}56v$

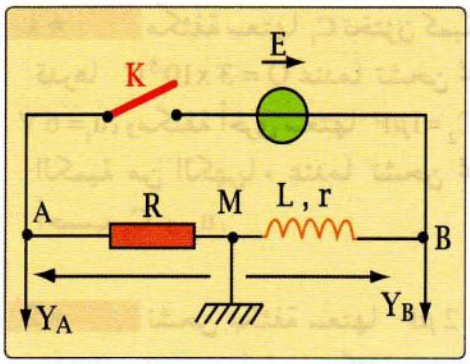
$$E(c) = \frac{1}{2}u^2 C = \frac{1}{2} \times 12^2 \times 0{,}94 \times 10^{-6} = 67{,}68 \times 10^{-6}\ J$$

تمرين 2 :

دارة كهربائية تضم على التسلسل مولد توتر مستمر مثالي قوته المحركة الكهربائية E. ناقل أومي مقاومته R، وشيعة (L.r =10 Ω) ، نغلق القاطعة عند اللحظة $t = 0$ ونتابع تغيرت التوتر u_{MA} بين طرفي المقاومة، u_{BM} بين طرفي

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الوشيعة بواسطة راسم اهتزاز والذي يظهر على شاشته البيانين التاليين.



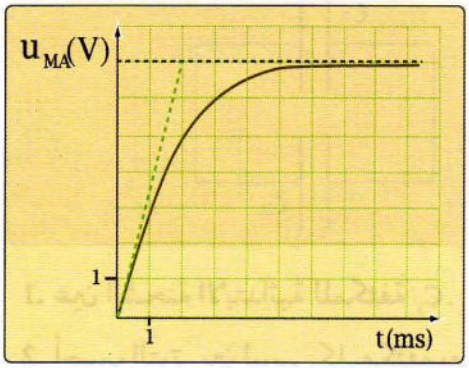
1. أحسب E .

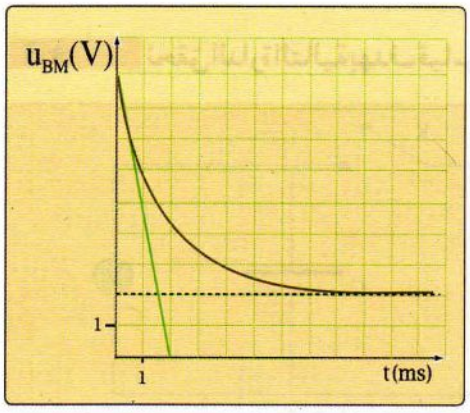
2. أحسب L ,R .

3. عبر عن i بدلالة (r, E, L, R) واحسب قيمته عند اللحظة t = 3 ms .

4. أحسب الطاقة المخزنة في الوشيعة عند نفس اللحظة السابقة.

5. عين قيمة ثابت الزمن للدارة.





الحـل :

1. في كل لحظة لدينا :

$E = u_{BA} = u_{BM} + u_{MA}$ حسب قانون التوترات

$$E = L\frac{di}{dt} + ri + Ri$$

$$E = (R+r)i + L\frac{di}{dt}$$

لو اخترنا لحظة الوصول إلى النظام الدائم $(\frac{di}{dt} = 0)$ نجد:

$u_{BM} = 2\ V$، $u_{MA} = 7\ V$ ومنه $E = 9\ V$

لو اخترنا اللحظة $t = 2\ ms$ نجد:

$u_{BM} = 4{,}6\ V$ ، $u_{MA} = 4{,}4\ V$ ومنه $E = 9\ V$.

2. حساب R,L .

في النظام الدائم لدينا :

$$\frac{u_{MA}}{u_{BM}} = \frac{R}{r} = \frac{7}{2} \quad \text{ومنه} \quad \begin{cases} u_{MA} = Ri = 7\ V \\ u_{BM} = ri = 2\ V \end{cases}$$

$R = \frac{7}{2} r = 35\ \Omega$ أي $R = 35\ \Omega$

$u_{MA} = Ri$ ومنه $\frac{du_{MA}}{dt} = R\frac{di}{dt}$

$t = 0$ ومنه $\frac{du_{MA}}{dt} = \frac{7}{0{,}002}$ ومنه $\frac{di}{dt} = 3\,500$ ومنه $\frac{di}{dt} = \frac{3500}{R} = 100$

$t = 0$ ومنه $9 = L\frac{di}{dt}$ ومنه $L = 0{,}09\ H$

3. التعبير عن i بدلالة (r, E, L, R) وحساب قيمته عند اللحظة t = 3ms .

$$i(t) = \frac{E}{R+r}\left(1 - e^{-(R+r)t/L}\right)$$

$t = 0{,}003\ s$ ومنه $i(t) = 0{,}155\ A$

4. حساب الطاقة المخزنة في الوشيعة:

$$E(L) = \frac{1}{2}Li^2 = 0{,}5 \times 0{,}09 \times 0{,}155^2 = 1{,}1 \times 10^{-3}\ J$$

5. حساب ثابت الزمن:

$$\tau = \frac{L}{R+r} = \frac{0{,}09}{45} = 0{,}002\ s$$

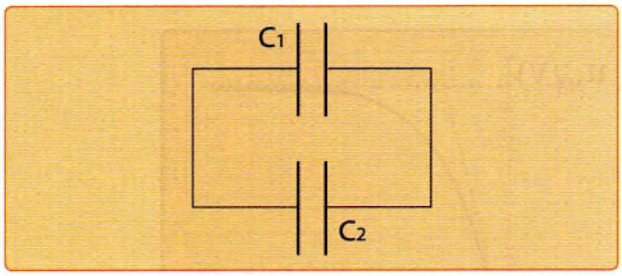
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمـارين

1. خصائص مكثة

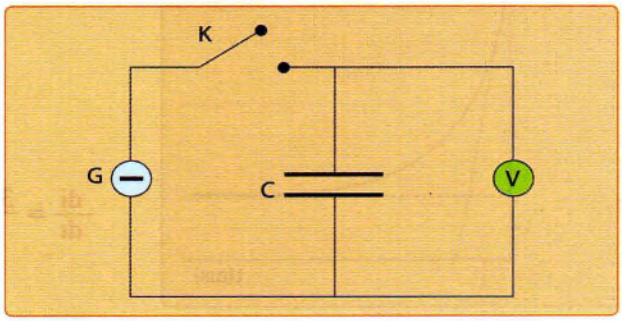
★1 مكثفة سعتها C_1 تختزن كمية من الكهرباء قدرها $Q = 3 \times 10^{-5}\,C$ عندما تشحن تحت توتر قدره $u_1 = 6\,V$، ومكثفة أخرى سعتها $C_2 = 1\mu F$ تختزن نفس الكمية من الكهرباء عندما تشحن تحت توتر u_2.
أحسب C_1 و u_2.

★2 نشحن مكثفة سعتها $C_1 = 2\,\mu F$ تحت توتر $u = 100\,V$ ثم نربطها مع مكثفة غير مشحونة سعتها $C_2 = 0.5\,\mu F$ كما بالشكل:



1. عين الشحنة الابتدائية للمكثفة C_1.
2. أحسب التوتر بين لبوسي كل مكثفة بعد ربطهما.

★3 نحقق الدارة التالية بهدف قياس سعة مكثفة.



نستعمل مولدا يغذي الدارة بتيار ثابت الشدة $I = 20\,\mu A$ يسمح بشحن المكثفة ببطء، نغلق القاطعة عند اللحظة $t = 0$ ونسجل قيم التوتر بين طرفي المكثفة في أزمنة مختلفة نحصل على النتائج المدونة في الجدول التالي:

t(s)	0	5	15	25	35	45
u(v)	0	0,98	2,95	4,97	6,95	9

1. أكتب العلاقة التي تربط بين u و t.
2. أرسم البيان $u = f(t)$ واستعن به لحساب سعة المكثفة.

★4 مكثفتان موصولتان على التسلسل الأولى سعتها $C_1 = 1\,\mu F$ والثانية سعتها $C_2 = 2\,\mu F$. نطبق بين طرفيهما توتراً $u = 300\,V$.

1. أحسب سعة المكثفة المكافئة.
2. أحسب u_1 و u_2 التوترين الكهربائيين بين طرفي المكثفتين C_1 و C_2 على الترتيب.
3. أحسب شحنة كل من المكثفتين.

★5 لدينا مجموعة مكثفات متماثلة سعة كل منها $C_1 = 0.1mF$

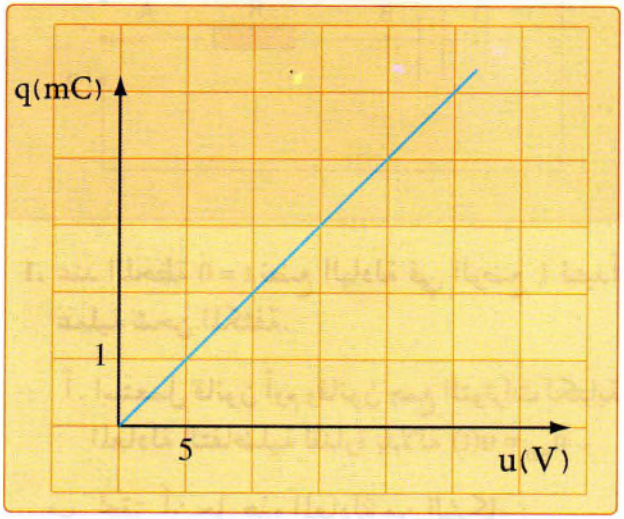
1. عين طريقة تجميع عدد من هذه المكثفات للحصول على مكثفة مكافئة سعتها 5 mF.
2. حدد عدد المكثفات المستعملة.
3. نشحن مجموعة المكثفات المستعملة تحت توتر $u = 40\,V$
   أ. ما هي شحنة المكثفة المكافئة ؟
   ب. ما هي شحنة كل مكثفة ؟

★★6 مكثفة سعتها $C = 3,2\,mF$ تشحن بمولد يعطي تياراً شدته ثابتة $I = 0,2\,mA$.

1. هل يمكن إفراغ هذه المكثفة تماماً ؟ كيف ؟
2. عند اللحظة $t = 0$ تكون المكثفة فارغة.
   أ. ما هي العلاقة بين I و $\frac{dq}{dt}$ ؟
   ب. أحسب شحنة كل لبوس والتوتر الكهربائي u بين اللبوسين بعد مرور 4 دقائق على بداية الشحن.
3. إذا علمت أن التوتر الأعظم بين لبوسي المكثفة لايتجاوز 40 V. أحسب الزمن الأعظم للشحن t_{max}.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

★★7 عند اللحظة $t = 0$ نبدأ بشحن مكثفة بمولد يعطي تياراً شدته ثابتة $I = 15\ \mu A$. يمثل البيان التالي تغيرات شحنة المكثفة بدلالة التوتر الكهربائي بين طرفيها.

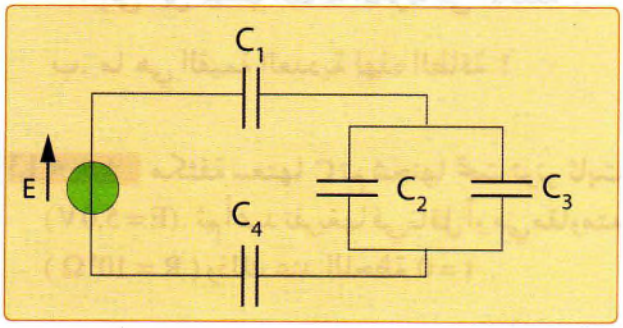


1. استعن بالبيان لحساب سعة المكثفة.
2. ما هي اللحظة t_1 التي يبلغ عندها التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة 15 V ؟
3. عند لحظة t_2 يكون التوتر بين طرفي المكثفة 30 V
   - ما هي العلاقة بين t_1 و t_2 ؟

★★★8 لدينا أربع مكثفات سعاتها:

$c_1 = 2\ \mu F$ ، $c_2 = 0{,}5\ \mu F$ ، $c_3 = 1{,}5\ \mu F$ ، $c_4 = 4\ \mu F$

تم ربطها كما بالشكل التالي:



نغذي الدارة بتوتر ثابت قيمته 100 V .

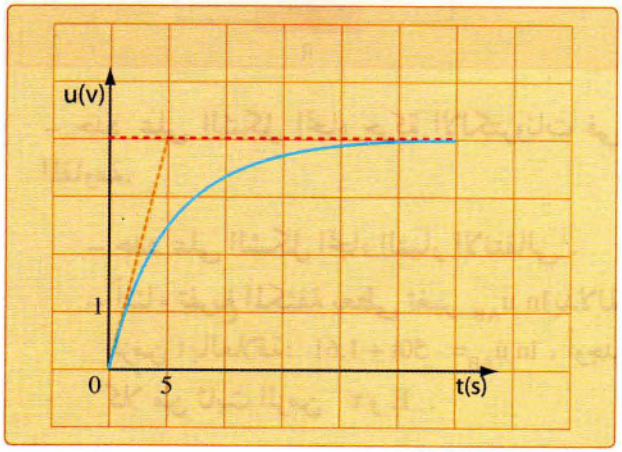
1. أوجد سعة المكثفة المكافئة.
2. أوجد شحنة المكثفة المكافئة q.
3. أوجد كمية الشحنة الموجودة على كل مكثفة على الترتيب q_1 ، q_2 ، q_3 ، q_4.

2. شحن وتفريغ مكثفة

★9 دراسة ثنائي قطب (R,C) .

1. حقق دارة كهربائية تسمح بشحن مكثفة تحت توتر ثابت بوجود مقاومة R واذكر عناصر الدارة.
2. بين بسهم اتجاه التيار على الدارة.
3. حدد بأسهم التوترات بين طرفي كل عنصر.
4. توصل إلى المعادلة التفاضلية لثنائي القطب RC .
5. حدد الطرق الثلاث لتحديد ثابت الزمن τ .
6. إذا كانت قيمة $\tau = 3\ s$ ، $R = 6\ k\Omega$ أحسب C .

★★10 نشحن بواسطة مولد (E,r = 0) مكثفة مربوطة على التسلسل مع مقاومة $R = 20\ k\Omega$. يمثل البيان التالي تغيرات التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة خلال الزمن .



1. عبر عن شدة التيار في كل لحظة بدلالة (u,R,E).
2. أكمل الجدول التالي :

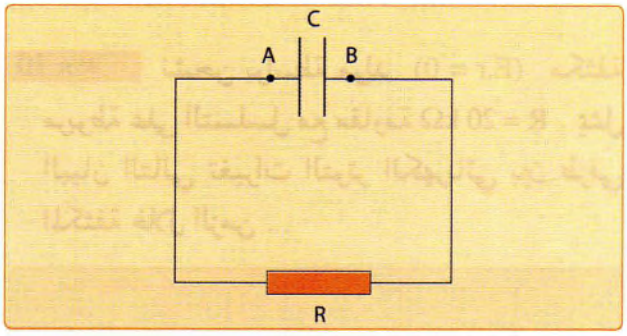
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

t(s)	0	5	10	15	20	25
i(A)						

1. عين بيانيا قيمة ثابت الزمن τ لثنائي القطب (RC)
2. أوجد قيمة C .
3. أرسم البيان i = f(t) .
4. كيف تتطور شدة التيار ؟

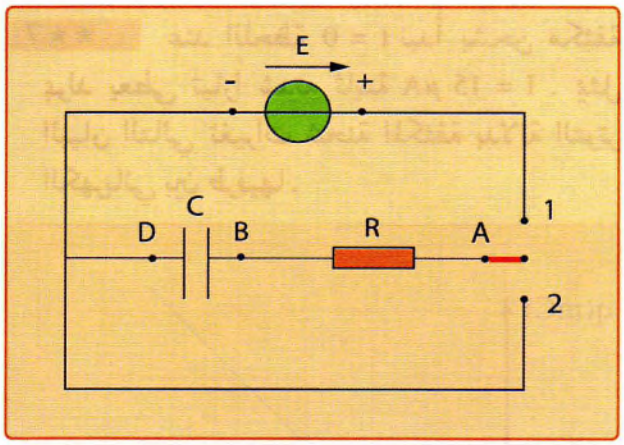
11 ★★ مكثفة مشحونة بواسطة مولد يعطي توترا ثابتا E، لبوساها A.B. يحمل اللبوس A شحنة $q_A = -1,2\ mC$

1. ما هي الشحنة التي يحملها اللبوس B ؟
2. ما هي إشارة التوتر u_{AB} ؟
3. نصل لبوسي المكثفة بناقل أومي مقاومته R كما بالشكل التالي:



- حدد على الشكل اتجاه حركة الالكترونات في المقاومة.
- حدد على الشكل اتجاه التيار الانتقالي .
- أثناء تفريغ المكثفة يعطى تغير $\ln u_{AB}$ بدلالة الزمن t بالعلاقة: $\ln u_{AB} = -50t + 1,61$ ، أوجد كلاً من ثابت الزمن τ و E .

12 ★★ تتألف دارة كهربائية من مولد للتوتر الثابت E = 6 V ومكثفة فارغة سعتها $C = 0,1\mu F$ ومقاومة $R = 100\ k\Omega$ كما بالشكل.



1. عند اللحظة t = 0 نضع البادلة في الوضع 1 فتبدأ عملية شحن المكثفة.

أ. استعمل قانون أوم وقانون جمع التوترات لكتابة المعادلة التفاضلية للدارة بدلالة $u_{BD} = u(t)$.

ب. تحقق أن حل هذه المعادلة من الشكل :

$u(t) = E + ae^{-bt}$ باختيار صحيح لـ b.

جـ. بين أن A = -E ثم أوجد قيمة τ .

2. أكمل الجدول التالي:

t(s)	0	τ	5τ
u_{BD}(v)			

3. أرسم البيان $u_{BD} = f(t)$.
4. نضع البادلة في الوضع 2 لتفريغ المكثفة .

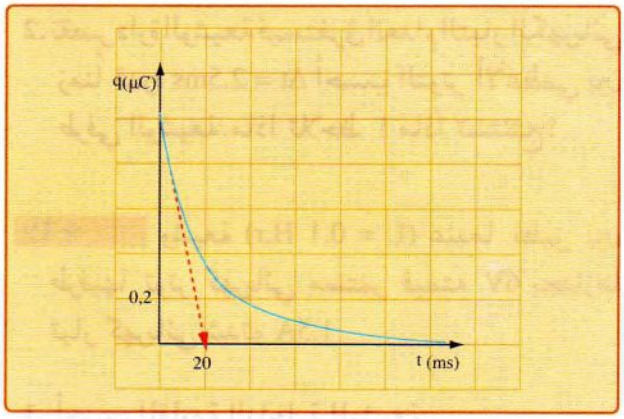
أ. إلى أين تذهب الطاقة المخزنة في المكثفة ؟

ب. ما هي القيمة العددية لهذه الطاقة ؟

13 ★★★ مكثفة سعتها C تم شحنها تحت توتر ثابت (E = 5,0 V). ثم أعيد تفريغها في ناقل أومي مقاومته ($R = 10^5\ \Omega$) وذلك عند اللحظة t = 0 .

يمثل البيان التالي تطورات شحنة المكثفة أثناء تفريغها.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



1. أكتب المعادلة التفاضلية للدارة بدلالة $q_{(t)}$ خلال التفريغ .

2. بيّن أن حلها هو $q_{(t)} = Q_0 e^{-t/\tau}$

3. برهن أن المماس للبيان عند المبدإ يقطع محور الأزمنة عند نقطة توافق $(t = \tau)$

4. عيّن بيانيا ثابت الزمن.

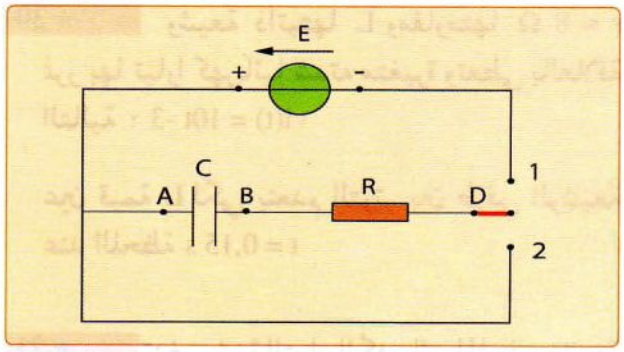
5. احسب سعة المكثفة C .

6. أحسب شحنة المكثفة عند اللحظتين $t = 0$، $t = 5\tau$.

7. احسب شدة التيار عند نفس اللحظتين السابقتين.

14 ★★★ لدينا مولد لتوتر ثابت $E = 100\ V$ مقاومته الداخلية مهملة،ناقل أومي مقاومته $R = 10\ k\Omega$، مكثفة سعتها $C = 0,5\ \mu F$، بادلة، أسلاك توصيل.

نحقق الدارة التالية :



1. نضع البادلة في الوضع (1) عند اللحظة $t = 0$ فتبدأ عملية شحن المكثفة .

أ. أوجد المعادلة التفاضلية للدارة $u_{AB} = f(t)$.

ب. تحقق أن حلها هو : $u_{AB} = E(1 - e^{-t/RC})$

جـ. مثل كيفياً تغيرات u_{AB} بدلالة الزمن.

د. ما هي دلالة نقطة تقاطع المماس للبيان عند المبدأ مع المستقيم $u_{AB} = E$.

هـ. أحسب ثابت الزمن لثنائي القطب R,C.

و. أحسب u_{AB} عند اللحظات $t_1 = \tau$، $t_2 = 5\tau$.

2. نضع البادلة في الوضع (2) عند اللحظة $t = 0$.

أ. أوجد المعادلة التفاضلية للدارة .

ب. أحسب u_{AB} من أجل $t_1 = 0$، $t_2 = \tau$، $t_3 = 5\tau$، $t \to \infty$

جـ. مثل تغيرات u_{AB} بدلالة الزمن.

3. الطاقة المخزنة في مكثفة

15 ★ مكثفة سعتها 2 mF تختزن طاقة كهربائية قدرها 1,5 J .

1. أحسب الشحنة الكهربائية الموجودة على كل لبوس.

2. أحسب التوتر الكهربائي بين لبوسيها .

16 ★★ مكثفة قيمة شحنتها الابتدائية 4 mC تم شحنها تحت توتر 12V .

1. أحسب الطاقة الكهربائية التي تخزنها.

2. كم تصبح طاقتها المخزنة لو ضاعفنا سعتها ؟

3. نفرغ المكثفة بناقل أومي مقاومته R، عبر عن الطاقة المخزنة في المكثفة بدلالة Q_0, C, t, τ.

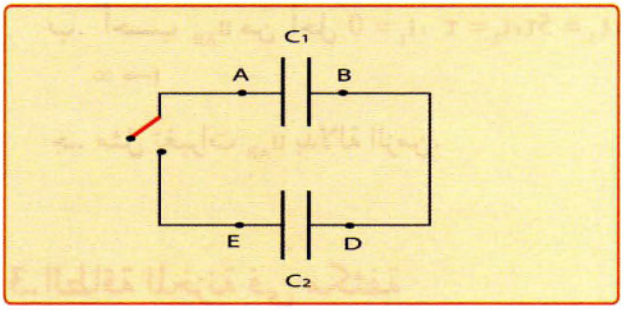
4. أوجد قيمة هذه الطاقة من أجل $t = \tau$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

17 ★★★ مكثفة لبوساها A,B سعتها $C_1 = 3,3\ \mu F$ شحنت تحت توتر قدره 24 V ، يحمل اللبوس A شحنة موجبة q_A .

1. أحسب الطاقة المخزنة في المكثفة.
2. نصل هذه المكثفة بأخرى غير مشحونة لبوساها E,D، سعتها $C_2 = 2.2\ \mu F$ كما بالشكل. عند غلق القاطعة يجتاز الدارة تيار انتقالي سريع حتى يتحقق التوازن الكهربائي. في هذه الحالة :

يحمل اللبوس A شحنة q'_A ، ويحمل اللبوس E شحنة q'_E.



أ. أكتب العلاقة بين q_A و q'_A و q'_E .

ب. أكتب العلاقة بين C_1 و C_2 و q'_A و q'_E .

3. أوجد القيمة العددية لكل من q'_A و q'_E.
4. أحسب الطاقة المخزنة في المكثفتين بعد ربطهما.
5. من السؤالين 1 و 3 يتضح أنه تم فقدان جزء من الطاقة بعد ربط المكثفين .

أ. على أي شكل فقدت هذه الطاقة و أين ؟

ب. ما هي كمية الطاقة الضائعة .

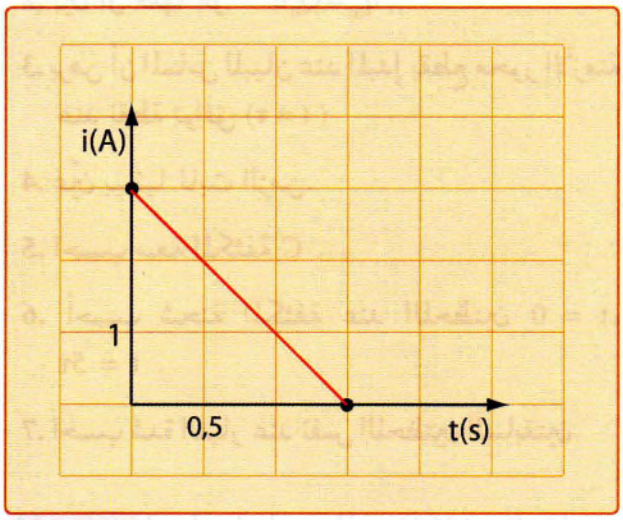
4 . خصائص وشيعة

18 ★ وشيعة مقاومتها $r = 6\ \Omega$ وذاتيتها $L = 1\ H$ يجتازها تيار كهربائي شدته ثابتة وتساوي 1,5A .

1. أحسب التوتر بين طرفي الوشيعة في النظام الدائم.
2. نقصر دارة الوشيعة فيستغرق انعدام التيار الكهربائي زمناً قدره $\Delta t = 2,5ms$ أحسب التوتر الأعظمي بين طرفي الوشيعة.ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج؟

19 ★ وشيعة $(L = 0,1\ H, r)$ عندما نطبق بين طرفيها توتر كهربائي مستمر قيمته 6V يجتازها تيار كهربائي شدته 1,5A

1. أحسب المقاومة الداخلية للوشيعة.
2. نمرر في الوشيعة تيارا كهربائيا تتغير شدته بدلالة الزمن وفق البيان التالي :



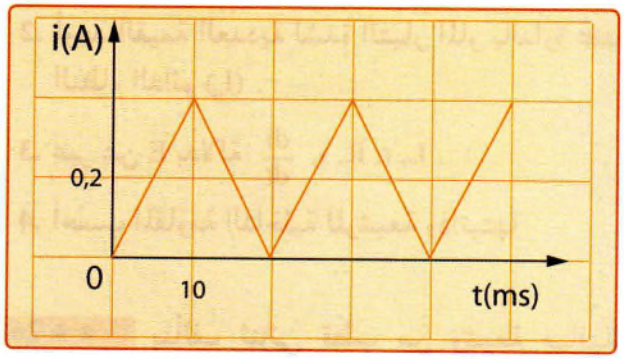
– أحسب التوتر بين طرفي الوشيعة عند اللحظة $t = 0,5s$.

20 ★ وشيعة ذاتيتها L ومقاومتها $r = 8\ \Omega$ نمرر بها تيارا كهربائيا شدته متغيرة وتعطى بالعلاقة التالية : $i(t) = 10t - 3$.

عين قيمة L لكي ينعدم التوتر بين طرفي الوشيعة عند اللحظة $t = 0,15\ s$

21 ★ تتغير شدة التيار الكهربائي المار في وشيعة صافية $(L, r = 0)$ كما في البيان التالي:

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

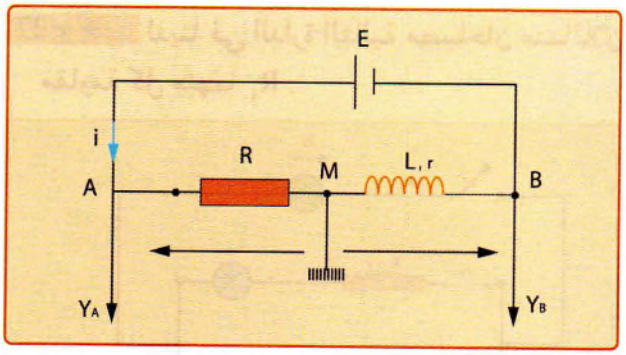


1. ماذا تقول عن التيار في الوشيعة؟

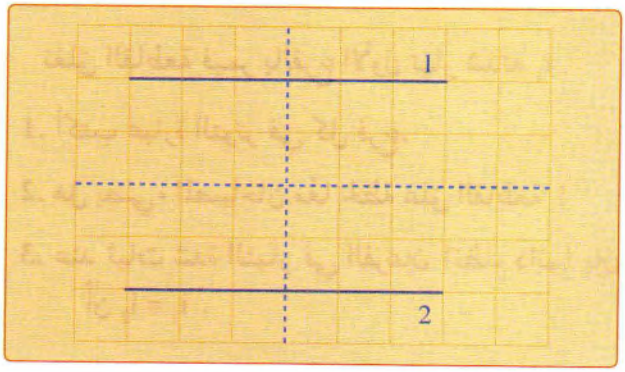
2. أكتب عبارة تغير شدة التيار بدلالة الزمن في المجالين التاليين: [0,10] ms , [10,20] ms

3. إذا كان التوتر بين طرفي الوشيعة 0,4 V عند اللحظة 10 ms أحسب ذاتية الوشيعة.

★★22 دارة كهربائية تضم على التسلسل وشيعة (L,r) وناقل أومي مقاومته R = r = 12 Ω. مولد توتر مستمر مقاومته الداخلية مهملة وقوته المحركة الكهربائية E . نصل الدارة إلى راسم اهتزازات كما بالشكل التالي :



يظهر على شاشة راسم الاهتزازات البيانين التاليين :



الحساسية الشاقولية: 3 V/div

1. ماذا يمثل كل بيان ؟علل.

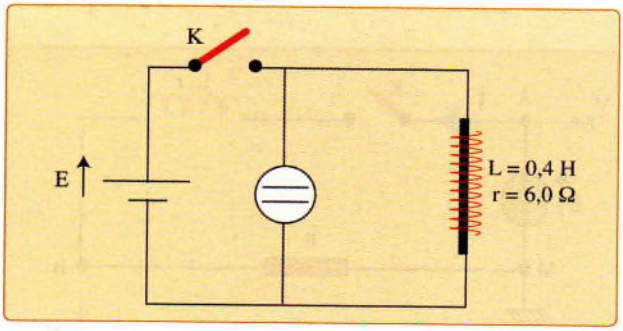
2. كيف تصرفت الوشيعة ؟علل.

3. أحسب شدة التيار المار بالدارة.

4. أحسب القوة المحركة الكهربائية للمولد.

4. تطور شدة التيار في وشيعة تحريضية

★23 في الدارة التالية لدينا مصباح نيون يضاء تحت توتر 220V، نغذي الدارة بمولد للتوتر المستمر قوته المحركة الكهربائية 12 V. نغلق القاطعة فيمر بالوشيعة تيار كهربائي شدته ثابتة 1,5A .

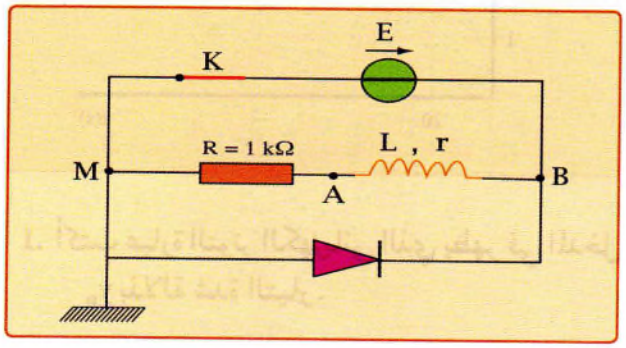


1. أحسب التوتر بين طرفي الوشيعة.

2. هل يضيء المصباح ؟ علل.

3. نفتح القاطعة فيضيء المصباح لمدة 0,002 5S أحسب التوتر الأعظمي بين طرفي الوشيعة.

★24 في الدارة التالية نقوم بغلق القاطعة ثم فتحها عند t = 0 :



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

إذا علمت أنه عند اللحظة t_1 كان التوتر بين طرفي المقاومة $u_R = 0{,}9\, u_0$ ، وعند اللحظة t_2 كان التوتر بين طرفي المقاومة $u_R = 0{,}1 u_0$.

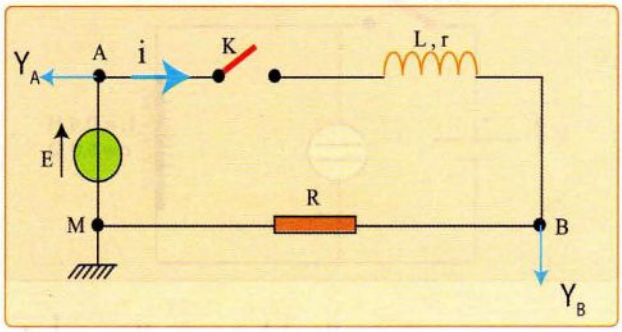
1. كيف تتغير شدة التيار في الدارة عند فتح القاطعة مع مرور الزمن ؟

2. إذا كان $t_2 - t_1 = 1{,}65$ ms

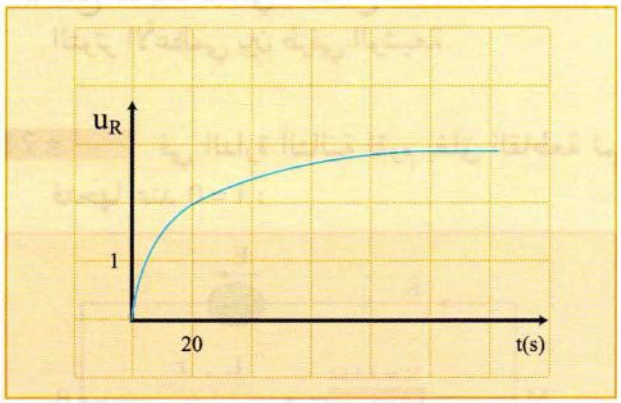
أ. أحسب ثابت الزمن للدارة τ.

ب. أحسب ذاتية الوشيعة L .

★25 في التركيب التالي لدينا دارة تشتمل على التسلسل وشيعة (L,r)، ناقل أومي مقاومته $R = 50\ \Omega$، مولد توتر مستمر مثالي $E = 3{,}8$ V ، راسم اهتزازات وقاطعة.



عند اللحظة $t = 0$ نغلق القاطعة فيظهر في المدخل y_B البيان التالي :



1. أكتب عبارة التوتر الكهربائي الذي يظهر في المدخل y_B بدلالة شدة التيار.

2. أوجد القيمة العددية لشدة التيار المار بالدارة عند النظام الدائم (I_0) .

3. عبر عن E بدلالة $\frac{di}{dt}$ ، L, r, R, i .

4. أحسب المقاومة الداخلية للوشيعة وذاتيتها

★★26 يتألف ثنائي قطب من وشيعة صافية ذاتيتها L وناقل أومي مقاومته R متغيرة ومولد مثالي لتوتر مستمر $E = 6{,}0$ V.

1. أوجد المعادلة التفاضلية لشدة التيار المارة بثنائي القطب (R,L) خلال تطوره نحو قيمة ثابتة غير معدومة.

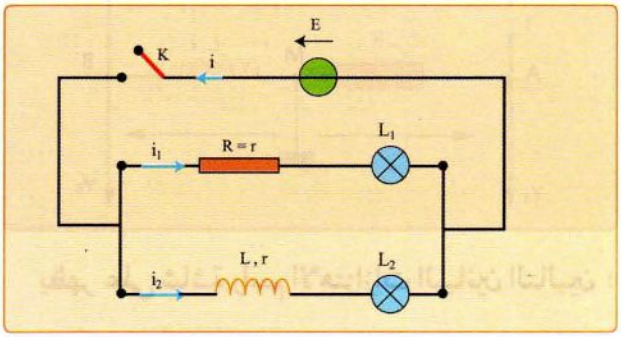
2. إذا كانت عبارة شدة التيار المارة بثنائي القطب بدلالة الزمن من الشكل : $i(t) = a + be^{-\alpha t}$

أثبت أن $\alpha = \frac{R}{L}$ ، $a = -b = \frac{E}{R}$.

3. أحسب الشدة العظمى للتيار من أجل $R = 12\ \Omega$.

4. أحسب ثابت الزمن τ.

★★27 لدينا في الدارة التالية مصباحان متماثلان مقاومة كل منهما R_1 .



نغلق القاطعة فيمر بالفرع الأول تيار شدته i_1 .

1. أكتب عبارة التوتر في كل فرع.

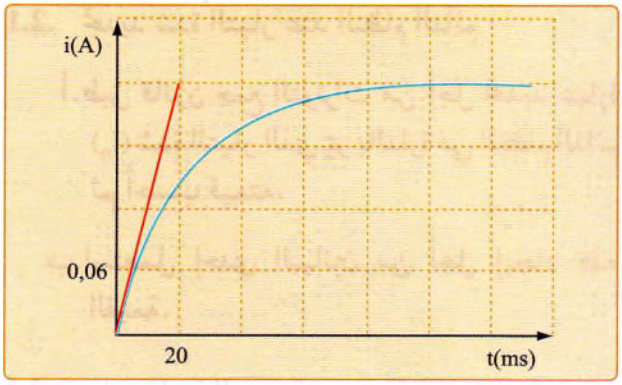
2. هل يضيء المصباحان معًا لحظة غلق القاطعة ؟

3. عند ثبات شدة التيار في الفرعين (نظام دائم) بين أن $i_1 = i_2$.

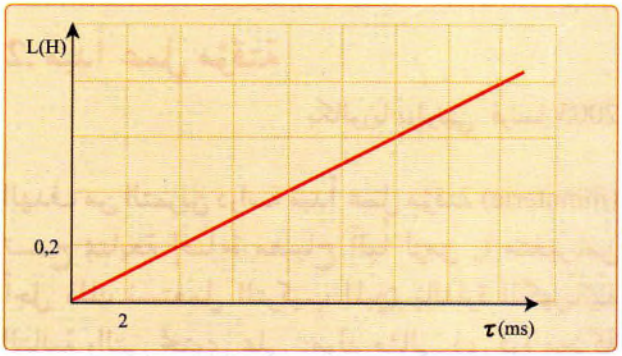
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

4. اقترح وسيلة عملية للتحقق من أن $i_1 = i_2$ في هذه الحالة.

★★★28 دارة كهربائية تضم على التسلسل وشيعة (L, r)، وناقل أومي مقاومته $R = 35\ \Omega$ ، مولد توتر مستمر مقاومته الداخلية مهملة وقوته المحركة الكهربائية $E = 12\ V$، قاطعة. نغلق القاطعة عند اللحظة $t = 0$ ونتابع تطورات شدة التيار المار بالدارة خلال الزمن نحصل على البيان التالي:



1. مثل مخطط الدارة.
2. أكتب العبارة الحرفية لشدة التيار المار بالدارة في النظام الدائم واحسب قيمته العددية ثم أحسب r.
3. أوجد من البيان قيمة ثابت الزمن τ واحسب L.
4. من أجل عدة قيم مختلفة لذاتية الوشيعة نحصل على قيم موافقة لثابت الزمن ممثلة في البيان التالي:



أ. أكتب العبارة البيانية.

ب. من الدراسة النظرية عبر عن τ بدلالة (L,r,R)

جـ. هل نتائج هذه التجربة تتفق مع المعطيات ؟

4. الطاقة المخزنة في وشيعة

★29 وشيعة ذاتيتها $L = 0,1H$ ومقاومتها الداخلية (r) تعطى شدة التيار المار في هذه الوشيعة خلال تطوره نحو قيمة ثابتة بالعلاقة التالية :

$$t(s)\ ,\ i(A)\ ,\ i = 1,2(1-e^{-2t})$$

1. أوجد قيمة شدة التيار عند اللحظة $t = 0$ ، هل تخزن الوشيعة طاقة عندها ؟
2. أوجد قيمة الطاقة المتولدة في الوشيعة عندما

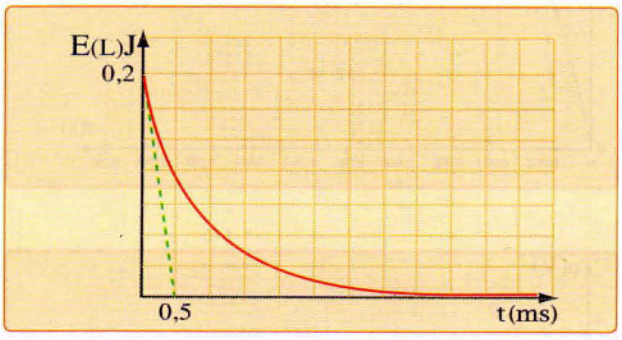
$$t = \tau \quad \text{و} \quad t \longrightarrow \infty$$

3. أوجد قيمة مقاومة الوشيعة.

★★★30 تعطى المعادلة التفاضلية لتطور شدة التيار في ثنائي القطب (R,L) نحو قيمة ثابتة معدومة بالعلاقة التالية :

$$\frac{di}{dt} + \frac{R}{L}\, i\,(t) = 0$$

1. أكتب حل هذه المعادلة.
2. يمثل البيان التالي تغيرات الطاقة المخزنة في الوشيعة بدلالة الزمن. عبر عن الطاقة المخزنة في الوشيعة في كل لحظة بدالة t ، τ ، I_0 ، L



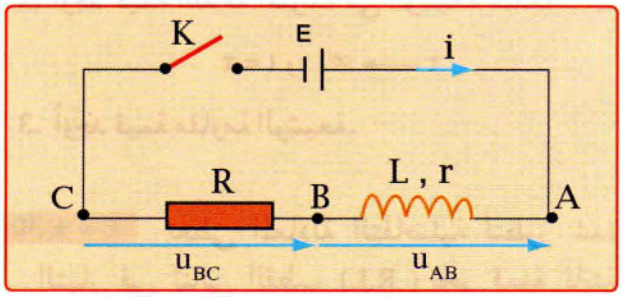
3. برهن أن المماس للبيان عند المبدإ يقطع محور الأزمنة في نقطة توافق $t = \frac{\tau}{2}$
4. أوجد ذاتية الوشيعة حيث $R = 100\ \Omega$
5. برهن أن الزمن اللازم لتناقص الطاقة إلى النصف $(t_{1/2})$ يعطى بالعلاقة $t_{1/2} = \frac{\tau}{2}\ln 2$ واحسب قيمته.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

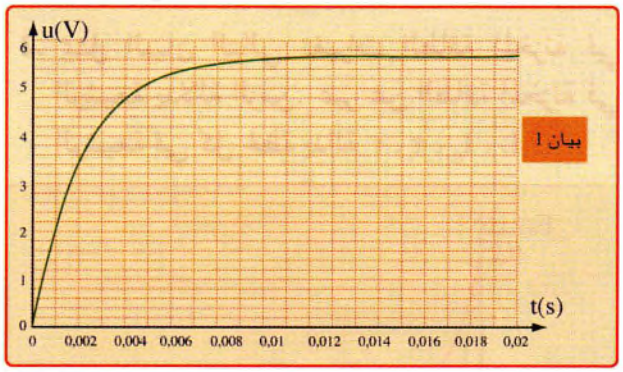
1. دراسة ثنائي القطب RL

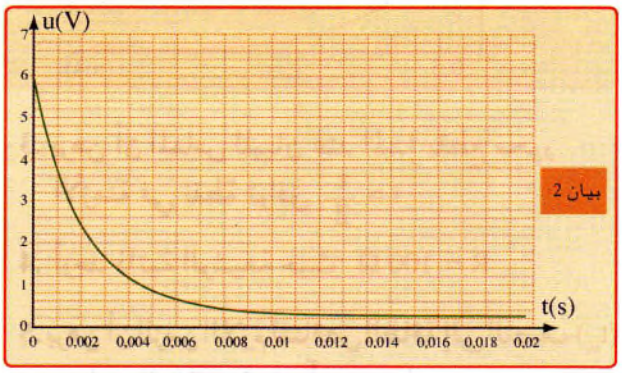
بكالوريا بوندي شيري 2005

دارة كهربائية تحتوي على التسلسل : مولد مثالي لتوتر مستمر، قوته المحركة الكهربائية (E = 6,00 V)، قاطعة، وشيعة ذاتيتها (L) ومقاومتها r =10,0 Ω، وناقل أومي مقاومته R=200 Ω. حاسوب مع واجهة دخول تسمح بمشاهدة التوترين u_{AB} و u_{BC} بدلالة الزمن.
مخطط الدارة التالي يبين توجيه التوترات في الدارة.



عند اللحظة(t = 0) نغلق القاطعة، بواسطة بطاقة المعلومات يمكن الحصول على بيانين (1) و (2).





1.1. دراسة المخطط

أ. هل يمكن تعويض الكمبيوتر وواجهة الدخول بجهاز آخر من أجل مشاهدة الظاهرة ؟ ما هو؟

ب.أعط عبارة التوتر u_{AB} بدلالة i و $\frac{di}{dt}$.

جـ.أعط عبارة التوتر u_{BC} بدلالة i .

د.أنسب البيانين (1) و(2) للتوترين u_{AB} و u_{BC} .علل.

2.1. تحديد شدة التيار عند النظام الدائم

أ.طبق قانون جمع التوترات من أجل تحديد عبارة (I_0) شدة التيار الذي يمر بالدارة في النظام الدائم ثم أحسب قيمته.

ب.استعمل إحدى البيانين من أجل إيجاد هذه القيمة.

3.1. حساب ذاتية الوشيعة

أ.استعمل واحد من البيانين لحساب ثابت الزمن للدارة،واذكر الطريقة التي اتبعتها.

ب.أعط عبارة ثابت الزمن (τ) للدارة وبين أنه متجانس مع الزمن.

جـ.انطلاقاً من قيمة τ أحسب ذاتية الوشيعة.

2. مبدأ عمل مؤقتة

بكالوريا بولونيي فرنسا 2005

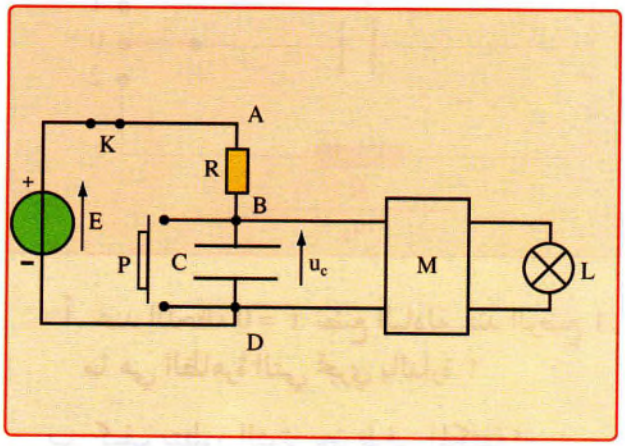
الهدف من التمرين دراسة مبدأ عمل مؤقتة (minuterie) تسمح بمتابعة إضاءة مصباح آلياً لزمن t_0 متغير.من أجل ذلك نستعمل التركيب المبين بالدارة الكهربائية التالية والتي تحتوي على :مولد مثالي ذي قوة محركة كهربائية E = 30V، قاطعة K، ناقل أومي مقاومته R، مكثفة سعتها C، ضاغطة (P) تلعب دور قاطعة تنغلق فقط عندما نضغط عليها ،مركب إلكتروني (M) يسمح بإضاءة مصباح (L)، لغاية توتر بين طرفي المكثفة أدنى

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

من توتر محدود (من خصائص الجهاز)، نأخذ u_ℓ (في ثابتا في كل التمرين ويساوي 20 V. الجهاز الكهربائي (M) يخضع لتغذية كهربائية ذاتية (غير مبينة على المخطط) ويولد طاقة كافية لإضاءة المصباح(ℓ) .

ومنه نقبل أن المركب (M) لا يؤثر على عمل الدارة، أي أن التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة نفسه في حالة وجود (M) في الدارة أو غيابه.

عند اللحظة $t = 0$ المكثفة فارغة، نغلق القاطعة K، والضاغطة P مفتوحة (أنظر المخطط).



1.2. بواسطة راسم اهتزازات بذاكرة، بين كيفية توصيله بالدارة وذلك على المخطط.

2.2. بين أن المعادلة التفاضلية لتغير التوتر بين طرفي المكثفة بدلالة الزمن هي من الشكل:

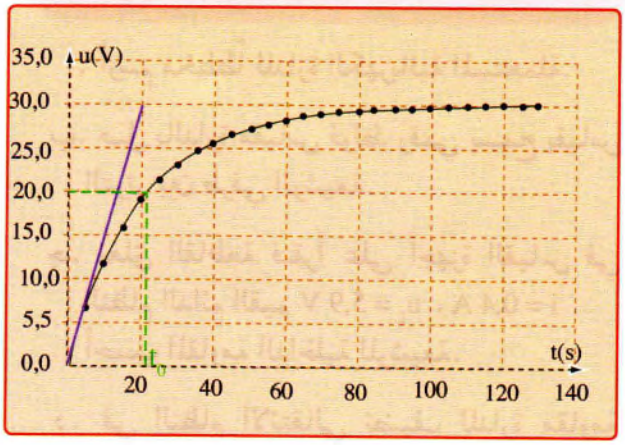
$$u(t) + RC\frac{du(t)}{dt} = E$$

3.2. أ. تحقق أن $u(t) = E(1-e^{-t/\tau})$ هو حل لهذه المعادلة التفاضلية.

ب. ما هي قيمة التوتر u(t) في النظام الدائم؟

جـ. ما هو اسم الثابت τ؟ أعط وحدته باستخدام التحليل البعدي.

4.2. يعطى بيان تطور u(t) بدلالة الزمن في البيان التالي :



اعتماداً على البيان ودون تعليل أعط :

- قيمة التوتر E.
- قيمة الثابت τ .
- المجال الزمني للنظام الانتقالي والنظام الدائم.

5.2. أحسب قيمة الثابت τ من أجل $R = 100\ k\Omega$ و $C = 200\mu F$

6.2. أ. أعط العبارة الحرفية للزمن t_0 عندما يقترب التوتر بين طرفي المكثفة من التوتر $u(\ell)$.

ب. تطبيق عددي :

$E = 30V$ ، $u(\ell)=20V$ ، $\tau = 0,02\ s$.

جـ. نثبت $u(\ell) = 20,0V$ من أجل الحصول على زمن الإضاءة t_0 قريب من τ . إن اختيار t_0 أكبر بكثير من τ هو اختيار غير سليم لمثل هذا التركيب ما هو السبب؟

3. تصرف وشيعة في دارة كهربائية

بكالوريا فرنسا ماوراء البحار 2002

دارة كهربائية تحتوي على التسلسل وشيعة (L = 0,250 H,r) ومولد مثالي للتوتر الثابت E = 6,0 V ومقياس أمبير رقمي مقاومته الداخلية مهملة، وقاطعة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

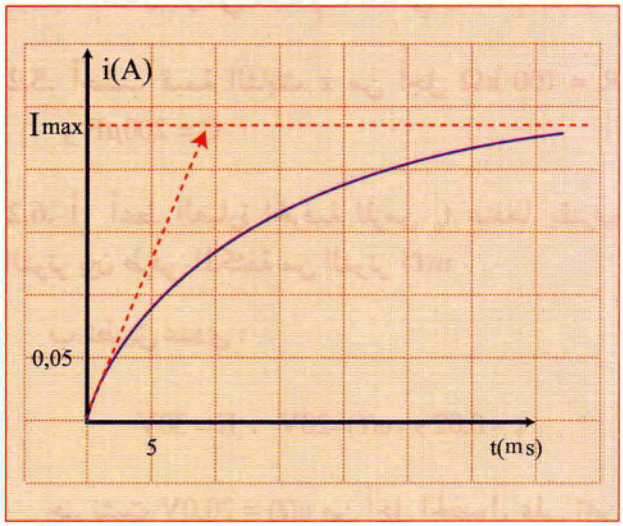
أ. أرسم مخططاً للدارة الكهربائية المستعملة.

ب. صل بالدارة مقياس فولط رقمي يسمح بقياس التوتر بين طرفي الوشيعة.

جـ. نغلق القاطعة فنقرأ على أجهزة القياس في النظام الدائم القيم $u_L = 5,9\ V$ ، $i = 0,4\ A$.
أحسب المقاومة الداخلية للوشيعة.

د. في النظام الانتقالي نضيف للدارة مقاومة $R = 10,0\ \Omega$.
ما هي الظاهرة الملاحظة في الدارة ؟

هـ. على المخطط بين كيفية توصيل راسم الاهتزاز لمشاهدة $i = f(t)$.



و. عين بيانياً ثابت الزمن للدارة (R,L) . عبر عن τ بدلالة R, r, L وبين أنه متجانس مع الزمن.

ز. أحسب مقاومة الوشيعة.

حـ. عند اللحظة $t = 5\tau$ تصل شدة التيار إلى قيمة عظمى .

– ما هو النظام القائم في الوشيعة ؟

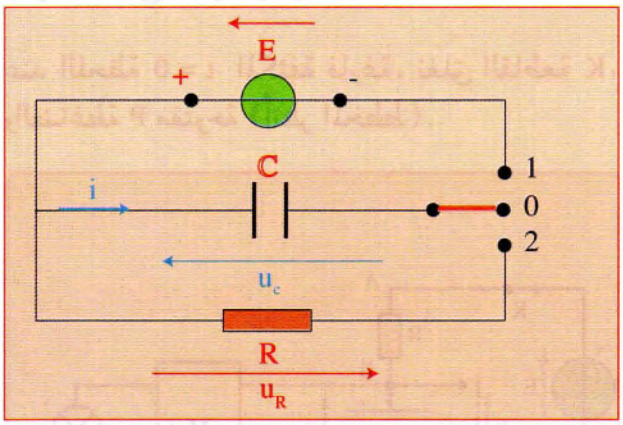
– عبر عن r بدلالة E, R, I_{max} واحسب قيمتها .

– أحسب الطاقة المخزنة في الوشيعة في النظام القائم.

4. دراسة ثنائي القطب RC

عن بكالوريا آسيا 2004

في الدارة التالية لدينا مولد توتر ثابت $E = 6,0\ V$، ناقل أومي مقاومته $R = 1,0\ k\Omega$ ومكثفة سعتها $C = 4,7\ \mu F$.



أ. عند اللحظة $t = 0$ نضع البادلة عند الوضع 1.
ما هي الظاهرة التي تجري بالدارة ؟

ب. كيف يتطور التوتر بين طرفي المكثفة؟

جـ. عبر عن شحنة المكثفة في لحظة t بدلالة

q_0, R, C, t

د. أحسب الشحنة العظمى للمكثفة .

هـ. في أي لحظة تصل قيمة شحنة المكثفة إلى نصف قيمتها العظمى ؟

و. نقلب البادلة إلى الوضع 2 ماذا يحدث للمكثفة ؟

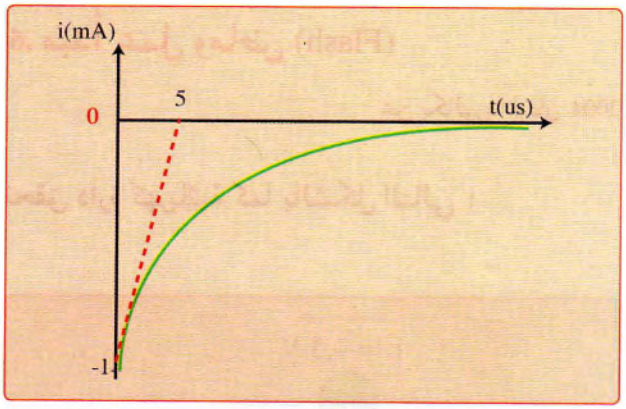
ز. باستخدام قانون التوترات بين أن المعادلة التفاضلية للدارة هي: $u(t) + RC\frac{du}{dt} = 0$.

حـ. هل حل هذه المعادلة من الشكل

$u(t) = E(1-e^{-t/RC})$ ؟

ط. يمثل البيان التالي تطور شدة التيار بدلالة الزمن

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



– عين بيانياً قيمة ثابت زمن الدارة .

– عين اللحظة التي يكون عندها $i = -0,2I_0$

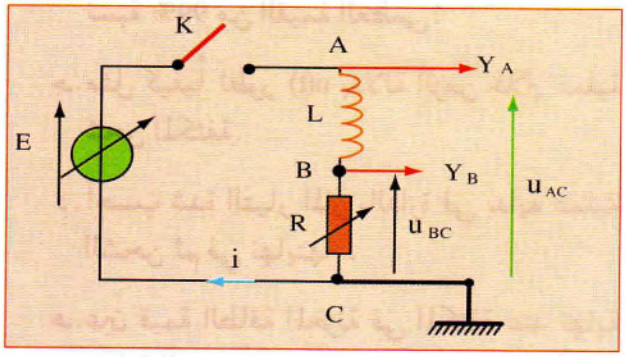
– ما هي قيمة التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة عندها ؟

5. تطور التيار في ثنائي القطب RL

بكالوريا أمريكا الجنوبية 2005

1.5. الدراسة التجريبية :

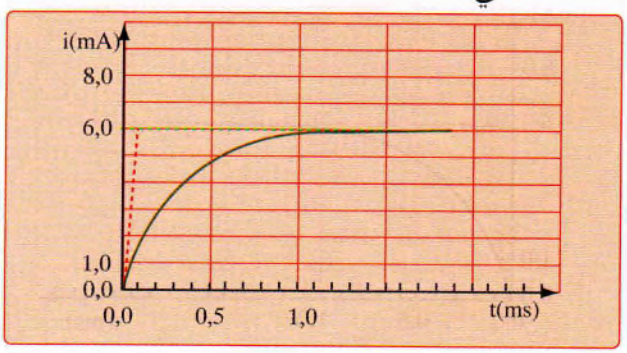
لدراسة تطور التيار في ثنائي قطب يحتوي على وشيعة دون نواة ذاتيتها L = 0,10H ومقاومتها الداخلية مهملة أمام R وناقل أومي مقاومته R = 1,0 kΩ يخضع لتوتر ذي مستوى ثابت قيمته E = 6,0 V نحقق التركيب التالي :



عند اللحظة t = 0 نغلق القاطعة K .

أ. لمتابعة تطور شدة التيار المار بالدارة بدلالة الزمن ما هو التوتر الذي يجب تسجيله وما هي العملية التي تطلبها من الحبكة الإعلامية لتنفيذ ذلك ؟ برر إجابتك

ب. بعد تنفيذ العملية السابقة نحصل على البيان التالي:



– من البيان أوجد قيمة I شدة التيار في النظام الدائم واشرح الطريقة المتبعة.

– أوجد بيانياً قيمة ثابت الزمن.

– هل هذه القيمة تتفق مع المعطيات النظرية للتمرين ؟ برر إجابتك .

2.5. الدراسة التحليلية :

أ. أنشئ المعادلة التفاضلية بدلالة التيار i و $\frac{di}{dt}$.

ب. عين عبارة الشدة في النظام الدائم واحسب هذه القيمة.

3.5. تأثير العوامل المختلفة.

نجري عدة تجارب وفي كل مرة نغير أحد العوامل (L,R,E) ونسجل النتائج في الجدول التالي:

	L(H)	R(kΩ)	E(V)
تجربة 1	0,10	1,0	6,0
تجربة 2	0,10	1,0	12,0
تجربة 3	0,10	0,50	6,0
تجربة 4	0,20	1,0	6,0

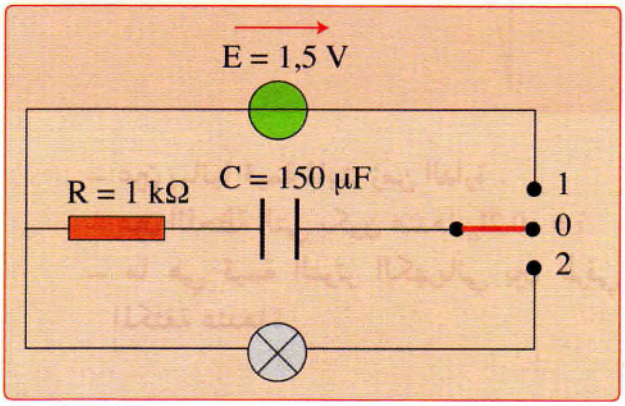
من أجل كل تجربة لدينا بيان يمثل تطور i بدلالة الزمن. حدد البيان الموافق لكل تجربة مع التعليل

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

6. مبدأ عمل وماض (Flash)

عن بكالوريا لبنان 2004

نحقق دارة كهربائية كما بالشكل التالي :



1.6. نشحن المكثفة بنقل البادلة إلى الوضع 1 فيتم شحنها تحت توتر قدره u = 300 V . نقلب البادلة إلى الوضع 2 فتتفرغ المكثفة عبر أنبوب الوماض الذي مقاومته r .

أ. عرف ثابت الزمن لدارة الشحن واحسب قيمته العددية.

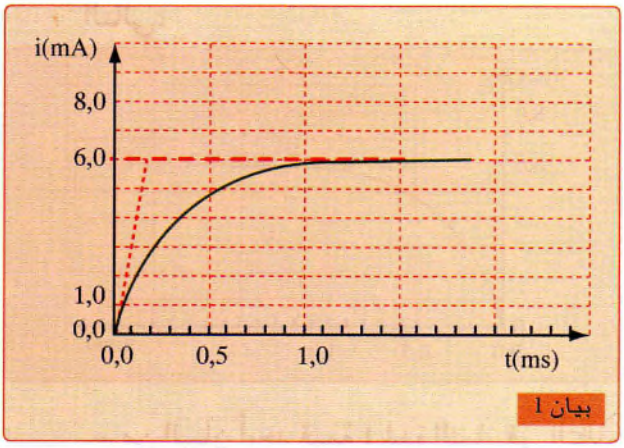
ب. هل الزمن 0,60 s يكفي لتبلغ عملية الشحن نسبة 99% من القيمة العظمى؟

جـ. مثل كيفياً تطور u(t) بدلالة الزمن خلال عملية شحن المكثفة.

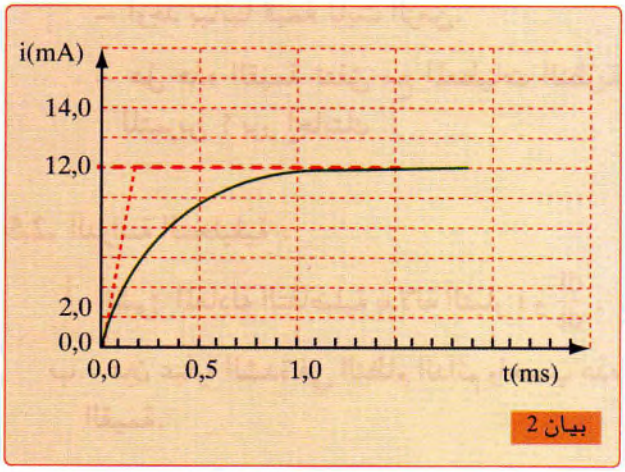
د. أحسب شدة التيار المار بالدارة في بداية عملية الشحن ثم في نهايتها .

هـ. عين قيمة الطاقة المخزنة في المكثفة عند نهاية عملية الشحن .

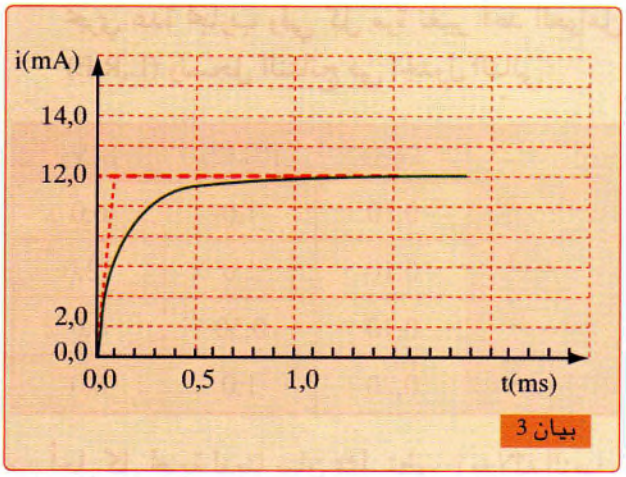
و. هل يمكن الحصول على نفس الطاقة لو استعملنا لشحن المكثفة بطارية قوتها المحركة الكهربائية E = 4,5 V ؟



بيان 1



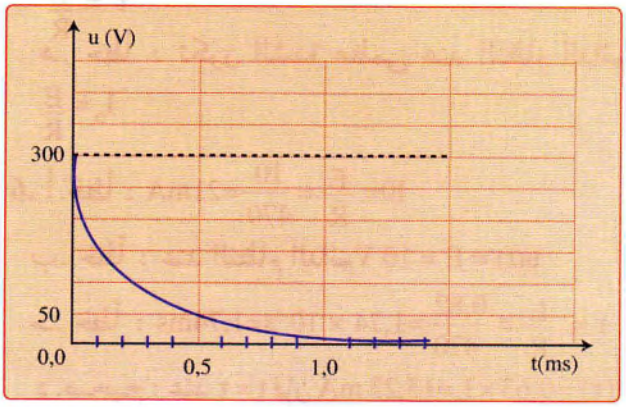
بيان 2



بيان 3

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2.6. عند اللحظة $t = 0$ نفرغ المكثفة ونتابع تطورات التوتر u بين طرفي المكثفة خلال الزمن .نحصل على البيان التالي .



أ. أحسب ثابت زمن الدارة (τ') خلال تفريغها وقارن بين τ و τ' .

ب. أحسب r المقاومة الداخلية للوماض .

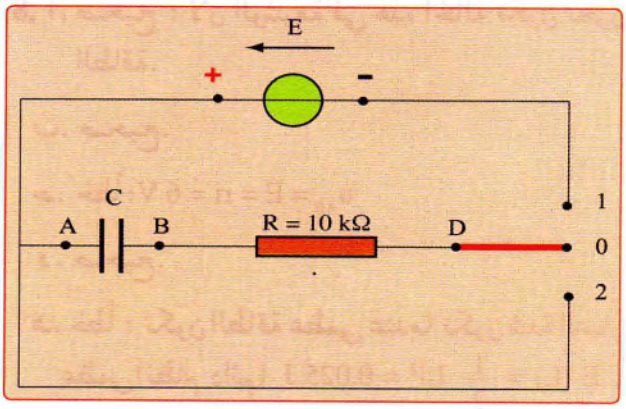
جـ. أوجد المعادلة التفاضلية للدارة معطاة بواسطة $u(t)$ التوتر بين طرفي المكثفة .

د. حل هذه المعادلة التفاضلية من الشكل : $u(t) = Ae^{-t/\tau}$ عين قيمة A .

7. ثنائي قطب RC

عن بكالوريا

لدينا الدارة التالية :



المكثفة مشحونة بداية.

1. أين يجب وضع القاطعة لتفريغ المكثفة ؟

2. صل الدارة براسم اهتزازات مهبطي للحصول على تغيرات u_{AB}= u_c=f(t) .مثل كيفيا هذا البيان.

3. ما هي العلاقة بين u_R , u_c .

4. المعادلة التفاضلية أثناء تفريغ المكثفة هي من الشكل:

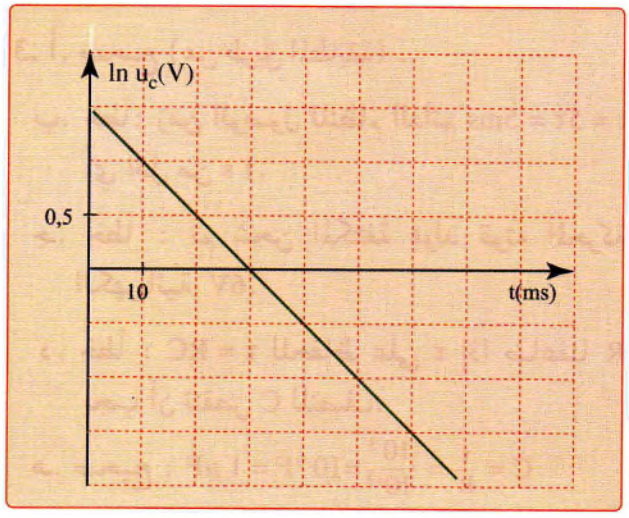
$$\alpha \frac{du(t)}{dt} + u(t) = 0$$

أ. ماذا يمثل المعامل α ؟ ما هي وحدة قياسه ؟علل

ب. اختر الحل الصحيح لهذه المعادلة مما يلي:

$u(t)=E\,e^{-t/\alpha}$، $u(t)=E\,e^{-\alpha/t}$، $u(t)=E\,e^{-\alpha t}$

جـ.يمثل البيان التالي تغيرات : $\ln u_c$ بدلالة الزمن أي $\ln u_c = f(t)$.



5. أكتب العبارة البيانية.

6. أوجد قيمة ثابت الزمن τ واحسب C .

7. أوجد قيمة E القوة المحركة للمولد المستعمل.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تصحيح

تصحيح فحص التقويم الذاتي

1. أ. خطأ :يكون تغير التوتر بين طرفي المكثفة خلال الشحن رتيباً.

ب. خطأ: عندما يحمل اللبوس A شحنة $+q_A$ فأن اللبوس B يحمل شحنة $q_B=-q_A$.

ج. صحيح.

د. صحيح .

هـ. خطأ : $q_A=Cu_{AB}$

2. أ. صحيح

ب. صحيح

ج. خطأ : $\Delta q = I_0 \Delta t = 0,05 \times 20 = 1,0 \text{ mC}$

د. صحيح

هـ. خطأ :

$$E(C) = \frac{1}{2} qu(t) = \frac{1}{2} \times 1,0 \times 10^{-3} \times 25 = 12,5 \times 10^{-3} J$$

3. أ. صحيح (عن طريق المطابقة) .

ب. خطأ: زمن الوصول للنظام الدائم $t = 5\tau = 5ms$ أي أقل من 1 s.

ج. خطأ : تم شحن المكثفة بمولد قوته المحركة الكهربائية 6V.

د. خطأ : $\tau = RC$ للحفاظ على τ إذا ضاعفنا R يجب أن ننقص C للنصف.

هـ. صحيح : $C = \frac{\tau}{R} = \frac{10^{-3}}{10^{+3}} = 10^{-6} F = 1 \mu F$

4. أ. خطأ لأنه خلال التفريغ يكون $u(t) = E\, e^{-t/\tau}$

ب. خطأ : لأنه عند $t = 0$ يكون $u(0) = E$

ج. صحيح : $\tau = RC = 5 \text{ ms}$

د. صحيح : $t = 5\tau = 25 \text{ ms}$

هـ. خطأ : $u(\tau) = 0,37E = 0,37 \times 6 = 2,22 \text{ V}$

5. أ. صحيح : لأن $u(t) = E(1- e^{-t/\tau})$ دالة أسية.

ب. خطأ : $i(t)=I_0(1- e^{-t/\tau})$

ج. صحيح : عند $t = 0$ فإن $i(0) = I_0(1 - 1) = 0$

د.خطأ : كلما ازدادت R تنافصت قيمة τ لأن $\tau = \frac{L}{R}$

هـ. خطأ : تكون الشدة عظمى عند النظام الدائم $I_0 = \frac{E}{R}$

6. أ.خطأ : $I0 = \frac{E}{R} = \frac{10}{470} = 21mA$

ب. خطأ : عند النظام الدائم $u(t) = E = 10 V$

ج. خطأ : $\tau = \frac{L}{R} = \frac{0,82}{470} = 1,74 \times 10^{-3} s = 1,74 ms$

د.صحيح : عند $t = \tau$ فإن $i(\tau) = 0,63 \times I_0 = 13,23 \text{ mA}$

هـ. صحيح : $t = 5\tau$ فإن $i(5\tau) = 0,99 \times I_0 = 20,8 \text{ mA}$

7. أ. خطأ : تطور التيار نحو قيمة ثابتة معدومة يكون تدريجياً.

ب. صحيح : $u(R,L) = L\frac{di}{dt} + Ri$

عند النظام الدائم $\frac{di}{dt} = 0$ و $i=0$ لذا $u(R,L)= 0$

ج.خطأ: $u(R) = Ee^{-t/\tau}$

د. صحيح : لأنه كلما ازدادت الذاتية كانت الطاقة المخزنة في الوشيعة أكثر لذا تستغرق زمناً أطول في انعدام طاقتها أي الوصول للنظام الدائم لذا $\tau = \frac{L}{R}$

هـ. خطأ : $0,37E = Ee^{-t/\tau}$ ومنه $\ln 0,37 = \frac{-t}{\tau}$ ومنه $t = \tau$

8. أ. صحيح : لأن الوشيعة في هذه الحالة تكون تخزن الطاقة.

ب. صحيح.

ج. خطأ: $u_{AB} = E = ri = 6 V$

د. صحيح.

هـ. خطأ : تكون الطاقة عظمى عندما تكون شدة التيار عظمى(نظام دائم) $E(L) = \frac{1}{2} Li^2 = 0,025 J$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تصحيح بعض التمارين

تمرين 2 :

1. $q(t) = 2 \times 10^{-4} C$
2. $u = 80V$

تمرين 5 :

1. على التفرع لأن $C_{eq} > C_1$ ؛
2. $n = \frac{C_{eq}}{C_1} = 50$
3. $q_{eq} = 5 \times 10^{-3} \times 40 = 0,2\ C$

تمرين 7 :

1. $C = 2 \times 10^{-4} F$
2. $t_1 = 200s$
3. $\frac{q_2}{q_1} = \frac{t_2}{t_1}$ منه $t_2 = 2\ t_1$

تمرين 8 :

1. $C = 0,8\ \mu F$
2. $q = 80\ \mu C$
3. $q_3 = 60\ \mu C$ ، $q_1 = q_4 = 80\ \mu C$ ، $q_2 = 20\ \mu C$.

تمرين 11 :

1. $q_B = -q_A = +1,2\ mC$
2. $u_{AB} < 0$
3. $\tau = 0,02\ s$ و $E = 5V$

تمرين 12 :

1. $\frac{du(t)}{dt} + \frac{1}{RC} u(t) = \frac{E}{RC}$
2.

t(s)	0	τ	5τ
u_{BD}(V)	6,00	3,78	0,00

$\tau = 0,01s$

3. تضيع الطاقة في المقاومات على شكل حرارة بفعل جول.

$E(c) = 1,8 \times 10^{-6} J$

تمرين 13 :

1. $\frac{dq}{dt} + \frac{1}{RC} q(t) = 0$
4. $\tau = 0,02\ s$
5. $C = 2 \times 10\text{-}7\ C$
6. $q(0) = Q_0 = 1 \times 10^{-6}\ C$

$q(5\tau) = Q_0 e^{-5} = 1 \times 10^{-6} \times 6,7 \times 10^{-3} = 6,7 \times 10^{-9} C$

7. $i(0) = -\frac{dq_A}{dt} = +\frac{Q_0}{\tau} e^0 = \frac{Q_0}{\tau} = 0,5 \times 10^{-4} A$

$i(5\tau) = \frac{Q_0}{\tau} e^{-5} = 3,35 \times 10^{-7} A$

تمرين 15 :

1. $E(c) = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = 1,5$

$q = 0,077\ C$

2. $u(t) = \frac{q(t)}{C} = \frac{0,077}{0,002} = 38,5V$

تمرين 22 :

1. بيان 1 يمثل u_{AM} وبيان 2 يمثل u_{BM}
2. تصرفت الوشيعة كناقل أومي لأن u_{BM} خطي
3. $i = 0,5A$
4. $E = 12V$

تمرين 24 :

1. $\tau = 0,75s$
2. $L = 0,75\ H$

تمرين 25 :

1. $u_{BM} = Ri$
2. $I_0 = 0,06A$
3. $E = L\frac{di}{dt} + (R+r)i$
4. $-3,8 = (50+r)\ 0,06$

$r = 13,33\ \Omega$

$\tau = 20\ ms$

$\tau = L/R+r$ ومنه $L = \tau(R+r) = 1,26H$

تمرين 28 :

1. $E = (R+r)I_0$

$I_0 = 4 \times 0,06 = 0,24A$ ومنه $r = 15\Omega$

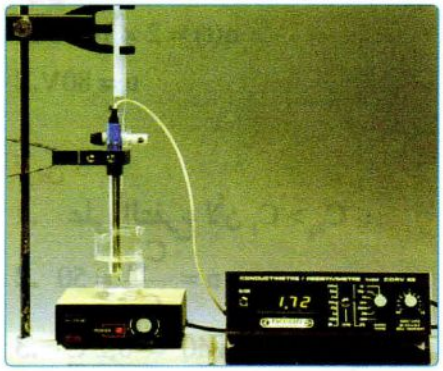
3. من البيان $\tau = 0,02s$

4. العبارة البيانية $\tau = aL$

العبارة النظرية $\tau = \frac{L}{R+r}$

نعم، لأن ميل البيان يمثل $R + r = 50$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



جهاز قياس الناقلية يسمح بإجراء المعايرة

- عند برونستد

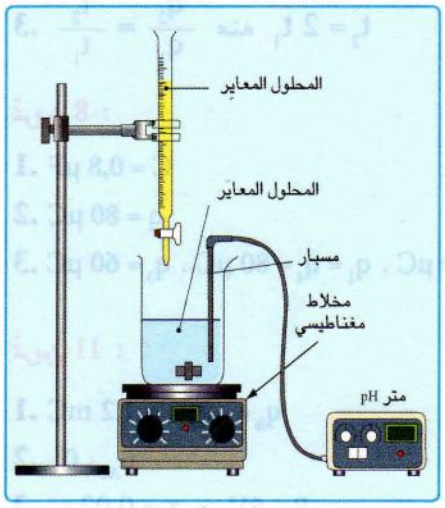
- الحمض هو كل فرد كيميائي يمكنه تحرير بروتونات

- الأساس هو كل فرد كيميائي يمكنه اكتساب بروتونات

- الثنائية (أساس/حمض) تتشكل من حمض وأساس مرافق له وفق المعادلات

$$(HA/A^-) \quad : \quad HA = H^+ + A^-$$

$$(BH^+/B) \quad : \quad BH^+ = H^+ + B$$



جهاز يسمح بالمعايرة (أكسدة إرجاعية)

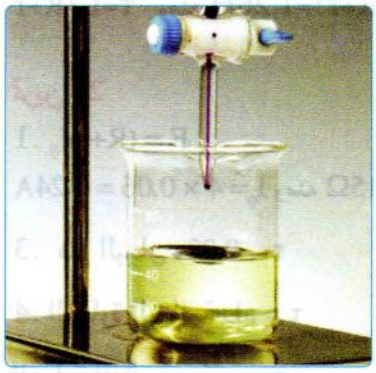
- التفاعل (أساس/حمض) عبارة عن تفاعل يتميز بانتقال بروتون H^+ أو أكثر من الحمض A_1H العائد للثنائية (HA_1/A_1^-) إلى الأساس A_2^- العائد للثنائية (HA_2/A_2^-) أي أنه تفاعل بين ثنائيتين.

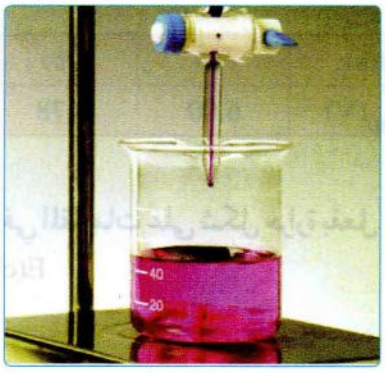
$$A_1H + A_2^- = A_1^- + A_2H$$

- معايرة نوع كيميائي يعني تعيين تركيزه المولي في محلول.

- تحقيق المعايرة يعني معايرة محلول تركيزه المولي مجهول بواسطة محلول تركيزه المولي معلوم.

- نحصل على التكافؤ عند تحقيق مزيج في الشروط الستوكيومترية فهو يوافق تغير طبيعة المتفاعل المحد.





– قبل المعايرة، المحلول أخضر فاتح دلالة على وجود الشوارد Fe^{2+}
– بعد التكافؤ زيادة شوارد MnO_4^- تعطي لون وردي للمحلول

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الوحدة 4

تطور حالة جملة كيميائية خلال تحول كيميائي نحو حالة التوازن

إن حياة السمك وجمال الطحلب في مربى للأحياء المائية تتعلق كثيرا بالتوازن الكيميائي المتواجد في المربى حيث تتراوح قيمة pH بين 6.5 و 7.5.

كيف نستطيع أن نميز بواسطة الـ pH طبيعة الوسائط المختلفة ؟

تتعلمون في هذه الوحدة

- قياس pH محلول ثم تعيين خاصية المحلول (حمضي، معتدل، أساسي)؛
- التمييز بين الأحماض القوية والأحماض الضعيفة، وبين الأسس القوية والأسس الضعيفة؛
- توظيف النسبة النهائية لتقدم التفاعل من أجل تبرير حالة التوازن؛
- استعمال ثوابت الحموضة K_a و pK_a من أجل مقارنة الثنائيات أساس/حمض؛
- استعمال منحنى المعايرة $pH = f(V)$ من أجل تعيين التركيز المولي لمحلول معاير.



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاطات تمهيدية

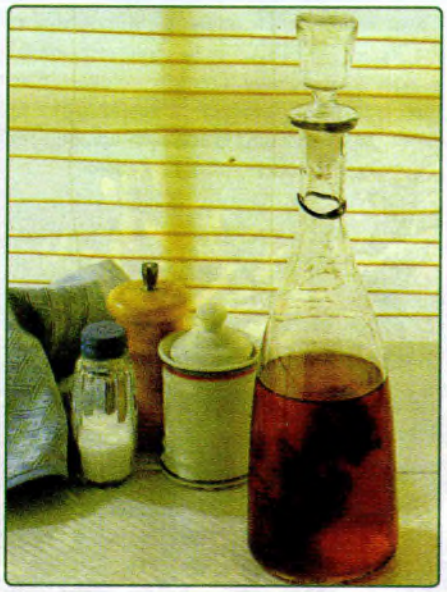
النشاط 1: طبيعة الأوساط



وثيقة 1: نمو النبات يتعلق بـ pH التربة. إذا كان pH التربة حامضي، بعض النباتات لا تجد وسطا مناسبا للنمو. لهذا في الزراعة نستعمل علاجات بسيطة من أجل تخفيف ظاهرة الحموضة لرفع مردود الإنتاج.



وثيقة 2: يقذف النمل عند الخطر سائلا على شكل قطرات تتكون أساسا من حمض الميثانويك والذي يسمى حمض النمل.



وثيقة 3: يتشكل الخل أساسا من الماء وحمض الإيثانويك ويحضر من محلول الإيثانول في شروط مناسبة.



وثيقة 4: يحتوي قرص الأسبرين على حمض الأستيلاسليك وهيدروجينوكربونات الصوديوم. انحلاله في الماء يرفق بفوران ناتج عن انطلاق CO_2.

• كيف يمكن التمييز بين مختلف الأوساط؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

النشاط 2: التوازن الكيميائي



وثيقة 5: تشكل المغارات في الصخور الكلسية وتشكل النتوءات الصاعدة والهابطة (Stalagtites et stalagmites) ناتجة عن تحولات كيميائية يحدث فيها توازن كيميائي (مغارات الكهوف العجيبة بجيجل).



وثيقة 6: يحرر جزيئ الهيموغلوبين في الدم ثنائي الأكسجين في العضلات ويكتسبه في الرئتين اي انه يسمح بنقل ثنائي الاكسجين المنحل من الرئتين إلى العضلات.



وثيقة 7: هذه الورود تبرز من خلال ألوانها حموضة التربة التي تنمو فيها :
اللون الوردي في تربة كلسية (أساسية)
اللون الازرق في تربة غرانيتية (حمضية)



وثيقة 8: تسمح المراقبة المستمرة لدرجة حموضة الحليب بالتأكد من جودته اي من صلاحية تناوله.

• هل كل التحولات الكيميائية تامة ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاطات تمهيدية

النشاط 3: أهمية الـ pH في الفلاحة

في عدة مجالات كالطب، الصناعة الغذائية، المحيط.

تسمح معرفة pH الوسط بالحصول على معلومات مفيدة في الزراعة خاصة نمو النبات الذي يتعلق بـ pH التربة.



وثيقة 9 : نمو الأزهار يتعلق بـ pH التربة.

1. أهمية معرفة pH التربة.

بصفة عامة التربة التي لها pH يقارب 7 يكون المردود الفلاحي بها أحسن. إن حموضة التربة تقلل من خصوبتها ومن فعالية الأسمدة، لهذا تعيق عملية نمو النبات.

إن سبب حموضة التربة تعود إلى عدة عوامل:

- طبيعة الصخر الأم: التربة الصلصالية أو سليسية تكون حمضية بينما التربة الكلسية تكون أساسية.

- الميزة الحمضية لبعض الأسمدة: نترات الأمونيوم أو كبريتات الأمونيوم.

- تأثير الأمطار الحمضية التي تستبدل الشوارد المعدنية بالشوارد H_3O^+.



وثيقة 10 : تربة غير صالحة للزراعة.

من أجل قياس pH التربة نضع كمية منها في الماء المقطر ثم نقيس pH المحلول بواسطة جهاز pH متر أو ورق pH.

2. تهيئة التربة

عندما يكون pH التربة غير مناسب للزراعة المرغوب فيها يمكن إحداث تغيير فيها بإضافة أنواع كيميائية:

- إذا كانت حموضة التربة عالية نضيف أكسيد الكالسيوم (chaux) أو كاربونات الكالسيوم (الكلس)

- إذا كانت التربة ذات ميزة أساسية مرتفعة نضيف كبريتات الأمونيوم.

بعد التهيئة ومن أجل تعويض النقائص في العناصر الغذائية، نضيف الدخان أو الأسمدة الخاصة.



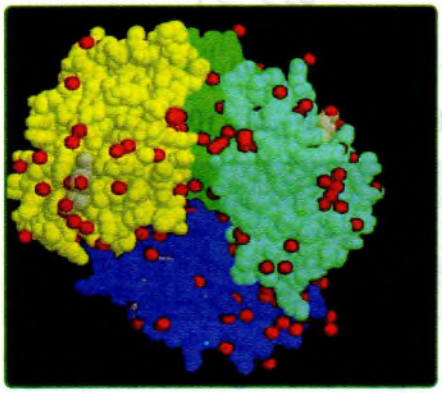
وثيقة 11 : إضافة مواد كيميائية للتربة من أجل تهيئتها.

• كيف نغير طبيعة وسط حمضي أو أساسي؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

النشاط 4: أهمية الثنائيات (أساس/حمض) ودورها في وسط

1. تنظيم دم الإنسان (وسط بيولوجي)



وثيقة 12 : الهيموغلوبين تنظم pH الدم.

دم الإنسان وسط بيولوجي منظم بواسطة جملة من المنظمات تتمثل في البروتينات البلازمية، خضاب الدم (الهيموغلوبين)، الأكسيهيموغلوبين وكذلك البيكربونات والفوسفات. تعتبر هذه المنظمات ثنائيات (أساس/حمض) في حالة توازن في الدم. عند حدوث تغير في تركيز الشوارد H_3O^+ (إثر خلل بيولوجي معين) تقوم بتعديل pH الدم عند 7.4 في التحويلات أساس-حمض.

كمثال على ذلك : الرياضي خلال ممارسة الرياضة، يبذل جهدا عضليا بحيث هذه العضلات تبذل أحيانا جهدا عنيفا يتطلب استهلاك أكثر للطاقة الناتجة عن تفكك ATP. يترتب عن ذلك اصطناع ATP بزيادة في تحول كيميائي ينتج حمض اللبن (Acide lactique) والذي بدوره يتفاعل مع الشوارد H_3O^+ لينتج غاز CO_2. إن الزيادة في CO_2 الناتج يخرجه الرياضي عن طريق التنفس.



وثيقة 13 : الرياضي يبذل جهدا عضليا ينتج عنه تزايدا في تركيز الحمض اللبني.

إن عملية التنفس تمكن الرياضي من إخراج CO_2 أي التخفيف من كمية حمض اللبن المتشكل فهي تساهم في التفاعل أساس-حمض الحادث أي في تنظيم حالة التوازن في الدم.

2. ألوان الأزهار في الحقول



وثيقة 14 : ثنائية السينادين تتحكم في لون الأزهار.

- السينادينات ملونات طبيعية تتحكم في تلوين الأزهار.
- تلون بالأحمر أزهار Coquelicots فيكون نسغها حمضيا
- تلون بالأزرق أزهار bleuets فيكون نسغها أساسيا

الصفتان الحمضية و الأساسية للسينادين تشكل ثنائية (أساس/حمض) في وسط حيث الصفة الغالبة تفرض لونها.

● كيف تؤثر الثنائية (أساس/حمض) في وسط؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

النشاط 5: pH والتوازن

1. تعيين pH المحلول وثابت الحموضة لثنائية (أساس/حمض)

نضع في ست (06) بياشر A. B. C. D. E. F المحاليل التالية :

A	B	C	D	E	F
محلول كلور الهيدروجين	محلول حمض الإيثانويك	محلول مثيل أمين	محلول إيثانوات الصوديوم	محلول هيدروكسيد الصوديوم	محلول كلور الصوديوم

كل المحاليل لها نفس التركيز المولي $C = 10^{-2}\ mol\ L^{-1}$

- نقيس pH كل محلول بواسطة جهاز pH متر (وثيقة 15) ثم بواسطة ورق pH (وثيقة 16). إلى ماذا يعود الإختلاف في قياس pH كل محلول بطريقتين ؟

- عين طبيعة كل محلول.

- نأخذ محلولا لحمض الإيثانويك الذي تركيزه المولي $C = 10^{-2}\ mol\ L^{-1}$ وله pH_2 (نتيجة القياس في السؤال 1) نمدده حتى يصبح تركيزه المولي $C' = 5.10^{-2}\ mol\ L^{-1}$ كم تصبح قيمة pH_2 ؟

- عين التراكيز المولية للأفراد الكيميائية المتواجدة في المحلولين (B)، (B') (بعد التمديد) ثم قارن في كل حالة قيم النسبة :

$$\frac{[H_3O^+]_f[A^-]_f}{[HA]_f}$$ وماذا تستنتج ؟

2. تطور الجملة الكيميائية

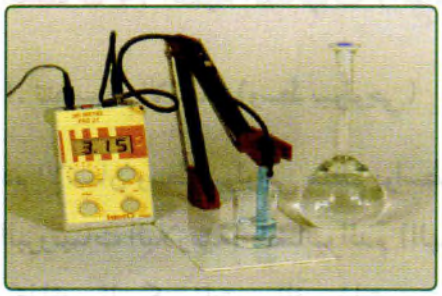
نسكب في بيشر 20 mL من محلول إيثانوات الرصاص ($Pb^{2+}(aq) + 2CH_3COO^-(aq)$) ونضيف له 20 mL من محلول يود البوتاسيوم ($K^+(aq) + I^-(aq)$) بعد مدة نمرر المحلول على ورق الترشيح ثم نجمع الرشاحة (filtrat) في أرلينة ماير.

1. ما هي طبيعة الراسب المتشكل ؟ أكتب معادلة التفاعل الحادث في البيشر.

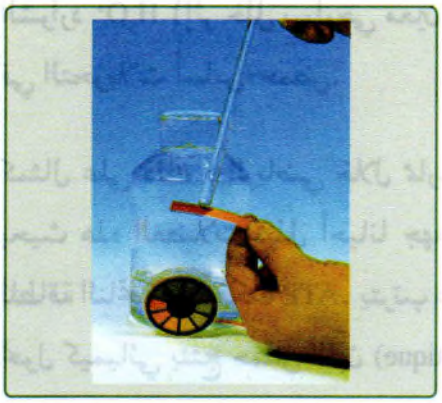
2. نأخذ أنبوبي إختبار ثم نسكب في كل منهما بضع mL من الرشاحة السابقة، نضيف إلى الأول بضع قطرات من محلول نترات الفضة ($Ag^+(aq) + NO_3^-(aq)$)، ثم نضيف إلى الثاني بضع قطرات من محلول بيكرومات البوتاسيوم ($2K^+(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq)$).

أ. ما هو الراسب المتشكل في كل أنبوب ؟ ماذا تبرز هذه الاختبارات ؟

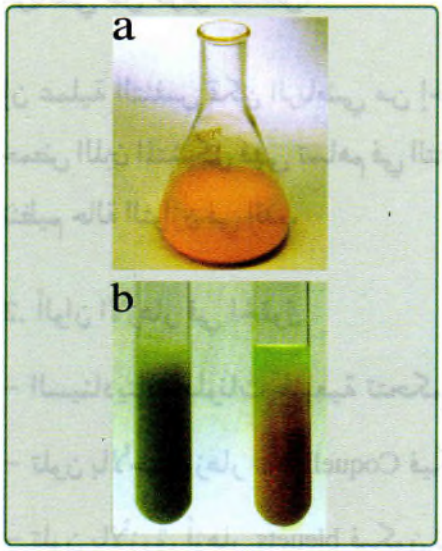
ب. ماذا يمكن القول عن التحول الكيميائي المدروس ؟



وثيقة 15: جهاز pH متر يسمح بقياس pH المحلول.



وثيقة 16 : طريقة قياس الـ pH بورق الـ pH.



وثيقة 17 : a) بوجود محلول يود البوتاسيوم، يشكل محلول إيثانوات الرصاص راسب اصفر ذهبي.
b) الكواشف في الأنابيب تسمح بإبراز شوارد موجودة في الرشاحة.

• لماذا تتطور جملة كيميائية إلى حالة التوازن؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

النشاط 6 : المعايرة pH مترية

1. معايرة أساس ضعيف بحمض قوي

نقوم بمعايرة محلول مثيل أمين $CH_3NH_2(aq)$ بواسطة محلول حمض كلور الماء $(H_3O^+(aq) + Cl^-(aq))$ وذلك باستعمال الجهاز التجريبي (وثيقة 18).

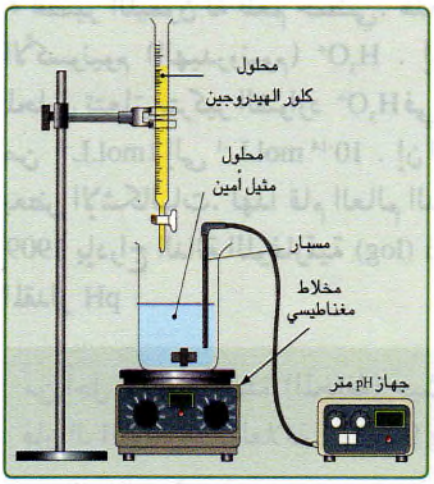
- نضع في بيشر حجما $V_B = 20,0\ ml$ من محلول مثيل أمين تركيزه المولي C_B ثم نضيف تدريجيا بواسطة سحاحة محلولا من كلور الهيدروجين تركيزه المولي $C_A = 0,02\ mol\ L^{-1}$.

نقيس pH المزيج عند إضافة الحجم V_A من المحلول الحمضي بواسطة جهاز pH متر، نحصل على النتائج التالية :

$V_A mL$	0	2,0	4,0	6,0	8,0	9,0	10,0	10,5	11,0
pH	11,3	11,1	10,9	10,6	10,4	10,2	10,0	9,9	9,7

$V_A mL$	11,5	12,0	12,5	13,0	14	150	16,0	18,0	20,0
pH	9,4	8,9	3,7	3,3	3,0	2,8	2,7	2,5	2,4

- أكتب معادلة التفاعل المنمذج لعملية المعايرة.
- أرسم البيان $pH = f(V_A)$. ناقش شكل المنحنى.
- عيّن نقطة التكافؤ E . ماذا تستنتج ؟
- في غياب جهاز الـ pH متر، ما هو الكاشف الملون الذي يمكن استعماله ؟
- عيّن التركيز المولي C_B لمحلول الأمين.
- ما هي الصفة الغالبة في المزيج عند نقطة نصف التكافؤ ؟

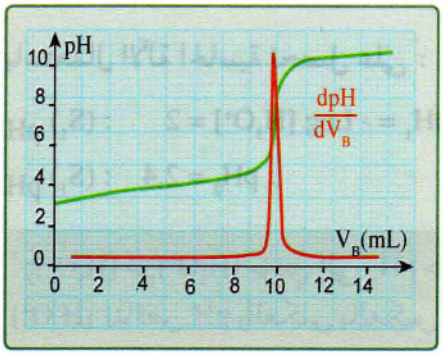


وثيقة 18: جهاز يسمح بالقيام بالمعايرة الـ pH-مترية

2. معايرة حمض ضعيف بأساس قوي

نسكب في بيشر حجما $V_A = 20,0\ ml$ من محلول حمض الميثانويك تركيزه المولي C_A ثم نضيف تدريجيا بواسطة سحاحة محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_B = 2.10^{-3}\ mol.L^{-1}$ باستعمال برمجية إعلام آلي يمكن رسم المنحنيين $pH = f(V_B)$ و $g(V) = \frac{dpH}{dV_B}$ (وثيقة 19).

- أكتب معادلة التفاعل المنمذج لعملية المعايرة.
- عين نقطة التكافؤ E.
- استنتج التركيز المولي C_A لمحلول حمض الإيثانويك.



وثيقة 19 : تمثيل البيانين.
$g(V) = \frac{dpH}{dV_B}$ و $pH = f(V_B)$

• ما هو دور عملية المعايرة في التحولات الكيميائية؟

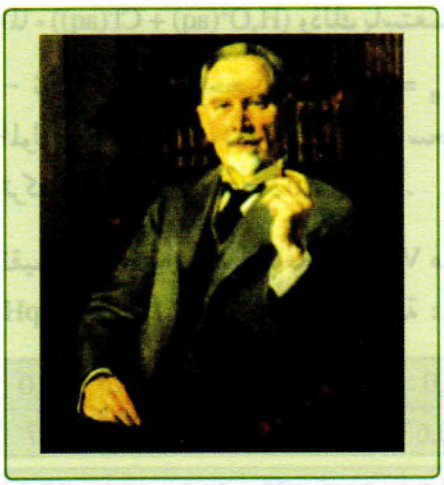
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1 . pH محلول مائي

1.1. تعريف الـ pH والخاصية المميزة له

• عصير الليمون له طعم حمضي. هذه الحموضة تعود إلى تواجد شوارد الأكسونيوم (الهيدرونيوم) H_3O^+ . إن الخواص الحمضية أو الأساسية لمحلول تتعلق بتركيز الشوارد H_3O^+ في هذا المحلول والتي يمكن أن تتغير من $1mol.L^{-1}$ إلى $10^{-14}\ mol.L^{-1}$. إن استعمال هذه القيم الصغيرة تطرح بعض الإشكاليات. لهذا قام العالم الدنماركي S, SORENSEN في سنة 1909 بإدراج الدالة اللوغارتمية (log) ذي الأساس 10 من أجل استعمال المقدار pH :

من أجل المحاليل الممدة (المخففة) حيث ($[H_3O^+] \leq 5 \times 10^{-2}\ mol.L^{-1}$)
فإن الـ pH يعرف بـالعلاقة : $pH = - Log\ [H_3O^+]$
هذه العلاقة تكافئ : $[H_3O^+] = 10^{-PH}\ (mol.L^{-1})$



وثيقة 20 : العالم سورنسن S, SORENSEN (1868-1939). من أجل تسهيل دراسة المحاليل رقترح إدراج الدالة log

• نعتبر محلولين مائيين :

– الأول (S_1) لكلور الهيدروجين حيث : $[H_3O^+]_1 = 1,0.10^{-2}\ mol.L^{-1}$

– الثاني : (S_2) لحمض الإيثانويك حيث : $[H_3O^+]_2 = 3,98.10^{-3}\ mol.L^{-1}$

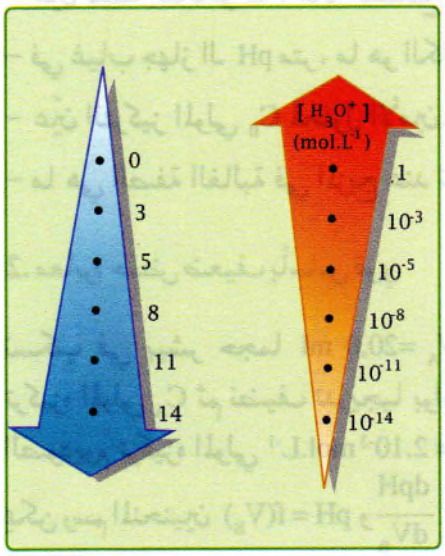
لنحسب pH كل من (S_1) و(S_2).

باستعمال الآلة الحاسبة نحصل على :

pH (S_1) : $pH_1 = - Log\ [H_3O^+] = 2$

pH (S_1) : $pH_2 = 2,4$.

$[H_3O^+]_1 > [H_3O^+]_2$ يؤدي إلى $pH_2 > pH_1$ وهذا يعني أنه كلما تزايد $[H_3O^+]$ تناقص pH والعكس بالعكس.



وثيقة 21 : الـ pH والتركيز المولي للشوارد H_3O^+ تتغير باتجاه معاكس.

ملاحظة : عند $25^0\ C$ ، المحاليل المعتدلة لها $pH = 7$، المحاليل الحمضية لها $pH < 7$ والمحاليل الأساسية لها $pH > 7$

نعرف الجداء الشاردي للماء K_e في المحاليل المائية كما يلي :

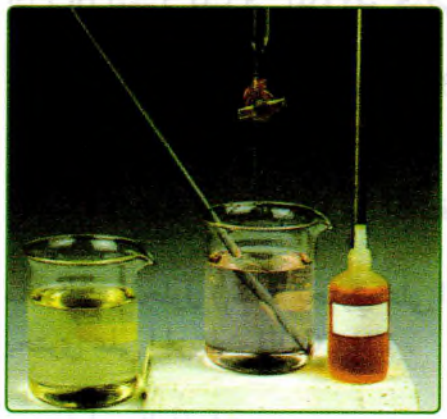
$K_e = [H_3O^+] \times [OH^-]$ عند $25\ ^0C$: $Ke = 10^{-14}$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2.1. طرق تعيين pH محلول مائي

من أجل قياس pH محلول، يمكن استعمال جهاز قياس pH إذاكان القياس يتطلب دقّة ويمكن استعمال ورق pH (أو كاشف ملون) إذا كان القياس تقريبي ولا يتطلب دقّة عالية.

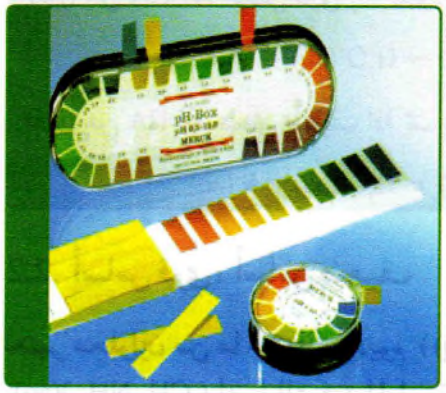
- إن استعمال كاشف ملون (مثل : الهليانتين، أزرق البرومتيمول أو الفينولفتالئيين) يمكن من تحديد مجال قيمة pH لمحلول مائي (وثيقة 22).



وثيقة 22 : على اليسار في بيشر ماء + هيليانتين وعلى اليمين في بيشر محلول حمض كلور + هيليانتين.

- ورق pH : يوجد ورق pH في علبة (على شكل ورق ملفوف أو أشرطة) (وثيقة 23). ومن أجل قياس pH نغمس الورق في المحلول ثم نقارن اللون المتحصل عليه مع الألوان المعطاة لنقرأ قيمة الـ pH الموافقة.

- جهاز قياس pH : يتكون من جزأين (وثيقة 24).
مسريان يغمسان في المحلول (المسريان يشكلان مسبار الجهاز).
فولط-متر لقياس فرق الكمون بين المسريين.
يجب معايرة الجهاز قبل استعماله وذلك بواسطة المحلولين المناسبين فهو يعطي مباشرة قيمة pH المحلول.



وثيقة 23 : ورق pH على شكل ورق ملفوف أو أشرطة.

- دقّة القياس : إن دقّة قياس pH محلول بواسطة الجهاز يتعلق بمحاليل المعايرة، وبحالة المسبار، لهذا قيمة الـ pH دوما تقريبية. إذا كانت شروط إجراء القياس مناسبة فإن قيمة الـ PH ترفق بارتياب 0,05 وهذا يوافق دقّة قدرها 10% في معرفة قيمة $[H_3O^+]$.

ملاحظة هامة : كل تركيز ناتج عن قياس pH محلول يعبر عنه بعددين معنويين.

2. محلول حمضي ومحلول أساسي

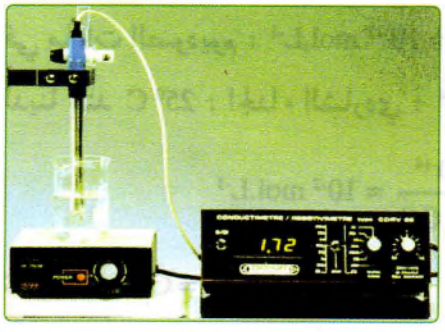
1.2 حمض قوي، حمض ضعيف

نعتبر محلولين عند نفس درجة الحرارة.

- (S_1) محلول لكلور الهيدروجين تركيزه المولي $C_1 = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$ وله $pH_1 = 2$.

- (S_2) محلول لحمض الإيثانويك تركيزه المولي $C_2 = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$ وله $pH_2 = 3,4$.

لنقارن بين $[H_3O^+]$ و C في كل محلول .



وثيقة 24 : جهاز pH متر.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

في المحلول (S_1) : $[H_3O^+]_1 = 10^{-PH_1} = 10^{-2}\,mol.L^{-1}$ أي $[H_3O^+]_1 = C_1$
إذا HCl يتشرد كليا في الماء فهو حمض قوي.

- في المحلول (S_2) : $[H_3O^+]_2 = 10^{-PH_2} = 10^{-3,4} = 3,98.10^{-4}\,mol.L^{-1}$
أي : $[H_3O^+]_2 < C_2$

إذا CH_3COOH يتشرد جزئيا في الماء فهو حمض ضعيف.

ملاحظة : المحلول (S_1) لا يحتوي على الجزيئات HCl بينما المحلول (S_2) يحتوي على الجزيئات CH_3COOH .

- معادلتي التفاعلين :

$HCl(g) + H_2O(\ell) \rightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$ (تفاعل تام)

$CH_3COOH(\ell) + H_2O(\ell) = H_3O^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$ (تفاعل غير تام)



وثيقة 25 : بعض المحاليل الحمضية

نقول عن HA أنه حمض قوي إذا تشرد كليا في الماء :

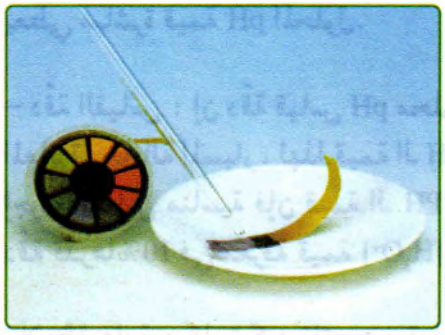
$HA(aq) + H_2O(\ell) \rightarrow H_3O^+(aq) + A^-(aq)$

نقول عن HA أنه حمض ضعيف إذا تشرد جزئيا في الماء :

$HA(aq) + H_2O(\ell) = H_3O^+(aq) + A^-(aq)$

2.2. أساس قوي، أساس ضعيف

نعتبر محلولين من ماءات الصوديوم $(Na^+(aq) + OH^-(aq))$ ومثيل أمين $(CH_3NH_2)(aq)$ لهما التركيز المولي نفسه $C = 10^{-2}\,mol.L^{-1}$. عند $25^0\,C$ أعطى مقياس الـ pH متر لهما على الترتيب القياسان التاليان :



وثيقة 26 : قياس pH محلول مثيل أمين بورق الـ pH .

$pH_1 = 12$ و $pH_2 = 10,8$.

لنعيّن التركيز المولي لشوارد الهيدروكسيد، ولنقارنها مع C في كل محلول.

في ماءات الصوديوم : $[H_3O^+]_1 = 10^{-PH_1} = 10^{-12}\,mol.L^{-1}$

لدينا عند $25^0\,C$: الجداء الشاردي : $K_e = [OH^-] \cdot [H_3O^+] = 10^{-14}$

$$[OH^-]_1 = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} = 10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

نلاحظ أن : $[OH^-]_1 = C_1$

إذا NaOH ينحل كليا في الماء فهو أساس قوي.



وثيقة 27 : لقم لهيدروكسيد الصوديوم
– على اليسار لقم وضعت للهواء خلال بضع ساعات.
– على اليمين لقم لم تعرض للهواء من قبل.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

$$NaOH(s) \xrightarrow{H_2O} Na^+(aq) + OH^-(aq)$$

- في مثيل أمين : $[H_3O^+]_2 = 10^{-10,8} = 1,58 \times 10^{-11}\ mol.L^{-1}$

حسب الجداء الشاردي : $[OH^-]_2 = \dfrac{10^{-14}}{[H_3O^+]_2} = 6,33 \times 10^{-4}\ mol.L^{-1}$

نلاحظ أن : $[OH^-]_2 < C_2$ وبالتالي :

CH_3NH_2 يتشرد جزئيا في الماء فهو أساس ضعيف.

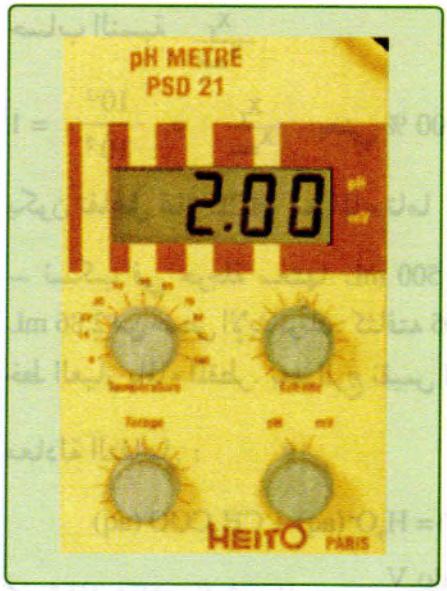
$$CH_3NH_2(aq) + H_2O(\ell) = CH_3NH_3^+(aq) + HO^-(aq)$$

نقول عن B أنه أساس قوي إذا تشرّد كليا في الماء :

$$B(aq) + H_2O(\ell) \rightarrow BH^+(aq) + OH^-(aq)$$

نقول عن B أنه أساس ضعيف إذا تشرّد جزئيا في الماء :

$$B(aq) + H_2O(\ell) = BH^+(aq) + HO^-(aq)$$



وثيقة 28 : قياس pH محلول حمض كلور الهيدروجين.

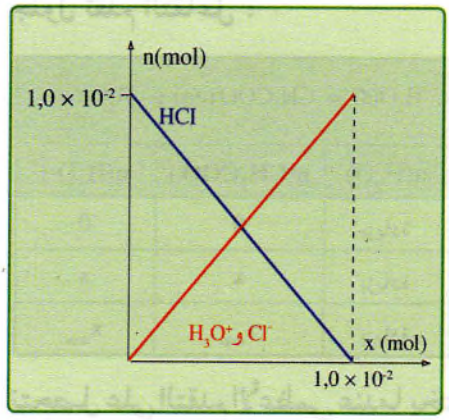
3. تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن

1.3 مقارنة التقدم النهائي والتقدم الأعظمي

نحضر 1,0 L من محلول كلور الهيدروجين وذلك بإذابة 240 mL من غاز HCl في الماء المقطر. نقيس pH المحلول فنجد 2,0 (وثيقة 28).
في الشروط التجريبية يكون الحجم المولي $V_m = 24\ L.mol^{-1}$.

معادلة التفاعل :

$$HCl(g) + H_2O(\ell) = H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$



وثيقة 29 : تطور كمية المادة لِلأنواع الكيميائية المتواجدة إلى غاية التقدم الأعظمي للتفاعل التام.

جدول تقدم التفاعل :

معادلة التفاعل	$HCl(g) + H_2O(\ell) \rightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$				
الحالة	التقدم	$n(HCl)$	$n(H_2O)$	$n(Cl^-)$	$n(H_3O^+)$
الإبتدائية	0	n_0	بزيادة	0	0
الإنتقالية	x	$n_0 - x$	بزيادة	x	x
النهائية	x_{max}	$n_0 - x_{max} = 0$	بزيادة	x_{max}	x_{max}

نتحصل على التقدم الأعظمي عندما يختفي المتفاعل المحدّ تماما .

$n_0 - x_{max} = 0$ أي : $x_{max} = n_0 = 0,01\ mol$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تعيين التقدم النهائي x_f

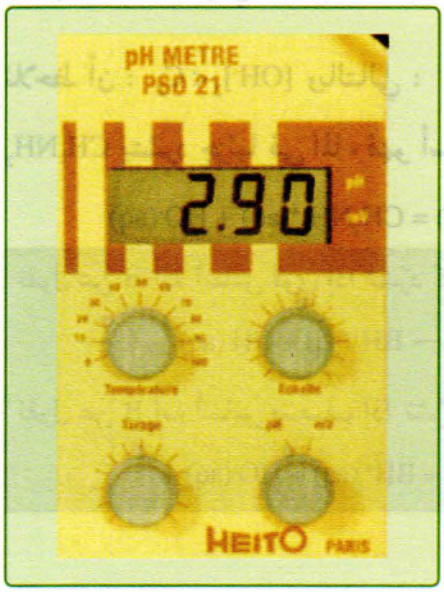
$pH=2$ يعني $[H_3O^+]_f=10^{-2}\,mol.L^{-1}$ فيكون التقدم النهائي $x_f=[H_3O^+]_f.V$

أي : $x_f=10^{-2}\,mol$

حساب النسبة $\frac{x_f}{x_{max}}$

$$\frac{x_f}{x_{max}}=\frac{10^{-2}}{10^{-2}}=1 \quad \text{يعني} \quad \frac{x_f}{x_{max}}=100\,\%$$

يكون تفاعل غاز HCL مع الماء تاما



وثيقة 30 : قياس pH محلول حمض كلور الإيثانويك.

– نسكب في حوجلة سعتها 500 mL (تحتوي على الماء المقطر) حجم 2,86 mL من حمض الإيثانويك. كثافته $d=1,05$، نكمل الحجم بعد ذلك إلى خط العيار بالماء المقطر. بعد الرج نقيس pH المحلول فنجد 2,9 (وثيقة 30).

معادلة التفاعل :

$$CH_3COOH(\ell)+H_2O(\ell)=H_3O^+(aq)+CH_3COO^-(aq)$$

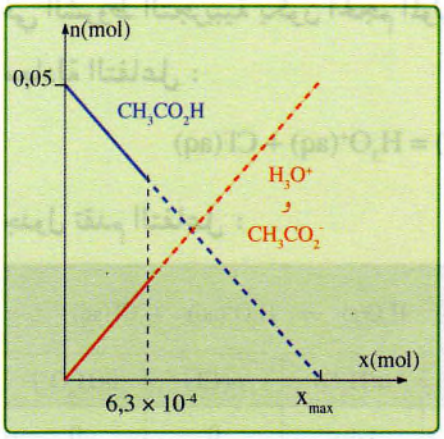
كمية المادة الإبتدائية n_0 للحمض $n_0=\frac{m}{M}=\frac{\rho V}{M}=\frac{d\rho_0 V}{M}$ حيث ρ_0 الكتلة الحجمية للماء ($\rho_0=1g.mL^{-1}$).

إذًا : $n_0=5.10^{-2}\,mol$.

تعيين التقدم الأعظمي x_{max} .

جدول تقدم التفاعل :

معادلة التفاعل	$CH_3COOH(aq)$ +	$H_2O(\ell)$ =	$CH_3COO^-(aq)$ +	$H_3O^+(aq)$
الحالة	التقدم		$n(H_2O)$	$n(CH_3COO^-)$	$n(H_3O^+)$
الإبتدائية	0	n_0	بزيادة	0	0
الإنتقالية	x	$n_0 - x$	بزيادة	x	x
النهائية	x_{max}	$n_0 - x_{max} = 0$	بزيادة	x_{max}	x_{max}



وثيقة 31 : تطور كمية المادة للأنواع الكيميائية المتواجدة إلى غاية التقدم النهائي.

نتحصل على التقدم الأعظمي عندما يختفي المتفاعل المحدّ تماما.

$n_0-x_{max}=0$ أي : $x_{max}=n_0=5.10^{-2}\,mol$

تعيين التقدم النهائي x_f

$pH=2,9$ يعني $[H_3O^+]_f=10^{-2,9}$ أي $[H_3O^+]_f=1,26\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$

فيكون التقدم النهائي : $x_f=n_f(H_3O^+]$

$=[H_3O^+]_f\times V=6,3.10^{-4}\,mol$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

حساب النسبة $\frac{x_f}{x_{max}}$

$$\frac{x_f}{x_{max}} = \frac{6,3.10^{-4}}{5.10^{-2}} = 0,0126$$

$$= 1,26\ \%$$

المتفاعل المحد CH_3COOH لم يستهلك كليا وهذا يعني أن التفاعل غير تام أي أن عند الحالة النهائية للجملة تكون المتفاعلات والنواتج متواجدة في الوسط التفاعلي في نفس الوقت.

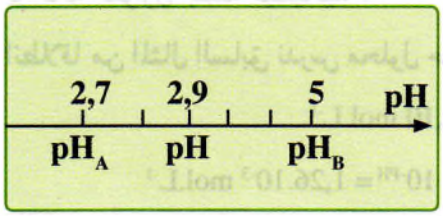
- التقدم النهائي x_f لتفاعل كيميائي هو التقدم الملاحظ عند توقف تطور حالة الجملة الكيميائية.
- يمثل التقدم الأعظمي x_{max} لتفاعل كيميائي التقدم الموافق لاستهلاك المتفاعل المحد كليا.
- تعرف نسبة التقدم في اللحظة (t) بـ $\tau = \frac{x}{x_{max}}$ (τ عددا دون وحدة يعبر عنه بنسبة مئوية $0 < \tau_f \leq 1$) وتتغير هذه النسبة خلال تطور الجملة وتسمى النسبة النهائية للتقدم عند بلوغ الجملة حالتها النهائية

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}}$$

- يكون التحول تاما إذا كان $\tau_f = 1$ أي $\tau_f = 100\%$
- يكون التحول غير تام (محدودا) إذا كان $\tau_f < 1$ أي $\tau_f < 100\ \%$



وثيقة 32 : التفاعل بين غاز كلور والألمنيوم تفاعل تام.



وثيقة 33: تطور pH المحاليل.

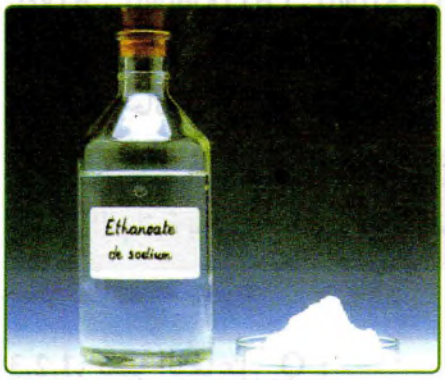
2.3 مفهوم حالة التوازن

- إتجاه تطور جملة كيميائية :

– نسكب في بيشرين B و A، 50 mL من محلول حمض الإيثانويك تركيزه المولي $C = 0,10\ mol.L^{-1}$. عند 25 °C أعطى قياس pH المحلول $PH = 2,9$.

– نضيف بحذر في البيشر A قطرات من حمض الإيثانويك النقي. بعد الرج والإستقرار نقيس pH المحلول فنجد $pH_A = 2,7$.

– نضيف في البيشر B 0,5 g من إيثانوات الصوديوم. بعد الرج والإستقرار نقيس pH المحلول فنجد $PH_B = 5$ (وثيقة 33).



وثيقة 34: إيثانوات الصوديوم هو نوع كيميائي شاردي صلب صيغته الإحصائية CH_3COONa.

إتجاه التطور في البيشر A :

إن إضافة قطرات من حمض الإيثانويك النقي للبيشر A تجعل الـ pH يتناقص أي أن $[H_3O^+]$ يتزايد وبالتالي تتطور الجملة في اتجاه تشكل شوارد الأكسونيوم (الهدرونيوم) H_3O^+ :

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الجملة تتطور في الإتجاه المباشر لمعادلة التفاعل (Sens direct)

$$CH_3COOH(\ell) + H_2O(\ell) \rightarrow CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

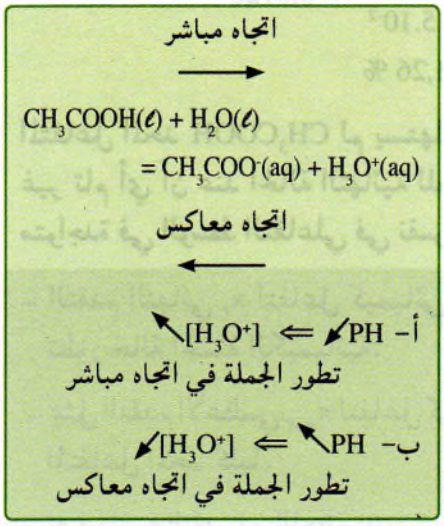
عند إضافة 0,5 g من إيثانويات الصوديوم pH المحلول يتزايد وهذا يعني أن $[H_3O^+]$ يتناقص وبالتالي الجملة تتطور في اتجاه إستهلاك الشوارد H_3O^+ الجملة تتطور في الإتجاه المعاكس لمعادلة التفاعل :

$$CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq) \rightarrow CH_3COOH(aq) + H_3O^+(\ell)$$

تبين النتائج السابقة أن التفاعل المنمذج لتحول الجملة الكيميائية يحدث في اتجاهين متعاكسين في آن واحد فتكون معادلة التفاعل :

$$CH_3COOH(\ell) + H_2O(\ell) = CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

عدة تفاعلات كيميائية يمكن أن تحدث (حسب الشروط المفروضة) في الإتجاه المباشر أو الإتجاه العكسي الرمز = لا يعين إتجاه التطور (إذا تواجدت كل الأنواع الكيميائية). إن معادلة التفاعل تعبر عن إنحفاظ الكتلة والشحنة فقط.



وثيقة 35: تطور الجملة الكيميائية.

- حالة التوازن لجملة كيميائية :

انطلاقا من المثال السابق ندرس محلول حمض الإيثانويك ذي التركيز المولي

$C = 0,10\ mol.L^{-1}$ وذي $pH = 2,9$

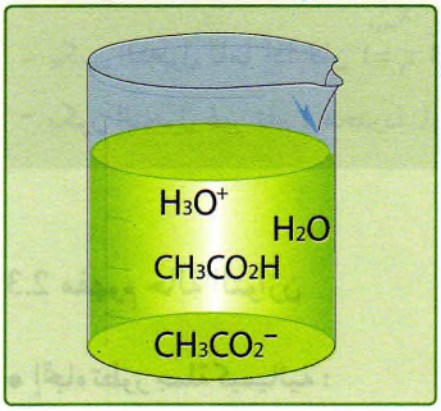
$$[H_3O^+]_f = [CH_3COO^-]_f = 10^{-PH} = 1,26.10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

لدينا : $[CH_3COOH]_f = 0,1 - 1,26.10^{-3} = 9,8.10^{-2}\ mol.L^{-1}$

إن الأنواع الكيميائية الأربعة

$$H_3O^+(aq)\ ،\ CH_3COO^-(aq)\ ،\ CH_3COOH(aq)\ ،\ H_2O(\ell)$$

متواجدة في الجملة عند الحالة النهائية (كمية المادة لها لا تتغير) إذًا الجملة في حالة توازن لأن التحول غير تاما (وثيقة 36).



وثيقة 36 : الأفراد الأربعة متواجدة في البيشر في الحالة النهائية.

في تحول كيميائي لجملة. إذا كانت المتفاعلات والنواتج متواجدة في الحالة النهائية بكميات ثابتة فإن الجملة حالة في توازن.



وثيقة 37: تشكل الكلس ناتج عن تحول يتطور إلى حالة التوازن.

1.2.3. كسر التفاعل Q_r :

- إن كسر التفاعل Q_r مقدار يميز الجملة الكيميائية وهي في حالة ما. قيمته خلال التفاعل تدلنا على مدى تقدم التفاعل وعبارته تتعلق بطبيعة الجملة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- من أجل التفاعل ذي المعادلة $aA + bB = cC + dD$

نعرف كسر التفاعل Q_r : $Q_r = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$

حيث [A] ، [B] ، [C] ، [D] تمثل التراكيز المولية للمتفاعلات والنواتج ويكون Q_r عددا دون وحدة إصطلاحا.

- عند حساب Q_r نستعمل في البسط تراكيز النواتج وفي المقام تراكيز المتفاعلات.

- يعبر Q_{ri} عن كسر التفاعل الابتدائي بينما يعبر Q_{rf} عن كسر التفاعل النهائي وهذا يعني أن Q_r يتغير مع تطور الجملة.



وثيقة 38: محاليل حمض الميثانويك وإيثانوات الصوديوم.

إصطلاحات في كيفية حساب Q_r :

• مثال 1 : تكون معادلة التفاعل في وسط مائي بين شاردة الإيثانوات وحمض الميثانويك (وثيقة 38).

$$CH_3COO^-(aq) + HCOOH(aq) = CH_3COOH(aq) + HCOO^-(aq)$$

كل الأنواع مذابة في الماء إذًا : $Q_r = \frac{[CH_3COOH] \times [HCOO^-]}{[CH_3COO^-] \times [HCOOH]}$

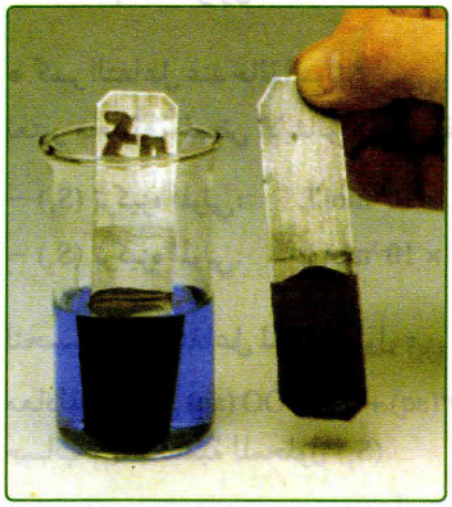
• مثال 2 : في حالة تفاعل المذيب (الماء) قد يكون متفاعل أو ناتج.
معادلة تفاعل للميثانويك مع الماء هي :

$$HCOOH(\ell) + H_2O(\ell) = H_3O^+(aq) + HCOO^-(aq)$$

كسر التفاعل هو $Q_r = \frac{[H_3O^+] \cdot [HCOO^-]}{[HCOOH] \times 1}$

بما أن الماء مذيب يستعمل بزيادة فإنه إصطلاحا يأخذ $[H_2O] = 1$

(تنبيه $[H_2O] = 55\ mol.L^{-1}$ في الحقيقة).



وثيقة 39: تفاعل الزنك مع محلول كبريتات النحاس.

• مثال 3 : في حالة تفاعل يكون أحد المتفاعلات أو أحد النواتج نوع كيميائي صلب.
نضع صفيحة من التوتياء Zn(s) في محلول كبريتات النحاس II. بعد مدة نلاحظ زوال اللون الأزرق للشوارد Cu^{2+} وتشكل راسب أحمر(وثيقة 39).

معادلة التفاعل : $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) = Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$

كسر التفاعل : $Q_r = \frac{[Zn^{2+}] \times 1}{[Cu^{2+}] \times 1}$

إصطلاحا نأخذ $[Cu(s)] = 1$ ، $[Zn(s)] = 1$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

• مثال 4 : حالة تفاعل حيث أحد المتفاعلات أو النواتج غاز تكون عبارة Q_r في هذه الحالة معقدة.

ملاحظة : علاقة كسر التفاعل بتقدم التفاعل.

نأخذ كمثال تفاعل حمض الإيثانويك مع الماء.

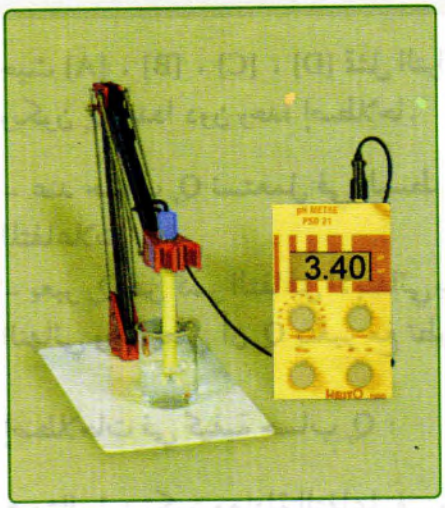
$$CH_3COOH(\ell) + H_2O(\ell) = H_3O^+(aq) + HCOO^-(aq)$$

يمكننا جدول تقدم التفاعل يمكن من إيجاد العلاقة بين كمية المادة وتقدم التفاعل x. إذا كان V حجم الوسط التفاعلي فإن :

$$[CH_3COOH^-] = \frac{n_0 - x}{V} \quad ، \quad [H_3O^+] = \frac{x}{V} \quad ، \quad [HCOO^-] = \frac{x}{V}$$

بالتالي يكون كسر التفاعل : $Q_r = \dfrac{\dfrac{x^2}{V^2}}{\dfrac{n_0 - x}{V}}$

خلال التحول الكيميائي التقدم x يتغير من 0 إلى التقدم النهائي x_f، فهذا يعني أن Q_r يتغير من Q_{ri} إلى Q_{rf}.



وثيقة 40 : جهاز pH متر يعطي قيمة pH_1.

2.2.3. ثابت التوازن K :

• كسر التفاعل عند حالة التوازن

نعتبر محلولين لحمض الإيثانويك عند نفس درجة الحرارة

- (S_1) تركيزه المولي: $C_1 = 10^{-2} mol.L^{-1}$ وله $PH_1 = 3,40$
- (S_2) تركيزه المولي: $C_2 = 5 \times 10^{-3} mol.L^{-1}$ وله $PH_2 = 3,56$

لنحسب كسر التفاعل لكل محلول :

معادلة التفاعل $CH_3COOH(\ell) + H_2O(\ell) = H_3O^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$

حساب Q_{rf} بالنسبة للمحلول (S_1).

$pH_1 = 3,4$ يعني $[H_3O^+]_f = 10^{-3,4}$ أي $[H_3O^+]_f = 3,98.10^{-4} mol.L^{-1}$

إذًا : $[CH_3COO^-]_f = 3,98 \times 10^{-4} mol.L^{-1}$

وبالتالي : $[CH_3COOH]_f = C_1 - [CH_3COO^-]_f = 9,6 \times 10^{-3} mol.L^{-1}$

$$Q_{rf} = \frac{[H_3O^+]_f \times [CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f} = 1,65 \times 10^{-5}$$

حساب Q_{rf} بالنسبة للمحلول (S_2)

$[H_3O^+]_f = [CH_3COO^-]_f = 2,75.10^{-4} mol.L^{-1} \Leftarrow pH_2 = 3,56$



وثيقة 41 : جهاز pH متر يعطي قيمة pH_2.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

$$[CH_3COOH]_f = C_2 - [CH_3COO^-]_f = 4{,}72 \times 10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

$$Q_{rf} = \frac{[H_3O^+]_f . [CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f} = 1{,}65.10^{-5}$$

نلاحظ أن قيمة Q_{rf} ثابتة بالنسبة للمحلولين أي أن التفاعل الحادث (تفاعل حمض الإيثانويك مع الماء) يتميز بنفس كسر التفاعل النهائي ولا يتعلق بالتركيز الإبتدائي للحمض في المحلول.

كسر التفاعل النهائي Q_{rf} يمثل قيمة كسر التفاعل عند الحالة النهائية للجملة أي عند حالة التوازن حيث كميات المادة للمتفاعلات والنواتج لا تتغير.

- ثابت التوازن K :

تبين سابقا أن كسر التفاعل النهائي Q_{rf} في تفاعل حمض الإيثانويك مع الماء ثابت $Q_{rf} = 1{,}65.10^{-5}$ فهو يميز حالة توازن الجملة. لهذا نسمي Q_{rf} ثابت التوازن الموافق للتفاعل ذي المعادلة

$$CH_3COOH(\ell) + H_2O(\ell) = H_3O^+(aq) + CHCOO^-(aq)$$

عند حالة التوازن لجملة كيميائية، كسر التفاعل النهائي لا يتعلق بالتركيب الابتدائي للجملة. كل معادلة تفاعل ترفق بثابت K يسمى ثابت التوازن قيمته تساوي إلى Q_{rf} ولا يتعلق إلا بدرجة الحرارة. من أجل تفاعل في وسط مائي: $aA + bB = cC + dD$

$$K = Q_{rf} = \frac{[C]^c_f . [D]^d_f}{[A]^a_f . [B]^b_f}$$

حيث الحالة النهائية تمثل حالة التوازن.

ملاحظات :

- ثابت التوازن K يوافق معادلة التفاعل في اتجاه معيّن، فهو يميز التفاعل الحادث حيث المعاملات الستوكيومترية أصغرية. فهو عدد دون وحدة.

- ثابت التوازن K لا يتعلق بكيفية الحصول على التوازن ولا بكميات المادة للمتفاعلات.

3.3. تأثير الحالة الإبتدائية لجملة كيميائية على حالة التوازن :

- النسبة النهائية لتقدم التفاعل والحالة الإبتدائية

نعتبر محلولين (S_1) و(S_2) لحمض البروبانويك تركيزيهما المولي على الترتيب $C_1 = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$ ، $C_2 = 10^{-3}\ mol.L^{-1}$. نقيس الناقلية النوعية



وثيقة 42 : يستعمل الحلاق منتوجات تحتوي محاليل النشادر $NH_3(aq)$.

كسر التفاعل مع الماء يعطي المعادلة :

$$NH_3(aq) + H_2O(\ell) = NH_4^+(aq) + HO^-(aq)$$

$$Q_r = \frac{[NH_4^+][HO^-]}{[NH_3]}$$

تفاعلات كيميائية	K
$HIO_3(aq) + H_2O(\ell) = IO_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$	$1{,}6 \times 10^{-1}$
$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) = AgCl(s)$	$5{,}0 \times 10^{9}$
$Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) =$	$1{,}6 \times 10^{8}$
$Cu^{2+}(aq) + 4NH_3(aq) = [Cu(NH_3)_4]^{2+}(aq)$	$4{,}0 \times 10^{12}$
$2Ag^+(aq) + Cu(s) = 2Ag(s) + Cu^{2+}(aq)$	$2{,}2 \times 10^{15}$
$CH_3CO_2H(\ell) + CH_3OH(\ell) = CH_3CO_2CH_3(\ell) + H_2O(\ell)$	4,0

وثيقة 43 : في تفاعل معين ثابت التوازن يميز حالة التوازن.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

لكل محلول بواسطة جهاز قياس الناقلية، فنجد $\sigma_1 = 143 \times 10^{-4}\ S.m^{-1}$ و $\sigma_2 = 43 \times 10^{-4}\ S.m^{-1}$ (وثيقة 44).



وثيقة 44: جهاز قياس الناقلية يقيس الناقلية النوعية.

في كل محلول يتفاعل حمض البروبانويك مع الماء. نعين عند التوازن التراكيز المولية للأنواع الكيميائية المتواجدة في كل محلول. ثم نعين النسبة النهائية لتقدم التفاعل في كل حالة. علما أن :

$\lambda_{H_3O^+} = 35\ mS.m^2.mol^{-1}$ ، $\lambda_{C_2H_5COO^-} = 3{,}58\ mS.m^2.mol^{-1}$

معادلة التفاعل :

$$C_2H_5COOH(\ell) + H_2O(\ell) = H_3O^+(aq) + C_2H_5COO^-(aq)$$

الأنواع المتواجدة في كل محلول (عدا الماء) هي :

H_3O^+ ، $C_2H_5COO^-$ ، C_2H_5COOH ، HO^-

لكن $[HO^-]$ ضعيف جدا يمكن إهماله مقارنة مع $[H_3O^+]$

من خلال المعادلة $[C_2H_5COO^-]_f = [H_3O^+]_f$

حساب التراكيز في المحلول (S_1):

$$\sigma_1 = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{C_2H_5COO^-}[C_2H_5COO^-]$$
$$= [H_3O^+](\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_2H_5COO^-})$$

إذًا :
$$[H_3O^+] = \frac{\sigma_1}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{C_2H_5COO^-}}$$

يعني $[H_3O^+]_f = [C_2H_5COO^-]_f = 3{,}71.10^{-3}\ mol.L^{-1}$

$[C_2H_5COOH]_f = C_1 - [H_3O^+]_f = 9{,}63.10^{-3}\ mol.L^{-1}$



وثيقة 45: مسبار جهاز قياس الناقلية.

حساب التراكيز في المحلول (S_2)

بنفس الطريقة السابقة نجد :

$[H_3O^+]_f = [C_2H_5COO^-]_f = 1{,}11.10^{-4}\ mol.L^{-1}$

$[C_2H_5COOH]_f = C_2 - [H_3O^+]_f = 8{,}89.10^{-4}\ mol.L^{-1}$

حساب النسبة النهائية للتقدم في كل حالة :

في المحلول (S_1) يكون $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}}$

بما أن $x_{max} = n_0 = C_1V$ و $x_f = n_{H_3O^+} = [H_3O^+]_f.V$

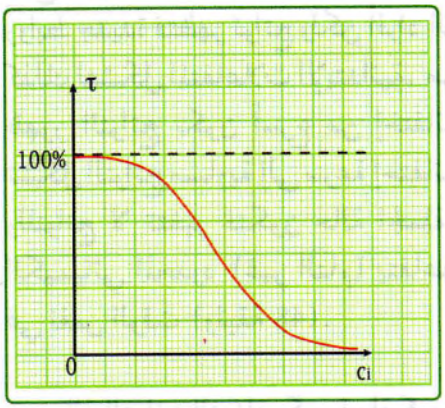
إذًا : $\tau_f = \frac{[H_3O^+]_f}{C_1}$ يعني أن $\tau_f = 3{,}7\%$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

في المحلول (S_2) : بنفس الطريقة نجد $\tau_f = \frac{[H_3O^+]_f}{C_2}$

أي $\tau_f = \frac{[H_3O^+]_f}{C_1} = 0,11 = 11\%$

النسبة النهائية لتقدم التفاعل تتعلق بالحالة الإبتدائية للجملة.



وثيقة 46 : يظهر البيان أن انحلال الحمض يكون أكبر كلما كان التركيز الإبتدائي أضعف.

- النسبة النهائية لتقدم التفاعل وثابت التوازن :

نعتبر التفاعل بين حمض عضوي RCOOH (يمكن أن نرمز له AH) والماء :

$$HA(aq) + H_2O(\ell) = H_3O^+(aq) + A^-(aq)$$

ليكن C التركيز المولي للحمض في المحلول الذي حجمه V فيكون :

$x_{max} = C.V$ و $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{x_f}{C.V}$

جدول تقدم التفاعل

معادلة التفاعل	$HA(aq)$	$+ H_2O(aq)$	$= H_3O^+(aq) +$	$A^-(aq)$
الحالة الإبتدائية	$n_0 = CV$	زيادة	0	0
الحالة الإنتقالية	$n_0 - x$	زيادة	x	x
الحالة النهائية	$n_0 - x_f = 0$ $CV - \tau_f.CV$ $= CV(1 - \tau_f)$	زيادة	$x_f = \tau_f CV$	$x_f = \tau_f CV$

كسر التفاعل النهائي $Q_{rf} = \frac{[HA]_f.[H_3O^+]_f}{[HA]_f}$

$$Q_{rf} = \frac{\tau_f.CV \,.\, \tau_f.CV}{CV(1 - \tau_f)} = \frac{\tau^2_f.\, C}{1 - \tau_f}$$

بما أن عند حالة التوازن، ثابت التوازن $K = Q_{rf}$

فإن : $K = \frac{\tau^2_f}{1 - \tau_f}.\, C$

ثابت التوازن K	$1,10^{-3}$	$1,10^{-3}$	$1,10^{-3}$	$1,10^{-7}$
τ_f	3,0%	9,0%	24%	50%
ثابت التوازن K	1.0	$1,10^2$	$1,10^3$	
τ_f	76%	91%	97%	

وثيقة 47 : يبيّن هذا الجدول تغير τ_f بتغير ثابت التوازن K.

النسبة النهائية لتقدم التفاعل تتعلق بثابت التوازن.

النسبة النهائية للتقدم عند التوازن تتزايد كلما تزايد ثابت التوازن K.

ملاحظة :

من أجل $K > 10^4$ نحصل على $\tau_f > 99\ \%$ وبالتالي يكون التحوّل الكيميائي شبه تام.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

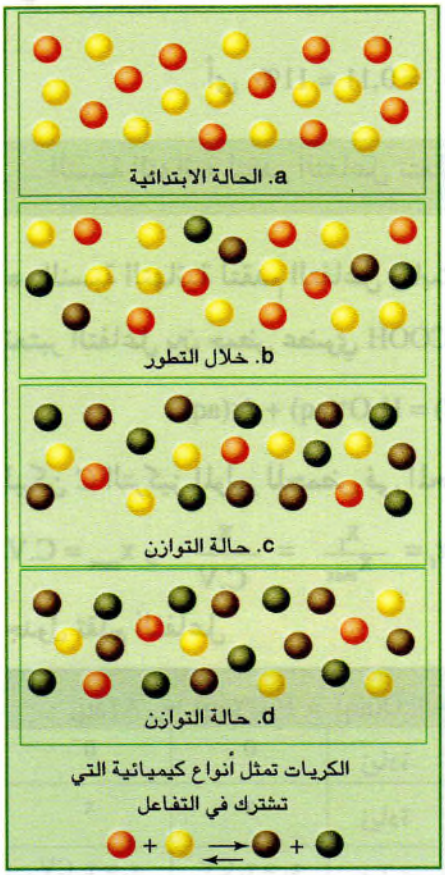
6.3. حالة التوازن الديناميكي لجملة كيميائية

- التفسير المجهري لحالة التوازن :

ينتج عن التصادم الفعال بين أفراد المتفاعلات إنكسار الروابط لتتشكل روابط جديدة فتظهر نواتج ولكن أفراد النواتج تتصادم مع بعضها البعض كذلك لتشكل المتفاعلات الإبتدائية. من الناحية الإحصائية، في البداية ظهور النواتج يكون أسرع من إختفائها ولكن بعد مدة تكون سرعة تشكل النواتج مساوية إلى سرعة إختفائها بحيث كمية المادة للمتفاعلات وللنواتج لا تتغير فتكون حالة الجملة في توازن لهذا ينمذج التحول الكيميائي المحدود (غير التام) بتفاعل يحدث في اتجاهين متعاكسين في نفس الوقت (وثيقة 48).

- حالة التوازن الديناميكي لجملة كيميائية :

عند حالة التوازن لجملة كيميائية كميات المادة للمتفاعلات والنواتج لا تتغير على المستوى العياني. لكن على المستوى المجهري ونظرا للحركة المستمرة للأفراد الناتجة عن الحرارة (Agitation thermique) تحدث اصطدامات فعالة بين أفراد المتفاعلات من جهة وبين أفراد النواتج من جهة أخرى، لهذا نتكلم عن توازن ديناميكي.



وثيقة 48 : b) اختفاء كريات صفراء وحمراء وظهور كريات خضراء وبنية.
c و d) عدد الكريات من كل لون لا يتغير.

4. التحولات حمض - أساس

1.4. المحاليل المائية

1.1.4. التفكك الذاتي للماء :

نقيس الناقلية النوعية للماء المقطر بواسطة جهاز قياس الناقلية فنجد $\sigma = 5{,}5\ \mu S.m^{-1}$ عند $25^0\ C$.

الماء المقطر ناقل ضعيف جدا للتيار الكهربائي (σ ضعيفة) دلالة على وجود عدد قلقل من الشوارد.

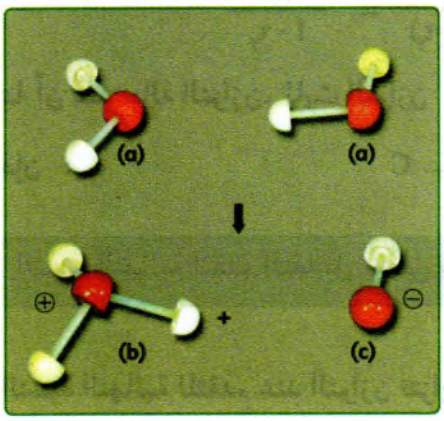
الشوارد المسؤولة عن هذا النقل الكهربائي هي H_3O^+ و HO^- لأن الماء مقطر.

نعيين pH الماء المقطر

- حسب معادلة التفكك الذاتي للماء فإن $[H_3O^+] = [HO^-]$

لدينا : $\sigma = \lambda_{H_3O^+}[H_3O^+] + \lambda_{HO^-}[HO^-]$

حيث : $\lambda_{H3O+} = 35\ mS.m^{-1}$ ، $\lambda_{HO-} = 20\ mS.m^{-1}$



وثيقة 49: a. اصطدام بين جزيئي H_2O.
b. تتشكل شاردة الأوكسونيوم.
c. تتشكل شاردة الهيدروكسيد.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

$$\sigma = [H_3O^+]\,(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{HO^-})$$

إذًا : $$[HO^-] = [H_3O^+] = \frac{\sigma}{\lambda_{H3O+} + \lambda_{HO-}}$$

$$= 10^{-7}\ mol.L^{-1}$$

ومنه يكون PH الماء المقطر مساويا لـ 7.

الماء المقطر يتفكك ذاتيا إلى شوارد H_3O^+ و HO^- وفق التفاعل ذي المعادلة :

$$H_2O(\ell) + H_2O(\ell) = H_3O^+(aq) + HO^-(aq)$$

2.1.4. الجداء الشاردي للماء

التفكك الذاتي للماء يؤدي إلى توازن كيميائي. نعرف الجداء الشاردي للماء $K_e = [H_3O^+]\,.\,[HO^-]$ والذي يمثل ثابت التوازن الموافق لمعادلة التفاعل $2H_2O\,(\ell) = H_3O^+(aq) + HO^-(aq)$ فهو يتغير بتغيير درجة الحرارة.

من أجل كل محلول مائي، عند $25^0\,C$: $K_e = 10^{-14}$.

نعرف pK_e : $pK_e = -\log K_e$ أي $K_e = 10^{-pK_e}$ ومنه $pK_e = 14$

3.1.4. سلم الـ pH :

يتغير pH المحاليل المائية عمليا من 0 إلى 14. وحسب قيم الـ pH نصنف المحاليل المائية إلى ثلاثة أصناف (وثيقة 52) :

- المحلول المائي المعتدل :

نقول عن محلول مائي بأنه معتدل إذا كان عند التوازن $[H_3O^+]_{éq} = [HO^-]_{éq}$

يكتب حينئذ الجداء الشاردي للماء $K_e = [H_3O^+]^2$

$$\log K_e = \log[H_3O^+]^2 = 2\log[H_3O^+]$$

$$-\log[H_3O^+] = -\frac{1}{2}\log K_e \quad \text{أي} \quad pH = \frac{1}{2}pK_e \quad \text{وهذا يعني} \quad pH = 7$$

- المحلول المائي الحمضي :

نقول عن محلول أنه حامضي إذا كان عند التوازن

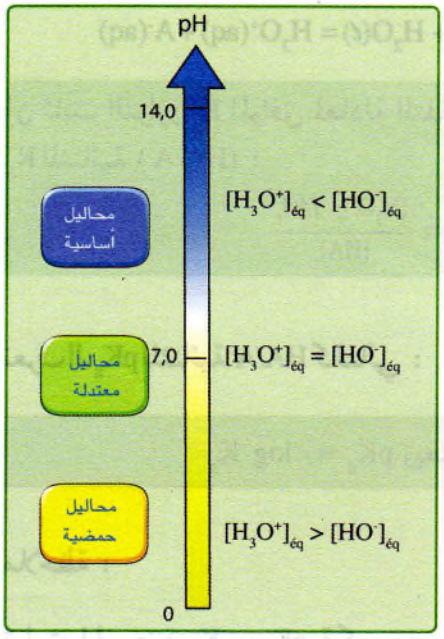
$$[H_3O^+]_{éq} > [HO^-]_{éq}$$



وثيقة 50: كل هذه المحاليل المائية تحتوي على شوارد الاكسونيوم وشوارد الهيدروكسيد.

درجة الحرارة	K_e	pK_e
0°C	$1{,}1 \times 10^{-15}$	15,0
25°C	$1{,}0 \times 10^{-14}$	14,0
40°C	$3{,}0 \times 10^{-14}$	13,5
60°C	$1{,}0 \times 10^{-13}$	13,0
80°C	$2{,}5 \times 10^{-13}$	12,0
100°C	$5{,}5 \times 10^{-13}$	12,3

وثيقة 51: تغيرات K_e وpK_e بتغير درجة الحرارة.



وثيقة 52: سلم pH للمحاليل عند 25°C.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

بضرب طرفي المتراجحة بـ $[H_3O^+]$:

$$[H_3O^+]^2 > K_e$$

و $-\log[H_3O^+]^2 < -\log K_e$

أي $-2\log[H_3O^+] < -\log K_e$ $\quad pH < \frac{1}{2} PK_e$ وهذا يعني $pH < 7$

- المحلول الأساسي :

نقول عن محلول أنه أساسي إذا كان عند التوازن $[H_3O^+]_{éq} < [HO^-]_{éq}$.

بنفس طريقة الحسابات، نجد : $pH > \frac{1}{2} pK_e$ وهذا يعني $pH > 7$.

عند 25°C يكون المحلول المائي:

- معتدلا $[HO^-] = [H_3O^+]$ أي $PH = \frac{1}{2} pK_e$ ومنه $pH = 7,0$
- حمضيا $[HO^-] < [H_3O^+]$ أي $PH < \frac{1}{2} pK_e$ ومنه $pH < 7,0$
- أساسيا $[HO^-] > [H_3O^+]$ أي $PH > \frac{1}{2} pK_e$ ومنه $pH > 7,0$

2.4. ثوابت الحموضة K_a و pK_a للثنائيات (أساس/حمض)

1.2.4. تعريف ثابت الحموضة Ka لثنائية حمض أساس :

معادلة تفاعل الحمض HA مع الماء :

$$HA(aq) + H_2O(\ell) = H_3O^+(aq) + A^-(aq)$$

إن ثابت التوازن K الموافق لمعادلة التفاعل يسمى أيضا ثابت الحموضة K_a للثنائية (HA/A^-) :

$$K_a = K = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [A^-]_f}{[HA]_f}$$

نعرف الـ pK_a للثنائية HA/A^- كالتالي :

$$K_a = 10^{-pKa}$$ ويعني $$pK_a = -\log K_a$$

ملاحظة :

ثوابت الحموضة K_a و pK_a تمكن من مقارنة قوة الأحماض فيما بينها وكذلك قوة الأسس فيما بينها.



وثيقة 53: قيم متوسطة لـ pH بعض الأوساط البيولوجية وبعض المشروبات عند 25°C.

الثنائية	اسم الحمض	pK_a
$H_3O^+(aq)/H_2O(\ell)$	شاردة الأكسنيوم	0
$HSO_4^-(aq)/SO_4^{2-}(aq)$	شاردة هيدروجينو كبريتات	1,9
$H_3PO_4(aq)/H_2PO_4^-(aq)$	حمض الفوسفور	2,1
$HF(aq)/F^-(aq)$	حمض الفلور	3,5
$HCO_2H(aq)/HCO_2^-(aq)$	حمض الميثانويك	3,8
$C_6H_5CO_2H/C_6H_5CO_2^-$	حمض البنزويك	4,2
$CH_3CO_2H(aq)/CH_3CO_2^-(aq)$	حمض الإيثانويك	4,8
$CO_2,H_2O/HCO_3^-(aq)$	ثاني أكسيد الكربون	6,4
$H_2PO_4^-(aq)/HPO_4^{2-}(aq)$	شاردة ثاني هيدروجين الفوسفات	7,2
$NH_4^+(aq)/NH_3(aq)$	شاردة الأمونيوم	9,2
$HCO_3^-(aq)/CO_3^{2-}(aq)$	شاردة هيدروجينو كربونات	10,3
$HPO_4^{-2}(aq)/PO_4^{3-}(aq)$	شاردة هيدروجينو فوسفات	12,1
$H_2O(\ell)/HO^-(aq)$	الماء	14,0

وثيقة 54: قيم ثوابت الحموضة pK_a لبعض الثنائيات عند 25 °C.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- كلما كان K_a أكبر كان pK_a أصغر فكان الحمض أقوى والأساس أضعف.
- كلما كان K_a أصغر كان pK_a أكبر فكان الأساس أقوى والحمض أضعف.

• العلاقة بين pH و pK_a :

من أجل كل ثنائية (أساس/حمض) :

$$pK_a = -\log K_a = -\left(\log ([H_3O^+]_f \times \frac{[\text{الأساس}]_f}{[\text{الحمض}]_f}\right)$$

فإن $$pK_a = -\log [H_3O^+]_f - \log \frac{[\text{الأساس}]_f}{[\text{الحمض}]_f}$$

إذًا $$pK_a = pH - \log \frac{[\text{الأساس}]_f}{[\text{الحمض}]_f}$$

نستنتج العلاقة التالية :

$$pH = pK_a + \log \frac{[\text{الأساس}]_f}{[\text{الحمض}]_f}$$



وثيقة 55: سبخة نيوس بالكاميرون تحتوي على كمية كبيرة من CO_2 منحلة في الماء يحدث فيه التوازن.

$$CO_2 + H_2O = HCO_3^- + H_3O^+$$

حيث ثابت التوازن :

$$K = K_a = \frac{[H_3O^+].[HCO_3^-]}{[CO_2]}$$

2.2.4. مجالات تغلب الصفة الحمضية أو الأساسية لثنائية

العلاقة $pH = pK_a + \log \frac{[\text{الأساس}]_f}{[\text{الحمض}]_f}$ تبرز ثلاث حالات.

- الحالة الأولى : pH المحلول يساوي إلى pK_a للثنائية المعتبرة.

إذا كان $pH = pK_a$ يعني $\log \frac{[\text{الأساس}]_f}{[\text{الحمض}]_f} = 0$ ومنه $\frac{[\text{الأساس}]_f}{[\text{الحمض}]_f} = 1$

إذًا : $[\text{الحمض}]_f = [\text{الأساس}]_f$ وبالتالي لا توجد صفة غالبة.

- الحالة الثانية : pH المحلول أكبر من pK_a للثنائية المعتبرة

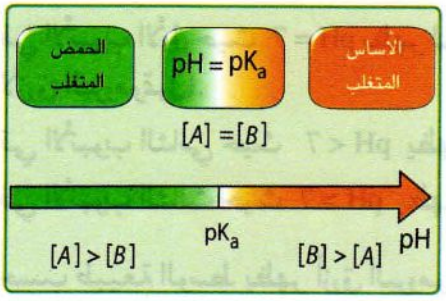
إذا كان $pH > pK_a$ يعني $\log \frac{[\text{الأساس}]_f}{[\text{الحمض}]_f} > 0$ ومنه $\frac{[\text{الأساس}]_f}{[\text{الحمض}]_f} > 1$

إذًا $[\text{الحمض}]_f < [\text{الأساس}]_f$ وبالتالي تكون الصفة الأساسية هي الغالبة.

- الحالة الثالثة : pH المحلول أصغر من pK_a للثنائية المعتبرة.

إذا كان $pH < pK_a$ يعني $\log \frac{[\text{الأساس}]_f}{[\text{الحمض}]_f} < 0$ ومنه $\frac{[\text{الأساس}]_f}{[\text{الحمض}]_f} < 1$

إذًا $[\text{الحمض}]_f > [\text{الأساس}]_f$ وبالتالي تكون الصفة الأساسية هي الغالبة.

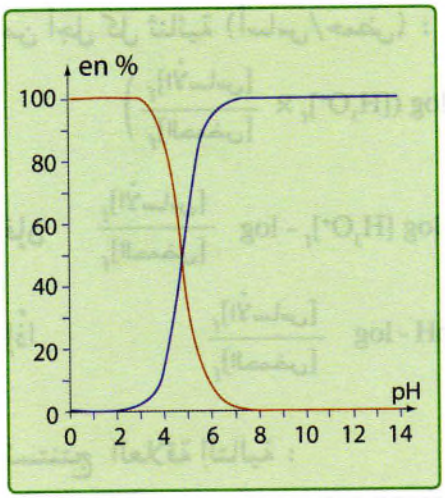


وثيقة 56: مجال تغلب الصفة الحمضية أوالصفة الأساسية للثنائية (A/B).

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

• مخطط توزيع الصفة الغالبة

لمعرفة الصفة الغالبة لثنائية (أساس/حمض) يستعمل عادة مخطط يدعى مخطط الصفة الغالبة فهو يبرز تطور النسبة المئوية للصفة الحمضية والنسبة المئوية للصفة الأساسية بدلالة pH بحيث تقدر هذه النسب مئويا (وثيقة 57).



وثيقة 57 : مخطط توزيع الصفة الغالبة لثنائية (CH_3COOH/CH_3COO^-).

عند تقاطع المنحنيين : % للحمض = %للأساس = 50%

وهذا يعني: $[\text{الحمض}]_f = [\text{الأساس}]_f$ أي $pH = pK_a$

تحسب هذه النسب بالنسبة للتركيز الكلي للحمض والأساس في المحلول

$$\%\ \text{للحمض} = \frac{[\text{الحمض}]_f}{[\text{الأساس}]_f + [\text{الحمض}]_f} \times 100$$

$$\%\ \text{للأساس} = \frac{[\text{الأساس}]_f}{[\text{الأساس}]_f + [\text{الحمض}]_f} \times 100$$

في المخطط (وثيقة57) يقدم بدلالة pH % لحمض الإيثانويك (منحنى أحمر) و% شاردة الإيثانوات (منحنى أزرق). عند تقاطع المنحنيين :

$\%CH_3COO^- = \%CH_3COOH$ نقرأ $pH = pK_a = 4,8$

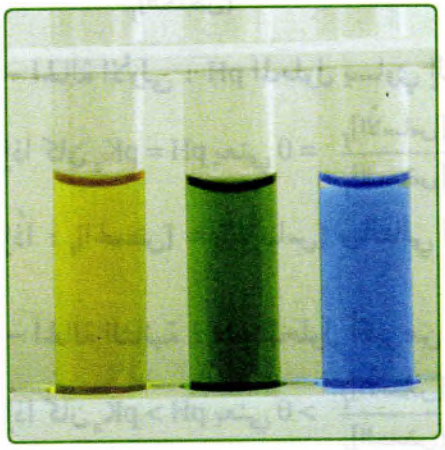
3.4. تطبيق على الكاشف الملون

نأخذ ثلاث أنابيب اختبار، نضع في الأول كمية من الماء المقطر، في الثاني كمية من محلول حمض الإيثانويك وفي الثالث كمية من محلول الصود. نضيف قطرات من أزرق البروموتيمول إلى كل محلول.

في الأنبوب الأول حيث $pH = 7$ يظهر لون المحلول أخضر (اللون الأصلي لأزرق البروموتمول).

في الأنبوب الثاني حيث $pH < 7$ يظهر لون المحلول أصفر

في الأنبوب الثالث حيث $pH > 7$ يظهر لون المحلول أزرق



وثيقة 58 : محاليل أزرق البروموتيمول :

$pH = 7$ لون أخضر.

$pH < 7$ لون أصفر.

$pH > 7$ لون أزرق.

حسب طبيعة الوسط يظهر أزرق البروموتيمول بلون معين وهذا يعني أن له صفتان (حمضية وأساسية) تختلفان في اللون (وثيقة 58).

الكاشف الملون عبارة عن ثنائية (أساس/حمض) حيث الصفة الحمضية و الصفة الأساسية ليس لها نفس اللون ونرمز للثنائية: HIn/In^-

معادلة تفاعل الكاشف الملون مع الماء هي:

$$HIn(aq) + H_2O(\ell) = H_3O^+(aq) + In^-(aq)$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ملاحظات :

نرمز لثابت الحموضة للثنائية HIn/In^- بالرمز Ka_i حيث

$$K_i = \frac{[In^-]_f [H_3O^+]}{[HIn]_f}$$

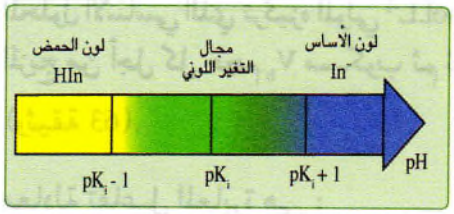
$$pH = pK_i + \log \frac{[In^-]_f}{[HIn]_f}$$

• إن لون محلول يتعلق بالنسبة $R = \frac{[In^-]_f}{[HIn]_f}$ وبالتالي بقيمة pH .

- إذا كان $R > 10$ فإن الصفة In^- تشكل أغلبية إذاً لون المحلول يفرضه لون In^- ومنه $pH > pK_i + 1$

- إذا كان $R < \frac{1}{10}$ فإن الصفة HIn تشكل أغلبية إذاً لون المحلول يفرضه لون HIn ومنه $pH < pK_i - 1$

- من أجل المجال $pK_i - 1 < pH < pK_i + 1$، حيث $[In^-]_f$ يقارب $[HIn]_f$ فإن لون المحلول يكون مزيج من اللونين لهذا يسمى هذا المجال بالمجال التغير اللوني.



وثيقة 59 : مخطط مجالات التغلب لكاشف ملون.

لون الأساس	مجال التغير اللوني	لون الحمض	كاشف ملون
أصفر	3,1 - 4,4	أحمر	هيليانتين
أزرق	6,0 - 7,6	أصفر	أزرق البروموتيمول
بنفسجي	8,2 - 10,0	شفاف	فينول فتاليين

وثيقة 60 : بعض الكواشف الملونة ومميزاتها.

4.4. المعايرة pH متربة

كما رأينا في السنة الثانية، معايرة محلول حمضي (أو أساسي) تتمثل في تعيين التركيز المولي له. من أجل ذلك نستعمل تفاعل (أساس/حمض) يمكن اعتباره تاما.

عند التكافؤ المتفاعل المعايَر والمتفاعل المعايِر يكونا في الشروط الستوكيومترية.

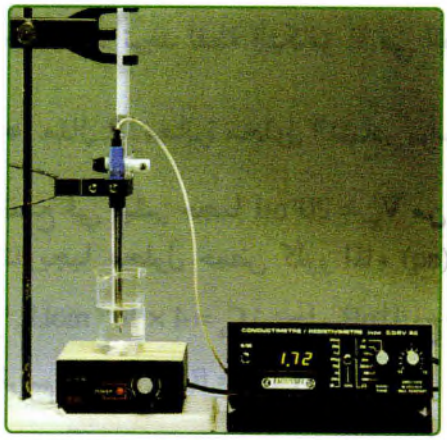
• التركيبة التجريبية لعملية المعايرة والخطوات المتبعة :

- نضع محلول معايَر في البيشر : نأخذ حجما V_a من المحلول الحمضي (مثلا) تركيزه المولي C_a ثم نضيف الماء المقطر حتى يسهل غمر مسبار جهاز pH متر في المحلول.

- نملأ السحاحة بالمحلول الأساسي الذي تركيزه المولي C_b

- نسكب تدريجيا المحلول الأساسي على المحلول الحمضي بحيث عند سكب حجم V_b نسجل قيمة pH المزيج (وثيقة 61).

- نرسم منحنى المعايرة الذي يمثل تغيرات pH المزيج بدلالة حجم المحلول الأساسي المسكوب V_b أي $pH = f(V_b)$.

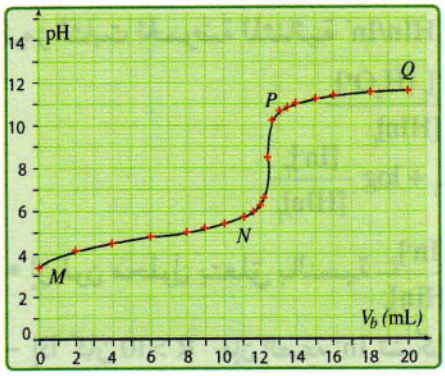


وثيقة 61 : جهاز المعايرة pH متربة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

• مثال 1 : معايرة محلول حمض الإثانويك بواسطة محلول الصود.

نضع في البيشر $V_a = 20\ ml$ من المحلول الحمضي ثم نسكب تدريجيا المحلول الأساسي الذي تركيزه المولي $C_b = 20{,}10^{-2}\ mol.L^{-1}$ نسجل قيمة pH المزيج من أجل كل حجم V_b مسكوب ثم نرسم منحنى المعايرة $pH = f(V_b)$ (وثيقة 63).



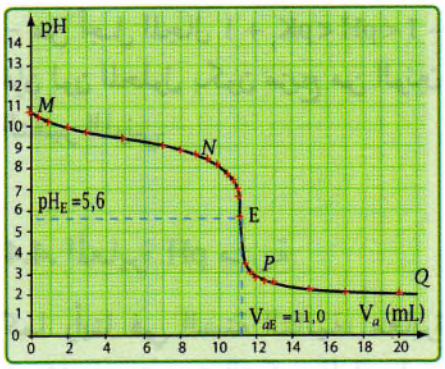
وثيقة 62 : تطور الـ pH بدلالة الحجم V_b لمحلول الصودا المسكوب.

معادلة تفاعل المعايرة هي :

$$CH_3COOH\ (aq) + HO^-(aq) \longrightarrow H_2O(\ell) + CH_3COO^-(aq)$$

مناقشة منحنى المعايرة

- في الجزء MN $(o < V_b < 11mL)$ يتزايد الـ pH ببطء.
- في الجزء NP $(11mL < V_b < 13mL)$ يتزايد الـ pH بسرعة أكبرة.
- في الجزء PQ $(V_b > 13mL)$ يتزايد قليلا وببطء ليؤول إلى قيمة حدية (المنحنى يؤول إلى خط مقارب أفقي).



وثيقة 63 : تطور الـ pH بدلالة حجم V_a للحمض المسكوب.

يحدث التكافؤ عندما تكون المتفاعلات في الشروط الستوكيومترية

لتكن E نقطة التكافؤ يعني (أساسي) n_O(حمض) = n_E

$$n_0(CH_3COOH) = n_E(HO^-)$$

أي $C_a\ V_a = C_b.V_{b_E}$

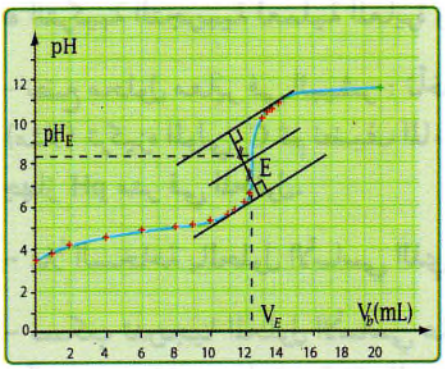
وبالتالي : $C_a = \dfrac{C_b.V_{b_E}}{V_a} = 12{,}4 \times 10^{-2}\ mol.L^{-1}$

حيث : Vb_E تأخذ من منحنى المعايرة

ملاحظة : توجد نقطة التكافؤ E في الجزأ NP حيث pH يتغير بسرعة.

• مثال 2 : معايرة محلول النشادر بواسطة محلول حمض كلور الماء.

نضع في بيشر حجما $V_b = 20\ ml$ من محلول غاز النشادر ثم نسكب تدريجيا محلول حمض كلور الماء $H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$ تركيزه المولي $C_a = 4 \times 10^{-2}\ mol.L^{-1}$ نسجل pH المزيج من أجل كل حجم V_a مسكوب ثم نرسم البيان $pH = f(V_a)$ (وثيقة 64).



وثيقة 64 : تعيين نقطة التكافؤ بطريقة المماسين المتوازيين.

معادلة التفاعل: $H_2O(\ell) + NH_3\ (aq) = HO^-(aq) + NH_4^+(aq)$

عند التكافؤ E : $n_o(NH_3) = n_E(H_3O^+) \Leftarrow C_b\ V_b = C_a.V_{a_E}$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

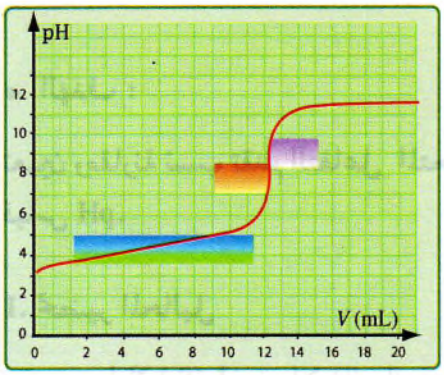
أي $C_b = \frac{C_a.V_{a_e}}{V_b} = 2,2 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$

ملاحظة : نقطة التكافؤ E تقع ايضا في الجزء NP حيث الـ pH يتغير بسرعة.

- كيفية تعيين نقطة التكافؤ على منحنى المعايرة :

- طريقة المماسين المتوازيين :

نرسم مماسين متوازيين لمنحنى في جهتين مختلفتين وعند الأوضاع أكثر تقعرا. نرسم المستقيم الذي يوازي المماسين بحيث يكون متناظرا بالنسبة لهما فتكون نقطة التكافؤ E نقطة تقاطعه مع المنحنى (وثيقة 64).

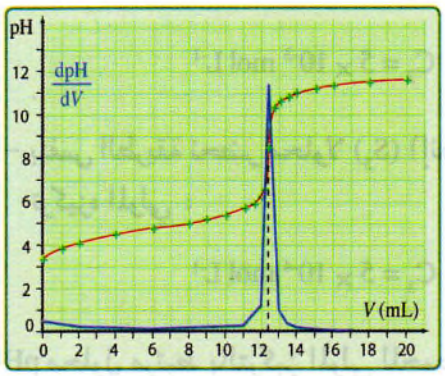


وثيقة 65 : تعيين نقطة التكافؤ في المعايرة اللونية.

- الطريقة اللونية :

عند بداية المعايرة نضيف بضع قطرات من كاشف ملون إلى المحلول المعايَر. خلال المعايرة نحصل على التكافؤ عندما يغير الكاشف لونه. نختار الكاشف الملون المناسب والذي مجال تغير لونه يحتوي على pH التكافؤ.

في مثال معايرة محلول حمض الإيثانويك بمحلول الصود نرسم مجالات تغير لون الكواشف : أخضر بروموكريزول (3,8-5,4)؛ أحمر الكريزول (7,2-8,8) الفينول فتاليين (8.2-10) (وثيقة 65) لتحديد المجال الذي يشمل نقطة التكافؤ.



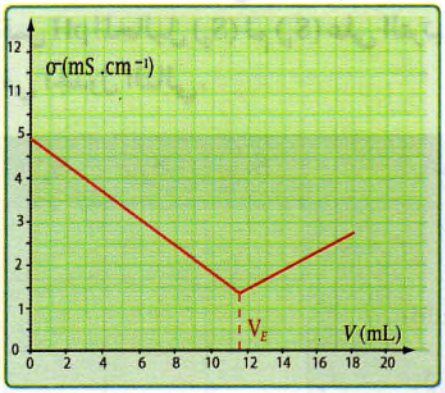
وثيقة 66 : تعيين نقطة التكافؤ عن طريق الإعلام الآلي.
طريقة النهاية العظمى للمنحنى $\frac{dpH}{dV}$

في مثال معايرة محلول النشادر بمحلول حمض كلور الماء نضيف بضع قطرات من أحمر المثيل قبل المعايرة. نلاحظ أن مجال تغير لونه (4.2-6.2) يحتوي على pH_E فيكون هذا الكاشف مناسبا لعملية المعايرة.

ملاحظة : من أجل معايرة دقيقة يجب إضافة بضع قطرات من الكاشف الملون فقط حتى تكون العملية أكثر دقة.

- المعايرة عن طريق الإعلام الآلي :

يرسم الجهاز منحنى المعايرة $pH = f(V)$ ثم يرسم أيضا المنحنى $g(V) = \frac{dpH}{dV}$ نقطة التكافؤ تمثل النهاية العظمى للمنحنى $g(V) = \frac{dpH}{dV}$ (وثيقة 66).



وثيقة 67 : تعيين نقطة التكافؤ في المعايرة عن طريق قياس الناقلية.

- المعايرة عن طريق قياس الناقلية :

يمكن استعمال جهاز قياس الناقلية لقياس الناقلية النوعية σ للمزيج من أجل قيمة الحجم المسكوب. بعد رسم المنحنى $\sigma = f(V)$ نستنتج V_E عند التكافؤ (وثيقة 67).

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تجريب واستكشاف

1. العلاقة بين الـ pH ونسبة التقدم النهائي τ

• الهدف :

تعيين ومقارنة نسب تقدم التفاعل المتحصل عليها من قياس pH.

1. تحضير المحاليل

نعتبر محلولا (S_1) لحمض الإيثانويك ذي التركيز المولي $C_1 = 5.10^{-2}\ mol\ L^{-1}$.

- أقترح طريقة تمكن (إنطلاقا من (S_1)) الحصول على 100 ml من محلول (S_2) تركيزه المولي

$$C_2 = 5 \times 10^{-3}\ mol\ L^{-1}$$

- بنفس الطريقة نحضر محلولا (S_3) (إنطلاقا من (S_2)) تركيزه المولي :

$$C_3 = 5 \times 10^{-4}\ mol\ L^{-1}$$

pH محلول مرتبط بالتركيز المولي للحمض في المحلول.

2. قياس pH :

بعد معايرة جهاز الـ pH متر، أدخل مسبار الجهاز في المحلول (S_3). بعد الرج سجل قيمة pH. بنفس الطريقة قس pH المحاليل (S_2) ثم (S_1) على الترتيب. ضع النتائج في الجدول التالي.

المحاليل	S_3	S_2	S_1
pH			
x_{max} (mol)			
x_f (mol)			
τ			

لماذا ينصح بقياس pH المحلول (S_3) ثم (S_2) وفي الأخير (S_1) وليس العكس؟

3. النسبة النهائية للتقدم :

أ. تأثير التركيز المولي:

- أكتب معادلة التفاعل حمض الإيثانويك مع الماء.
- بإستعمال جدول التقدم عين من أجل حجم 100 ml من كل محلول التقدم الأعظمي x_{max} ثم ضع النتائج في الجدول.
- باستعمال قيمة الـ pH ، عين من أجل 100 ml من كل محلول التقدم النهائي x_f ثم ضع النتائج في الجدول.
- أكمل الجدول السابق بحساب النسبة النهائية للتقدم τ في كل محلول. ماهو تأثير التركيز المولي للمحلول على τ ؟

ب. تأثير طبيعة الحمض :

نترات الأمنيوم من الأسمدة التي تستعمل لتغذية التربة الفلاحية. نعتبر محلولا (S) لنترات الأمونيوم ذي التركيز المولي $C = 5.10^{-3}\ mol\ L^{-1}$.

- ماهي الصيغة الجزيئية لنترات الأمونيوم؟
- من بين الشوارد المتواجدة في المحلول من هي التي تلعب دور الحمض؟ أكتب معادلة تفاعلها مع الماء ثم برّر الخاصية الحمضية للأسمدة.
- أقترح بروتوكول تجريبي يسمح بتعيين النسبة النهائية لتقدم التفاعل. أنجز القياسات الضرورية ثم أحسب قيمة τ.
- مع أي محلول من بين المحاليل المدروسة سابقا (محاليل حمض الإيثانويك) يجب مقارنة النتيجة المتحصل عليها من أجل إبراز تأثير طبيعة الحمض على النسبة النهائية للتقدم ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2. استعمال قياس الناقلية لإبراز ثبات Q_r عند التوازن واستقلاليته عن الحالة الإبتدائية للجملة.

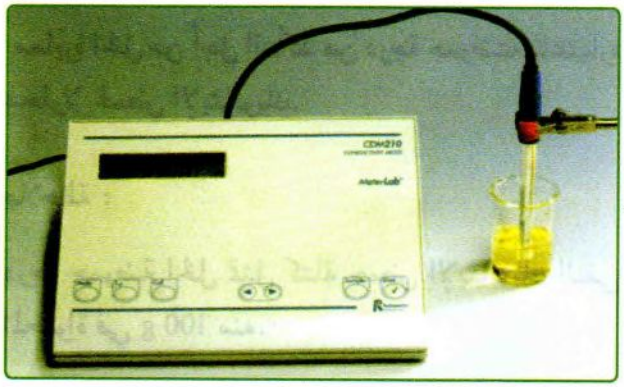
- الأهداف :

- توظيف كسر التفاعل Q_r

- إبراز أن Q_r ثابت عند حالة التوازن ومستقل عن الحالة الإبتدائية للجملة.

1. البروتوكول التجريبي :

- بعد تحضير جهاز قياس الناقلية قم بمعايرته.



- اقترح بروتوكول تجريبي من أجل تحضير 50 mL من كل محلول معطى في الجدول

- قم بقياس الناقلية النوعية σ لكل محلول ثم أكمل الجدول التالي :

$C(mmol.L^{-1})$	1	2	5	10
$\sigma(mS.cm^{-1})$				

2. الإستغلال :

- أكتب معادلة التفاعل الحادث ثم أكتب عبارة Q_r في حالة ما للجملة.

- كيف يمكن تعيين $[H_3O^+]$ و$[A^-]$ انطلاقا من σ. أحسب حينئذ هذه القيم.

- كيف يمكن تعيين التركيز المولي [HA] للحمض باستعمال جدول التقدم ؟

- برر أن الجملة تتطور إلى حالة التوازن الكيميائي.

- أحسب Q_{rf} عند حالة التوازن. ماذا يمكن القول عن Q_{rf} عند حالة التوازن؟

يعطى عند 25 °C

$$\lambda_{H_3O^+} = 35.10^{-3} S.m^2.mol^{-1}$$

$$\lambda_{CH_3COO^-} = 4{,}09.10^{-3} S.m^2.mol^{-1}$$

3. التعيين التجريبي لثابت الحموضة pK_a لثنائية

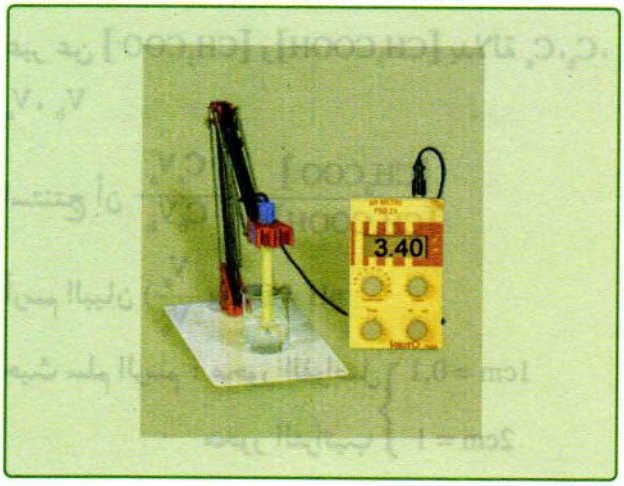
- الهدف :

توظيف العلاقة $pH = pK_a + \log\frac{[A^-]}{[HA]}$ بالنسبة للثنائية (HA/A^-)

- تعيين pK_a للثنائية.

1. البروتوكول التجريبي :

أنجز في الأول بعد معايرة جهاز الـ pH متر بواسطة محلولين مناسبين.



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

التجربة الأولى :

في بيشر سعته 100 mL، نسكب 10,0 mL من حمض الإيثانويك النقي تركيزه المولي $C_a = 0,10\ mol.L^{-1}$ مأخوذة بواسطة ماصة مدرجة، نضيف بواسطة سحاحة مدرجة في كل مرة حجما $V_b = 10,0\ mL$ من محلول إيثانوات الصوديوم تركيزه المولي $C_b = 0,10\ mol.L^{-1}$ بعد كل إضافة نقيس pH المزيج

التجربة الثانية (نصف الأفواج الباقية)

في بيشر سعته 100 mL نسكب حجما $V_a = 10,0\ mL$ من محلول إيثانوات الصوديوم تركيزه المولي $C_b = 0,10\ mol.L^{-1}$ مأخوذة بواسطة ماصة مدرجة.

نضيف بواسطة سحاحة مدرجة في كل مرة حجما $V_b = 10,0\ mL$ من محلول حمض الإيثانويك تركيزه المولي $Ca = 0,10\ mol.L^{-4}$ عند كل إضافة نقيس pH المزيج.

2. جدول القياسات

V_a(mL)	10	10	10	10	10	20	30	40
V_b(mL)	10	20	30	40	50	10	10	10
pH								

3. الإستغلال :

عبر عن $[CH_3COO^-]$ و$[CH_3COOH]$ بدلالة C_b، C_a، V_b، V_a

استنتج أن $\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = \frac{C_aV_a}{C_bV_b}$

أرسم البيان $pH = f(\log \frac{V_a}{V_b})$

حيث سلم الرسم : محور الفواصل $1cm = 0,1$ ، محور التراتيب $2cm = 1$

- ما هي معادلة المنحنى المتحصل عليه؟
- على ماذا يحتوي المزيج عند نقطة تقاطع المنحنى مع محور التراتيب ؟

استنتج pK_a للثنائية $(CH3COOH/CH3COO^-)$

- ما هو النوع الذي يشكل أغلبية في الخلائط التي لها قيم الـ pH التالية : 7,5، 7، 6,5 ، 5، 4، 3

معايرة حمض الإيثانويك المتواجد في الخل

- الهدف:

معايرة الخل من أجل التأكد من درجة حموضته باعتباره محلولا لحمض الإيثانويك.

ملاحظة :

درجة حموضة الخل تمثل كتلة حمض الإيثانويك النقي المحتواة في 100 g منه.

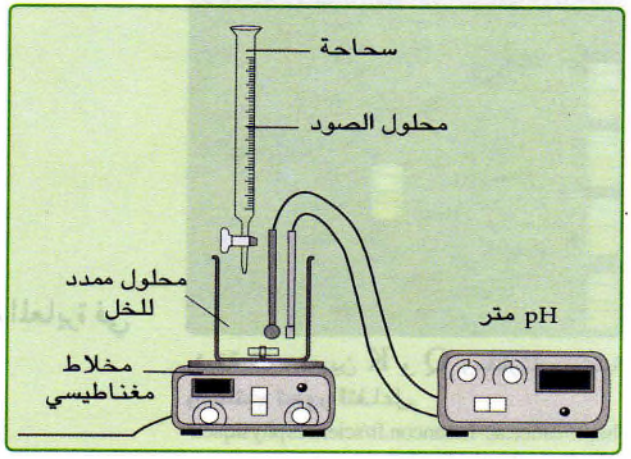
- الوسائل المستعملة :

- حوجلة سعتها 100 mL ماصة سعتها 10 mL وماصة أخرى سعتها 20 mL
- سحاحة مدرجة، بيشر سعته 100 mL
- جهاز pH متر
- مخلاط مغناطيسي
- محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $0,1\ mol.L^{-1}$
- الهليانتين والفينول فتاليين.
- الخل الشفاف التجاري حيث نقرأ على بطاقة تعريفة الكتلة الحجمية : $\rho = 1,0\ g.mL^{-1}$
- درجة الحموضة : 6°

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

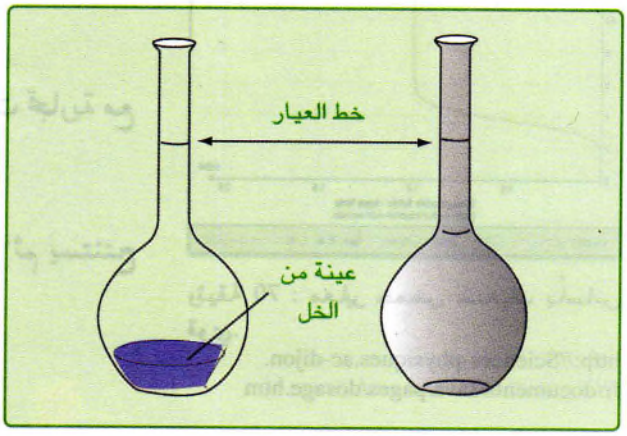


تحقيق الجهاز التجريبي : نحقق الجهاز التجريبي الموضح في الشكل :



خطوات العمل

1. تمديد الخل إلى $\frac{1}{10}$ نضع الحوجلة كمية من الخل ثم نكمل إلى خط العيار بواسطة الماء المقطر.



2. نملأ السحاحة بمحلول الصود إلى غاية الصفر ثم نعاير جهاز الـ pH متر.

3. نضع في البيشر 20 mL من محلول الخل الممدد مع إضافة بضع قطرات من الهليانتين وقطرات من الفينول فتاليين.

4. نغمر مسبار جهاز الـ pH متر في البيشر (يمكن إضافة الماء المقطر)

5. من أجل كل حجم V_b مسكوب نسجل قيمة pH المزيج لنحصل على جدول القياسات (نسجل الحجم V_b الموافق لتغير لون كل من الهليانتين ثم الفنول فتاليين)

6. أدخل النتائج إلى جهاز الإعلام الآلي من أجل الحصول على منحنى المعايرة وكذلك المنحنى

$$\frac{dpH}{dV} = f(V_b)$$

- الأسئلة :

1. اشرح كيف يمكن إجراء عملية التمديد إلى $\frac{1}{10}$ وما هي الزجاجيات الضرورية لذلك؟

2. ماهو الحجم المسكوب عند التكافؤ V_{bE}

3. استنتج التركيز المولي للمحلول الممدد.

4. ماهو التركيز المولي لحمض الإيثانويك في الخل التجاري؟ استنتج درجة حموضته.

5. ماهو حجم محلول الصود المضاف :

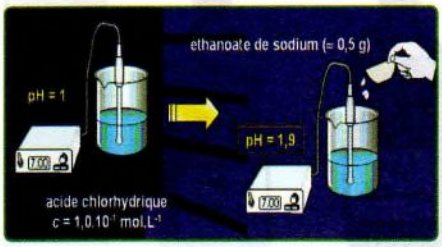
- عند تغير لون الهليانتين ؟
- عند تغير لون الفينول فتاليين ؟

- ماهو الكاشف الملون المناسب لعملية المعايرة اللونية ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

في هذه الوحدة يستطيع التلميذ الرجوع إلى عدة مواقع إلكترونية من أجل التعمّق أو تكملة معارفه :

- يجد التلميذ في الموقع الإلكتروني المحدّد (وثيقة 68) محاكاة للتجارب حول تعيين pH محلول خلال تطور جملة كيميائية.



وثيقة 68 : pH يزداد، اختفاء H_3O^+ .

http://catice.ac-besancon.fr/sciences physiques/ physique-chimie/ Lycée/

- في الموقع (وثيقة 69) يجد التلميذ تجارب حول :

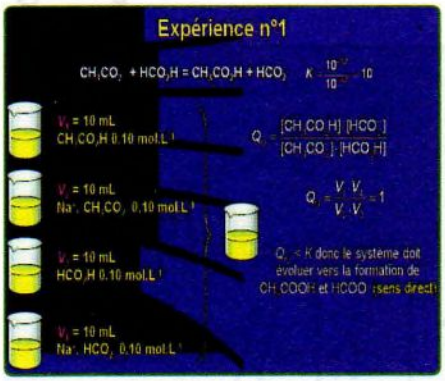
- الثنائيات (أساس/ حمض)

- التحولات التامة وغير التامة حول :

مفهوم كسر التفاعل،

مفهوم ثابت التوازن

توقع كيفية تطور اتجاه جملة كيميائية نحو حالة التوازن.



وثيقة 69 : تعيين K و Q ومقارنة بينهما واستنتاج تطور التفاعل.

http://catice.ac-besancon.fr/sciences physiques/ physique-chimie/ Lycée/

- في الموقع (وثيقة 70) المحاكاة تمكن التلميذ من دراسة المعايرة في عدة حالات مع مقارنة التكافؤ :

- حمض قوي - أساس قوي

حمض ضعيف - أساس قوي

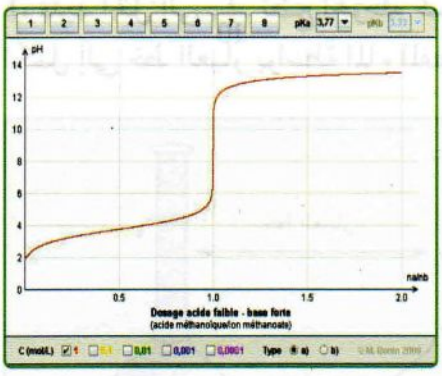
- حمض قوي - أساس ضعيف

- استنتاج pK_a للثنائية المدروسة

- اختيار كاشف ملون مناسب لعملية المعايرة

- اختيار مواد كيميائية من الحياة اليومية : معايرة منظفات تجارية مع تحديد دقة المعايرة.

في كل حالة يتحصل التلميذ على المنحنى pH = f(V) ، ثم يستنتج pK_a للثنائية المدروسة بعد تعيين نقطة التكافؤ.



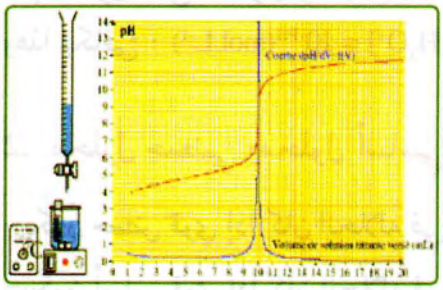
وثيقة 70 : معاير حمض ضعيف بأساس قوي.

http://Sciences-physiques.ac-dijon.fr/documents/Java/pages/dosage.htm

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

• من أجل تعيين نقطة التكافؤ خلال المعايرة الـ pH مترية في حالة حمض ضعيف أساس قوي يجد التلميذ في الموقعين (وثيقة 71) محاكات لمعايرة حمض ضعيف بأساس قوي أو العكس كمثال معايرة حمض الإيثانويك بمحلول الصود. يمكن في هذه المحاكاة تغيير تراكيز المتفاعلات.

يمكن رسم منحيين $pH = f(V)$ و $g(V) = \frac{dpH}{dV}$ وتعيين نقطة التكافؤ في هذه المواقع يمكن للتلميذ أيضا تغيير الحمض أو الأساس، اختيار الحجوم، إظهار منحنى واحد أو عدة منحنيات على الشاشة.



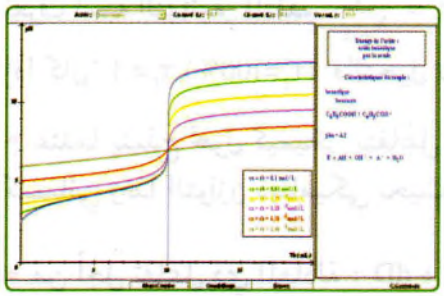
وثيقة 71 : معايرة حمض ضعيف بأساس قوي.

http: //www. spc.ac- aix- Marseille. fr/phy_chi/Menu/Activites_pedagogiques/tableau_avancement/liv_titrage_pdf.pdf

• يجد التلميذ في الموقع (وثيقة 72) محاكاة في المعايرة PH مترية تمكنه من اختيار :

- الحمض
- اختيار الأساس
- pK_A للحمض الكربوكسيلي.
- التراكيز والحجوم،

ويمكن أيضا إظهار منحنى واحد أو عدة منحنيات مع اختيار المعاير للحصول على منحنى المعايرة الموافق في كل حالة.



وثيقة 72 : معايرة حمض أساس بتغيير التركيز المولي والحجم.

http: // www. discip.crdp.ac-caen.fr/phch/lycees/terminale/dosage/dosage/htm

• في الموقع (وثيقة 73) يجد التلميذ محاكاة عن طريق قياس الناقلية :

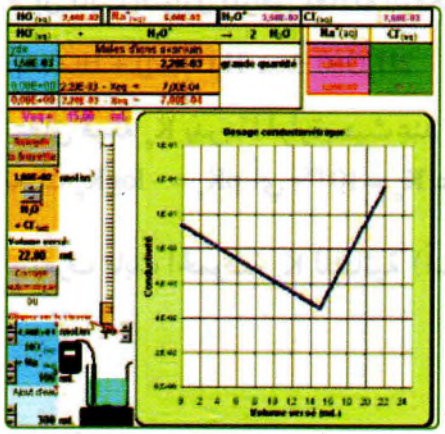
- معايرة حمض كلور الماء بواسطة محلول الصود.
- معايرة محلول كبريتات الحديد II بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم.
- معايرة محلول ثنائي اليود بواسطة محلول تيوكبريتات الصوديوم.
- يمكن خلال كل معايرة مختارة تغيير تراكيز المتفاعلات برمجية المحاكات تسمح برسم البيانات.

$\sigma = f(V)$ الناقلية النوعية بدلالة الحجم المسكوب.

$x = f(V)$ التقدم بدلالة الحجم المسكوب.

$n = f(x)$ كمية المادة للمتفاعل أو الناتج بدلالة التقدم.

$n = f(V)$ كمية المادة بدلالة الحجم المسكوب.



وثيقة 73 : تطور كمية المادة خلال المعايرة بقياس الناقلية.

http: // www:ac- Nantes.fr:8080/peda/disc/scphy/dochtml/prem_s/simul_ch/dosages.htm

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الخلاصة

1. pH محلول مائي

pH محلول مائي مقدار يعرف بالعلاقة : $pH = -\log[H_3O^+]$

وهذا يكافئ : $[H_3O^+] = 10^{-PH}(mol.L^{-1})$

2. محلول حمضي ومحلول أساسي

-يكون حمض قوي إذا كان انحلاله في الماء كليا، ويكون ضعيفا إذا كان انحلاله في الماء جزئيا.

-يكون أساس قوي إذا كان انحلاله في الماء كليا، ويكون ضعيفا إذا كان انحلاله في الماء جزئيا.

3. تطور جملة كيميائية نحو حالة التوازن

- عند ملاحظة عدم تطور الجملة الكيميائية يكون تقدم التفاعل نهائيا أي $x = x_f$

نعرف نسبة النهائية للتقدم $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}}$.

إذا كان $\tau_f = 1$ $(\tau_f = 100\%)$ فالتحول تام وإذا كان $\tau_f < 1$ $(\tau_f < 100\%)$ فالتحول غير تام.

- عندما ينمذج تحول كيميائي بتفاعل يحدث في اتجاهين متعاكسين الحالة النهائية للجملة تكون في توازن كيميائي وهذا التوازن ديناميكي بحيث نميزه بثابت يسمى ثابت التوازن K

- من أجل تفاعل ذي المعادلة : $aA + bB = cC + dD$.

نعرف كسر التفاعل بالعلاقة : $Q_r = \frac{[C]^C[D]^d}{[A]^a[B]^b}$

- ثابت التوازن K يمثل القيمة النهائية لكسر التفاعل : $K = Q_{rf} = \frac{[C]_f^c[D]_f^d}{[A]_f^a[B]_f^b}$

- إن ثابت التوازن الموافق لمعادلة التفكك (التشرد) الذاتي للماء يسمى الجداء الشاردي للماء K_e :

$$2H_2O(\ell) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + HO^-(aq)$$

تتعلق قيمة K_e بدرجة الحرارة بحيث عند $25°C$ $K_e = [H_3O^+][OH^-] = 10^{-14}$

نعرف $pK_e = -\log K_e$ أي $K_e = 10^{-PK_e}$ عند $25°C$ $pK_e = 14,0$

- نعرف ثابت الحموضة K_a للثنائية (أساس/حمض) : $H_3O^+(aq) + \text{أساس}(aq) = H_2O(\ell) + \text{حمض}(aq)$

$$K_a = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [\text{الأساس}]_f}{[\text{الحمض}]_f}$$

نعرف أيضا pK_a للثنائية : $pK_a = -\log K_a$ أي $K_a = 10^{-PKa}$

وتكون العلاقة بين pH و pK_a هي :

$$pH = pK_a + \log \frac{[\text{الأساس}]_f}{[\text{الحمض}]_f}$$

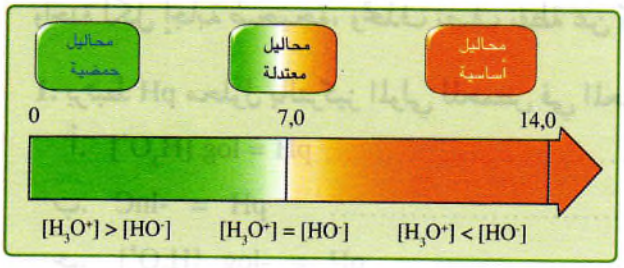
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

• يكون المحلول :

معتدلا إذا كان : $[H_3O^+]_{éq} = [HO^-]_{éq}$،

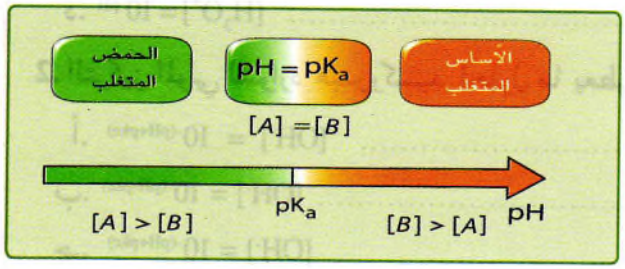
حامضيا إذا كان : $[H_3O^+]_{éq} > [HO^-]_{éq}$،

أساسيا إذا كان : $[H_3O^+]_{éq} < [HO^-]_{éq}$



• مجالات تغلب الصفة لثنائية :

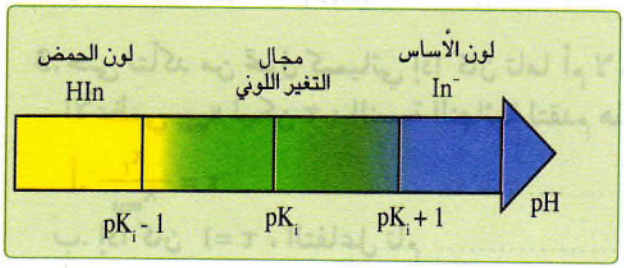
العلاقة بين pH و pKa تمكن من إبراز الصفة الغالبة حسب قيم pH للثنائية (أساس/ حمض) (A/B) .



• الكاشف الملون :

الكاشف الملون عبارة عن ثنائية (أساس/حمض) (HIn/In^-)

حيث الصفة الحمضية والصفة الأساسية ليس لهما نفس اللون.

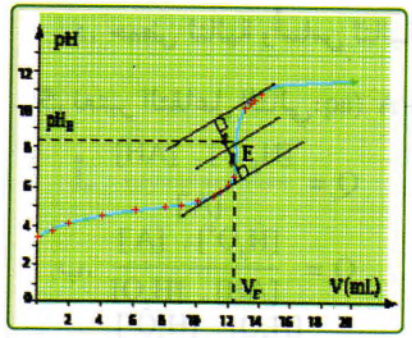


4. المعايرة الـ pH مترية لمحلول حمضي أو أساسي

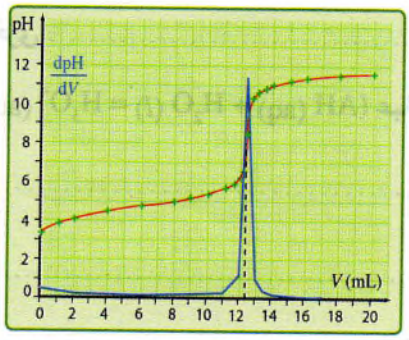
هذه المعايرة تمكن من معرفة التركيز المولي بالنوع المذاب لمحلول حمضي أو لمحلول أساسي. إن تفاعل المعايرة يكون دوما تاما فهو عبارة عن تفاعل حمض- أساس. عند التكافؤ يكون المزيج في الشروط الستوكيومترية بحيث

$n(\text{أساس}) = n(\text{حمض}) \Leftarrow C_aV_a = C_bV_b$.

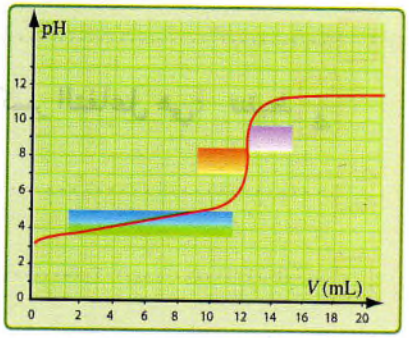
تعيين حجم الأساس المسكوب عند التكافؤ :



تعيين الحجم المسكوب عند التكافؤ يمثل فاصلة نقطة E معينة بطريقة المماسين.



تعيين الحجم المسكوب عند التكافؤ يمثل فاصلة النهاية العظمى للمنحنى.



تعيين الحجم المسكوب يوافق التغيير اللوني للكاشف الملون، في مجال التغير اللوني يحتوي على قيمة pH_E .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

التقويم الذاتي

تشتمل الأسئلة الآتية على عدّة مقترحات. بيّن الصحيحة منها بـ(ص) والخاطئة منها بـ (خ). تعطى نقطة واحدة لكل إجابة صحيحة، وتحذف نصف نقطة عن كل إجابة خاطئة ولا شيء في حالة عدم الإجابة.

1. يرتبط pH محلول بالتركيز المولي للحمض في المحلول بالعلاقة : تنقيط 4

أ. $pH = \log [H_3O^+]$ .....

ب. $pH = -\ln C$ .....

جـ. $pH = -\log [H_3O^+]$ .....

د. $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ .....

2. التركيز المولي لشوارد هيدروكسيد لمحلول ما يعطى بـ $(mol.L^{-1})$ تنقيط 4

أ. $[OH^-] = 10^{-(pH+pke)}$ .....

ب. $[OH^-] = 10^{-(pH-pke)}$ .....

جـ. $[OH^-] = 10^{-(pH+pke)}$ .....

د. $[OH^-] = 10^{-(-pH+pke)}$ .....

3. حتى نتأكد من تحول كيميائي إذا كان تاما أم لا، نحسب التقدم النهائي x_f و نقارنه مع التقدم الأعظمي x_{max} ليكن τ : النسبة النهائية لتقدم هذا التحول : تنقيط 4

أ. $\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$ .....

ب. إذا كان $\tau = 1$ ، التفاعل تام .....

جـ. إذا كان $\tau < 1$ ، التفاعل لم يحدث .....

د. إذا كان $\tau > 1$ ، التفاعل محدود .....

4. يحدث تفاعل حمض –أساس بين : تنقيط 4

أ. حمض وأساسه المرافق. .....

ب. حمضين ينتميين إلى ثنائياتين (أساس/حمض) .....

جـ. أساسين ينتميان إلى ثنائياتين (أساس/حمض) .....

د. حمض ثنائية وأساس ثنائية أخرى .....

5. نعتبر التفاعل التالي: $AH\ (aq) + H_2O\ (l) = H_3O^+\ (aq) + A^-\ (aq)$ عبارة كسر التفاعل هي: تنقيط 4

أ. $Q_r = \frac{[H_3O^+] \cdot [AH]}{[A^-]}$ .....

ب. $Q_r = \frac{[H_3O^+] \cdot [A^-]}{[AH] \cdot [H_2O]}$ .....

جـ. $Q_r = \frac{[H_2O] \cdot [H_3O^+]}{[A] \cdot [AH]}$ .....

د. $Q_r = \frac{[H_3O^+] \cdot [A^-]}{[AH]}$ .....

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

6. التفكك الذاتي للماء — تنقيط 4

أ. عبارة عن تفاعل يحدث بين جزيئين للماء .....

ب. عبارة عن تفاعل تام .....

جـ. ثابت التوازن K_e يساوي $\frac{[OH^-].[H_3O^+]}{[H_2O]^2}$ عند التوازن .....

د. ثابت التوازن K_e يساوي 13.5 عند 25°C .....

7. العلاقة التي ترتبط pH المحلول للحمض AH بـ pk_a للثنائية (AH / A^-) تكتب : — تنقيط 4

أ. $pK_a = pH + \log \frac{[A^-]_{éq}}{[AH]_{éq}}$ .....

ب. $pH = pK_a - \frac{[A^-]_{éq}}{[AH]_{éq}}$ .....

جـ. $pK_a = pH + \log \frac{[A^-].[H_3O^+]_{éq}}{[AH]_{éq}}$ .....

د. $pH = pK_a + \log \frac{[A^-]_{éq}}{[AH]_{éq}}$ .....

8. الثنائية (أساس/حمض) لكاشف ملون : — تنقيط 4

أ. يغير لونه عندما يتغير pH من $pK_a - 0.01$ إلى $pK_a + 0.01$ .....

ب. يغير لونه عند إضافة قطرة واحدة من المحلول المعايِر عند التكافؤ .....

جـ. يغير لونه عند pH = 7 .....

د. يغير لونه عند $pH = pK_a$ .....

9. خلال تفاعل المعايرة حمض–أساس — تنقيط 4

أ. يختفي المتفاعل المعايَر كليا عند التكافؤ .....

ب. يختفي المتفاعل المعايَر كليا عند التكافؤ .....

جـ. يكون المتفاعل المحدّ دوما المتفاعل المعايِر .....

د. يكون pH دوما 7 عند التكافؤ .....

10. خلال معايرة محلول هيدروكسيد الصوديوم بواسطة الشوارد H_3O^+ حيث معادلة التفاعل

$$H_3O^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)} = 2H_2O_{(l)}$$

تنقيط 4

أ. التفاعل الحادث بطيئ .....

ب. عند التكافؤ $n_E(H_3O^+) = n_0(HO^-)$ .....

جـ. عند التكافؤ pH < 7 .....

د. يمكن استعمال أزرق بروموتيمول ككاشف ملون من أجل المعايرة .....

مجموع النقاط 40

ملاحظة : إذا تحصلت على أقل من 30 نقطة يجب عليك مراجعة الدرس.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمرين 1

نريد دراسة التفاعل بين شوارد الإيثانوات $CH_3COO^-(aq)$ مع حمض الميثانويك $HCOOH(\ell)$.

من أجل ذلك نضع في بيشر يحتوي على 500 mL من الماء المقطر، 0.10 mol من إيثانوات الصوديوم و 0.10 mol من حمض الميثانويك.

1. أكتب معادلة التفاعل الحادث وبين أنه تفاعل حمض- أساس
2. قدم جدولا لتقدم التفاعل.
3. عين كسر التفاعل الإبتدائي Q_{ri}
4. عين عبارة كسر التفاعل النهائي (عند التوازن) بدلالة النسبة النهائية لتقدم التفاعل τ_f
5. علما أن ثابت التوازن الموافق لمعادلة هذا التفاعل K=13 استنتج النسبة النهائية للتقدم τ_f في هذه التجربة.
6. كيف يمكن تحسين قيمة τ_f لهذا التفاعل.

الحـــل

1. معادلة التفاعل $CH_3COO^-(aq) + HCOOH(aq) = CH_3COOH(aq) + HCOO^-(aq)$
2. خلال هذا التفاعل يحدث تحويل للبروتونات H^+ من الحمض HCOOH إلى الأساس CH_3COO^- فهو تفاعل حمض -أساس.

جدول تقدم التفاعل

معادلة التفاعل	$CH_3COO^-(aq)$	+	$HCOOH(aq)$	=	$CH_3COOH(aq)$	+	$HCOO^-(aq)$
الحالة الإبتدائية(x = 0)	0.10		0.10		0		0
الحالة الإنتقالية (x)	0,10 - x		0,10 - x		x		x
الحالة النهائية (x_f)	0,10 - x_f		0,10 - x_f		x_f		x_f

3. كسر التفاعل الإبتدائي Q_{ri}

$$Q_{ri} = \frac{[HCOO^-]_i \cdot [CH_3COOH]_i}{[CH_3COO^-]_i \cdot [HCOOH]_i} = 0$$ لأن $n_0(HCOO^-) = n_0(CH_3COOH) = 0$

4. عبارة Q_{rf} بدلالة τ_f :

لدينا $$Q_{rf} = \frac{[HCOO^-]_f \cdot [CH_3COOH]_f}{[CH_3COO^-]_f \cdot [HCOOH]_f}$$

بفرض أن حجم الوسط التفاعلي لا يتغير $\Leftarrow$ $Q_{rf} = \frac{x_f \cdot x_f}{(0,1 - x_f)(0,1} = \frac{x_f^2}{(0,1 - x_f)^2}$ أي

لدينا $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} \Leftarrow x_f = \tau_f \cdot x_{max}$

من جدول التقدم لو اختفى CH_3COO^- كليا أو اختفى HCOOH كليا فإن $x_{max} = 0,10ml \Leftarrow Q_{rf} = \frac{10^{-2} \cdot \tau_f^2}{10^{-2}(1-\tau_f)^2}$

وبالتالي فإن $Q_{rf} = \frac{\tau_f^2}{(1-\tau_f)^2} \Leftarrow Q_{rf} = \left(\frac{\tau_f}{1-\tau_f}\right)^2$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

5. تعيين τ_f في التجربة

عند التوازن $Q_{rf} = K = 13 \Leftarrow \frac{\tau_f^2}{(1-\tau_f)^2} = 13$

حل المعادلة حيث $0 < \tau_f < 1$ ينتج $\tau_f = 0,78$ أي $\tau_f = 78\%$

6. يمكن تحسين قيمة τ_f عند وضع أحد المتفاعلات بزيادة أي أن المزيج الإبتدائي ليس في الشروط الستوكيومترية.

تمرين 2

دراسة ثنائية حمض البنزويك- شاردة البنزوات $C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-$

1. نقيس pH محلول حمض البنزويك ذي التركيز المولي $C_1 = 1,0.10^{-2}\,mol.L^{-1}$ فنجد $pH_1 = 3,1$.

أ. أكتب معادلة تفاعل حمض البنزويك مع الماء ثم أكتب عبارة ثابت الحموضة K_a للثنائية المدروسة.

ب. لماذا قياس pH_1 يمكّن من القول أن حمض البنزويك ضعيف؟

2. نقيس بعد ذلك pH لمحلول بنزوات الصوديوم $((Na^+(aq) + C_6H_5COO^-(aq))$ تركيزه المولي $C_2 = 1,0.10^{-2}\,mol.L^{-1}$ فنجد $pH_2 = 8,1$

أ. أكتب معادلة تفاعل شاردة البنزوات مع الماء ثم أكتب عبارة ثابت التوازن الموافق لمعادلة هذا التفاعل.

ب. لماذا قياس pH_2 يمكّن من القول أن شاردة البنزوات لاتتفاعل كليا مع الماء ؟

3. نضيف إلى المحلول الأول (محلول حمض البنزويك) بضع قطرات من محلول الصود نلاحظ أن pH المزيج 5,3.

أ. دون حساب وباستعمال مخطط الصفة الغالبة (diagramme de prédominance) ماهو النوع الذي يشكل أغلبية في المزيج؟

ب. أكتب معادلة التفاعل حمض- أساس الحادث بين محلول الصود ومحلول حمض البنزويك.

جـ. أحسب قيمة ثابت التوازن الموافق لمعادلة هذا التفاعل.

4. نحقق الآن مزيجا بين 20 mL من محلول حمض البنزويك و 20 mL من محلول بنزوات الصوديوم

أ. أكتب معادلة التفاعل حمض- أساس الحادث

ب. أحسب قيمة ثابت التوازن الموافق لمعادلة هذا التفاعل

جـ. أوجد علاقة بين pH المزيج وpKa للثنائية $(C_6H_5OOH/C_6H_5COO^-)$ ثم استنتج pH المزيج.

5. أ. مثل كيفيا شكل مخطط تواجد الثنائية $(C_6H_5OOH/C_6H_5COO^-)$

ب. عين على المخطط القيم الأربعة السابقة لـ pH

يعطى: $pK_a(C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-) = 4,2$

الحـــل

1. أ. معادلة حمض البنزويك مع الماء: $C_6H_5COOH(aq) + H_2O(\ell) = H_3O^+(aq) + C_6H_5COO^-(aq)$

ثابت الحموضة $K_a = \frac{[H_3O^+] \cdot [C_6H_5COO^-]_f}{[C_6H_5COOH]_f}$

ب. الماء بزيادة $\Leftarrow$ الحمض هو المتفاعل المحد $\Leftarrow x_{max} = n_0(\text{حمض}) = C_1.V$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

$pH_1 = 3,1 \Leftarrow [H_3O^+]_f = 10^{-3,1} \Leftarrow [H_3O^+]_f = 7,9.10^{-4} mol.L^{-1}$

إذًا $x_f = [H_3O^+]_f.V$

بالتالي النسبة النهائية للتقدم $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[H_3O^+]_f}{C_1} = 7,9.10^{-2}$

وهذا يعني $\tau_f = 7,9\%$ ⇐ التفاعل غير تام ⇐ حمض البنزويك ضعيف.

2. أ. معادلة تفاعل شاردة البنزوات مع الماء:

$$C_6H_5COO^-(aq) + H_2O(\ell) = C_6H_5COOH(aq) + HO^-(aq)$$

ثابت التوازن الموافق لمعادلة التفاعل: $K = \frac{[C_6H_5COOH]_f . [HO^-]_f}{[C_6H_5COO^-]_f}$

ب. الماء بزيادة ⇐ النوع $C_6H_5COO^-$ هو المتفاعل المحد ⇐ $x_{max} = C_2V$

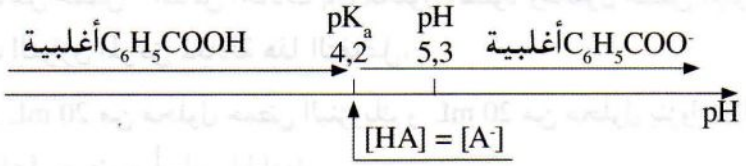
$pH_2 = 8,1 \Leftrightarrow [H_3O^+] = 10^{-8,1}$ أي $[H_3O^+] = 7,9.10^{-9} mol.L^{-1}$ إذا $[HO^-]_f = 1,26.10^{-6} mol.L^{-1}$ ومنه $x_f = [HO^-]_f.V$

النسبة النهائية للتقدم $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} \Leftarrow \tau_f = \frac{[HO^-]_f}{C_2}$

أي $\tau_f = \frac{1,26.10^{-6}}{10^{-2}} \Leftarrow \tau_f = 1,26.10^{-4}$

$\tau_f < 100\%$ التفاعل غير تام

3. أ. مخطط توزيع الصفة الغالبة للثنائية AH/A^-



ب. معادلة تفاعل حمض البنزويك مع شاردة الهيدروكسيد HO^-.

$$C_6H_5COOH(aq) + HO^-(aq) = C_6H_5COO^-(aq) + H_2O(\ell)$$

جـ. ثابت التوازن الموافق للمعادلة $K = \frac{[C_6H_5COO^-]_f}{[C_6H_5COOH]_f . [HO^-]_f}$

لدينا $K_e = [H_3O^+] . [OH^-] \Leftarrow [OH^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]}$

ومنه $K = \frac{[C_6H_5COO^-]_f . [H_3O^+]_f}{[C_6H_5COOH]_f . [HO^-]_f . [H_3O^+]_f}$ أي $K = \frac{K_a}{K_e}$

بالتالي $K = \frac{10^{-PKa}}{K_e} = \frac{10^{-4,2}}{10^{-14}} = 6,3.10^9$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

4. أ. معادلة تفاعل حمض البنزويك مع شاردة البنزوات.

$$C_6H_5COOH(aq) + C_6H_5COO^-(aq) = C_6H_5COO^-(aq) + C_6H_5COOH(aq)$$

ب. ثابت التوازن الموافق

$$K = \frac{[C_6H_5COO^-]_f \cdot [C_6H_5COOH]_f}{[C_6H_5COOH]_f \cdot [C_6H_5COO^-]_f} = 1$$

جـ. علاقة pH و pKa :

$$pH = pKa + \log \frac{[C_6H_5COO^-]_f}{[C_6H_5COOH]_f}$$

حساب pH المزيج

$$[C_6H_5COOH]_i = \frac{10^{-2} \times 20}{20 + 20} = 5 \times 10^{-3} mol.L^{-1} \Leftarrow [C_6H_5COOH]_i = \frac{C_1V_1}{V_1 + V_2}$$

$$[C_6H_5COO^-]_i = 5.10^{-3} mol.L^{-1} \Leftarrow [C_6H_5COO^-]_i = \frac{C_2V_2}{V_1 + V_2}$$

ملاحظة :

$V = V_1 + V_2$ هو حجم المزيج $\Leftarrow$ $V = 40\ mL = 4.10^{-2} L$

من المعادلة أو من جدول التقدم $n_0(C_6H_5COOH) = [C_6H_5COOH]_i . V$

$$n_0 = 5.10^{-3} \times 4.10^{-2}$$

$$= 2.10^{-4} mol$$

إذًا ثابت التوازن $K = Q_{rf} = \frac{x_f^2}{(2.10^{-4} - x_f)^2} = 1$

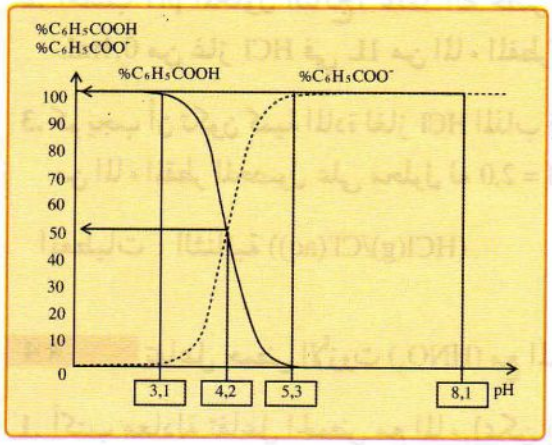
حل المعادلة ينتج $x_f = 10^{-4} mol$

فيكون pH المزيج $pH = pKa + \log \frac{[C_6H_5COO^-]_f}{[C_6H_5COOH]_f}$

وبما أن $[C_6H_5COO^-]_f = [C_6H_5COOH]_f$

فإن $pH = pKa = 4,2$

5. مخطط توزيع الصفة الغالبة للثنائية



تعليق :

عند $pH = 3,1$ حمض البنزويك HA يشكل أغلبية

عند $pH = 4.2$ $\%HA = \%A^-$

عند $pH = 5.3$ وعند $pH = 8,1$ شاردة البنزوات A^- تشكل أغلبية.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. pH محلول مائي

★1 هل التفاعلات التالية تفاعلات حمض-أساس ؟ برّر الإجابة.

$Cu^{2+}(aq) + 2HO^-(aq) = Ca(OH)_2(s)$

$CH_3NH_2(aq) + CH_3COOH(aq) = CH_3NH_3^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$

$CH_3COOH(\ell) + CH_3OH(\ell) = CH_3COOCH_3(\ell) + H_2O(\ell)$

$HCl(g) + NH_3(g) = NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$

$C_6H_5COOH(\ell) + H_2O(\ell) = C_6H_5COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$

★2

1. أكمل الجدول االتالي :

pH		3,4		6,8		9,6
$[H_3O^+]$ $(mol.L^{-1})$	$5,0 \times 10^{-2}$		$7,4 \times 10^{-5}$		$2,6 \times 10^{-2}$	

2. كيف يتغير pH محلول عندما يتناقص $[H_3O^+]$ ؟

★3 يعتبر التفاعل بين حمض كلور الهيدروجين HCl والماء تاما.

1. أكتب معادلة تفاعل الحمض مع الماء.
2. أحسب pH المحلول الناتج، علما أنه حضّر بإذابة 0,1mL من غاز HCl في 1L من الماء المقطر.
3. كم يجب أن تكون كمية المادة لغاز HCl المذاب في 1L من الماء المقطر للحصول على محلول له pH = 2,0

المعطيات : الثنائية $(HCl(g)/Cl^-(aq))$.

★4 تفاعل حمض الأزوت (HNO_3) مع الماء

1. أكتب معادلة تفاعل الحمض مع الماء (يمكن إعتبار التفاعل تاما) تعطى الثنائية (HNO_3/NO_3^-)
2. أحسب pH المحلول علما أن التركيز المولي لـه $C = 0,10\ mol.L^{-1}$
3. نأخذ 10 mL من هذا المحلول، نضعها في حوجلة ثم نضيف إليها 90 mL من الماء المقطر ما هو pH المحلول الجديد ؟

★5 نحضّر المحاليل التالية والتي لها نفس التركيز المـولي $C = 1,0.10^{-3}\ mol.L^{-1}$ ثم نقيس pH كل محلول.

- محلول حمض الإيثانويك pH = 3,9
- محلول كلور الهيدروجين pH = 3,0
- محلول كلور الأمونيوم pH = 6,2
- محلول حمض الأزوت pH = 3,0

1. بين في كل حالة إذا كان التفاعل تاما أم محدودا (تفاعل المذاب مع الماء)
2. من بين الأحماض السابقة من هي القوية ومن هي الضعيفة؟

★★6 نحضّر 100 mL من محلول كلور الهيدروجين تركيزه المولي $C_a = 1,0.10^{-3}\ mol.L^{-1}$

1. أكتب معادلة تفاعل غاز HCl مع الماء ثم بيّن الثنائيات (أساس/حمض) الداخلة في هذا التفاعل.
2. عيّن pH المحلول باعتبار التفاعل تاما.
3. نضيف للمحلول السابق 50 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم (محلول الصود) تركيزه المولي $C_b = 1,0.10^{-3}\ mol.L^{-1}$

أ. أكتب معادلة تفاعل شوارد الهيدروكسيد $HO^-(aq)$ مع شوارد الأكسونيوم (الهيدرونيوم) $H_3O^+(aq)$.

ب. أحسب pH المزيج باعتبار التفاعل تاما.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

7 ★★ نقيس pH لعدة محاليل لحمض البنزويك (C_6H_5COOH) مختلفة في التركيز المولي C نحصل على النتائج التالية :

C (mol.L^{-1})	$2,0 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$
pH	2,95	3,10	3,25	3,60
C (mol.L^{-1})	$5,0 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-4}$	$5,0 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-5}$
pH	3,75	4,25	4,50	5,10

1. أكتب معادلة تفاعل حمض البنزويك مع الماء.
2. باستعمال المحلول الأول (pH = 2,95) بيّن أن التفاعل غير تام.
3. من أجل كل قياس قارن بين pH و(- log C) . علّل.
4. أرسم البيان pH = f (- log C) من أجل :

$1,0.10^{-4}\ mol.L^{-1} < C < 2,0.10^{-2}\ mol.L^{-1}$

2. تطور جملة نحو التوازن

8 ★ نعتبر محلولا لحمض كلور الإيثانويك ($CH_2ClCOOH$) حجمه V = 20,0 mL تركيزه المولي $C = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$ وله pH = 2,37.

1. أكتب معادلة تفاعل الحمض مع الماء.
2. عيّن التقدم الأعظمي x_{max} لهذا التفاعل.
3. عيّن التقدم النهائي x_f والنسبة النهائية للتقدم. هل التحوّل الكيميائي تام؟

9 ★★ نعتبر محلولا (S_0) لحمض اليود HI كثافته بالنسبة للماء d = 1,26 ويحتوي على P = 28% من حمض اليود النقي.

1. عيّن التركيز المولي لحمض اليود في المحلول (S_0) .
2. نحضر إنطلاقا من المحلول (S_0) حجما $V_1 = 500\ ml$ من محلول (S_1) تركيزه المولي $C_1 = 0,05\ mol.L^{-1}$.

- أقترح طريقة من تحضير المحلول (S_1)

3. نأخذ حجما $V_1 = 5\ ml$ من المحلول (S_1)، نضعه في حوجلة سعتها 200 mL ثم تكمل الحجم إلى خط العيار بواسطة الماء المقطر.

أ. ما هو تركيز المحلول S_2 المحصّل عليه ؟

ب. pH المحلول S_2 يساوي 2,90. أحسب نسب التقدم النهائي للتعادل بين الحمض واليود. هل يمكن اعتبار التفاعل تامّا؟ يعطى : الكتلة الحجمية للماء $\rho_{eau} = 1,0x10^3 g.L^{-1}$

10 ★★ نحضر محلولا لحمض الإيثانويك وذلك بإذابة 10^{-3} mol من الحمض في 1 L من الماء المقطر.

1. أكتب معادلة التفاعل لحمض الإيثانويك مع الماء.
2. إن قياس الناقلية النوعية للمحلول يعطى $\sigma_1 = 4,9\ mS.m^{-1}$ أستنتج النسبة النهائية لتقدم التفاعل.
3. نأخذ 10 ml من هذا المحلول في حوجلة سعتها 100 mL ثم نكمل الحجم بواسطة الماء المقطر.

أ. بافتراض حدوث عملية التمديد فقط عيّن $[CH_3COO^-]$.

ب. نقيس الناقلية النوعية للمحلول الجديد فنجد $\sigma_2 = 1,2\ mS.m^{-1}$. عيّن $[CH_3COO^-]$ في المحلول.

ج. عيّن النسبة النهائية للتقدم في هذه الحالة.

4. قارن النسبة النهائية للتقدم في المحلولين الإبتدائي والمدد.

11 ★★ نضع تدريجيا كلور الفضة الصلب Ag Cl في الماء. نلاحظ أن Ag Cl لا يذوب كليا في الماء وهذا بعد مدة زمنية كبيرة. نقيس الناقلية النوعية للمحلول فنجد $\sigma = 0,19\ mS.m^{-1}$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمـارين

1. أكتب معادلة إنحلال كلور الفضة في الماء.

2. مثل جدولا لتقدم التفاعل حيث x_f التقدم النهائي وV حجم المحلول.

3. عيّن التراكيز المولية للأنواع الشاردية المتواجدة في المحلول. ماذا يمكن القول عن إنحلال كلور الفضة الصلب في الماء ؟

المعطيات :

$\lambda(Ag^+) = 6{,}2\ mS.m^2.mol^{-1}$

$\lambda(Cl^-) = 7{,}6\ mS.m^2.mol^{-1}$

12 ★★ نعتبر محلولا (S_1) لغاز النشادر تركيزه المولي $C_1 = 0{,}10\ mol.L^{-1}$ وقيمة الـ pH = 11,1 .

1. أكتب معادلة تفاعل غاز النشادر NH_3 مع الماء.

2. بيّن أن NH_3 لا يتفاعل كليا مع الماء.

3. أقترح طريقة تمكن من تحضير محلول (S_2) لغاز النشادر حجمه $V_2 = 100\ ml$ وتركيزه المولي $C_2 = 2{,}5.10^{-2}\ mol.L^{-1}$ وهذا إنطلاقا من V_1 و(S_1).

4. إذا كان pH المحلول (S_2) يساوي 10,8 عيّن النسبة النهائية لتقدم التفاعل في المحلول (S_2)

5. ماذا يمكن القول عن تأثير عملية التمديد على تفاعل NH_3 مع الماء ؟

يعطى الثنائية : (NH_4^+ / NH_3)

13 ★★ نحضر محلولين الأول لحمض الإيثانويك والثاني لفلور الهيدروجين لهما نفس التركيز المولي $C_1 = 0{,}10\ mol.L^{-1}$. نقيس ناقلية المحلولين حيث ثابت الخلية $K = 100\ m^{-1}$

فنجد : $\sigma_1 = 4{,}88.10^{-5}\ S.m^{-1}$ ، $\sigma_2 = 2{,}19.10^{-4}\ S.m^{-1}$ عند $25^0\ C$.

1. أكتب معادلات تفاعلات كل حمض مع الماء.

2. أ. أنشأ جدولا لتقدم تفاعل الحمض HA مع الماء.

ب. ما هو التقدم الأعظمي في كل تفاعل ؟

جـ. أحسب التقدم النهائي عند حالة التوازن في كل حالة.

14 ★★ نعتبر محلولين (S_1) و (S_2) لهما نفس التركيز المولي $10^{-2}\ mol.L^{-1}$ حيث :

- (S_1) محلول لحمض أحادي كلور الإيثانويك $CH_2Cl\text{-}COOH$

- (S_2) محلول لحمض ثنائي كلور الإيثانويك $CH_2Cl_2\text{-}COOH$

الناقلية النوعية عند $25^0\ C$ للمحلولين على الترتيب $\sigma_1 = 0{,}167\ mS.m^{-1}$ ، $\sigma_2 = 0{,}330\ mS.m^{-1}$

1. أكتب معادلات التفاعلات بين كل حمض والماء.

2. عيّن التركيز المولي للشوارد في كل محلول.

3. أستنتج النسبة النهائية للتقدم لكل تفاعل.

4. أحسب ثوابت التوازن K_1 و K_2 الموافقة للتفاعلين.

5. هل النسبة النهائية للتقدم تتعلق بثابت التوازن ؟

المعطيات : عند $25^0\ C$:

$\lambda_{H_3O^+} = 35.10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$

$\lambda_{CH_2ClCO_2^-} = 4{,}22.10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$

$\lambda_{CHCl_2CO_2^-} = 3{,}83.10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$

15 ★★ حمض الإيثانويك يتفاعل مع الماء في تفاعل محدود وفق المعادلة :

$$CH_3COOH(aq) + H_2O(\ell) = CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

نقيس عند 25^0C الناقلية النوعية لمحلول من حمض الإيثانويك تركيزه المولي $C = 1{,}0.10^{-2}\ mol.L^{-1}$ فنجد $\sigma = 1{,}6.10^{-2}\ S.m^{-1}$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. عين كسر التفاعل عند حالة التوازن

2. ما هي عبارة σ بدلالة $[H_3O^+]_f$ و$[CH_3COO^-]_f$ ؟

3. قدم جدولا لتقدم التفاعل. نرمز إلى التقدم النهائي $x_f = x_{éq}$ ولحجم المحلول V

4. ما هي العبارة الحرفية لـ σ بدلالة $\lambda(H_3O^+)$ ، $\lambda(CH_3COO^-)$ ، $x_{éq}$ و V ؟ عيّن $[H_3O^+]_f$ و$[CH_3COO^-]_f$.

5. عيّن عند حالة التوازن $[CH_3COOH]_f$ ثم أستنتج ثابت التوازن K الموافق لمعادلة التفاعل.

المعطيات :

$\lambda(H_3O^+) = 35,9.10^{-3}.S.m^2.mol^{-1}$

$\lambda(CH_3COO^-) = 4,1.10^{-3}.S.m^2.mol^{-1}$

★★16

1. أكتب معادلة تفاعل غاز NH_3 مع الماء.

2. نقيس عند 25^0 C الناقلية النوعية σ لعدة محاليل لغاز النشادر لها تراكيز مختلفة لنحصل على الجدول التالي :

C ($mol.L^{-1}$)	1.10^{-2}	5.10^{-3}	1.10^{-3}
τ ($uS.m^{-1}$)	100,4	70,4	33,3

عيّن التركيز المولي للأنواع الشاردية المتواجدة في كل محلول.

عيّن النتائج السابقة النسبة النهائية للتقدم وهل تتعلق بالتركيز C ؟

★★17 نضع في بيشر حجما V = 20 ml من محلول نترات الفضة ذي التركيز المولي $C = 0,10\ mol.L^{-1}$ وصفيحة من النحاس كتلتها m = 6,35g. بعد عدة دقائق يتلون المحلول بالأزرق بينما تترسب الفضة على صفيحة النحاس.

1. إعط عبارة كسر التفاعل النهائي عند حالة التوازن.

2. أحسب كمية المادة الإبتدائية للنحاس $n_0(Cu)$. قدّم جدولا لتقدم التفاعل (يمكن أن نرمز للتقدم النهائي $x_f = x_{éq}$).

3. عند حالة التوازن ما هي العلاقة التي تربط بين ثابت التوازن K ، التقدم $x_{éq}$ وحجم المحلول V ؟

4. تأكد أن $x_{éq} = (1,0.10^{-3} - 4,8.10^{-11})$ هو حل للمعادلة السابقة.

5. عيّن $[Ag^+]_{éq}$ ثم أحسب التقدم النهائي τ . هل التحوّل تام أم شبه تام ؟

المعطيات :

$K = 2,2g.mol^{15}$ ، $M(Cu) = 63,5g.mol^{-1}$

★★18 نمزج حجما $V_1 = 30\ mL$ من محلول كبرتيد الصوديوم ($2\ Na^+ + SO_3^{2-}$) تركيزه المولي $C_1 = 0,10\ mol.L^{-1}$ وحجما $V_2 = 30\ mL$ من محلول حمض الإيثانويك تركيزه المولي $C_2 = 0,10\ mol.L^{-1}$

1. أكتب معادلة التفاعل الحادث.

2. قدّم جدولا لتقدّم التفاعل.

3. أحسب Q_{ri} .

4. عبّر عن Q_{rf} بدلالة τ (عند حالة التوازن)

5. علما أن ثابت التوازن الموافق للتفاعل K = 251 استنتج τ في الشروط التجريبية.

المعطيات :

(HSO_3^- / SO_3^{2-}) ، (CH_3COOH / CH_3COO^-)

★★19 نمزج حجما $V_1 = 30\ mL$ من محلول بيكربونات الصوديوم ($Na^+ + H_2CO_3^-$) تركيزه المولي $C_1 = 0,15\ mol.L^{-1}$ وحجما $V_2 = 20\ mL$ من محلول النشادر NH_3 تركيزه المولي $C_2 = 0,10\ mol.L^{-1}$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. أكتب معادلة التفاعل الحادث.
2. قدّم جدولا لتقدّم التفاعل.
3. أحسب كسر التفاعل الإبتدائي Q_{ri} .
4. عبّر عن Q_{rf} في حالة التوازن بدلالة النسبة النهائية للتقدم τ.
5. إذا كان ثابت التوازن الموافق للتفاعل $K = 7{,}9.10^{-2}$ أستنتج τ في الشروط التجريبية.

المعطيات :

(HCO_3^-/CO_3^{2-}) ، (NH_4^+/NH_3)

20 ★★ نريد دراسة أكسدة الشوارد $Fe^{+2}(aq)$ بواسطة الشوارد $Ag^+(aq)$ في وسط مائي. ثابت التوازن الموافق للتفاعل $K = 3{,}2$. من أجل ذلك نحضر خلائط لها نفس الحجم $V = 1\ L$. الجدول التالي يبيّن حالتين للجملة خلال تقدّم التفاعل.

	$Fe^{2+}(aq)$ +	$Ag^+(aq)$ =	$Fe^{3+}(aq)$ +	$Ag(s)$
الحالة 1	1.10^{-2}	1.10^{-2}	1.10^{-2}	1.10^{-1}
الحالة 2	1.10^{-1}	1.10^{-1}	5.10^{-3}	1.10^{-1}

1. أكتب معادلة التفاعل باستعمال الثنائيات (Fe^{+3}/Fe^{+2})، (Ag^+/Ag)
2. أحسب Q_r في كل حالة.
3. توقّع في أي إتجاه تتطور الجملة في كل حالة.
4. أحسب ثابت التوازن الموافق لكل تحوّل.
5. أحسب التقدّم النهائي x_f في كل حالة ثم استنتج التركيب النهائي للوسط.

21 ★★★ نعتبر محلولا لحمض الإيثانويك تركيزه المولي C_0.

1. أكتب معادلة تفاعل حمض الإيثانويك مع الماء.
2. عبّر عن $[H_3O^+]_f$ و$[CH_3COO^-]_f$ بدلالة C_0 والنسبة النهائية τ لتقدم التفاعل.
3. استنتج $[CH_3COO^-]_f$ بدلالة C_0 وτ.
4. بيّن أن ثابت الحموضة للثنائية $K_A = C_0.\dfrac{\tau^2}{1-\tau}$.
5. من أجل مختلف قيم C_0 نعيّن عن طريق قياس الناقلية قيمة τ.

أ. أكمل الجدول التالي :

$C_0\ (mol.L^{-1})$	1×10^{-2}	5×10^{-3}	1×10^{-3}	5×10^{-4}
τ	4×10^{-2}	$5{,}6 \times 10^{-2}$	$12{,}5 \times 10^{-2}$	16×10^{-2}
$X = \dfrac{1}{C_0}$				
$y = \dfrac{\tau^2}{1-\tau}$				

ب. أرسم البيان $y = f(x)$ أي $\dfrac{\tau^2}{1-\tau} = f\left(\dfrac{1}{C_0}\right)$.

جـ. أستنتج قيمة K .

22 ★★★ نسكب 0,10 mol من حمض البروبانويك C_2H_5COOH في الماء المقطر من أجل الحصول على 500 mL من محلول (S_0) . إنطلاقا من (S_0) نحضر محلولا (S) حجمه $V = 1{,}00\ L$ وتركيزه المولي $C = 2{,}0.10^{-3}\ mol.L^{-1}$.

1. تعطى قائمة الوسائل الموجودة في المخبر.
بيشزات وإيرلانميرات بسعات مختلفة.
ماصات عيارية : 50,0 mL ، 100 mL ، 1000 mL.
أقترح بروتوكول تجريبي يمكن من تحضير (S) إنطلاقا من (S_0).

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2. قدم جدولا لتقدم التفاعل المنمذج لتحول $2{,}0.10^{-3}\ mol.L^{-1}$ من حمض البروبانويك للحصول على 1,0 L من المحلول (S) . نرمز إلى التقدم النهائي $x_f = x_{éq}$ عند التوازن.

3. أوجد علاقة بين الناقلية النوعية σ للمحلول والناقليات النوعية المولية للشوارد ، الحجم V والتقدم النهائي $x_{éq}$ عند التوازن.

4. نقيس عند 25° C الناقلية النوعية للمحلول (S) فنجد $\sigma = 6{,}20.10^{-5}\ S.m^{-1}$

أ. بيّن كيف يمكن تحقيق القياس.

ب. لماذا يجب استعمال محلول ممدد ؟

جـ. عيّن قيمة $x_{éq}$ ثم استنتج قيم التراكيز المولية للشوارد المتواجدة في المحلول عند حالة التوازن.

5. عيّن التركيز المولي لحمض البروبانويك عند حالة التوازن.

6. عيّن عبارة ثابت التوازن عند 25° C ثم أحسب قيمتها.

3. تفاعلات حمض-أساس

★ 23 نعتبر محلولين لحمضين عضويين.

- (S_1) محلول لحمض الإيثانويك حجمه $V_1 = 200\ mL$ وتركيزه المولي $C_1 = 5{,}10^{-3}\ mol.L^{-1}$.

- (S_2) محلول لحمض أحادي كلور الإيثانويك حجمه $V_1 = V_2$ وتركيزه المولي $C_2 = C_1$ نقيس pH كل محلول فنجد $pH_1 = 3{,}6$ و $pH_2 = 2{,}6$

1. أكتب معادلة تفاعل كل حمض مع الماء ثم قدّم جدولا لتقدم كل تفاعل.

2. عيّن تراكيز الأنواع الكيميائية المتواجدة في كل محلول في الحالة النهائية.

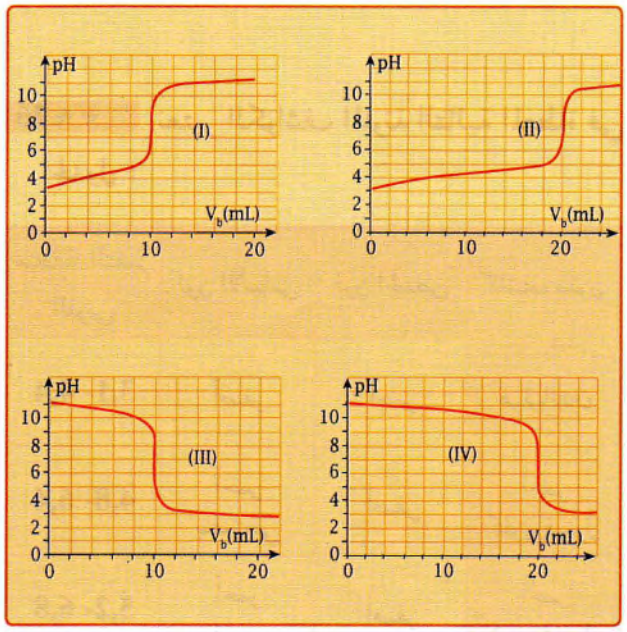
3. استنتج ثوابت الحموضة K_{a1} و K_{a2} الموافقتين لكل ثنائية.

4. قارن بين قوة الحمضين.

★★ 24 نحضّر محلولا (S) من حمض البنزويك C_6H_5COOH حجمه $V = 500\ mL$ وذلك بإذابة كتلة $m = 0{,}305\ g$ في الماء المقطر.

1. عيّن التركيز المولي للمحلول (S)

2. نأخذ حجما $V_a = 10\ mL$ من المحلول (S) ثم نضيف إليه محلولا لهيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_b = 5.10^{-3}\ mol.L^{-1}$. من أجل كل حجم مضاف V_b نقيس pH المزيج ثم نرسم البيان $pH = f(V_b)$. من بين المنحنيات التالية من هو المنحنى الموافق لعملية المعايرة المحققة.



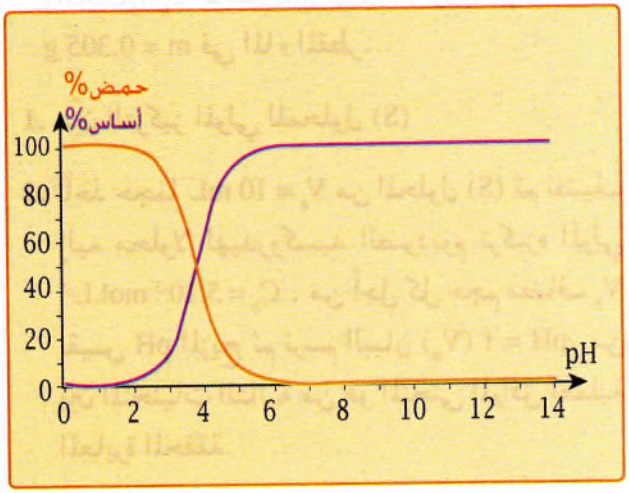
★★ 25 حمض الميثانويك والذي يسمى أيضا حمض النمل عبارة عن سائل حاث (Corrosif) ويوجد طبيعيا في جسم النمل الأحمر. البيان التالي يوضح المنحنيات التي تمثل % للحمض و% للأساس (للثنائية $(HCOOH / HCOO^-)$) بدلالة pH المحلول.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. في أي نقطة يكون $pH = pK_a$ ؟ برّر إجابتك. أستنتج PK_A للثنائية المدروسة.

2. من أجل $pH = 5$ عيّن % للحمض و% للأساس.

3. عيّن pH المحلول من أجل $[HCOOH]_{éq} = 2[HCOO^-]_{éq}$. هل يمكن إيجاد قيمة PH باستعمال العلاقة بين pH و pK_a ؟



★★26 نعتبر الكواشف الملونة التالية المعطاة في الجدول :

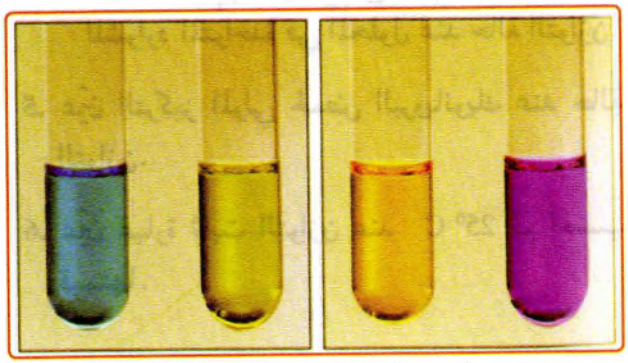
منطقة التغير اللوني	لون الأساس	لون الحمض	كاشف ملون
3,1- 4,4	أصفر	أحمر	هيليانتين
4,8- 6,4	أحمر بنفسجي	أصفر	أحمر كلوروفينول
5,2- 6,8	أحمر بنفسجي	أصفر	أحمر بروموفينول
6,8- 8,0	أصفر	أحمر	أحمر معتدل
8,2- 10,0	أحمر بنفسجي	شفاف	فينول فتاليين
11,6- 14,0	أصفر	أزرق	أزرق نيلة

من أجل معرفة pH ثلاثة محاليل A ، B ، C نحقق الإختبارات التالية :

- المحلول A يتلون بالأصفر مع الهليانتين وبالأصفر أيضا مع أحمر الكلوروفينول.
- المحلول B لا يغير لون كل من أحمر البروموفينول والأحمر المعتدل (rouge neutre) .
- المحلول C يلون الفنول فتاليين بالوردي وكرمين بالأزرق.

1. ما هي القيم الحدية التي يمكن إعطاؤها لكل محلول ؟

2. هل يمكن تحقيق إختبار إضافي مع المحلول C من أجل الحصول على قيمة لـ pH أدق؟



شكل الحمض والأساس أزرق نيلة على اليسار وأحمر كلوروفينول على اليمين.

★★27 نعتبر محلولا لحمض الميثانويك تركيزه المولي $C_1 = 0,10\ mol.L^{-1}$ وله $pH = 2,4$ عند $25^0\ C$.

1. أكتب معادلة تفاعل الحمض مع الماء.

2. نسكب في بيشر حجما $V_a = 80\ mL$ من المحلول الحمضي ثم نضيف إليهما حجما V_b من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_b = 2,5.10^{-1}\ mol.L^{-1}$.

أ. أكتب معادلة التفاعل الحادث.

ب. ما هو الحجم V_{bE} الذي يجب إضافته للحصول على التكافؤ.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ج. من أجل حجم مضاف لمحلول هيدروكسيد الصوديوم $V = \frac{V_{bE}}{2}$ يكون pH المزيج في البيشر يساوي 3,8 أحسب كمية المادة $n(HO^-)$ المتواجدة في البيشر.

باستعمال جدول التقدم، عيّن التقدم النهائي لتفاعل المعايرة ثم استنتج النسبة النهائية للتقدم. ماذا تستنتج ؟

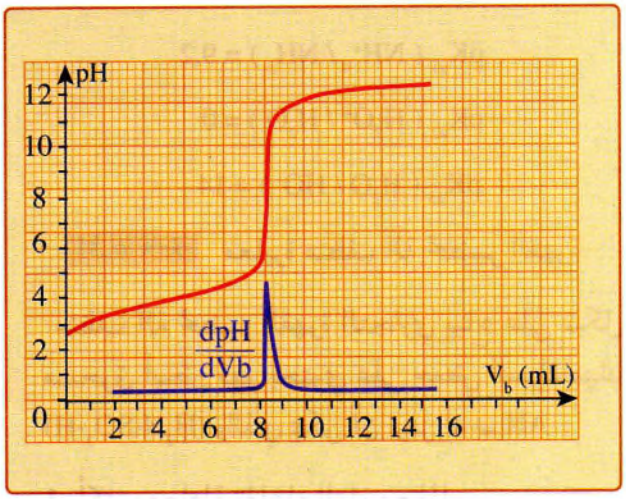
المعطيات :

$25^0\,C$ عند $K_e = 10^{-14}$

28 ★★ نعاير حجما $V_a = 10\ mL$ من محلول حمض البنزويك C_6H_5COOH تركيزه المولي C_a مجهول بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_b = 1{,}0^{-1}\ mol.L^{-1}$.

ليكن V_b حجم المحلول الأساسي المضاف. نرسم بواسطة الإعلام الآلي المنحنيين :

$pH = f(V_b)$ و $\frac{dpH}{dV_b} = g(V_b)$



1. أكتب معادلة تفاعل المعايرة.

2. عيّن بيانيا الحجم المضاف عند التكافؤ V_{bE} ثم pH_E الموافق.

3. أوجد علاقة بين V_{bE} ، C_b ، V_a ، C_a ثم استنتج C_a

4. عيّن باستعمال البيان $pH = f(V_b)$ قيمة pH من أجل $V_b = 4\ mL$ ثم استنتج $[HO^-]$ المتواجدة في البيشر وكذلك كمية المادة $n(HO^-)$.

5. عيّن النسبة النهائية لتقدم تفاعل المعايرة من أجل $V_b = 4\ mL$. ماذا تستنتج ؟

30 ★★★ ندرس الثنائية الموافقة لحمض البنزويك $(C_6H_5COOH\ /\ C_6H_5COO^-)$ يمكن أن نرمز لها $(AH\ /\ A^-)$ حيث pK_a لها 4,2 .

1. نقيس بواسطة جهاز pH متر pH محلول (S_1) لحمض البنزويك تركيزه المولي $C_1 = 0{,}10\ mol.L^{-1}$ فنجد $pH_1 = 3{,}1$. بيّن أن حمض البنزويك ضعيف.

2. أكتب معادلة تفاعل الحمض مع الماء ثم أكتب عبارة ثابت الحموضة K_A للثنائية $(AH\ /\ A^-)$

3. في تجربة أخرى نقيس pH محلول (S_2) لبنزوات الصوديوم C_6H_5COONa تركيزه المولي $C_2 = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$ فنجد $pH_2 = 8{,}1$ (بنزوات الصوديوم نوع صلب شاردي يتشرد كليا في الماء).

بيّن أن شاردة البنزوات أساس ضعيف في الماء.

4. أكتب معادلة تفاعل شاردة البنزوات مع الماء ثم أعط عبارة ثابت التوازن الموافق لهذا التفاعل.

5. نضيف إلى (S_1) بضع قطرات من محلول الصود (S) فنلاحظ أن pH يصبح 5,2 بيّن دون حساب ومن خلال سلم pH ما هي الصفة الغالبة في المحلول.

6. بيّن على سلم لـ pK_a مختلف الثنائيات التي تتدخّل في المحلول (S_1) وفي محلول هيدروكسيد الصوديوم.

7. أكتب معادلة التفاعل الحادث بين المحلول (S_1) ومحلول هيدروكسيد الصوديوم ثم أحسب ثابت التوازن الموافق. هل يمكن إعتبار التحوّل تام ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

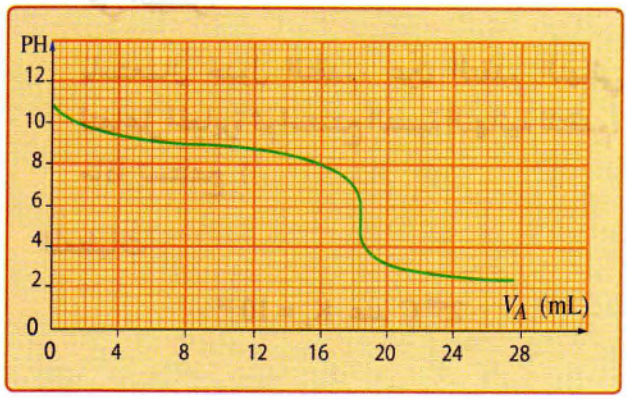
29 ★★★ لدينا حوجلة تحتوي على كاشف ملون مجهول تركيزه المولي $C_0 = 2{,}90.10^{-4}\ mol.L^{-1}$ نقيس pH له فنجد 4,18 . يمكن أن نرمز للثنائية الموافقة للكاشف (HIn/In^-) محلول الكاشف حضر من الصفة الحمضية HIn للثنائية.

1. أكتب معادلة تفاعل HIn مع الماء.
2. عيّن $[H_3O^+]_f$ في المحلول.
3. باعتبار حجم V = 100 mL من محلول الكاشف عيّن النسبة النهائية لتقدم التفاعل HIn مع الماء.

   هل تشرد الحمض كليا ؟ برّر إجابتك.
4. عيّن عبارة ثابت الحموضة K_a الموافقة للثنائية.
5. بعد حساب التراكيز المولية لكل الأنواع المتواجدة عند حالة التوازن تأكد أن $K = 1{,}95.10^{-5}$.
6. استنتج pK_a للثنائية ثم تعرّف عن الكاشف إنطلاقا من الجدول التالي :

pKa	لون الأساس	مجال التغير اللوني	لون الحمض	كاشف ملون
3,7	أصفر برتقالي	3,1 - 4,4	أحمر	هيليانتين
4,7	أزرق	3,8 - 5,4	أصفر	أخضر بروموكريزول
7,0	أزرق	6,0 - 7,6	أصفر	أزرق بروموتيمول
9,4	وردي	8,0 - 10,0	شفاف	فينول فتالين

31 ★★★ نضع في بيشر حجما $V_B = 20\ mL$ من محلول غاز النشادر تركيزه المولي C_B يسكب تدريجيا محلولا لحمض كلور الماء تركيزه المولي $C_A = 0{,}1.10^{-1}\ mol.L^{-1}$. من أجل كل حجم V_A مسكوب للمحلول الحمضي نقيس pH المزيج لنحصل على المنحنى $pH = f(V_A)$ التالي :



1. أكتب معادلة تفاعل المعايرة.
2. أحسب ثابت التوازن K الموافق لهذا التفاعل.
3. عيّن بيانيا نقطة التكافؤ E (pH_E ، V_{AE})
4. ما هي الأنواع الكيميائية التي تشكل أغلبية من أجل pH = 2 ، pH = 5,2 ثم pH = 9,2 ؟

المعطيات :

$pK_{a1}\ (NH_4^+ / NH_3) = 9{,}2$

$pK_{a2}\ (H_3O^+ / H_2O) = 0$

$pK_{a3}\ (H_2O / HO^-) = 14$

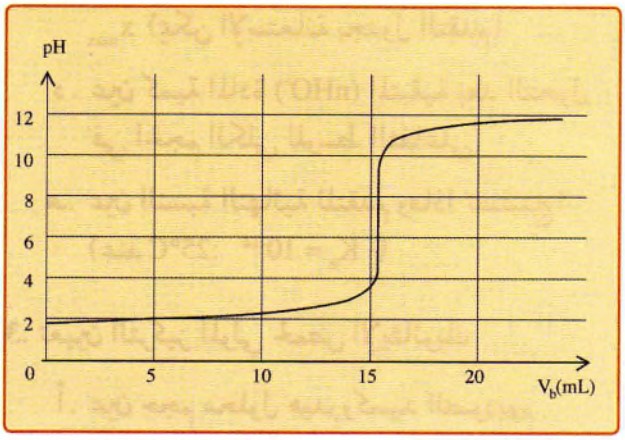
31 ★★★ معايرة منظف آلة تحضير القهوة.

منظف آلة تحضير القهوة التجاري يباع على شكل مسحوق أبيض فهو يحتوي على حمض السولفاميك $(H_2N\text{-}SO_3\text{-}H)$ والذي يمكن أن نرمز له بـ AH .

1. أكتب معادلة تفاعله التام مع الماء.
2. نذيب 1,80 g من هذا المنظف في الماء المقطر. نضع المحلول الناتج في حوجلة عيارها 200 mL حيث نكمل الحجم إلى خط العيار بواسطة الماء المقطر. نحصل على محلول (S) تركيزه المولي C_A .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نعاير 20 mL من (S) بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم (الصود) تركيزه المولي $C = 0{,}10\ mol.L^{-1}$.
إن المتابعة pH مترية لعملية المعايرة (بعد إضافة 80 mL من الماء المقطر من أجل غمر مسبار الجهاز) تمكن من الحصول على البيان.



أ. أكتب معادلة تفاعل المعايرة

ب. عيّن نقطة التكافؤ

جـ. أحسب التركيز المولي C_A للمحلول (S) ثم استنتج كتلة الحمض AH المحتواة في المحلول (S)

د. عيّن النسبة المئوية لنقاوة الحمض AH في المنظف التجاري.

هـ. ما هو الكاشف الملون المناسب لهذه المعايرة ؟ برّر إجابتك.

المعطيات :

الكاشف	الهليانتين	أزرق البرومتمول	الفينول فتاليين
مجال تغير اللون في pH	3,1 - 4,4	6,0 - 4,4	8,1 - 10

33 ★★★ بطاقة منظف تجاري (déboucheur) تحمل المعلومات التالية :

الكتلة الحجمية $\rho = 1{,}23\ kg.L^{-1}$.

النسبة المئوية الكتلية لهيدروكسيد الصوديوم = 20 %

$M(NaOH) = 40\ g.mol^{-1}$.

نريد التأكد من هذه المعلومات.

توجد في المخبر الوسائل التالية :

ماصات عيارية : 5 mL، 10 mL، 20 mL.

حوجلات عيارية : 100 mL، 500 mL، 1000 mL.

سحاحة مدرجة : 25 mL .

مخلاط مغناطيسي :

pH متر معاير :

بياشر وأرلنة ماير مختلفة السعة .

1. أحسب التركيز المولي لهيدروكسيد الصوديوم في المحلول التجاري

2. المحلول التجاري 100 مرة لنحصل على محلول (S)

3. نعاير حجما $V_B = 20\ mL$ من المحلول (S) بواسطة محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي $C_A = 0{,}10\ mol.L^{-1}$. المتابعة pH مترية أعطت الجدول التالي :

V_3 (mL)	2	4	6	8	10	11	12	12,5
pH	12,7	12,6	12,5	12,3	12,0	11,6	10,8	10,0
V_3 (mL)	13,5	14	15	16	17	20	22	25
pH	2,9	2,4	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3

أ. أكتب معادلة تفاعل المعايرة

ب. أرسم البيان $pH = f(V_B)$

جـ. عيّن إحداثيي نقطة التكافؤ

د. أستنتج التركيز المولي للمحلول (S) وكذلك للمحلول التجاري.

هـ. قارن بين النتيجة التجريبية والنتيجة المحسوبة في السؤال 1.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. الكواشف الملونة الطبيعية

نهتم بمعاية حمض الإيثانويك CH_3COOH (الذي نرمز له HA) المتواجد في خل شفاف تجاري.

1. تمديد الخل التجاري :

الخل التجاري محلول مركز كثيرا نريد تمديده 10 مرات. من بين الزجاجيات التالية أختر المناسبة مبررا الإختيار :

- مخبرات :

5 mL، 10 mL، 25 mL، 50 mL، 100 mL

- ماصات عيارية :

1,0 mL، 5,0 mL، 10,0 mL، 20,0 mL

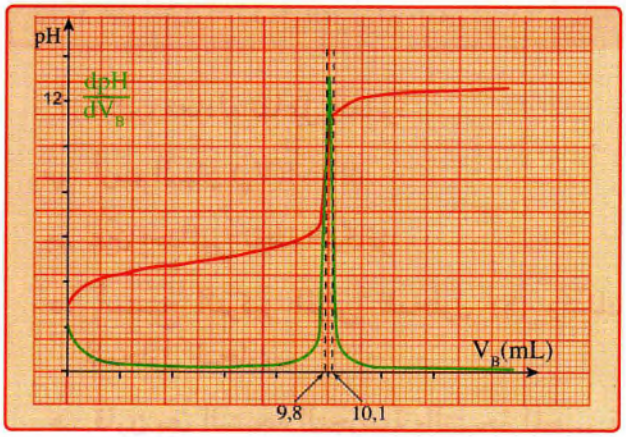
- حوجلات عيارية :

150,0 mL، 200,0 mL، 250,0 mL، 500,0 mL

2. المعايرة :

نعاير حجما $V_A = 10,0\ mL$ من محلول الخل الممدد بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_B = 1,0.10^{-1}\ mol.L^{-1}$. نضيف حجما $V = 60\ mL$ من أجل غمر مسبار جهاز pH متر.

إن متابعة عملية المعايرة pH مترية تمكن من رسم البيان $pH = f(V_B)$ وكذلك من رسم البيان $\frac{dpH}{dV_B} = g(V_B)$



هذا الجزء هدفه التأكد من أن تفاعل المعايرة تام. من أجل ذلك نعين النسبة النهائية للتقدم عند سكب حجم $V_B = 6,0\ mL$ من محلول هيدروكسيد الصوديوم.

أ. أكتب معادلة التفاعل

ب. من أجل $V_B = 6,0\ mL$ عين المتفاعل المحدّ

جـ. من أجل $V_B = 6,0\ mL$ عين التقدم الأعظمي x_{max} (يمكن الإستعانة بجدول التقدم)

د. عين كمية المادة (nHO^-) المتبقية بعد التحول في الحجم الكلي للوسط التفاعلي

هـ. عين النسبة النهائية للتقدم وماذا تستنتج؟ (عند $25°C$: $K_e = 10^{-14}$)

3. تعيين التركيز المولي لحمض الإيثانويك

أ. عين حجم محلول هيدروكسيد الصوديوم المضاف عند التكافؤ (بين الطريقة المتبعة)

ب. عين التركيز المولي C_A لحمض الإيثانويك في المحلول الممدد ثم استنتج التركيز المولي C_{O_A} له في المحلول المركز.

4. الجانب النظري :

نريد تحقيق معايرة لونية لحمض الإيثانويك المحتوي في الخل الممدد بواسطة الكواشف الملونة الطبيعية المستعملة في القرن الثامن عشر.

من أجل كل كاشف نعتبر أن اللون يعود إلى تغلب الصفة الحمضية HIn أو الصفة الأساسية In^- بحيث pK_a للثنائية يرمز له pK_i يعطى عند $25°C$.

	artichaut قرنون	betterave شمندر
pK_i	7,5	11,5
لون HIn كصفة غالبة	عديم اللون	أحمر
لون In^- كصفة غالبة	أصفر	أصفر

أ. باستعمال ثابت الحموضة Ki بين أن العلاقة التالية محققة.

$$\frac{[In^-]_f}{[HIn]_f} = 10^{pH-PKi}$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ب. نتساءل عن الألوان التي يأخذها الوسط التفاعلي خلال معايرة حمض الإيثانويك بوجود كمية قليلة من أحد الكواشف الطبيعية.

يبين المنحنى $pH = f(V_B)$ عند سكب $V_B = 9{,}8$ mL يكون pH المزيج قريبا إلى 6,5 وعند سكب V_B = 10,1 mL يكون pH المزيج قريبا إلى 10,0.

من أجل الحجمين المسكوبين ولكل كاشف طبيعي عين $\frac{[In^-]_f}{[HIn]_f}$ ثم استنتج اللون المشاهد في كل حالة في الجدول التالي :

	شمندر	betterave	قرنون	artichaut
V_B	10,1 mL	9,8 mL	10,1 mL	9,8 mL
$\frac{[In^-]_f}{[HIn]_f}$				
اللون				

جـ. ما هو الكاشف الطبيعي المناسب لعملية المعايرة ؟

د. لماذا يجب استعمال خل شفاف لهذه المعايرة ؟

1. معايرة محلول حمض كلور الماء

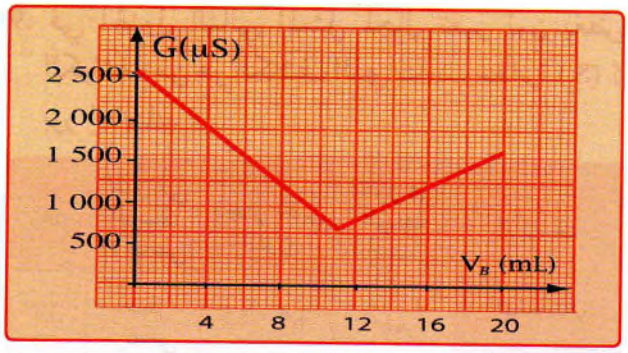
توجد في مخبر ثانوية حوجلة تحتوي على محلول مركز لحمض كلور الماء بطاقتها تحمل المعلومات: 33% كتليا من حمض كلور الهيدروجين. نسمي هذا المحلول (S_0) نريد معرفة التركيز المولي C_0 للمحلول (S_0)

المرحلة الأولى:

نمدد 1000 مرة المحلول (S_0) فنحصل على محلول (S_1) تركيزه المولي C_1

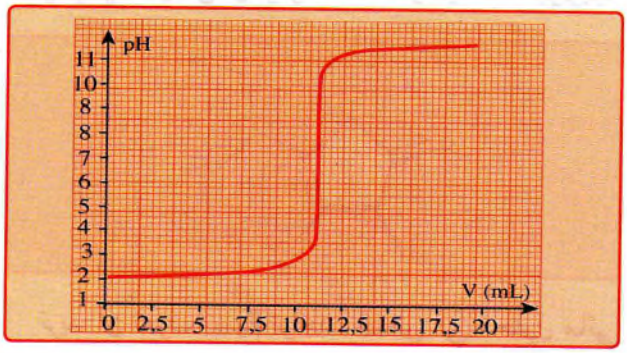
المرحلة الثانية :

نأخذ حجما $V_1 = 100$mL من ثم نعاير العينة عن طريق قياس الناقلية بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه المولي $C_B = 1{,}0.10^{-2}$mol.L^{-1} البيان التالي يمثل تغيرات ناقلية المزيج بدلالة المحلول المعاير المسكوب V_B



1. أكتب معادلة تفاعل المعايرة
2. عين بيانيا الحجم المضاف عند التكافؤ V_{BE}
3. أوجد العلاقة بين C_1، V_1، C_B. V_{BE} عند التكافؤ ثم استنتج C_1
4. عين التركيز المولي C_0 للمحلول (S_0).
5. أحسب الكتلة m_0 لكلور الهيدروجين المذابة في 1 L من المحلول.
6. إذا كانت الكتلة الحجمية لـ (S_0) $\rho_0 = 1160$ g.L^{-1} عين الكتلة m لـ 1L من (S_0).
7. تمثل النسبة المئوية الكتلية للمحلول كتلة كلور الهيدروجين المذابة في 100g من المحلول. عين هذه النسبة في المحلول (S_0) وهل تتوافق مع معلومات البطاقة ؟
8. نحقق محاكاة لعملية المعايرة للمحلول (S_1) بواسطة برمجية للإعلام الآلي نحصل على المنحنى التالي الذي يمثل تغيرات pH المزيج بدلالة الحجم V_B المسكوب :

– مثل على هذا المنحنى مجال تغير لون أخضر البروموكريزول ثم صف تغير اللون عند استعمال هذا الكاشف خلال معايرة (S_1) .



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

9. في الجدول التالي الممثل لمجال تغير لون بعض الكواشف من هو الكاشف الذي يناسب معايرة (S_1) ؟ برر إجابتك.

الكاشف	اللون في الوسط الحمضي	مجال تغير اللون	اللون في الوسط الأساسي	pK_a
الهليانتين	أحمر	4,4 - 3,1	أصفر برتقالي	3,7
البروموكريزول أخضر	أحمر	5,4 - 3,8	أزرق	4,7
أزرق البروموتمول	أصفر	7,6 - 6,0	أزرق	7,0
الفنولفتالين	عديم اللون	10,6 - 8,2	وردي بنفسجي	9,4

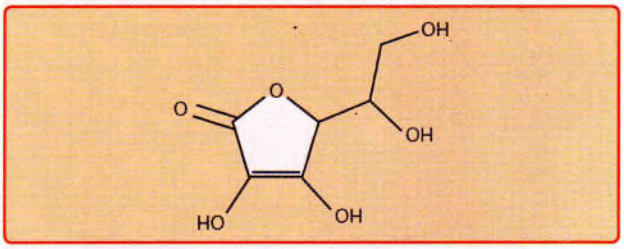
3. دراسة الفيتامين C

حمض الأسكوربيك (ascorbique) أو فيتامين C يتدخل في عدة تفاعلات الأكسدة الارجاعية على مستوى الخلية من أجل تقوية العظام والأسنان.

توجد الفيتامين C في الخضر والفواكه وبعض المواد الغذائية الأخرى، فهي تصطنع من أغلب الحيوانات بينما لا يستطيع اصطناعها الإنسان، بعض القردة وبعض العصافير.

عدة مؤكسدات تستطيع أكسدة الفيتامين C، لهذا تستعمل ضد غاز ثنائي الأكسجين حيث تتفاعل معه و تمنعه من أكسدة المواد الغذائية فهي تضاف إلى مكونات المواد الغذائية وتعرف بمرجعيتها العالمية E300.

حمض الأسكوربيك (فيتامين C) صيغته المجملة $C_6H_8O_6$ (يمكن أن نرمز له AH) وصيغته التبولوجية



نريد أن نعرف نسبة تواجد الحمض في محلول مائي منه. من اجل ذلك نستعمل طريقيتين:

- معايرة ترتكز على الصفة الحمضية للحمض.
- معايرة ترتكز على الصفة الإرجاعية للحمض .

المعطيات :

- الكتل المولية :

$M(O)= 16\ g.mol^{-1}$ $M(C) = 12g\ .mol^{-1}$ $M(H)=1g.mol^{-1}$

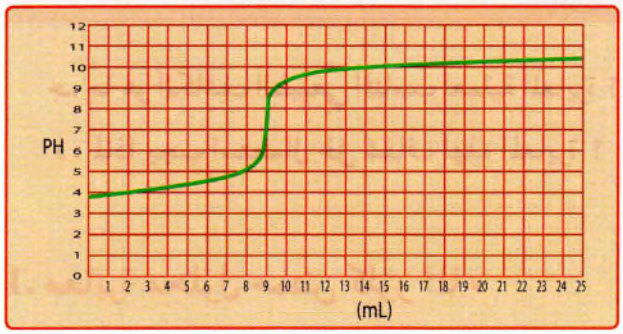
- الثنائيات مرجع/ مؤكسد : I_2/I^-

$(C_6H_6O_6^{2-} / C_6H_8O_6)$; $(S_4O_6^{2-} /S_2O_3^{2-})$

- الثنائية أساس / حمض : AH/A^-

1. المعايرة عن طريق التفاعل حمض – أساس

التجربة : نحقق معايرة pH مترية انطلاقا من حجم $V_a = 10\ ml$ بواسطة محلول الصود ذي التركيز المولي $C_b = 5.10^{-4}\ mol^{-1}$ لنحصل على المنحنى التالي :



1.1. أكتب معادلة تفاعل المعايرة.

2.1. عرف التكافؤ.

3.1. إنطلاقا من منحنى المعايرة عين حجم محلول الصود المضاف عند التكافؤ موضحا الطريقة المتبعة. V_{bE}

4.1. استنتج التركيز المولي للمحلول الحمضي المدروس.

2. المعايرة عن طريق الأكسدة الإرجاعية :

التجربة في المرحلة الأولى : أكسدة حمض الأسكوربيك :

نسكب في بيشر حجما $V_1 = 10ml$ من محلول حمض الأسكوربيك ثم نظيف حجما $V_2 = 20ml$ من محلول ثنائي اليود $I_2(aq)$ تركيزه المولي $C_2= 10^{-3}\ mol.L^{-1}$

التجربة في المرحلة الثانية : معايرة ثنائي اليود المتبقى :

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ثنائي اليود المتبقى (الذي كان بزيادة في التجربة الأولى) يعاير بواسطة محلول نيوكبريتات الصديوم $(2Na^+_{(aq)} + S_2O_3^{2-}{}_{(aq)})$ تركيزه المولي $C_3 = 2{,}4.10^{-3} mol^{-1}$

بوجد صمغ النشأ (empois d'amidon) أو التيودان.

الحجم المضاف عند التكافؤ هو $V_E = 12{,}9ml$

1.2. عين الزجاجيات الضرورية في المرحلة الأولى لأخذ حجوم المتفاعلات.

2.2. أ. أكتب معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية في المرحلة الأولى.

ب. أعط عبارة كمية المادة $n_0(I_2)$ لثنائي اليود المضافة في التجربة الأولى ثم أحسب قيمتها.

3.2. أ. أكتب معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية في المرحلة الثانية

ب. استنتج كمية المادة لثنائي اليود التي بقيت في التجربة الأولى و التي تفاعلت في التجربة الثانية (يمكن استعمال جدول التقدم).

3.2. أ. بين أن كمية المادة لحمض الأسكوربيك المعاير

$$n_A = C_2V_2 - \frac{C_3V_E}{2}$$

ب. استنتج التركيز المولي لمحلول حمض الاسكوربيك.

3. الخلاصة :

1.3. قارن بين نتائج الطريقتين .

2.3. عين التركيز الكتلي لمحلول حمض الاسكوربيك.

4. حمض النمل

من أجل الدفاع عن النفس النمل يستعمل تأشيراته (mandibules) وحمض النمل (حمض الميثانويك) التأشيرات تستعمل لتثبيت العدو بينما حمض النمل يستعمل لقتله : عندما تحس نملة بالخطورة تقف على رجليها الأخيرتين ثم ترش العدو بحمض النمل على بعد 30 cm بواسطة جذعها (Abdomen)

نريد دراسة بعض خواص حمض النمل الذي ينحل في الماء وصيغته HCOOH .

1. نضع في حوجلة عيارية سعتها $V_0 = 100ml$ كتلة m من حمض الميثانويك ثم نكمل الحجم الى خط العيار بواسطة الماء المقطر . بعد الرج نحصل على محلول S_0 لحمض الميثانويك تركيزه المولي $C_0 = 10^{-2} mol.L^{-1}$.

1.1. أحسب m

2.1. أكتب معادلة تفاعل حمض الميثانويك مع الماء

3.1. قدم جدولا لتقدم التفاعل

4.1. عبر عن النسبة النهائية للتقدم بدلالة $[H_3O^+]_f$ و C_0

5.1. اعط عبارة Q_{rf} لكسر النهائي للتفاعل و بين أن

$$Q_{rf} = \frac{[H_3O^+]^2_f}{C_0 - [H_3O^+]_f}$$

2. أعط عبارة الناقلية النوعية σ للمحلول عند حالة التوازن بدلالة الناقلية النوعية المولية للشوارد المتواجدة فيه و $[H_3O^+]_f$

3. إن قياس الناقلية النوعية للمحلول (S_0) أعطى $\sigma = 0.05\ s.m^{-1}.mol^{-1}$ عند 25 °C عين Q_{rf} ثم قارن قيمة Q_{rf} التجريبية مع ثابت الحموضة Ka للثنائية $HCOO^- / HCOOH$

4. نحقق نفس الدراسة السابقة ولكن باستعمال محلول (S_1) لحمض النمل تركيزه المولي $C_1 = 0.10\ mol.L^{-1}$ لنحصل على النتائج التالية :

$\sigma = 0.17\ s.m^{-1}$ ، $Q_{rf} = 1.8.10^{-4}$

1.4. هل يؤثر التركيز المولي للمحلول على النسبة النهائية للتقدم τ_f؟

2.4. هل يؤثر التركيز المولي للمحلول على Q_{rf} عند حالة التوازن ؟

المعطيات :

- الكتل المولية الذرية :

$M(C) = 12\ g.mol^{-1}$. $M(H) = 1\ g.mol^{-1}$,
$M(O) = 16\ g.mol^{-1}$

- ثابت الحموضة عند 25 °C:

$K_a(HCOOH/HCOO^-) = 1.8 \times 10^{-4}$

- الناقلية النوعية المولية للشوارد عند 25°

$\lambda(H_3O^+) = 35.10^{-3} s.m^2.mol^{-1}$

$\lambda(HCOO^-) = 5.46.10^{-3} s.m^2.mol^{-1}$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تصحيح

تصحيح فحص التقويم الذاتي

1. أ. خطأ : $pH = -\log[H_3O^+]$

ب. خطأ : pH يتعلق باللوغاريتم العشري لتركيز H_3O^+.

جـ. صحيح.

د. صحيح.

2. أ. خطأ : لأن

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-pK_e}}{10^{-pH}} = 10^{-(-pH+pK_e)}$$

ب. خطأ : لا يحقق العلاقة.

جـ. خطأ : لا يحقق العلاقة.

د. صحيح :

3. أ. صحيح : هو تعريف النسبة النهائية.

ب. صحيح : إذا كان $\tau = 1$ فإن $x_f = x_{max}$. نقول عن التفاعل أنه تام.

جـ. خطأ: لأن التفاعل غير تام.

د. خطأ: يكون دوما $\tau \leq 1$

4. أ. خطأ : يحدث بين حمض لثنائية وأساس لثنائية أخرى.

ب. خطأ : يحدث بين حمض وأساس وغير ممكن أن يحدث بين حمضيين.

جـ. خطأ : يحدث بين حمض وأساس وغير ممكن أن يحدث بين أساسين.

د. صحيح.

5. أ. خطأ : لأن كسر التفاعل يعطى بالعلاقة :

$$Q_r = \frac{[H_3O^+]\,.\,[A^-]}{[AH]}$$

ب. خطأ: لا يحقق العلاقة.

جـ. خطأ : لا يحقق العلاقة.

د. صحيح.

6. أ. صحيح.

ب. خطأ : التفاعل غير تام لأنه يؤول إلى التوازن.

جـ. خطأ : لأن الجداء الشاردي يعطى بالعلاقة :

$$Ke = [H_3O^+].[HO^-]$$

د. خطأ: عند 25°C $Ke = 10^{-14}$

7. أ. خطأ : لأن $pH = pK_a + \log \frac{[A^-]_{éq}}{[AH]_{éq}}$

ب. خطأ : لا يحقق العلاقة.

جـ. خطأ : لا يحقق العلاقة.

د. صحيح.

8. أ. خطأ : يغير لونه من أجل $pK_i - 1 \leq pH \leq pK_i + 1$

ب. صحيح.

جـ. خطأ : لأن pH التكافؤ يتعلق بقوة الحمض وقوة الأساس.

د. خطأ : لأن $pH = pK_a$ عند نصف التكافؤ.

9. أ. صحيح : لأن عند التكافؤ كمية المادة المعايرة والمعايرة متساويين.

ب. صحيح.

جـ. خطأ. يكون المتفاعل المعايِر هو المحد قبل التكافؤ.

د. خطأ : pH التكافؤ يتعلق بقوة الحمض والأساس.

10. أ. خطأ : التفاعل سريع وتام.

ب. صحيح.

جـ. خطأ: $pH = 7$ حمض قوي وأساس قوي.

د. صحيح.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تصحيح بعض التمارين

تمرين 3 :

1. $HCl(g) + H_2O(\ell) = H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$

2. $pH = 1$ ؛ **3.** $n(HCl) = 10^{-2}mol$

تمرين 7 :

1. $HCl(g) + H_2O(\ell) = H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$

(H_3O^+/H_2O) ، (HCl/Cl^-)

2. $pH = 3$

3. أ. $H_3O^+(aq) + HO^-(aq) = 2H_2O(\ell)$

ب. $[H_3O^+]_f = 5 \times 10^{-5}\,mol.L^{-1}$ إذًا $pH = 4,3$

تمرين 8 :

1. $CH_2ClCOOH(aq) + H_2O(\ell) = H_3O^+(aq) + CH_2ClCOO^-(aq)$

2. $x_{max} = CV = 2.10^{-3}\ mol$

3. $x_f = 5,37.10^{-4}\ mol$ ، $\tau_f = 0,27$

4. $\tau_f < 1$ التفاعل غير تام.

تمرين 12 :

1. $NH_3(aq) + H_2O(\ell) = NH_4^+(aq) + HO^-(aq)$

2. $\tau_f = 1,9\%$ التفاعل غير تام ؛ **3.** $V_1 = 25\ mL$.

4. $\tau_f = 2,5\%$.

5. عملية التمديد تجعل NH_3 يتشرد أكثر في الماء.

تمرين 18 :

1. $CH_3COOH(aq) + SO_3^{2-}(aq) = CH_3COO^-(aq) + HSO_3^-(aq)$

2. جدول التقدم

معادلة التفاعل	$CH_3COOH + SO_3^{2-} = CH_3COO^- + HSO_3^-$			
الحالة الابتدائية	n_1	n_2	0	0
الحالة النهائية	$n_1 - x_f$	$n_2 - x_f$	x_f	x_f

3. $Q_{ri} = 0$ ؛ **4.** $K = \dfrac{\tau_f}{(1 - \tau_f)^2}$ ؛ **5.** $\tau_f = 94\%$.

تمرين 25 :

1. $pH = pK_a + \log \dfrac{[A^-]}{[AH]}$ ؛ $[A^-] = [AH]$ يعني $pH = pK_a$

عند تقاطع المنحنيين $pH = pK_a = 3,8$

2. $pH = 5$ يعني $\%AH = 6\%$ ، $\%A^- = 94\%$

3. $\%A^- = 33\%$ و $pH = 3,5$ ؛ $pH = 3,5$

تمرين 26 :

1. المحلول A يلون الهليانتين بالأصفر

المحلول A يلون كلور الفنول بالأصفر

$4,4 \leq pH \leq 4,8$

المحلول B لا يؤثر في بروم الفنول وكذلك في الأحمر المعتدل: $pH_B = 6,8$

المحلول C يلون الفنولفتالين بالأحمر البنفسجي ويلون بالأزرق النيلة : $10,0 \leq pH_C \leq 11,6$

2. في المحاليل الخمسة مجال تغير اللون يحقق $pH<10$ بالتالي مع المحلول B يكون لونها لون الصفة الأساسية. بالكواشف المذكورة لا يمكن إجراء إختبار إضافي من أجل معرفة pH_C بأكثر دقة

تمرين 31 :

1. $NH_3(aq) + H_3O^+ = NH_4^+(aq) + H_2O(\ell)$

2. $K = 1,58.10^9$ ؛ **3.** $E\ (pH_E = 5,6\ ،\ V_E = 18\ mL)$

4. من أجل $pH = 2$ NH_4^+ هي الصفة الغالبة

من أجل $pH = 5,2$ NH_4^+ هي الصفة الغالبة

من أجل $pK_a = pH = 9,2$ $[NH_4^+] = [NH_3]$

تمرين 32 :

1. $AH(aq) + H_2O(\ell) = A^-(aq) + H_3O^+(aq)$

2. أ. $H_3O^+(aq) + HO^-(aq) = 2H_2O(\ell)$

ب. $E\ (pH_E = 7,2\ ،\ V_E = 15,4\ mL)$

جـ. $C_A = 7,7.10^{-2}\ mol.L^{-1}$ ؛ $m(HA) = 1,5\ g$

د. $t(\%) = 83\ \%$ ؛ هـ. أزرق البروموتيمول.

تمرين 33 :

1. $C_{NaOH} = 6,2\ mol.L^{-1}$

أ. $H_3O^+ + HO^- = 2H_2O$ ؛

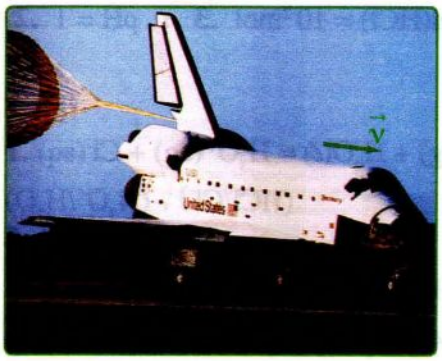
ب. $E\ (pH_E = 7\ ،\ V_E = 13,15\ mL)$

جـ. $C_S = 6,6.10^{-2}\ mol.L^{-1}$ ؛ $C_{S_0} = 100\ C_S = 6,6\ mol.L^{-1}$

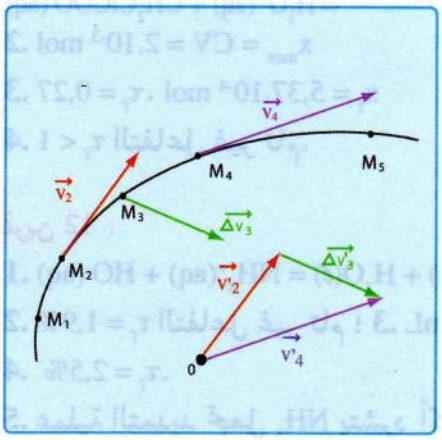
د. دقة القياس: 6,5%

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

مكتسباتك القبلية



- وصف ودراسة حركة جملة في مرجع معين وفهم كيف يمكن تغيير حركتها .
- تحديد وتمثيل شعاع السرعة اللحظي $\vec{v}$
- تحديد وتمثيل تغير شعاع السرعة $\Delta\vec{v}$ في الحركات المستقيمة والحركات المنحنية.
- التمييز بين الحركة الانسحابية والحركة الدورانية.
- تحليل القوى المؤثرة في جملة بتوظيف مخطط أجسام متأثرة.



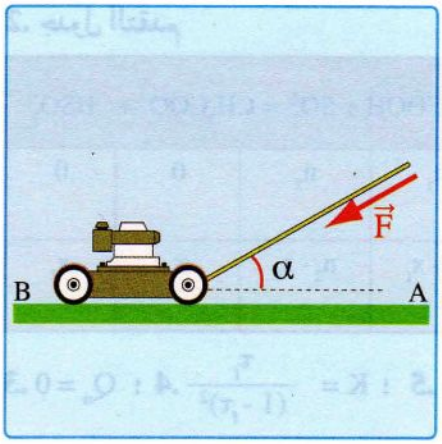
- تحديد تحويل طاقة ما عن طريق العمل :

– حالة عمل قوة ثابتة خلال انتقال مستقيم

$$W_{AB}(\vec{F}) = F \cdot AB \cos(\vec{A},\vec{B})$$

- مبدأ انحفاظ الطاقة: الطاقة لا تستحدث ولا تزول، إذا اكتسبت جملة ما طاقة أو فقدتها، فإنها بالضرورة قد أخذتها من جملة أو جمل أخرى أو قدمتها لها.
- إنجاز حصيلة طاقوية بتطبيق مبدإ انحفاظ الطاقة، وباستعمال النموذج المدروس سابقا :

$$E_f = E_i + E_{reçue} - E_{cédée}$$



- تفسير بعض الحركات باستعمال كل من مبدإ العطالة و مبدإ الفعلين المتبادلين.
- استعمال قانون الجذب العام.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الوحدة 5

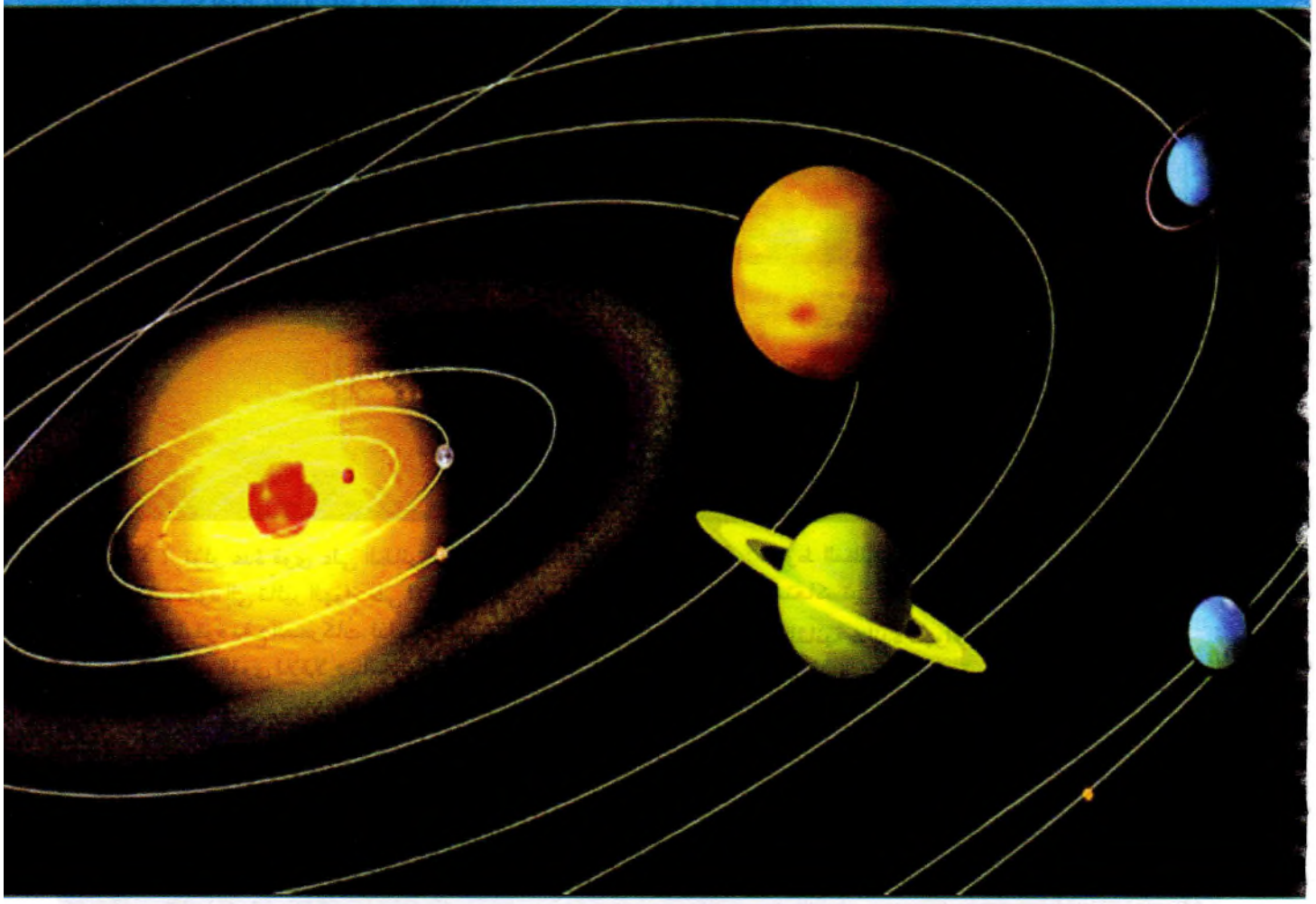
تطور جملة ميكانيكية

شكلت حركات الأقمار والكواكب موضوع اهتمام الكثير من العلماء منذ القدم وإلى يومنا هذا.

كيف تطور تفسير هذه الحركات من أرسطو إلى نيوتن؟

تتعلمون في هذه الوحدة

- كيف تم توحيد الميكانيك الفلكية والميكانيك الأرضية.
  توظيف القوانين الثلاثة لنيوتن و مفهوم التسارع.
- تفسير بواسطة القانون الثاني لنيوتن أو بواسطة الطاقة، حركة قذائف وحركة الكواكب أو الأقمار الاصطناعية.
- تفسير حركة جسم صلب، خاضع لعدة قوى، بواسطة الطاقة أو القانون الثاني لنيوتن.
- تفسير، بواسطة معادلة تفاضلية، حركة جسم صلب في الهواء وخاضع لاحتكاك.
- حدود ميكانيك نيوتن.



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاطات تمهيدية

نشاط 1 : التسارع، القوة والمسار



وثيقة 1 : بلغ العداء الجمايكي «أزافا بويل» سرعة 36.8km/h في 2006/08/18 بمدينة زوريخ السويسرية وذلك في سباق 100 m الذي قطعه في مدة زمنية قدرها 9 ثواني و77 أجزاء من المائة. إنه يمتاز بقدرة كبيرة على التسارع.



وثيقة 2 : تتغير سرعة هذه السيارة الرياضية من 0 km/h إلى 100 km/h خلال 4.7 s ، بحيث يبلغ تسارعها المتوسط حوالي $6\ m.s^{-2}$. ويمكن أن تصل سرعتها على مدار السباق قيمة 248 km/h .



وثيقة 3 : تؤثر عدة قوى على الطائرة : قوة الثقالة، قوة الدفع التي تعود إلى تأثير الهواء على الأجنحة وقوة السحب التي تعيقها، قوة دفع المحركات. لذا يجب على قائد الطائرة التحكم في هذه القوى للإقلاع بالسرعة المطلوبة.

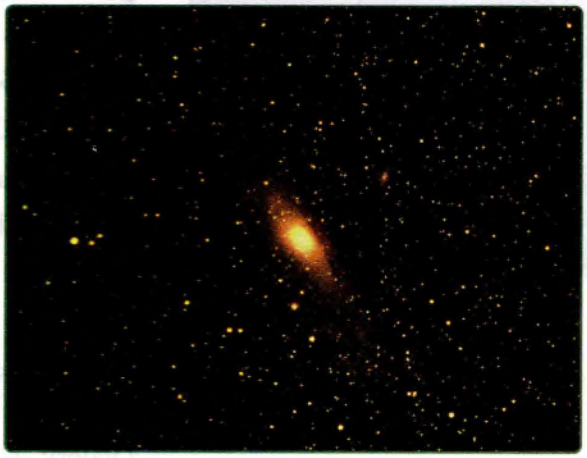


وثيقة 4 : سقوط المظليين في الهواء وهم في توازن تحت تأثير قوتين متعاكستين ولهما نفس الشدة، الأولي تتمثل في قوة الثقالة، والثانية عائدة للهواء، إنهم في حركة منتظمة بسرعة ثابتة تسمى السرعة الحدية.

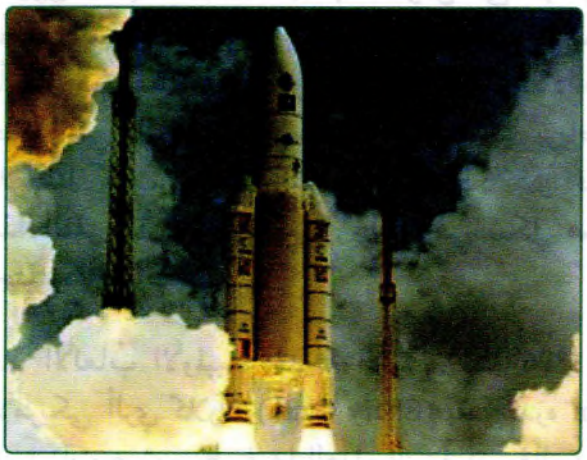
• ما هو مفهوم التسارع ؟ وكيف يرتبط بالقوة ومسار الحركة ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

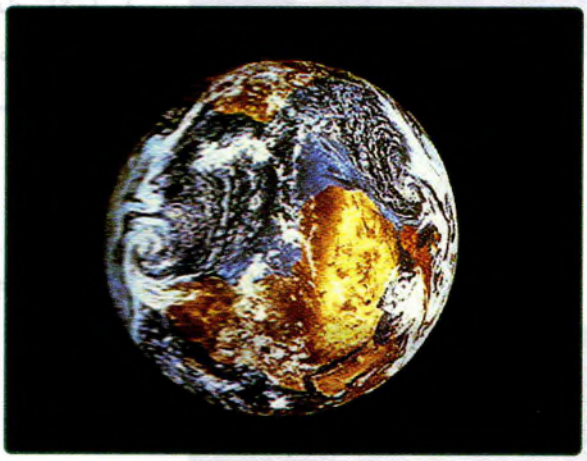
نشاط 2 : الأقمار والفضاء



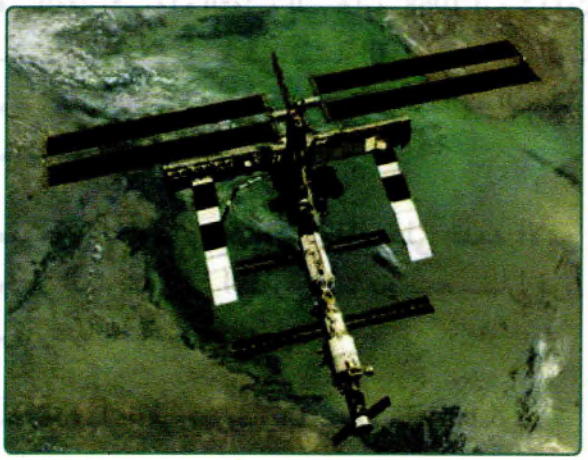
وثيقة 5 : تعتبر الجاذبية عنصرًا أساسيًا في حركة النجوم وتجمعها الذي يسمح بحدوث تحولات نووية.



وثيقة 6 : يدفع الصاروخ بواسطة الطاقة المحررة عن عملية احتراق الموجودة بالقاذفات . تكون عند الإنطلاق قيمة قوة الدفع أكبر من ثقل الصاروخ مما يكسب هذا الأخير تسارعا أكبر بكثير من g .



وثيقة 7 : الصورة للأرض التقطت من طرف القمر الإصطناعي (météosat). توضع الأقمار الإصطناعية في مداراتها حول الأرض لأغراض عديدة (علمية، الأرصاد الجوي، الاتصال، عسكرية...).



وثيقة 8 : المركبة الفضائية الدولية (ISS) طولها 108 m وكتلتها تقريبا 415 طن، موجهة لتصبح مخبر بحث فضائي. عندما تكون في مدارها على ارتفاع 400 km من سطح الأرض، تكون سرعتها : $v = 27\,000$ km/h.

• ما هي القوة المسؤولة عن حركة الأقمار وتشكل النجوم ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاطات تمهيدية

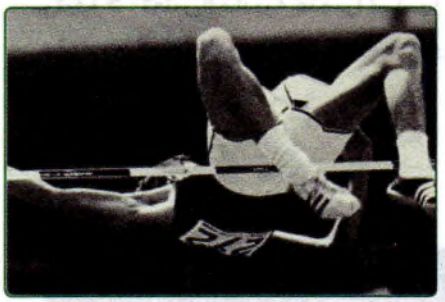
نشاط 3 : القفز العالي

إن مفهومي القوة والحركة يحظيان باهتمام خاص في علم الميكانيك الحيوي (Biomécanique)، بالخصوص في ميدان الرياضة، أين تصب الدراسات حول كيفية تصرف جسم الإنسان عند القيام بأفعال مختلفة لإنتاج الحركة وكيفية تحسين الأداء بإدخال تقنيات جديدة في المنافسات الرياضية. لو اهتممنا برياضة القفز العالي للاحظنا كيف ساهمت الفيزياء بقسط كبير في تطوير تقنية هذا القفز الذي شهد تغييرا جذريا في شكل مسار العداء عند اجتيازه العارضة .



وثيقة 9 : فاليري برومال.

منذ الألعاب الأولمبية الحديثة الأولى لسنة 1896 التي فاز بها الأمريكي ألري كلارك (Ellery Clark) بقفز قدره 1,81m، إلى غاية الستينات حيث سيطر فيها العداء السوفياتي فاليري برومال (Valéry Brumel) الوحيد آنذاك الذي قفز ارتفاع قدره 2,23 m. كان العداء يقفز باستعمال اندفاع يتم من خلاله تسبيق أحد الرجلين بحيث يكون مركز عطالة العداء دوما فوق العارضة عند اجتيازها. مما يحد من قيمة الارتفاع الممكن بلوغه.

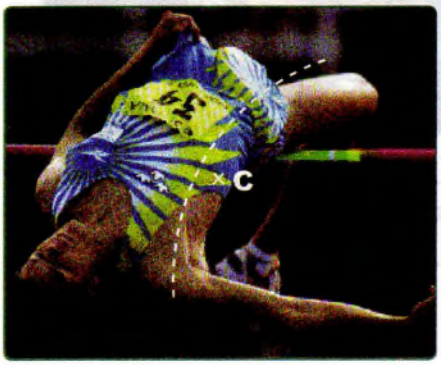


وثيقة 10 : ديك فوسبري .

بقي القفز يتم بهذه التقنية إلى غاية 1968 أين شهدت الألعاب الأولمبية بمكسيكو تحولا جذريا في تقنية القفز حيث برز العداء الأمريكي ديك فوسبري (Dick Fosbury) الذي نال الميدالية الذهبية باجتيازه 2,24 m مستعملا تقنية جديدة :

بعد جري للاندفاع، يرتكز العداء على قدمه الأيمن ويدير جسمه كي يجتاز العارضة على الظهر راسما بجسمه مسارا فوق العارضة حيث يمر مركز عطالته تحت العارضة.

فأصبح هذا القفز معروفا باسمه (Fosbury Flop).



وثيقة 11 : خافي صوطومايور.

ومنذ ذلك الحين، اعتمد العداؤن هذه التقنية للقفز حيث تحسنت النتائج المسجلة باستمرار حتى بلغ الرقم القياسي العالمي قفزة علوها 2.45 m في 1993/07/27 باسبانيا من طرف العداء الكوبي خافي صوطومايور(Javier Sotomayor) ومازال يحتفظ بهذا الرقم إلى يومنا هذا .

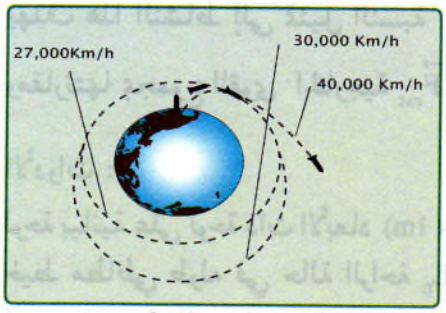
• ما هي الفائدة من مرور العداء فوق العارضة مع تموقع مركز عطالته تحتها ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاط 4 : الجاذبية والرحلة إلى زحل

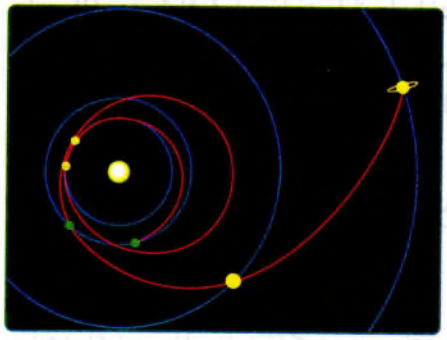
لقد توصل علماء الفضاء إلى طريقة تمكنهم من إرسال مركبة فضائية إلى زُحل اعتمادًا على استغلال جاذبية بعض الكواكب الموجودة في مسار المركبة.

يتم وضع الأقمار الإصطناعية في مدارها وذلك بإعطائها سرعة مماسية وكافية باستعمال منصة إطلاق. إذا كانت السرعة كبيرة بما فيه الكفاية فإنها تسمح للمركبة بالتحرر من الجاذبية الأرضية ولا يمكن رجوعها. أما إذا كانت السرعة صغيرة فإنها تسقط على سطح الأرض. توضع الأقمار عادة في مدارات دائرية (أو شبه دائرية) لأنها تمتلك سرعة الإنفلات (وثيقة 12).



وثيقة 12 : أقمار اصطناعية أطلقت بسرعات مختلفة.

إذا توقف القمر عن الحركة فإنه يسقط على الأرض ولكن عند السرعات الكبيرة (وثيقة 13) تنعدم قوى الجاذبية للأرض. وعليه فإن القمر يتم إسراعه ولكن سرعته المماسية تبقيه في مسار خطي.


وثيقة 13 : مسار المركبة الفضائية كاسيني هويغنز التي انطلقت من الأرض في أكتوبر 1997. وضعت في مدار كوكب الزهرة في أفريل 1998. وصلت المشتري في سنة 2000 وزحل في أول جويلية 2004.

تتحرك الأقمار (في الغالبية تقريبا) على دوائر حيث يكون التسارع $a_n = \frac{v^2}{r}$. إن القوة التي تعطي هذا التسارع للأقمار هي الجاذبية وعليه فإنها توضع على مسافات معتبرة من الأرض. نستعمل القانون الثاني لنيوتن لمعرفة هذه القوة.

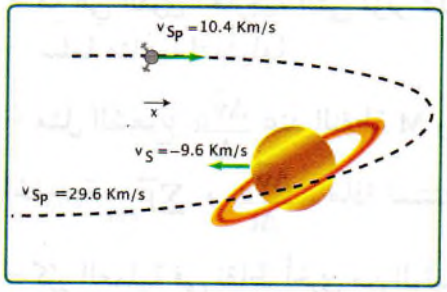
العلاقة التي تربط بين بعد القمر عن الأرض وسرعته تبين أن القوة الوحيدة المؤثرة هي قوة الجاذبية، وأن البعد هو مجموع نصف قطر الأرض والإرتفاع الذي توجد فيه المركبة بالنسبة لسطح الأرض.

تنطلق المركبة الفضائية كاسيني هويغنز من الأرض إلى زحل. كتلة المركبة هي 5 560 kg، يلزمها طاقة يومية كبيرة جدا وهي تكتسبها من الزيادة في سرعتها لوجود الجاذبية. بعد مرور 22 شهرًا تحرّرت المركبة من الأرض وأصبحت في مدار إهليليجي.

لقد اكتسبت المركبة سرعات كافية باقترابها من الأرض مرتين متتاليتين ثم باقترابها من كوكب الزهرة في مرحلة أخرى ومرورها بكوكب المشتري قبل وضعها في مدار زحل في نهاية المطاف.

توضح الصورة كوكب زحل يتحرك في اتجاه سالب في مداره (بالنسبة للشمس) سرعته $9{,}6\ km.s^{-1}$، كتلة زحل هي $5{,}69 \times 10^{26}\ kg$.

تقترب مركبة فضائية كتلتها 825 kg من زحل، تتحرك ابتدائيا في اتجاه موجب بسرعة $10{,}4\ km.s^{-1}$. قوة جذب زحل تسبّب دوران المركبة حولها (المدار مرسوم بالخطوط المتقطعة) وتنطلق في الإتجاه المعاكس. فتبلغ السرعة النهائية للمركبة بعد اقترابها من مجال الجذب لزحل قيمة $29{,}6\ km.s^{-1}$.



وثيقة 14 : تأثير القذف الجاذبي (Slingshoot).

• كيف استطاعت المركبة الفضائية كاسيني هويغنز الوصول إلى كوكب زُحل ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاطات تمهيدية

نشاط 5 : تجربة حول القوة وتغير السرعة

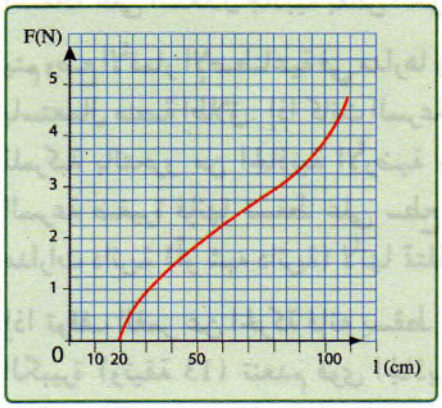
يهدف هذا النشاط إلى تمثيل النسبة $\frac{\Delta\vec{v}_G}{\Delta t}$ في حركة مركز عطالة كرة ومقارنتها بمجموع القوى الخارجية $\sum\vec{F}_{ext}$ المطبقة عليها.

الأدوات :

لوحة بيانية على لوحة ذات الأبعاد $(1m \times 1m)$، كرة ذات كتلة $m = 228\ g$، خيط مطاطي طوله في حالة الراحة L_0 معروف ، مسمار، آلة تصوير فيديو (Webcam).

التجربة :

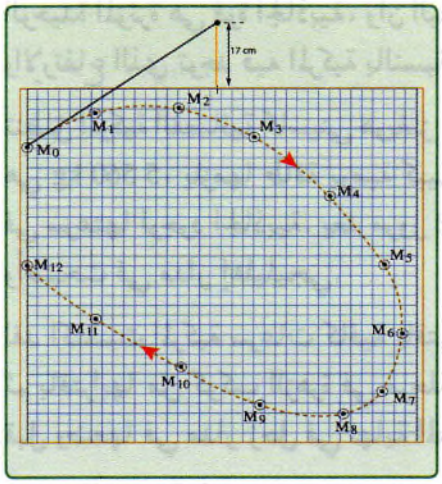
نجري في البداية معايرة للخيط المطاطي لمعرفة كيفية تغير توتره (وثيقة 15).
نضع اللوحة شاقوليا ونأخذ الخيط المطاطي لتثبت الكرية عند إحدى نهايتيه ونثبّت نهايته الأخرى على المسمار الموجود على بعد معلوم من الحافة العلوية للوحة كما هو موضح في الشكل. نسحب الكرية بموازاة مع مستوي اللوحة فيتمدد الخيط، وبعدها نترك الكرة لحالها تتحرك، وعن طريق التصوير المتعاقب، نسجّل المواضع المتتالية للكرة (وثيقة 16).



وثيقة 15 : بيان تغيّر توتر المطاط بدلالة طوله.

العمل :

- انقل المواضع المتتالية للكرة على ورقة ميليمترية، وكذا موضع المسمار، مع مراعاة السلم المستخدم.
- أرسم على الوثيقة الأشعة $\frac{\Delta\vec{v}_G}{\Delta t}$ في لحظات مختلفة (علما أن $\Delta t = 2\tau$)، باستخدام سلم مناسب ثم بيّن الموضع M الذي يحدث فيه تغير كبير لشعاع السرعة. .
- ما هي القوى الخارجية التي تؤثر على الكرية في الموضع M ؟ اختر سلما مناسبا لتمثيلها.
- مثل الشعاع $\frac{\Delta\vec{v}_G}{\Delta t}$ عند النقطة M وقارن بين شعاعي محصلة القوى الخارجية $\sum\vec{F}_{extt}$ و $\frac{\Delta\vec{v}_G}{\Delta t}$. ماذا تستنتج ؟
- كرّر العملية في نقاط أخرى من الوثيقة. ماذا تستنتج ؟



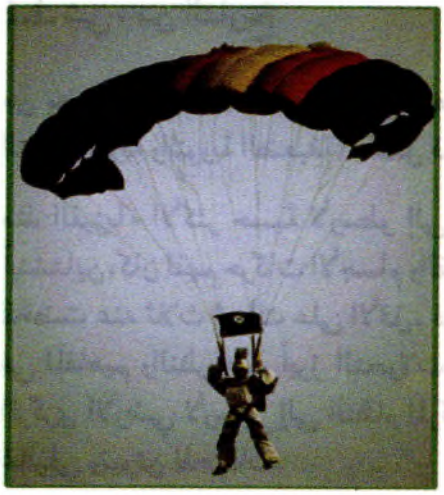
وثيقة 16 : تسجيل مواضع G في لحظات t_2 ، t_1 ، t_0 ،.... t_{12} مفصولة بالمدة الزمنية نفسها τ $(\tau = 0,1\ s)$.

. ما هي العلاقة التي تربط شعاع تغير سرعة مركز عطالة جملة بمجموع القوى الخارجية المطبقة عليها ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاط 6 : تجربة حول حركة السقوط الشاقولي في الهواء

طرح المشكل :



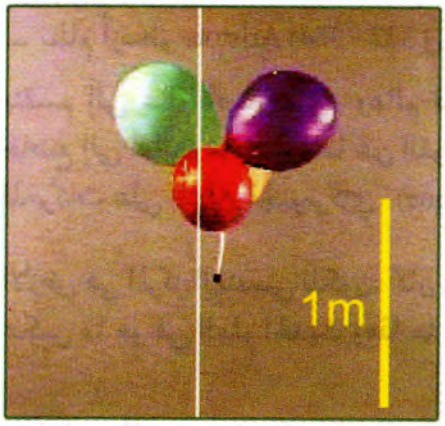
وثيقة 17 : سقوط مظلي في الهواء.

لو تركنا جسما خفيفا (ورقة مثلا) يسقط في الهواء، نلاحظ أن الحركة معقدة (مسار غير مستقيم لمركز العطالة، دوران حول مركز العطالة، تشوه الشكل...). يظهر أن الهواء يؤثر على حركة الجسم: إن تحليل التأثيرات التي تخضع لها الورقة في الهواء، أثناء السقوط، يبيّن أنها تخضع بالإضافة إلى الثقل لقوى احتكاك من طرف الهواء.

هل يمكن دائما نمذجة قوى الاحتكاك بواسطة قوة وحيدة ؟

بصفة عامة، لا يمكن تمثيل الاحتكاك بقوة وحيدة $\vec{f}$ ذات اتجاه ثابت إلاّ إذا كانت حركة الجسم انسحابية مستقيمة.

يمكن التحقق، من خلال أمثلة متنوعة لأجسام خفيفة في حالة سقوط، أن هذا غير حاصل على العموم؛ وأكثر من ذلك، ففي حالة الورقة، تتم حركتها بتغيّر شكلها كذلك.



وثيقة 18 : صورة من حركة سقوط البالونات.

طرح الفرضيات :

لتحقيق نمذجة بسيطة للاحتكاك في الهواء، نقوم بإنجاز تجربة ترتكز على سقوط أجسام متميزة، اختيرت أشكالها بحيث نحصل على حركات شاقولية انسحابية.

نترك الأجسام تسقط في الهواء (بدون تسجيل حركتها) ونحاول تحديد طبيعة حركتها بملاحظة كيفية تغير سرعتها خلال السقوط.

- حاول أن تتوقع شكل المنحنى الممثل لتغيرات السرعة بدلالة الزمن $v = f(t)$. ثم ارسمه على ورقة (استعمل القوى لتبرّر شكل المنحنى).

التحقيق التجريبي :

قام أمين مع أستاذه بتسجيل حركة سقوط مجموعة أربع بالونات (وثيقة 18) مربوطة في ما بينها ومثقلة نوعا ما، وذلك باستعمال آلة تصوير فيديو (Webcam) في مكان ملائم، لا توجد فيه تيارات هوائية. عُولج شريط الفيديو ببرنامج إعلام آلي مناسب، حيث تم الحصول على النتائج المدونة في الجدول المقابل.

t (s)	0,08	0,12	0,16	0,20
v (m/s)	0,35	0,70	0,92	1,08
t (s)	0,28	0,32	0,58	0,66
v (m/s)	1,30	1,45	1,86	1,90
t (s)	0,80	1,00	1,20	1,40
v (m/s)	1,94	2,05	2,00	2,00

- أرسم منحنى السرعة $v = f(t)$ لحركة سقوط البالونات.

• ما هو شكل منحنى السرعة $v = f(t)$ المتحصل عليه؟ هل النقاط المتحصل عليها تتطابق مع شكل المنحنى الذي توقعته؟ فسّر.

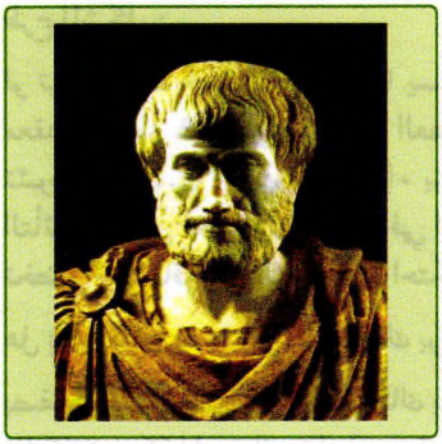
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. مقاربة تاريخية لميكانيك نيوتن

1.1. شيء من التاريخ

من بين الأفعال المتبادلة الأساسية الأربعة (الكهرومغناطيسية، الجاذبية، النووية القوية والنووية الضعيفة)، تحتل قوة الجذب أقدم مكانة في التاريخ.

منذ الفيزياء الأكثر حسية لأرسطو إلى غاية الفيزياء النسبية وتنبؤات أينشتاين،كان لفهم حركات الأجسام والفعل الجاذبي أثر كبير على الفكر تمخضت عنه ثلاث ثورات على الأقل، فلقد شهد تاريخ الميكانيك تطورا في المفاهيم والنظريات، أبرز التحولات فيها كانت الانتقال من النظام المركزي الأرضي لأرسطو إلى النظام المركزي الشمسي لكوبرنيك وتفسير غاليلي ونيوتن للحركات.



الوثيقة 19 : أرسطو.

نقدم لمحة موجزة عن هذا التاريخ العظيم :

ـ نظام أرسطو Aristote (384 - 322 ق.م) :

ينقسم إلى عالم تحت قمري، وعالم فلكي مثالي، أي عالم الأجرام، خاضع إلى قوانين مختلفة تماما عن القوانين الأرضية. اعتمد في تفسيره للحركات على النظام الجيومركزي (géocentrique) :



الوثيقة 20 : بطليموس.

الأرض هي المركز الهندسي للكون. كان وصفه مبنيا أساسا على الحدس، عكس ما هو في العلم الحديث وهذا ما أعطاه قوة الديمومة.

ـ نموذج بطليموس Ptolémée (140 م) :

الوصف الدقيق والكمي لحركة الأجرام، الذي قام به العالم بطليموس (Ptolémée)، المدوّن في كتابه المجستي(almageste) المشهور أعطى دعما لنظام أرسطو. اقترح هذا الأخير نظاما لحركة الأجرام مبنيا على فلك التدوير (epicycle)، الدائرة الصغيرة التي يرسمها الجرم حول نفسه وهو يدور حول الأرض في الدائرة الكبيرة



الوثيقة 21 : كوبرنيك.

ـ كوبرنيك Copernic (1473-1543 م) :

أثار نظام بطليموس عدة إشكاليات، وبقيت تساؤلات كثيرة مطروحة حول حركة بعض الكواكب (مثل: لماذا لا يُلاحظ عطارد والزهرة إلا في بداية ونهاية الليل، بينما يلاحظ طوال الليل كل من المريخ،زُحل والمشتري). كل هذا دفع بكوبرنيك إلى البحث على نظام آخر يسمح بشرح حركة الكواكب. وضع عندها فرضية النظام الهيليومركزي (héliocentrique) .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ـ كبلر Kepler (1630-1571) :

عملا بالنظام الهيليومركزي وبمساعدة تيكوبراهي، حاول كبلر تحديد مسارات الكواكب بدقة. لم يتقبل ظاهرة انحراف الكواكب عن الدائرة المثالية التي كان يجدها في حساباته الرياضية و أصبح يشكك في فكرة الحركة الدائرية المنتظمة. وبفعل إتقانه ودقته، نشر سنة 1609 قانونين:
(1) : ترسم الكواكب مدارات إهليلجية لا دائرية.
(2) : سرعتها ليست ثابتة.

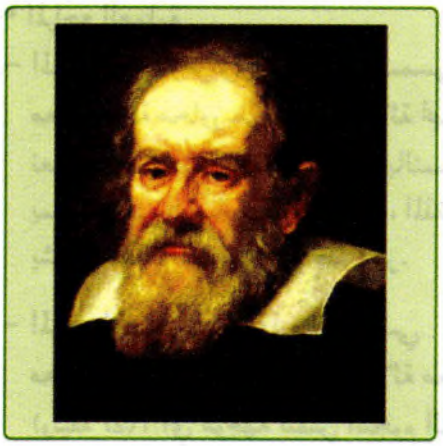


الوثيقة 22 : كبلر.

عوّض كبلر 48 دائرة متداخلة لكوبرنيك بسبعة إهليلجات بسيطة (كل واحدة خاصة بكوكب). وضع بعدها قانونه الثالث (3) : النسبة بين مربع دور حركة الكوكب ومكعب المسافة بينه والشمس ثابتة عند كل كواكب النظام الشمسي. كان لهذه القوانين الثلاثة دور أساسي في تطور الميكانيك.

ـ غاليلي Galilée (1564 -1642 م):

كان غاليلي من أتباع نظام كوبرنيك. كانت له شكوك حول المدارات الإهليلجية لكبلر. صنع منظارًا بعدستين فتمكّن من اكتشاف الأقمار الرئيسية للمشتري ومشاهدة النجوم، وبمراقبة أطوار كوكب الزهراء قدّم غاليلي البرهان القاطع الذي يفند كليا نظرية مركزية الأرض. فقام غاليلي، سنة 1632، بنشر أشهر كتاب له، «الحوار حول أكبر النظامين المسيرين للعالم».



الوثيقة 23 : غاليلي.

درس غاليلي ميكانيكية وديناميكية الأجسام في حالة الحركة وخاصة منها حركة القذائف وشرحه للسقوط الحر. وبيّن أن التسارع ثابت في حقل الجاذبية الأرضية، فوضع قانون العطالة. كما أنه فتح النقاش حول مسألة النسبية في الحركة.

ـ نيوتن Newton (1642 -1727 م):

اعتماد على أفكار كوبرنيك، ملاحظات تيكو براهي، القوانين التجريبية لكبلر وقوانين الحركة لغاليلي، طرح نيوتن نظرية على الحركات. لقد استطاع ربط القوى المطبّقة على جسم بتسارعه، كان نيوتن السباق في فهم أن التفاحة التي تسقط من شجرة والقمر الذي يدور حول الأرض يخضعان لنفس القانون فقدّم قانون التجاذب الكوني. يفترض هذا القانون تزامن الفعلين المتبادلين. فاستطاع نيوتن التوحيد بين الميكانيك الأرضية والفلكية. الميكانيك الفلكية هي إذًا تطبيق ميكانيك نيوتن عبر المبدإ الأساسي للتحريك ونتائجه (القوانين الثلاثة لنيوتن).



الوثيقة 24 : نيوتن.

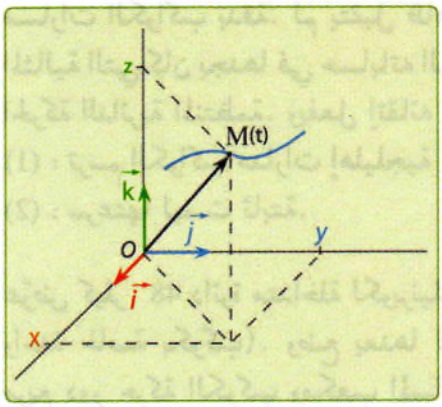
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2.1. بعض المفاهيم الأساسية

1.2.1. المرجع والمعلم :

لا يمكن دراسة حركة جملة مادية دون تحديد مرجع لذلك. إن المرجع جسم صلب يرتبط دوما بمعلمين :

- معلم فضائي $(O ; \vec{i} ; \vec{j} ; \vec{k})$ (وثيقة 25)، مختار بحيث يكون وصف الحركة أبسط ما يمكن.
- معلم للزمن. مبدأ الأزمنة يختار عادة بحيث يتطابق مع لحظة بداية الحركة.



وثيقة 25 : يحدد موضع نقطة في المعلم الفضائي بإحداثياتها : x, y , z

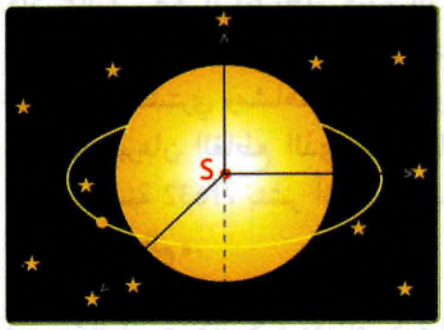
• المراجع الغاليلية : المراجع العطالية

لا يطبق مبدأ العطالة إلا في بعض المراجع التي تدعى بالمراجع الغاليلية. قبل حل مسألة في الميكانيك، يجب التأكد من أن المرجع المختار لدراسة حركة مركز عطالة جملة غاليلي.

• المراجع العملية

- المرجع الهيليومركزي : المرجع الشمسي

معلم بثلاثة محاور موجهة نحو ثلاثة نجوم ومبدؤه مركز الشمس (وثيقة 26)، نعتبر هذه النجوم فيه تقريبا ساكنة بالنسبة للشمس خلال مدة طويلة (قرون). يستعمل في دراسة حركة الكواكب، المذنبات وبعض المركبات الفضائية فهو يشكل معلما غاليليا إلى حد كبير.



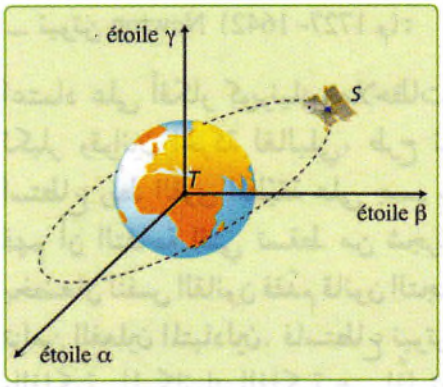
وثيقة 26 : المرجع الشمسي.

- المرجع الجيومركزي : المرجع الأرضي

معلم له مبدأ في مركز الأرض وثلاثة محاور موازية لمحاور المعلم الشمسي (وثيقة 27)، أي موجهة لنفس النجوم الثابتة (لا تدور مع دوران الأرض). فهو غاليلي بكفاية لدراسة حركة القمر والأقمار الإصطناعية وبعض الحركات لأرضية.

- المرجع السطحي الأرضي :

معلم مرتبط بسطح الأرض واعتباره غاليليا أقل دقة من سابقيه، لكنه عطالي بالكفاية التي تسمح بدراسة معظم الحركات الجارية على الأرض خلال مدات زمنية قصيرة مقارنة بمدة دوران الأرض.



وثيقة 27 : المرجع الجيومركزي.

2.2.1. مفهوم النقطة المادية :

الجسم الصلب : هو الجملة التي لا يتغير شكلها أثناء قيامها بحركة، أي أن المسافة بين نقطتين كيفيتين من هذه الجملة تبقى ثابتة أثناء الحركة.

النقطة المادية : يمكن اعتبار الجملة نقطة مادية إذا كانت أبعادها مهملة أمام أبعاد المرجع الذي تدرس الحركة بالنسبة إليه.

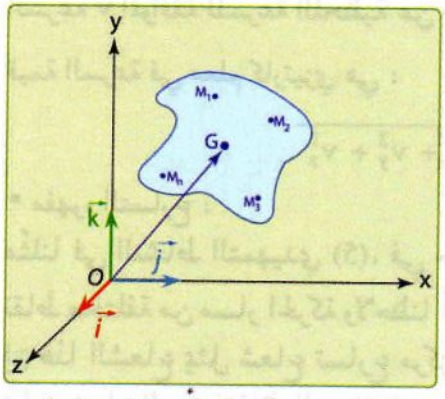
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

3.2.1. مفهوم مركز العطالة:

يُعرف مركز العطالة C انطلاقا من مبدإ العطالة الذي ينص على ما يلي: توجد، عند الجملة الشبه معزولة، على الأقل نقطة ساكنة أو تتحرك بحركة مستقيمة منتظمة بالنسبة لمعلم عطالي وهذه النقطة هي C.

ملاحظة : في الميكانيك النيوتونية، ينطبق مركز العطالة C دائما على مركز الكتل G (وثيقة 28) الذي يمثل مركز الأبعاد المتناسبة لمجموعة النقاط المادية $(M_1, M_2, \ldots M_n)$ للجملة.

$$\overrightarrow{OG}\sum m_i = m_1\overrightarrow{OM_1} + m_2\overrightarrow{OM_2} + \ldots + m_n\overrightarrow{OM_n}$$



وثيقة 28 : يمثل G مركز الأبعاد المتناسبة.

3.1. القوانين الثلاثة لنيوتن ومفهوم التسارع

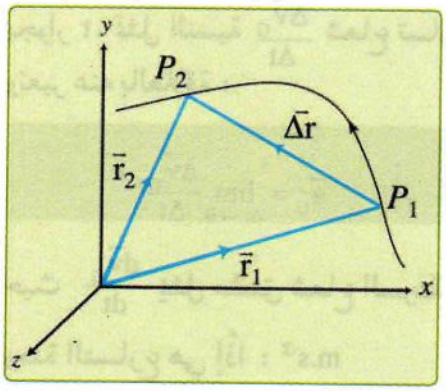
1.3.1. مفهوم التسارع :

• شعاع الموضع : يكتب في الفضاء شعاع الموضع $\vec{r}$ لجسم إحداثياته الكارتيزية (x, y, z):

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$$

إذا انتقل الجسم من النقطة P_1 شعاع موضعها $\vec{r}_1$ إلى النقطة P_2 شعاع موضعها $\vec{r}_2$ (وثيقة 29)، يعبر عن الانتقال بالتغير في شعاع الموضع :

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \Delta x\vec{i} + \Delta y\vec{j} + \Delta z\vec{k}$$

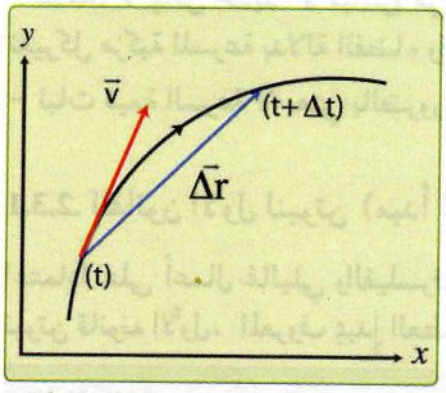


وثيقة 29 : عندما ينتقل جسم من P_1 إلى P_2، يكون انتقاله : $\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$.

• شعاع السرعة المتوسطة : هو النسبة بين شعاع الانتقال والمجال الزمني الموافق له :

$$\vec{v}_{moy} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

لشعاع السرعة المتوسطة $\vec{v}_{moy}$ نفس جهة $\Delta\vec{r}$ فهي موجهة حسب قاطع القوس لدائرة مسار الحركة (وثيقة 30)، كلما نقص Δt كلما اقترب القاطع من المستقيم المماس وتصبح $\Delta\vec{r}$ مماسية للمسار.



وثيقة 30 : تمثيل شعاع السرعة اللحظية $\vec{v}$.

• شعاع السرعة اللحظي هو :

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

أو

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}$$

مع $v_x = dx/dt,\ v_y = dy/dt,\ v_z = dz/dt$.

حامل شعاع السرعة $\vec{v}$ مماسي للمسار وجهته هي جهة الحركة (وثيقة 30).

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

المخطط y(x) لا يمثل بيان الموضع بدلالة الزمن و منه لا يمكن حساب قيمة السرعة $\vec{v}$ الموافقة للسرعة اللحظية عن طريق ميل المماس.

قيمة السرعة في معلم كارتيزي هي :

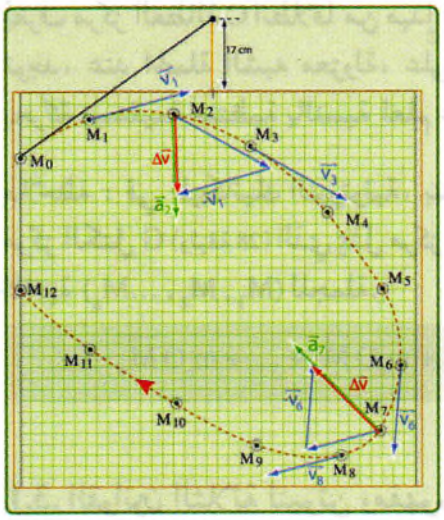
$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

• مفهوم التسارع :

مثّلنا في النشاط التمهيدي (5)، في حركة مستوية، الشعاع $\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ في نقاط مختلفة من مسار الحركة ولاحظنا أنه متجه دوما نحو تقعر المسار:

إن هذا الشعاع يمثل شعاع تسارع مركز عطالة الكرة فهو يُعلم بكيفية تطور شعاع السرعة خلال الزمن.

وبما أن Δt صغير في هذا النشاط، شعاع التسارع المتوسط $\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ هو شعاع التسارع اللحظي نفسه.



وثيقة 31 : تمثيل شعاع التسارع $\vec{a}_G$ عند النقطتين M_2 و M_7.

- في مرجع معين وفي لحظة معينة t ، ومن أجل مدة زمنية Δt صغيرة بجوار t، تمثل النسبة $\frac{\Delta\vec{v}_G}{\Delta t}$ شعاع تسارع مركز عطالة الجملة (وثيقة 31).

ونعبر عنه بالعلاقة :

$$\vec{a}_G = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{v}_G}{\Delta t} \quad \text{أو} \quad \vec{a}_G = \frac{d\vec{v}_G}{dt}$$

حيث $\frac{d\vec{v}_G}{dt}$ يمثل مشتق شعاع السرعة بالنسبة للزمن في اللحظة t.

وحدة التسارع هي إذًا : $m.s^{-2}$



وثيقة 32 : تنتقل سرعة هذه السيارة من $0\ m.s^{-1}$ إلى $26.8\ m.s^{-1}$ خلال $3.9\ s$. تسارعها المتوسط هو $6.9\ m.s^{-2}$

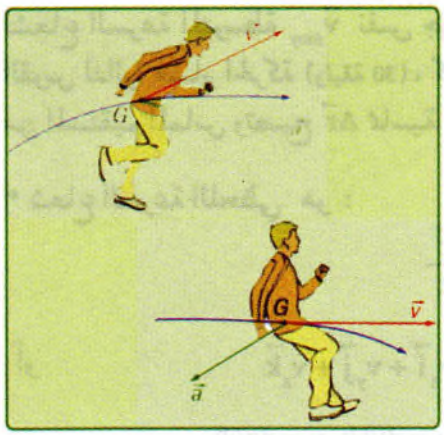
- في المعلم الكارتيزي، عبارة شعاع التسارع اللحظي هي:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{r}}{dt} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}$$

مع $a_x = dv_x/dt,\ a_y = dv_y/dt,\ a_z = dv_z/dt$.

- عامة، لا يمكن تحديد $\vec{a}$ مباشرة من خلال المسار، لأننا بحاجة لمعرفة تغيركل مركبة للسرعة بدلالة الفضاء والزمن.

- ثبات قيمة السرعة لا يعني بالضرورة انعدام التسارع.



وثيقة 33 : شعاع التسارع عند انطلاق العداء وعند توقفه.

2.3.1. القانون الأول لنيوتن (مبدأ العطالة) :

اعتمادا على أعمال غاليلي والفيلسوف الفرنسي ريني ديكارت، وضع نيوتن قانونه الأول، المعروف بمبدإ العطالة :

في المعالم العطالية أو الغاليلية : "يحافظ كل جسم على سكونه أو حركته المستقيمة المنتظمة إذا لم تتدخل قوة لتغير حالته الحركية ".

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

يُدخل هذا القانون خاصية تُدعى العطالة :
تتمثل العطالة في المقاومة التي تبديها الجملة لكل تغير في حالتها الحركية.

3.3.1. القانون الثاني لنيوتن:

حسب القانون الأول لنيوتن، القوة المؤثرة على جملة ما تولد تسارعا. لتحديد كيف يرتبط التسارع بالقوة وبكتلة الجسم، نقوم بتغيير هذين المقدارين، كلا على حدة. إذا بقيت الكتلة ثابتة وتغيرت القوة، نلاحظ أن a تتناسب مع F (وثيقة 34b). وإذا بقيت القوة ثابتة وتغيرت الكتلة، نجد أن التسارع a متناسب عكسيا مع الكتلة m (وثيقة 34a).

إذًا تبيّن هذه النتائج أن التسارع a يتناسب طردا مع F/m.

نستنتج إذًا أن $F = kma$ ، حيث k هو ثابت التناسب.

في النظام الدولي للوحدات SI، تولّد قوة 1 N مطبقة على كتلة 1kg تسارعا قيمته $1m/s^2$، إذا $k = 1$ أي :

$$1N = 1kg.m.s^{-2}$$

عندما تؤثر عدة قوى على جملة ميكانيكية ما، يجب حساب المجموع الشعاعي للقوى الخارجية، يكتب القانون الثاني لنيوتن كما يلي :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G$$

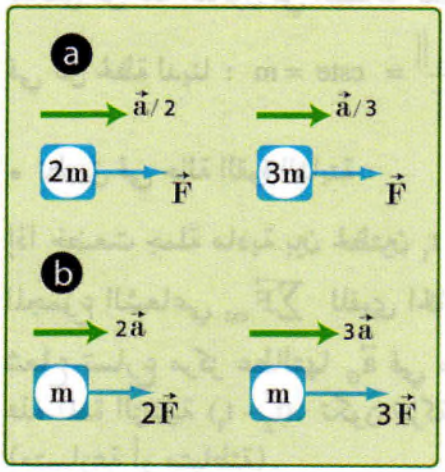
في معلم غاليلي، المجموع الشعاعي $\sum \vec{F}_{ext}$ للقوى الخارجية المطبقة على جملة مادية، يساوي في كل لحظة، جداء كتلتها في شعاع تسارع مركز عطالتها : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G$

تعطى المركبات الثلاث للمعادلة الشعاعية في المعلم الكارتيزي :

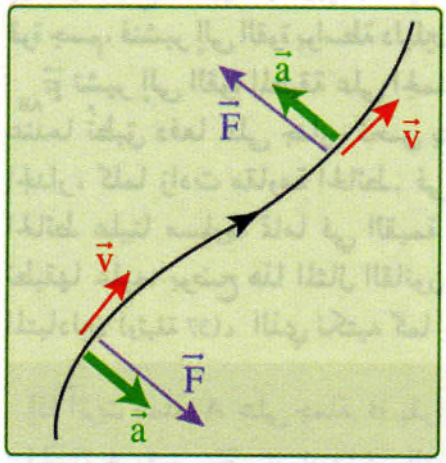
$$\sum F_x = ma_x \; ; \; \sum F_y = ma_y \; ; \; \sum F_z = ma_z$$

إن توجه مسار الحركة، الذي هو نفسه جهة شعاع السرعة لحركة مركز عطالة جملة مادية (وثيقة 35)، لا يتطابق عامة مع حامل محصلة القوى المؤثرة عليها. لكن شعاع تغير السرعة $\Delta\vec{v}$ يكون دوما متعلقا بمحصلة القوى. نلاحظ كذلك بأنه يجب أن يقاس التسارع بالنسبة لمرجع عطالي، يعني بالنسبة للمرجع نفسه أين يكون القانون الأول لنيوتن مطبقا.

يمكننا الآن استعمال قانون نيوتن الثاني لإعطاء معنى مدقق لمفهوم القوة.
تسارع جملة مادية هو نفسه في جميع المراجع العطالية.



وثيقة 34 : علاقة التسارع بالقوة والكتلة.



وثيقة 35 : عامة، اتجاه الحركة (المعطى بواسطة السرعة) لا يتطابق مع اتجاه التسارع واتجاه القوة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

وبما أن $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G$ يكون القانون الثاني لنيوتن بنفس الشكل في جميع المراجع العطالية.

نتحقق من هذا القانون في النشاط التمهيدي رقم (5) (وثيقة 36):

في كل لحظة لدينا : $\frac{\| \sum \vec{F}_{ext} \|}{\| \vec{a}_G \|} = cste = m$

- تطبيق في حالة القوة الثابتة :

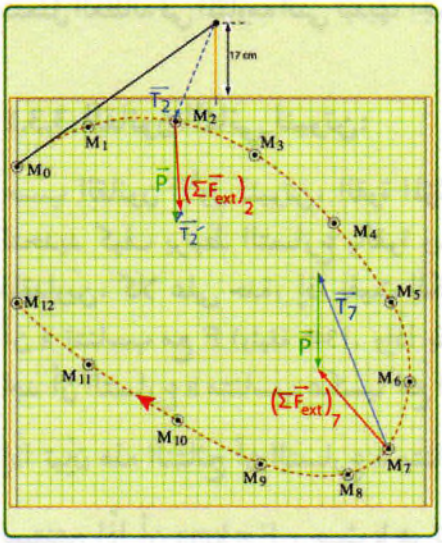
إذا خضعت جملة مادية بين لحظتين t_1 و t_2 إلى تأثيرات بحيث يكون المجموع الشعاعي $\sum \vec{F}_{ext}$ للقوى الخارجية المطبقة عليها ثابتا، فإن شعاع تسارع مركز عطالتها $\vec{a}_G$ في معلم غاليلي يكون ثابتا خلال هذه المدة الزمنية $(t_2 - t_1)$. تكون حركة مركز العطالة متغيرة بانتظام (متسارعة أو متباطئة).

لتكن t_0 اللحظة الابتدائية و t لحظة ما من الحركة.

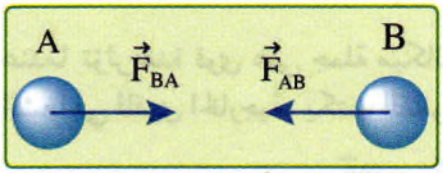
بما أن التسارع ثابت، فالتسارع اللحظي هو التسارع المتوسط نفسه،

يمكن إذًا كتابة : $\vec{a}_G = \frac{\vec{v}_G(t) - \vec{v}_G(t_0)}{t - t_0}$

هذه العبارة تسمح لنا بتحديد شعاع السرعة في اللحظة t انطلاقا من معرفة $\vec{a}_G$ و $\vec{v}_G(t_0)$.



وثيقة 36 : تمثيل المجموع الشعاعي $\sum \vec{F}_{ext}$ للقوى الخارجية في النقطتين M_2 و M_7.



وثيقة 37 : من أجل كتلة معطاة ، التسارع متناسب طردا مع القوة.

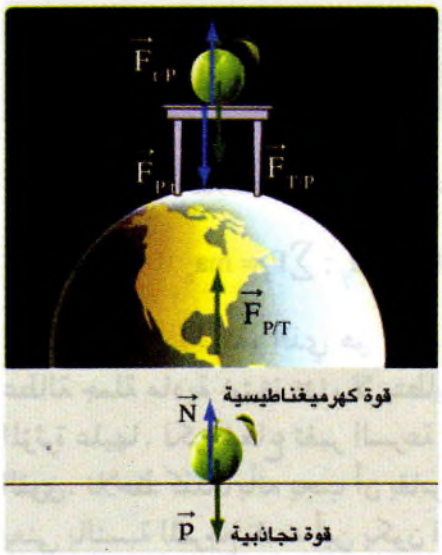
4.3.1. القانون الثالث لنيوتن:

إن القوة تنمذج التأثير المتبادل بين جملتين ماديتين لأنه غير ممكن التحدث عن قوة جسم، فنشير إلى القوة بواسطة دليلين يرمزان للجملتين المتفاعلتين.

$\vec{F}_{AB}$ تشير إلى القوة المطبقة على الجملة A من طرف الجملة B.

عندما نُطبق دفعا على جدار، نحس بتأثير قوة معاكسة. كلما دفعنا الجدار، كلما زادت مقاومة الحائط. في الواقع، القوة المطبقة من طرف الحائط علينا مساوية تماما في القيمة ومعاكسة في الجهة للقوة التي نطبقها عليه. يوضح هذا المثال القانون الثالث لنيوتن المتعلق بالفعلين المتبادلين (وثيقة 37)، الذي نكتبه كما يلي :

إذا أثرت جملة A على جملة B بقوة $\vec{F}_{A/B}$ فإن الجملة B تؤثر على الجملة A بقوة $\vec{F}_{B/A}$ ، تساويها في الشدة ولها نفس الحامل وتعاكسها في الجهة. نعبر عن ذلك بالعلاقة الشعاعية : $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$.



وثيقة 38 : التوازن لا يعبر بالضرورة عن تطبيق مبدإ الفعلين المتبادلين.

في الميكانيك النيوتونية، يكون التأثير المتبادل بين الجمل متزامنا، أي أن الفعلين المتبادلين يطبقان على الجملتين في آن واحد.

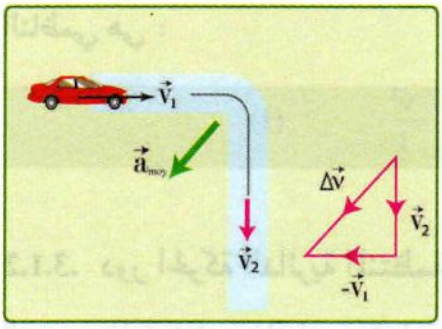
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2. شرح حركة كوكب أو قمر اصطناعي

1.2. خواص الحركة الدائرية المنتظمة

1.1.2. شروط الحصول على حركة دائرية منتظمة :

تكون جملة مادية في حركة دائرية منتظمة إذا كانت سرعتها الابتدائية غير معدومة وإذا كانت خاضعة لقوة جاذبة مركزية (قوة عمودية على شعاع السرعة).

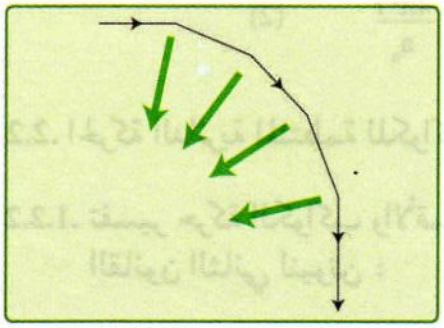


وثيقة 39 : سيارة تتحرك بسرعة قيمتها ثابتة من الغرب نحو الجنوب. اتجاه تسارعها المتوسط مبين في الشكل.

2.1.2. عبارة التسارع الناظمي :

تتحرك سيارة (وثيقة 39) نحو الشرق بالسرعة $\vec{v}_1$، ثم تدور نحو الجنوب بالسرعة $\vec{v}_2$. إذا كانت قيمة سرعتها ثابتة، أي $v_1 = v_2 = v$.

إن تغير شعاع السرعة ناتج عن تغير الاتجاه فقط. يبيّن المخطط بأن $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ يتجه نحو داخل المسار. فالتسارع المتوسط $\vec{a}_{moy} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ له، هو أيضا، الاتجاه نفسه.



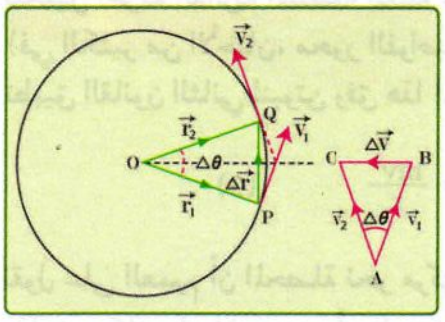
وثيقة 40 : التسارع متجه دوما نحو مركز الدائرة.

إذا قسّمنا المنعطف إلى جزأين، نتحصّل على تسارعين. وبزيادة عدد الأجزاء، نتحصّل على عدة تسارعات (وثيقة 40).

إذا اعتبرنا أن كل قطعة مستقيمة تشكّل قوسا من دائرة، فإن التسارع اللحظي متجه دوما نحو المركز. نقول عنه إنه تسارع جاذب نحو المركز ونسميه التسارع الناظمي.

تنتقل نقطة مادية بسرعة قيمتها v ثابتة على دائرة نصف قطرها r : إنها تقوم بحركة دائرية منتظمة.

لنفرض أن، خلال مدة زمنية قصيرة Δt، شعاع موضع النقطة المادية يدور بزاوية $\Delta\theta$، وأن شعاع انتقالها $\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$ شاقولي. بما أن $\vec{v}$ دوما عمودي على $\vec{r}$ ، فإن اتجاهي هذين الشعاعين يتغيران بالزاوية نفسها خلال مدة زمنية ما. في المخطط البياني الشعاعي للمعادلة $\vec{v}_2 = \vec{v}_1 + \Delta\vec{v}$ نلاحظ أنّ $v_1 = v_2 = v$. اتجاه $\Delta\vec{v}$ أفقي وجهته نحو الداخل ومتطابقة مع منصف الزاوية $\Delta\theta$ بداخل الدائرة. المثلثان OPQ وABC (وثيقة 41) متساويا الساقين لهما نفس الزوايا، إذًا : $\frac{|\Delta\vec{r}|}{r} = \frac{|\Delta\vec{v}|}{v}$

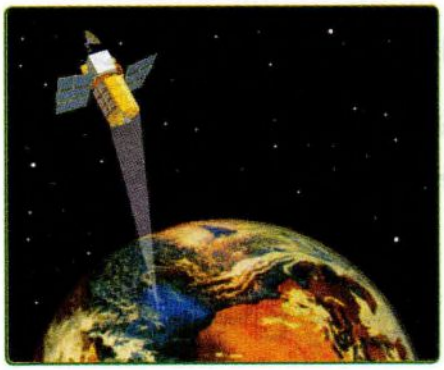


وثيقة 41 : التمثيل الهندسي

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ومنه $|\Delta\vec{v}| = \frac{v}{r}|\Delta\vec{r}|$. وبما أن $|\Delta\vec{r}| \approx v\Delta t$ ، لدينا $\frac{|\Delta\vec{v}|}{\Delta t} = \frac{|v^2|}{r}$.
حسب تعريف التسارع $\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0}\left(\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}\right)$ ، نجد أن عبارة التسارع الناظمي هي :

$$a_n = \frac{v^2}{r} \qquad (1)$$



وثيقة 42 : قمر إصطناعي جيومستقر له دور $T = 24\ h$.

3.1.2. دور الحركة الدائرية المنتظمة :

الدور هو المدة اللازمة لإنجاز دورة واحدة، أي قطع مسافة قيمتها $2\pi r$، ومنه :

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

نستطيع استعمال هذه المعادلة لإعطاء عبارة جديدة للسرعة $v = 2\pi r/T$، وتعويضها في المعادلة (1) للحصول على عبارة مربع الدور بدلالة التسارع الناظمي :

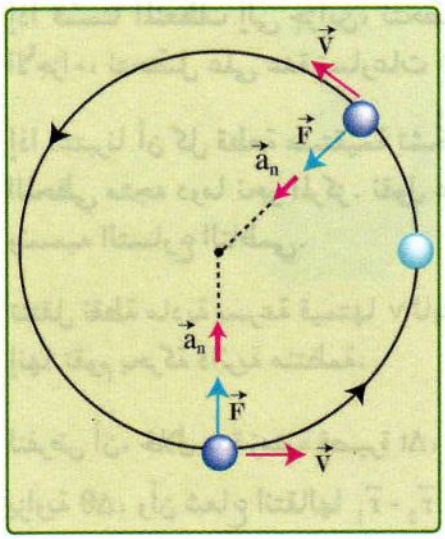
$$T^2 = \frac{4\pi^2 r}{a_n} \qquad (2)$$

2.2. الحركة الدائرية المنتظمة للكواكب والأقمار الإصطناعية

1.2.2. تفسير حركة الكواكب والأقمار الاصطناعية باستعمال القانون الثاني لنيوتن :

علمنا سابقا أن حركة نقطة مادية بسرعة ثابتة v على مسار دائري نصف قطره r (الوثيقة 43)، يكسبها تسارعًا ناظميًا قيمته : $a_n = \frac{v^2}{r}$

ونعلم أن التسارع الناظمي دائما متجه نحو الداخل، يعني باتجاه مركز الدائرة.



وثيقة 43 : النقطة المادية المزودة بحركة دائرية منتظمة لها تسارع ناظمي a_n.

لتحليل الحركة الدائرية المنتظمة لنقطة مادية، نختار معلما بمحور واحد (في الكثير من الأحيان، محور الفواصل x) متجه نحو مركز الدائرة.
تطبيق القانون الثاني لنيوتن وفق هذا المحور يعطي :

$$\sum F_x = \frac{mv^2}{r} \qquad (3)$$

نقول على العموم أن المحصلة نحو مركز الدائرة هي القوة المركزية. لكن هذا غير كاف لمعرفة مصدر أو طبيعة هذه القوة التي يمكن أن تكون

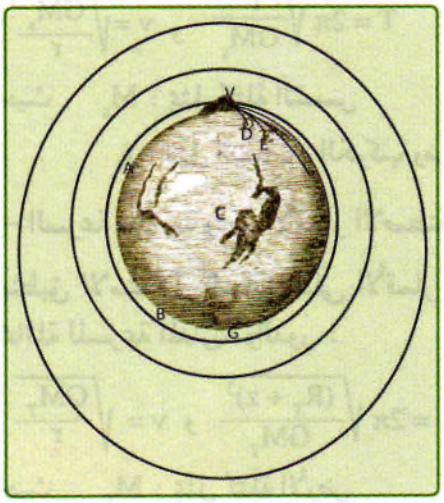
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

قوة وحيدة ناتجة عن تأثير حبل، نابض أو الجاذبية. كما يمكن أن تكون محصلة لعدة قوى ومنه، باستعمال المعادلتين (2) و (3) نجد:

$$\sum F_x = \frac{m \times 4\pi^2 r}{T^2} \quad (4)$$

2.2.2. تفسير حركة الكواكب والأقمار الاصطناعية باستعمال قانون الجذب العام :

تشكل مدارات الأقمار الاصطناعية مثالا مهما للحركة الدائرية. إن نيوتن هو أول من وصف العلاقة بين المسارات ذات المدى القصير والحركة المدارية. تصوّر مدفعا موجود على قمة جبل عالٍ، يقذف كريات بسرعات ابتدائية مماسية لسطح الأرض (وثيقة 44). إذا أخذت الكرية سرعة إبتدائية ضعيفة، تأخذ مسار قطع مكافئ (لوأهملنا مقاومة الهواء). من أجل سرعة إبتدائية أكبر، تذهب بعيدا قبل أن تسقط. اتجاه التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية متغير على طول المسار. الشكل العام للمسار يكون إهليليجيًا. إذا كانت السرعة الإبتدائية كافية، تستطيع الكرية القيام بدورة حول الأرض (والعودة إلى نقطة البداية). فهي في مدار حولها. وبالرغم من أن الكرية في سقوط حر دائم انطلاقا من مسارها الابتدائي المستقيم، تطابق انحناء الأرض مع انحناء المدار يمنع إذًا سقوط القمر الاصطناعي على الأرض.

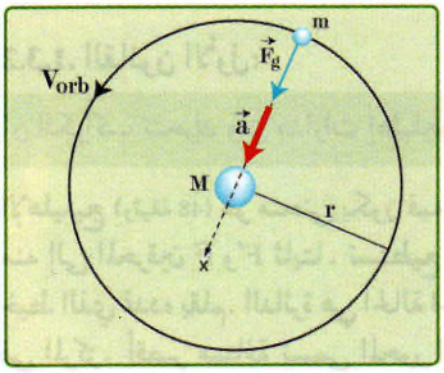


وثيقة 44 : مخطط نيوتن يمثل مسارات كريات المدفع مقذوفة بسرعات ابتدائية مختلفة.

يصلح الاستدلال الأخير في المدارات الدائرية فقط، التي تشكل حالة خاصة من المدارات الإهليليجية. إذا فرضنا بأن كتلة الجسم المركزي (الشمس مثلا) هي أكبر بكثير من كتلة الجسم في المدار (كوكب)، يمكننا اعتبار الجسم المركزي ساكنا. نهمل في دراساتنا قوى الإحتكاك الناتجة عن جو الأرض، في حالة الأقمار الاصطناعية الأرضية ذات المدارات المنخفضة. لتكن نقطة مادية كتلتها m في مدار دائري ثابت حول جسم مستقر كتلته M (وثيقة 45). إذا اخترنا معلما بمحور للفواصل x موجها نحو مركز المدار. إن القوة الوحيدة التي تؤثر نحو مركز المدار هي قوة الجاذبية :

$$F_g = \frac{GmM}{r^2}$$

حيث G ثابت التجاذب الكوني : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ N.m^2.kg^{-2}$



وثيقة 45 : جسم كتلته m في مدار حول جسم مركزي كتلته M.

يمكن إذًا مما سبق كتابة المساواة : $\frac{GmM}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$

ومنه السرعة المدارية للكواكب والأقمار الاصطناعية :

$$v_{orb} = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

دور الحركة الدائرية هو : $T = \frac{2\pi r}{v_{orb}}$ ومنه : $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- السرعة المدارية ودور الكواكب :

بما أن الحركة دائرية منتظمة، يمكننا استعمال العبارات السابقة لاستخراج السرعة المدارية والدور لكوكب يدور حول الشمس :

$$v = \sqrt{\frac{GM_s}{r}} \quad \text{و} \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_s}}$$

حيث M_s : يمثل كتلة الشمس

r : يمثل البعد بين الكوكب ومركز الشمس

- السرعة المدارية ودور الأقمار الاصطناعية :

ينطبق الاستدلال السابق على الأقمار الاصطناعية. نستخرج عبارات مماثلة للسرعة المدارية والدور :

$$v = \sqrt{\frac{GM_T}{r}} \quad \text{و} \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_T}} = 2\pi\sqrt{\frac{(R_T + z)^3}{GM_T}}$$

حيث M_T : يمثل كتلة الأرض

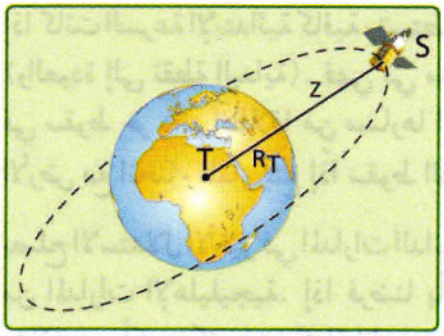
r : يمثل البعد بين القمر الاصطناعي ومركز الأرض

z : يمثل بعد القمر الاصطناعي عن سطح الأرض

ملاحظة : إن كتلة الكواكب أو الأقمار الإصطناعية لا تؤثر على السرعة المدارية والدور.



وثيقة 46 : السرعة المدارية لكوكب زحل هي $v_{orb} = 9{,}64\ km.s^{-1}$.



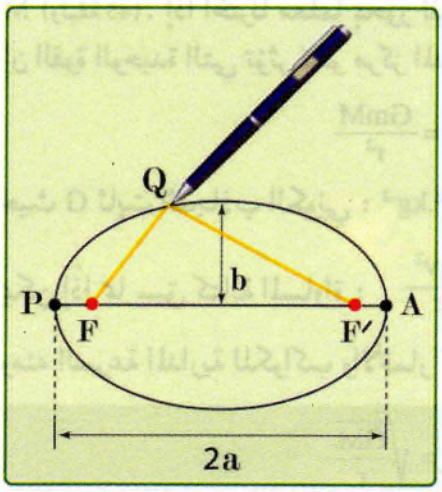
وثيقة 47 : حركة القمر الإصطناعي (S) مدروسة في المرجع المركزي الارضي.

3.2. قوانين كبلر:

1.3.2. القانون الأول:

إن الكواكب تتحرك وفق مدارات إهليلجية تمثل الشمس إحدى محرقيها.

الإهليليج (وثيقة 48) هو منحنى يكون فيه دائما مجموع المسافتين من نقطة منه إلى المحرقين F و F′ ثابتا. نستطيع رسم اهليج بربط نقطتين بواسطة خيط الذي نمدده بقلم. الدائرة هي الحالة الخاصة التي يتطابق فيها المحرقان في المركز. أقصر مسافة تسمى المحور الصغير طولها 2b؛ أطول مسافة تسمى المحور الكبير طولها 2a. نسمي نقطة المدار الأقرب من الشمس (الموجودة عند النقطة F) نقطة الرأس الأقرب (périhélie) الممثلة بالنقطة P؛ ونسمي النقطة الأبعد بنقطة الرأس الأبعد (aphélie) الممثلة بالنقطة A.



وثيقة 48 : يمثل F و F' محرقا إهليج طول محوره الكبير 2a وطول محوره الصغير 2b.

2.3.2. القانون الثاني :

إن المستقيم الرابط بين الشمس وكوكب يمسح مساحات متساوية خلال مجالات زمنية متساوية.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

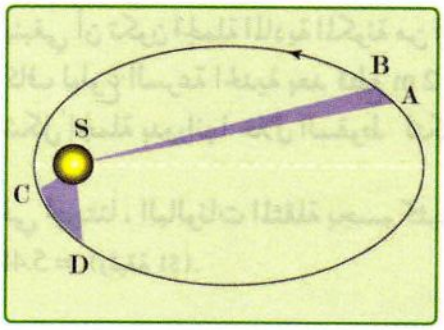
نفترض أن خلال مجال زمني معين، ينتقل كوكب من النقطة A إلى النقطة B (وثيقة 49) وينتقل من C إلى D خلال مجال زمني آخر.
حسب القانون الثاني،المساحتان SAB و SCD متساويتان إذا كان المجالين الزمنيين متساويين. تتغير إذاً قيمة سرعة الكوكب على مداره.

3.3.2. القانون الثالث :

إن مربع الدور لمدار كوكب يتناسب مع مكعب البعد المتوسط للكوكب عن الشمس.

المسافة المتوسطة تساوي نصف المحور الكبير a .

$$\kappa = \frac{T^2}{a^3} \quad : \text{أي} \quad T^2 = \kappa a^3$$



وثيقة 49 : خلال مجالات زمنية متساوية، المساحتان الممسوحتان SAB و SCD متساويتان.

κ : ثابت صالح لكل الكواكب ومستقل عن كتلة الكواكب.

4.3.2. استنتاج قانون الجذب العام :

بإدخال القانون الثالث لكبلر في عبارة الدور السابقة نجد :

$$T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM} = \kappa r^3$$

- يمكن الآن تحديد القوة المتسببة في الحركة الدائرية المنتظمة للأقمار والكواكب بتطبيق القانون الثاني لنيوتن : $F = ma_n = \frac{mv^2}{r}$

علما أن $T = \frac{2\pi r}{v}$ يأتي $v^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2}$ وبالتعويض نجد $F = \frac{4\pi^2 m}{\kappa r^3}$

حيث m كتلة الكوكب أو القمر.

إن الثابت k متعلق بكتلة الجسم المركزي M فقط، فجميع مدارات الكواكب لها نفس الثابت κ :

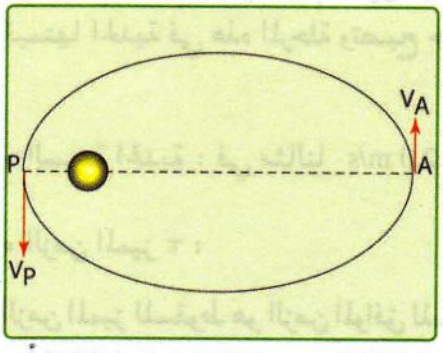
$\kappa_s = \frac{4\pi^2}{GM_s}$ حيث M_s تمثل كتلة الشمس.

بالنسبة للأقمار الاصطناعية وقمر الأرض $\kappa_T = \frac{4\pi^2}{GM_T}$

M_T : كتلة الأرض.

نستنتج إذاً قانون الجذب العام لنيوتن بتعويض الثابت κ (الوارد في القانون الثالث لكبلر) في العبارة السابقة للقوة F.

$$F = \frac{4\pi^2 m}{\kappa r^3} = \frac{4\pi^2 m\, GM}{4\pi^2 r^2} = \frac{GmM}{r^2}$$

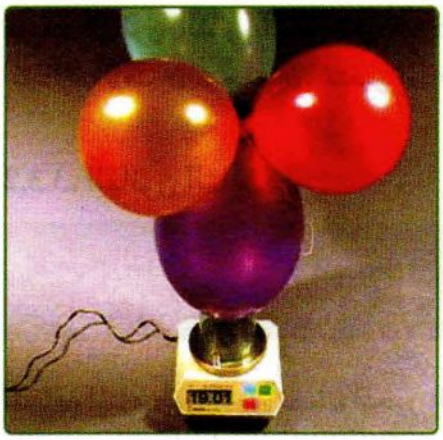


وثيقة 50 : سرعة الكوكب عند نقطة الرأس الأقرب أكبر من سرعة الكوكب عند نقطة الرأس الأبعد.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

3. دراسة حركة السقوط الشاقولي لجسم صلب في الهواء

1.3. دراسة حركة السقوط الحقيقي لجسم صلب في الهواء



وثيقة 51 : قياس كتلة البالونات.

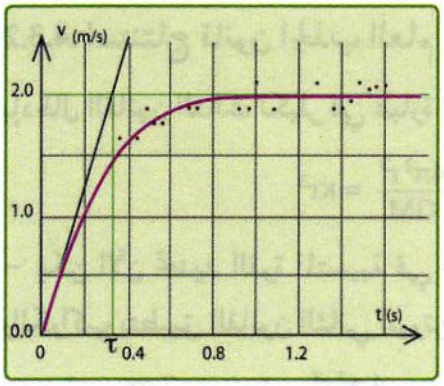
نستغل النشاط التمهيدي (6) لإجراء دراسة السقوط في الهواء.

ينبغي أن تكون الجملة المادية المكونة من البالونات الأربعة خفيفة وذات حجم كاف لبلوغ السرعة الحدية بعد قطع 2 m تقريبا من السقوط، وأن لا يسمح شكل الجملة بدورانها خلال السقوط لتكون الحركة انسحابية شاقولية.

في تجربتنا، البالونات المثقلة بجسم كثيف لها كتلة $m = 19g$ وحجم $V = 5.4l$ (وثيقة 51).

• البيان : تطور سرعة البالونات بدلالة الزمن.

شكل البيان (وثيقة 52) يبين وجود نظامين :



وثيقة 52 : تطور السرعة بدلالة الزمن لسقوط البالونات الاربعة في الهواء.

- النظام الانتقالي: هو نظام تكون فيه قيمة السرعة متزايدة بشكل سريع في البداية وأقل فأقل مع مرور الزمن.حركة البالونات متسارعة في هذه المرحلة.

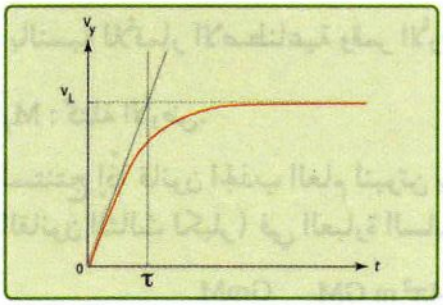
- النظام الدائم : هو نظام تكون فيه قيمة السرعة ثابتة حيث تبلغ قيمتها الحدية في هذه المرحلة وتصبح حركة البالونات منتظمة.

• السرعة الحدية : في مثالنا $v_L = 2,0\ m/s$

• الزمن المميز τ :

الزمن المميز للسقوط هو الزمن الموافق للمرور من نمط لآخر.إنه فاصلة نقطة تقاطع الخط المقارب مع مماس المنحنى المار بالمبدإ، نرمز له بـ τ (وثيقة 53).

في مثالنا $\tau = 0,32\ s$



وثيقة 53: الزمن المميز τ والسرعة الحدية v_L.

ملاحظة :

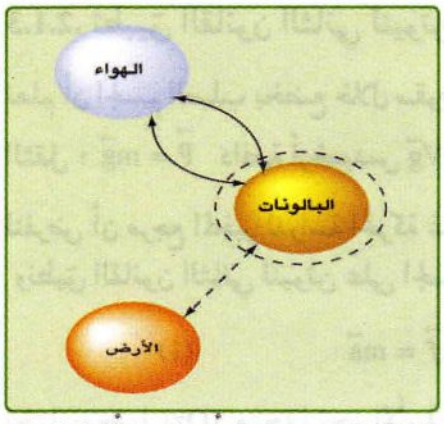
سقوط الأجسام الصلبة في السوائل يشبه سقوط الأجسام الصلبة في الهواء.

ما هي إذًا خصائص القوى التي تسمح بتفسير هذه الحركة ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1.1.3. القوى المؤثرة على جسم صلب :

لتحديد القوى، نمثل مخطط أجسام متأثرة (وثيقة 54) والذي يبين الأفعال المتبادلة بين الجسم الصلب والوسط الخارجي.

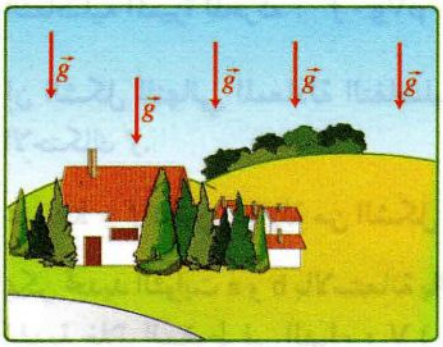


وثيقة 54 : مخطط أجسام متأثرة لتحديد التأثيرات على البالونات.

ـ الثقل : يُنمذج الثقل أو القوة الثقالية تأثير الأرض على الجسم. إنها قوة شاقولية، متجهة نحو الأسفل. في مكان معين، قيمتها متناسبة مع كتلة الجسم m :

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

يتغير الثقل $\vec{P}$ مع تغير حقل الجاذبية $\vec{g}$ ، ويمكن اعتبار $\vec{g}$ ثابتا (وثيقة 55) في فضاء من رتبة الكيلومتر (km).


وثيقة 55 : حقل الجاذبية.

ـ دافعة أرخميدس : كل جسم صلب مغمور في مائع (هواء أو سائل) يخضع لفعل ميكانيكي يدعى دافعة أرخميدس.
دافعة أرخميدس منمذجة بقوة شاقولية متجهة نحو الأعلى (وثيقة 56) قيمتها تساوي ثقل المائع المزاح :

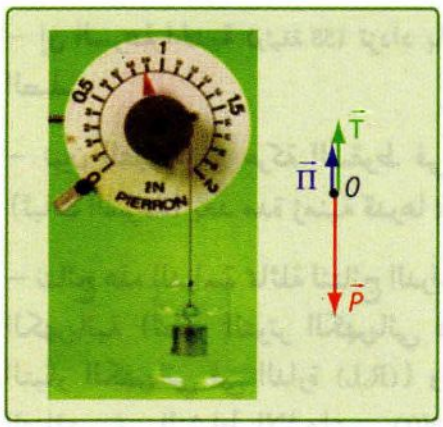
$$\vec{\Pi} = -\rho V\vec{g}$$

حيث : ρ : الكتلة الحجمية للمائع $kg.m^{-3}$.

V : حجم الجسم الصلب m^3 .

g : تسارع الجاذبية $m.s^{-2}$.

ـ قوة الاحتكاك : يخضع كل جسم صلب يتحرك في مائع لعدة قوى موزعة على سطحه. تتعلق هذه القوى بطبيعة المائع، شكل الجسم الصلب و خشونة السطح. تزداد قيمة هذه القوى بتزايد السرعة. يمكن نمذجة المجموع الشعاعي لهذه القوى التلامسية بقوة شاقولية، معاكسة لجهة الحركة، تدعى قوة الاحتكاك.



وثيقة 56 : تأثير دافعة أرخميدس.

التعبير عنها بدلالة السرعة معقد ماعدا في الحالتين التاليتين :

أ. قيمة السرعة ضعيفة : قيمة القوة متناسبة مع قيمة السرعة :

$$f = kv$$

ب. قيمة السرعة كبيرة : قيمة القوة متناسبة مع مربع قيمة السرعة :

$$f = kv^2$$

في كلتي الحالتين، الشعاع $\vec{f}$ معاكس للشعاع $\vec{v}$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2.1.3. تطبيق القانون الثاني لنيوتن على الجسم الصلب :

نعلم أن الجسم الصلب يخضع خلال سقوطه في الهواء إلى ثلاثة قوى : الثقل ؛ $\vec{P} = m\vec{g}$ دافعة أرخميدس $\vec{\Pi} = -\rho V\vec{g}$ وقوة الاحتكاك $\vec{f}$.

لنفرض أن مرجع المخبر لدراسة الحركة غاليلي خلال مدة السقوط، ونطبق القانون الثاني لنيوتن على الجسم الصلب:

$$\vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f} = m\vec{a} \qquad (1)$$

نختار محورا (Oz) متجها نحو **الأسفل** (وثيقة 57).

بما أن $\vec{\Pi}$ و $\vec{f}$ متجهان عكس المحور المختار(Oz)، نحصل على :

$$P - \Pi - f = ma \qquad (2)$$

بتعويض $a = \frac{dv_z}{dt}$ ؛ $\Pi = \rho_{air}\, Vg$ و $P = mg$ نحصل على المعادلة التفاضلية المميزة للحركة : $m\frac{dv_z}{dt} = mg - \rho Vg - f$

إن الشكل النهائي للمعادلة التفاضلية له علاقة بشكل قيمة قوة الاحتكاك f.

عند $f = kv$ تكون المعادلة من الشكل $y' + ay = b$

يمكن تحديد الثوابت a و b بالاستعانة بالتجربة واستنتاج عبارة السرعة الحدية خلال السقوط في الهواء : $v_L = \frac{g}{k}(\rho - \rho_{air})\, V$

عند $f = kv^2$ تكون المعادلة من الشكل $y' + ay^2 = b$

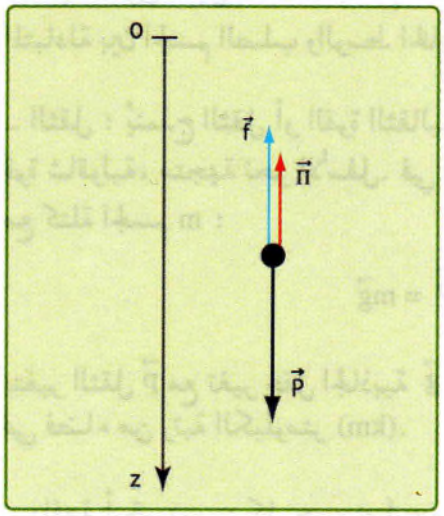
في هذه الحالة تكون عبارة السرعة الحدية $v_L = \sqrt{\frac{g}{k'}(\rho - \rho_{air})V}$

ملاحظة :

- إن السرعة الحدية (وثيقة 58) تزداد بازدياد الكتلة الحجمية للجسم الصلب.

- تبيّن التجربة أن حركة السقوط في الهواء تبلغ مرحلة الانتظام (ثبات السرعة) بعد مدة زمنية قدرها 5τ (5 مرات الزمن المميز).

- نتائج هذه الدراسة مماثلة لنتائج الدراسة المحصل عليها في الظواهر الكهربائية (تطور التوتر الكهربائي في الدارة (R,C) وتطور شدة التيار الكهربائي في الدارة (R,L)) وفي التحولات النووية (قانون التناقص في النشاط الإشعاعي (N(t)): إنها تتطور كلها بشكل رتيب وتتميز عن بعضها بالطبيعة وبثابت الزمن τ.



وثيقة 57 : القوى المؤثرة على البالونات.

الجسم	السرعة الحدية ($m.s^{-1}$)
مظلي في سقوط حر في وضعية شاقولية	85
مظلي (المظلة مفتوحة)	6,5
كرة تنس الطاولة	7
كرة الغولف	30
كرية فولاذية نصف قطرها 2 cm	80
حجر نصف قطره 1 cm	30
قطرة ماء	10

وثيقة 58 : السرعة الحدية لبعض الأجسام خلال سقوطها في الهواء.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

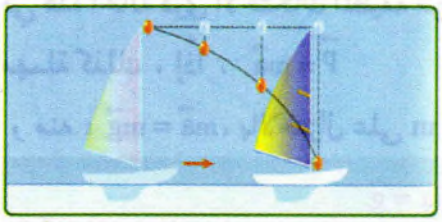
2.3. دراسة حركة السقوط الحر لجسم صلب في الهواء بإهمال قوى الاحتكاك

1.2.3. قانون السقوط الحر :

شكّل سقوط الأجسام موضوع تساؤل الكثير من العلماء منذ القدم، خصوصا بعد مجيء العالم غاليلي الذي صرح بما يلي :

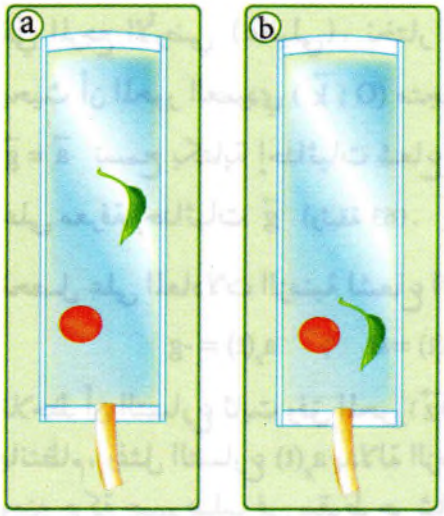
« ينبغي على الأجسام أن تكون لها نفس حركة السقوط، لكن يمكن لهذه الحركة أن تتغير مع طبيعة الوسط الذي يحدث فيه السقوط ».

جاء نيوتن فيما بعد ليؤكد ما صرح به غاليلي بإنجاز بعض التجارب، نذكر منها تجربة الأنبوب :



وثيقة 59 : تفسير غاليلي لسقوط كرة من أعلى عمود باخرة متحركة.

توجد، داخل أنبوب شفاف ومملوء بالهواء، كرية وريشة في قعر الأنبوب. ننكس فجأة الأنبوب فتسقط الكرية لتصل الأولى إلى قعر الأنبوب بينما تنزل الريشة ببطء (وثيقة 60a). يفرغ الأنبوب من الهواء وتكرّر التجربة، فتسقط الريشة مثل الكريه (وثيقة 60b) حيث تصلان معا إلى قعر الأنبوب.

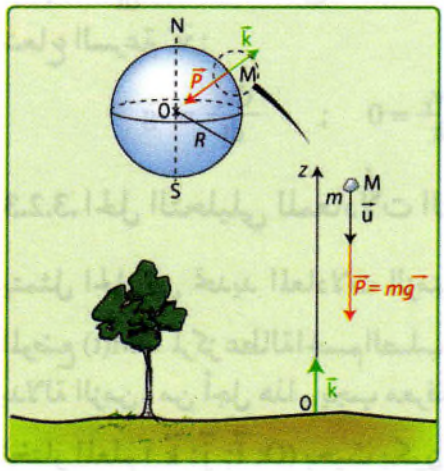


وثيقة 60 : a) سقوط الكرية والريشة في الهواء.
b) سقوط الكرية والريشة في الفراغ.

إن السقوط في الفراغ غير مرتبط بالكتلة. تنعدم في هذه الحالة القوى المقاومة الناتجة عن وجود الهواء. ويبقى تأثير الجاذبية فقط : إنه السقوط الحر.

في غياب مقاومة الهواء، كل الأجسام تسقط بالتسارع نفسه مهما كان حجمها أو شكلها.

يصلح هذا التعبير أيضا للأقمار الاصطناعية في مدارها حول الأرض وللأجسام التي تنتقل من الأعلى إلى الأسفل والعكس(من الأسفل إلى الأعلى). حتى يومنا هذا، ليس من السهل تحديد تغير سرعة جسم يسقط رغم وجود الميقاتية التي تسمح بقياس دقيق. لا نستغرب إذًا عن بقاء طبيعة هذه الحركة غير مفهومة لقرون، حتى مجيء غاليلي في بداية القرن السابع عشر.



وثيقة 61: تمثيل الثقل.

2.2.3. حركة مركز عطالة جسم صلب في سقوط حر :

– الدراسة التحريكية للسقوط : يخضع الجسم الصلب في المرجع الأرضي (الغاليلي) لثقله، لدافعة أرخميدس ولقوة الاحتكاك.

دافعة أرخميدس $\vec{\Pi}$ مهملة أمام الثقل $\vec{P}$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تطبيق القانون الثاني لنيوتن على الجسم الصلب يعطي:

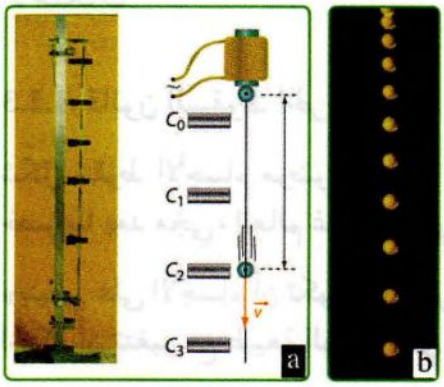
$$\vec{P} + \vec{f} = m\vec{a}$$

في هذه الحالة قوى الاحتكاك المطبقة من طرف الهواء على الجسم الصلب مهملة كذلك ، إذًا . $\vec{P} = m\vec{a}$

و منه : $m\vec{a} = m\vec{g}$ ، بالاختزال على m :

$$\vec{a} = \vec{g}$$

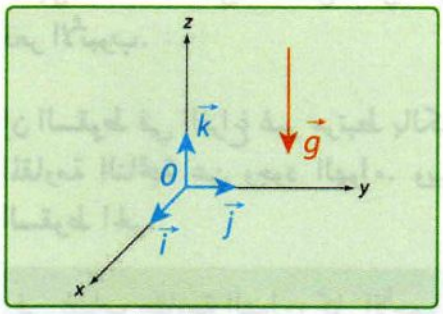
يخضع إذا الجسم الصلب لثقله فقط.



وثيقة 62 : دراسة السقوط الحر لكرة فولاذية بطريقتين مختلفتين : التسجيل الزمني(a) والتصوير المتعاقب (b).

ـ الحركة المتغيرة بانتظام :

في المرجع الأرضي (غاليلي)، نختار معلمًا متعامدًا $(O; \vec{i}; \vec{j}; \vec{k})$ بحيث أن المحور العمودي $(O ; \vec{k})$ متجه نحو الأعلى. العلاقة الشعاعية $\vec{a} = \vec{g}$ تسمح بكتابة إحداثيات شعاع تسارع الجسم الصلب، اعتمادا على معرفة إحداثيات $\vec{g}$ (وثيقة 63).



وثيقة 63 : المعلم المختار للدراسة بحيث تكون إحداثيات $\vec{g}$ هي $(0, 0, -g)$

نحصل على المعادلات الزمنية لشعاع التسارع :

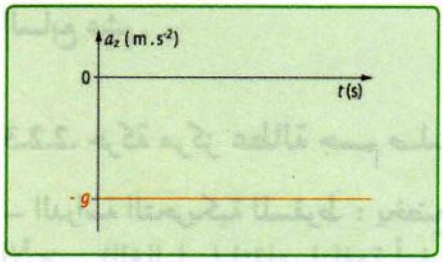
$$a_x(t) = 0 \quad ; \quad a_y(t) = 0 \quad ; \quad a_z(t) = -g$$

نلاحظ أن التسارع ثابت وفق المحور $(\overrightarrow{Oz})$ ، نقول أن الحركة متغيرة بانتظام، ونمثل التسارع $a_z(t)$ بدلالة الزمن بمستقيم أفقي (وثيقة 64). ومنه حركة جسم صلب في سقوط حر شاقولي هي مستقيمة متغيرة بانتظام.

ـ المعادلة التفاضلية للحركة:

نعلم أن $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ ؛ نستنتج المعادلات التفاضلية بواسطة إحداثيتيهما شعاع السرعة $\vec{v}$:

$$\frac{dv_x}{dt} = 0 \quad ; \quad \frac{dv_y}{dt} = 0 \quad ; \quad \frac{dv_z}{dt} = -g$$



وثيقة 64 : التمثيل البياني للتسارع $a_z(t)$.

3.2.3. الحل التحليلي للمعادلات التفاضلية :

يتمثل الحل في تحديد المعادلات الزمنية لشعاع السرعة $\vec{v}(t)$ ولشعاع الموضع $\overrightarrow{OM}(t)$ لمركز عطالة الجسم الصلب، أي إعطاء عبارات إحداثياتيهما بدلالة الزمن. من أجل هذا ، يجب معرفة الشروط الابتدائية للحركة.

نختار المعلم $(O; \vec{i}; \vec{j}; \vec{k})$ بحيث يكون المبدأ O هو موضع مركز العطالة في اللحظة $t_0 = 0\ s$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

لندرس حركة السقوط الحر بدون سرعة ابتدائية بحيث، في اللحظة t_0 :

$$\overrightarrow{OM}(t_0) = \overrightarrow{OM}_0 \begin{cases} x(t_0) = 0 \\ y(t_0) = 0 \\ z(t_0) = 0 \end{cases} ; \quad \vec{v}(t_0) = \vec{v}_0 \begin{cases} v_x(t_0) = v_{0x} = 0 \\ v_y(t_0) = v_{0y} = 0 \\ v_z(t_0) = v_{0z} = 0 \end{cases}$$

- شعاع السرعة :

حسب الفقرة السابقة :

$$\vec{v}(t) \begin{cases} v_x(t) = C_1 \\ v_y(t) = C_2 \\ v_z(t) = -gt + C_3 \end{cases} \quad \text{إذًا بالتكامل} \quad \begin{cases} \frac{dv_x}{dt} = 0 \\ \frac{dv_y}{dt} = 0 \\ \frac{dv_z}{dt} = -g \end{cases}$$

نحدد قيم الثوابت بالاستعانة بالشروط الابتدائية. في اللحظة t_0، إذًا $v_x(t_0) = 0$ $C_1 = 0$. بالطريقة نفسها، نجد $C_2 = 0$ و $C_3 = 0$.

المعادلة الزمنية لشعاع سرعة مركز عطالة جسم صلب في حالة سقوط حر دون سرعة ابتدائية هي : $\vec{v}(t) \{ v_x(t) = 0; v_y(t) = 0; v_z(t) = -gt$

تعطى إذًا قيمة السرعة بالعبارة :

$$v(t) = gt$$

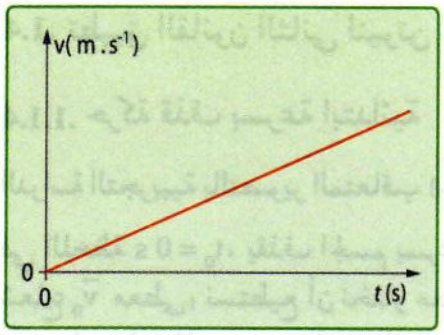
قيمة السرعة تتزايد خلال السقوط الحر حسب العلاقة $v(t) = gt$ (وثيقة 65). في هذه الحالة، الحركة مستقيمة ومتسارعة بانتظام.

- شعاع الموضع : نعلم أن $\vec{v}(t) = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$ ؛ نحصل إذًا على الإحداثيات $x(t)$، $y(t)$ و $z(t)$ لشعاع الموضع بتكامل الإحداثيات $v_x(t)$، $v_y(t)$ و $v_z(t)$، لشعاع السرعة ومنه : $\overrightarrow{OM}(t) \{ x(t) = 0; y(t) = 0; z(t) = -\frac{1}{2} gt^2$

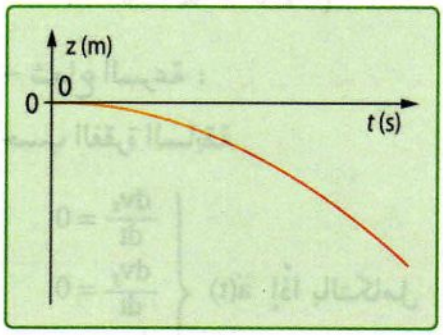
ملاحظة :

في حالة القذف بسرعة إبتدائية شاقولية نحو الأعلى (وثيقة 67) (أو نحو الأسفل). وعملا بالشروط الابتدائية المختارة وبالاستدلال السابق نفسه، يمكن أن نحدد المعادلات الزمنية لشعاع الموضع وشعاع السرعة :

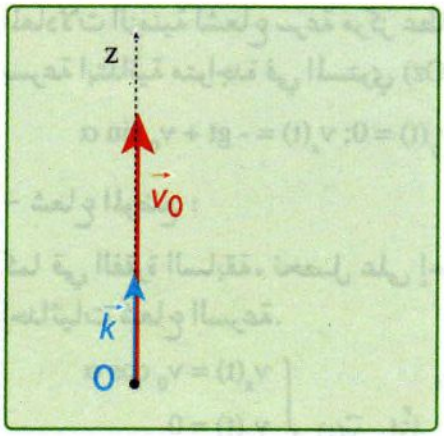
$$\overrightarrow{OM}(t) \begin{cases} x(t) = 0 \\ y(t) = 0 \\ z(t_0) = -\frac{1}{2} gt^2 + v_0 t \end{cases} \quad \text{إذًا} \quad \vec{v}(t) \begin{cases} v_x(t) = 0 \\ v_y(t) = 0 \\ v_z(t) = -gt + v_0 \end{cases}$$



وثيقة 65 : التمثيل البياني لقيمة السرعة بدلالة الزمن.



وثيقة 66 : التمثيل البياني لـ z(t) عبارة عن قوس لقطع مكافئ. المعادلة الزمنية z(t) من الدرجة الثانية.



وثيقة 67 : قذف بسرعة ابتدائية شاقولية نحو الاعلى.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

4. تطبيقات

1.4. تطبيق القانون الثاني لنيوتن

1.1.4. حركة قذف بسرعة ابتدائية غيرشاقولية

الدراسة التجريبية بالتصوير المتعاقب (وثيقة 68) تبين أن الحركة منحنية.

في اللحظة $t_0 = 0\ s$، يقذف الجسم بسرعة ابتدائية $\vec{v}(t_0) = \vec{v}_0$. من أجل شعاع $\vec{v}_0$ معطى، نستطيع أن نختار معلما $(O; \vec{i}; \vec{j}; \vec{k})$ بحيث الشعاع $\vec{v}_0$ يتواجد في المستوي (xOz). الزاوية التي يصنعها الشعاع $\vec{v}_0$ مع الأفق هي α (وثيقة 69). الشروط الابتدائية هي إذًا:

$$\overrightarrow{OM_0} \begin{cases} x(t_0) = 0 \\ y(t_0) = 0 \\ z(t_0) = 0 \end{cases} \quad ; \quad \vec{v}(t_0) = \vec{v}_0 \begin{cases} v_x(t_0) = v_{0x} = v_0 \cos\alpha \\ v_y(t_0) = v_{0y} = 0 \\ v_z(t_0) = v_{0z} = v_0 \sin\alpha \end{cases}$$

- شعاع السرعة :

حسب الفقرة السابقة

$$\vec{a}(t) \begin{cases} \frac{dv_x}{dt} = 0 \\ \frac{dv_y}{dt} = 0 \\ \frac{dv_z}{dt} = -g \end{cases} \text{ إذًا بالتكامل } \vec{v}(t) \begin{cases} v_x(t) = C_1 \\ v_y(t) = C_2 \\ v_z(t) = -gt + C_3 \end{cases}$$

نحدد قيم الثوابت بالاستعانة بالشروط الابتدائية. في اللحظة t_0 إذًا $v_x(t_0) = v_{0x} = v_0 \cos\alpha$. $C_1 = v_0 \cos\alpha$ بالطريقة نفسها، نجد $C_2 = 0$ و $C_3 = v_0 \sin\alpha$.

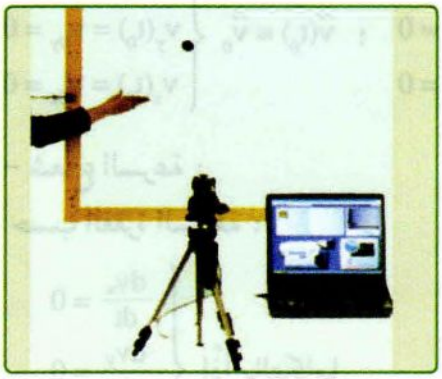
المعادلات الزمنية لشعاع سرعة مركز عطالة جسم صلب في حالة سقوط حر بسرعة ابتدائية متواجدة في المستوي (xOz) وتصنع زاوية مع المحور هي :

$$\vec{v}(t) \{ v_x(t) = v_0 \cos\alpha \ ; \ v_y(t) = 0; \ v_z(t) = -gt + v_0 \sin\alpha$$

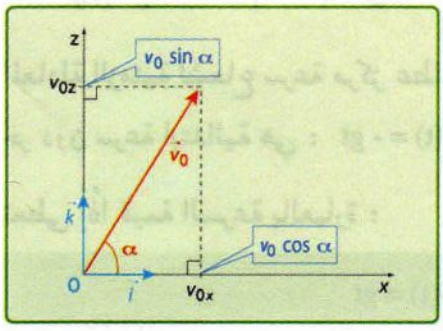
- شعاع الموضع :

كما في الفقرة السابقة، نحصل على إحداثيات شعاع الموضع بتكامل إحداثيات شعاع السرعة.

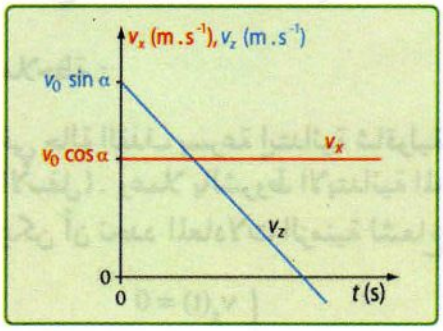
$$\overrightarrow{OM}(t) \begin{cases} x(t) = v_0(\cos\alpha)t + C_4 \\ y(t) = C_5 \\ z(t_0) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0(\sin\alpha)t + C_6 \end{cases} \text{ إذًا } \vec{v}(t) \begin{cases} v_x(t) = v_0 \cos\alpha \\ v_y(t) = 0 \\ v_z(t) = -gt + v_0 \sin\alpha \end{cases}$$



وثيقة 68: تسجيل حركة قذيفة عن طريق التصوير المتعاقب.



وثيقة 69 : إحداثيات شعاع السرعة الابتدائية في المعلم (xOz).



وثيقة 70 : التمثيل البياني للإحداثيتين $v_x(t)$ و $v_z(t)$ لشعاع السرعة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نحدد قيم الثوابت بالاستعانة بالشروط الابتدائية.

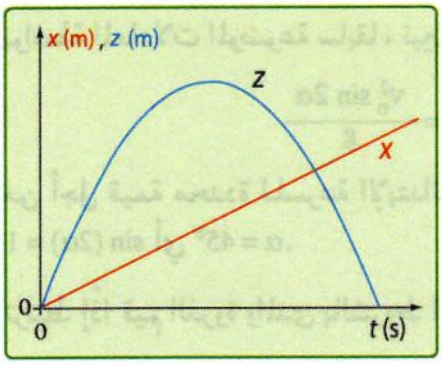
في اللحظة $t_0 = 0$ ، $x(t_0) = 0$. إذًا $C_4 = 0$ بالطريقة نفسها، نجد $C_5 = 0$ و $C_6 = 0$.

المعادلات الزمنية لشعاع الموضع هي :

$$\overrightarrow{OM}(t) \begin{cases} x(t) = v_0(\cos\alpha)t \\ y(t) = 0 \\ z(t_0) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0(\sin\alpha)t \end{cases}$$

بما أن $y(t) = 0$، الحركة تتم في المستوي الشاقولي (xOz) الذي يضم شعاع السرعة الابتدائية $\vec{v}_0$ ، فهي محصلة حركتين :

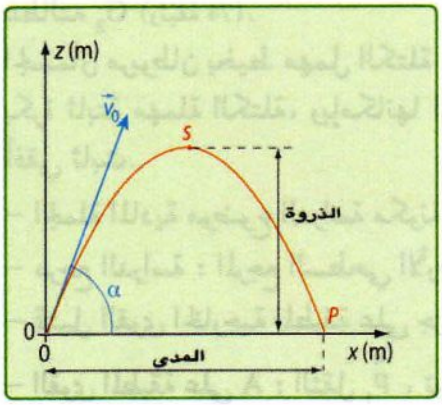
- حركة مستقيمة منتظمة وفق المحور الأفقي.
- حركة مستقيمة متغيرة بانتظام وفق المحور الشاقولي.



وثيقة 71 : التمثيل البياني لـ x(t) و z(t).

ملاحظة :

في الحالات الخاصة حيث $\alpha = \pm\frac{\pi}{2}$. $\cos\alpha = 0$ و $\sin\alpha = \pm 1$، نعود لحالة القذف الشاقولي فنجد : $z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 \pm v_0 t$ ؛ $y(t) = 0$ ؛ $x(t) = 0$.
المسار هو الشاقول، الحركة هي مستقيمة متغيرة بانتظام (متسارعة أو متباطئة).



وثيقة 72 : التمثيل البياني لـ z(x) الذي يعطي مسار مركز عطالة القذيفة.

- معادلة المسار :

بما أن الحركة تقع في المستوي (xOz)، علينا كتابة z بدلالة x بحذف t .
من المعادلة x(t)، نستخرج $t = \frac{x}{v_0\cos\alpha}$.

نستبدل هذه العبارة في المعادلة z(t) :

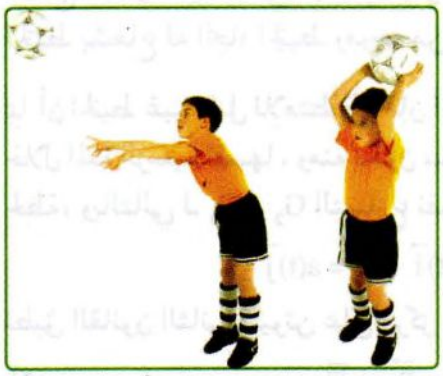
$$z(x) = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_0\cos\alpha}\right)^2 + v_0(\sin\alpha)\left(\frac{x}{v_0\cos\alpha}\right) = -\frac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha}x^2 + (\tan\alpha)x$$

نجد أن معادلة المسار من الدرجة الثانية، تمثيلها البياني قطع مكافئ (وثيقة 72).
مسار مركز عطالة جسم صلب في سقوط حر بسرعة ابتدائية غير معدومة هو جزء من القطع المكافئ في المستوي الشاقولي الذي يضم $\vec{v}_0$.

- الذروة والمدى

الذروة : هي أعظم ارتفاع يبلغه الجسم الصلب(النقطة S) (وثيقة 72).
إحدى الطرق المستعملة لتحديد إحداثيات النقطة S هي استغلال خاصية النقطة S أين يكون شعاع السرعة أفقيًا، يعني $v_z = 0$.

$$v_z(t_s) = -gt_s + v_0\sin\alpha = 0$$



وثيقة 73 : قذف كرة نحو الأعلى يمكن أن يعطي لمركز عطالتها مسارا لقطع مكافئ.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

المدى : هو أقصى مسافة يقطعها الجسم الصلب، أي المسافة بين نقطة القذف O ونقطة التصادم P على المستوي الأفقي الذي يضم O (وثيقة 72).

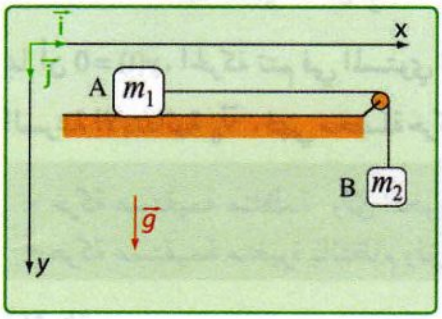
بواسطة المعادلات الموضوعة سابقا، نبين أن :

$$x_P = OP = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

من أجل قيمة محددة للسرعة الإبتدائية v_0 ، يكون المدى أعظميًا لما $\sin(2\alpha) = 1$ أي $\alpha = 45°$.

ترتبط إذًا قيم الذروة والمدى بالشروط الابتدائية للحركة.

2.1.4. الحركة على مستوي :

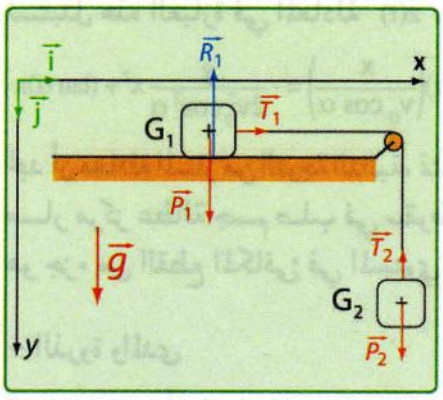


وثيقة 74 : حركة على مستوي.

يتحرك جسم (A) كتلته m_1 ومركز عطالته G_1 ابتداء من السكون على مستوى أفقي بتأثير السقوط الشاقولي لجسم (B) كتلته m_2 ومركز عطالته G_2 (وثيقة 74).

الجسمان مربوطان بخيط مهمل الكتلة وغير قابل للإمتطاط، ويمر على بكرة ثابتة مهملة الكتلة، وبإمكانها الدوران دون احتكاك حول محور أفقي ثابت.

- الجملة المادية موضوع الدراسة مكونة من جزءين (A و B)
- مرجع الدراسة : المرجع السطحي الأرضي الذي يمكن اعتباره غاليلي
- تمثيل القوى الخارجية المطبقة على جزءي الجملة A و B (وثيقة 75).
- **القوى المطبقة على A** : الثقل $\vec{P}_1$ ، توتر الخيط $\vec{T}_1$ ، فعل المستوى $\vec{R}$.
- القوى المطبقة على B : الثقل $\vec{P}_2$ ، توتر الخيط $\vec{T}_2$



وثيقة 75 : تمثيل القوى.

في غياب الإحتكاك، ينمذج فعل المستوي على (A) بقوة عمودية لسطح التلامس وموجهة نحو الجسم.

تنمذج أفعال الخيط على الجسمين بقوتين تدعيان التوترين : يُمثل توتر الخيط بشعاع له اتجاه الخيط وموجه من الجسم نحو الخيط.

بما أن الخيط غير قابل للإمتطاط، فإن انتقالي G_1 وG_2 يكونان متساويين خلال المدة الزمنية نفسها، ومنه تكون سرعتا G_1 و G_2 متساويتين في كل لحظة، وبالتالي لـ G_1 و G_2 التسارع نفسه.

$$\vec{a}_1 = a(t)\vec{i} \; ; \; \vec{a}_2 = a(t)\vec{j}$$

نطبق القانون الثاني لنيوتن على مركز عطالة كل جزء :

$$m_1\vec{g} + \vec{R}_1 + \vec{T}_1 = m_1\vec{a}_1 \quad : (A)$$

$$m_2\vec{g} + \vec{T}_2 = m_2\vec{a}_2 \quad : (B)$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نعبر عن مركبتي كل معادلة شعاعية في القاعدة $(\vec{i}, \vec{j})$

(A) : $m_1 g - R_1 = 0$ (1)

$T_1 = m_1 a$ (2)

(B) : $m_2 g - T_2 = m_2 a$ (3)

بما أن البكرة والخيط مهملا الكتلة، فإن $T_1 = T_2 = T$ وعليه :

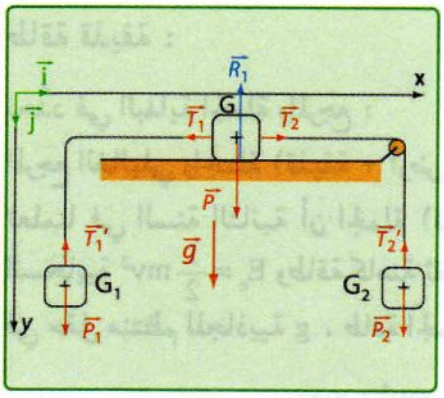
$T = m_1 a$ (2)

$-T = m_2 a - m_2 g$ (3)

بجمع (2) و (3) نحصل على : $m_1 a + m_2 a = m_2 g$

نستنتج إذًا : $a = \dfrac{m_2 g}{m_1 + m_2}$

وعليه فإن كلا من تسارع G_1 و G_2 ثابت خلال الزمن، إذًا G_1 و G_2 لهما حركة مستقيمة متسارعة بانتظام.

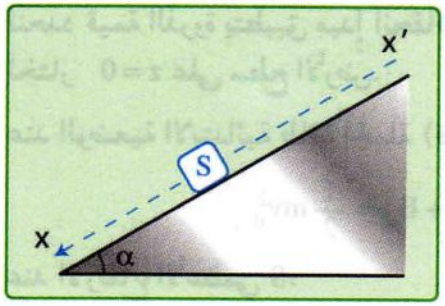


وثيقة 76 : مثال بـ : $m_2 > m_1$. كل أجزاء الجملة G، G_1 و G_2 لها التسارع نفسه.

نستخرج توتر الخيط :

$$T = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} g = \frac{m_1}{m_1 + m_2} P_2 \quad (T < P_2)$$

ملاحظة : في حالة احتواء الجملة على 3 أجزاء (وثيقة 76)، نستعمل الطريقة نفسها لتحديد التسارع : $a = \dfrac{m_2 - m_1}{m + m_1 + m_2} g$.



وثيقة 77 : حركة على مستوى مائل.

3.1.4. حركة مركز عطالة جسم صلب على مستوي مائل

يتحرك جسم صلب كتلته m ومركز عطالته G ابتداءًا من السكون على طول خط الميل الأعظم لمستوي مائل يصنع مع الأفق زاوية α (وثيقة 77). نفرض أن قوى الاحتكاك تكافئ قوة ثابتة $\vec{f}$ توازي المستوي وتعاكس جهة الحركة.

يمكن اتباع الخطوات السابقة نفسها لتحديد تسارع مركز عطالة الجسم الصلب : بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الجسم الصلب نجد :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = m\vec{a}$$

تحليل المعادلة الشعاعية في المعلم المختار (وثيقة 78) يعطي :

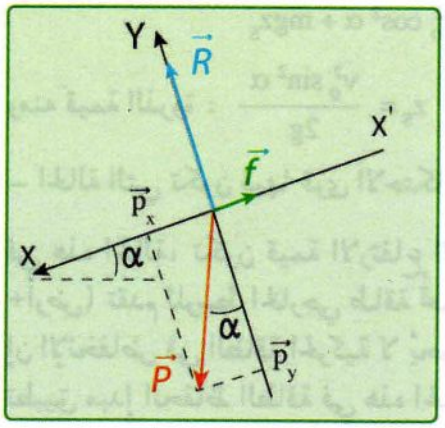
$\overrightarrow{x'x}$: $P_x - f = ma$ (1)

$\overrightarrow{y'y}$: $R - P_y = O$ (2)

نستخرج من المعادلة (1) تسارع مركز عطالة الجسم الصلب :

$$a = g \sin \alpha - \frac{f}{m}$$

ملاحظة : في غياب الاحتكاكات ($f = 0$)، يكون التسارع $a = g \sin \alpha$



وثيقة 78 : تمثيل القوى المطبقة على الجسم الصلب.

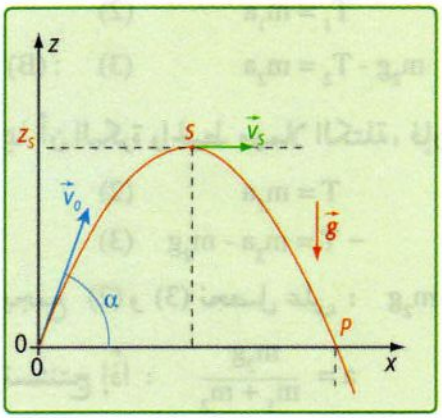
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2.4. تطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة

طاقة قذيفة :

نحدّد في البداية الجملة والمرجع :
المرجع الغاليلي والجملة (قذيفة + أرض).
تعلمنا في السنة الثانية أن الجملة (قذيفة + أرض) لها طاقة حركية انسحابية $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ وطاقة كامنة ثقالية $E_{PP} = mgz$
في حقل منتظم للجاذبية g ، طاقة الجملة (قذيفة + أرض) هي :

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + mgz$$



وثيقة 79 : مسار القذيفة.

– الحالة التي تكون فيها قوى الاِحتكاك مهملة :

نقذف قذيفة كتلتها m نحو الأعلى من سطح الأرض (وثيقة 79) بسرعة ابتدائية $\vec{v}_0$ وبزاوية α بالنسبة للأفق.

لنحدد قيمة الذروة بتطبيق مبدإ انحفاظ الطاقة.
نختار $z = 0$ على سطح الأرض.

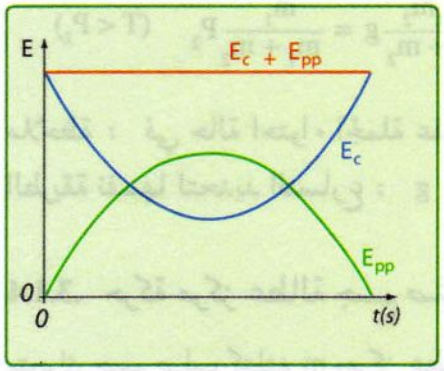
عند الوضعية الابتدائية طاقة الجملة (قذيفة +أرض) :

$$E_0 = E_{PP0} + E_{c0} = \frac{1}{2}mv_0^2$$

عند الارتفاع الأعظمي S:

$$\vec{v}_0 = v_{0x}\vec{i} + v_{0z}\vec{k} \quad \text{حيث} \quad v_{0x} = v_0\cos\alpha \quad \text{و} \quad v_{0z} = 0$$

$$E_S = E_{PPS} + E_{cS} = \frac{1}{2}mv_0^2\cos^2\alpha + mgz_S$$



وثيقة 80 : مخطط الطاقة في غياب الاِحتكاك.

بتطبيق مبدإ انحفاظ الطاقة، $E_O = E_S$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_0^2\cos^2\alpha + mgz_S$$

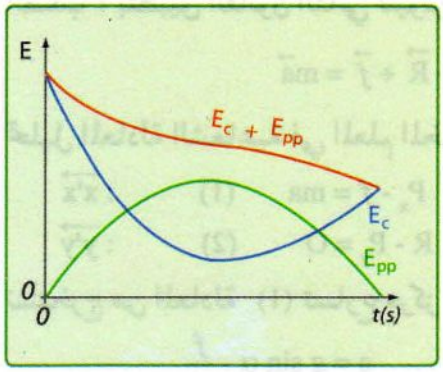
ومنه قيمة الذروة : $z_S = \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g}$

– الحالة التي تكون فيها قوى الاحتكاك غير مهملة :

في هذه الحالة، تكون قيمة الارتفاع الأعظمي أقل لأن الجملة (قذيفة +أرض) تقدم للوسط الخارجي طاقة تحول على شكل حرارة في الهواء.
إن الإنخفاض في الطاقة الحركية لا يُحول كليا إلى طاقة كامنة ثقالية.
تطبيق مبدإ انحفاظ الطاقة في هذه الحالة يعبر عنه بالمعادلة التالية :

$$E_S = E_0 - |W_m|$$

مع $|W_m|$: القيمة المطلقة لعمل قوى الاِحتكاك مع الهواء.



وثيقة 81 : مخطط الطاقة بوجود الاِحتكاك.

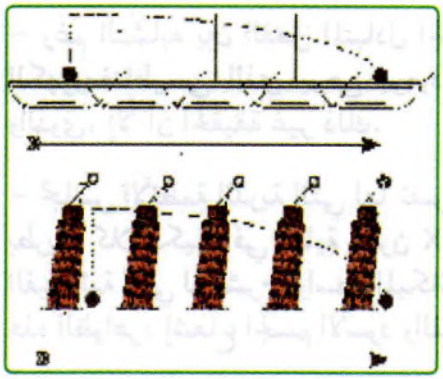
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

5. حدود ميكانيك نيوتن

1.5. النسبية من غاليلي إلى أينشتاين

من بين المفاهيم التي تمتاز بحدسية كبيرة مع أنها الأكثر تعقيدا ، الحركة، الذي يُدخل في آن واحد الفضاء والزمن. بصفة شاملة، يمكن وصف الحركة، بواسطة المسار (فكرة الفضاء) وبالكيفية التي يقطع بها هذا المسار (فكرة الزمن). فالحركة إذًا تتميز بالمسار لأنها تحمل معلومة إضافية حول السرعة.

بينما كان مفهوم الزمن غائبا عن مفهوم الحركة عند أرسطو، كون الحركة، عنده، خاصية للأجسام؛ أصبحت الحركة عند غاليلي خاصية نسبية للأجسام، فظهرت كل من السرعة اللحظية (أي تغير الموقع بالنسبة للزمن) والتسارع (تغير السرعة بالنسبة للزمن).

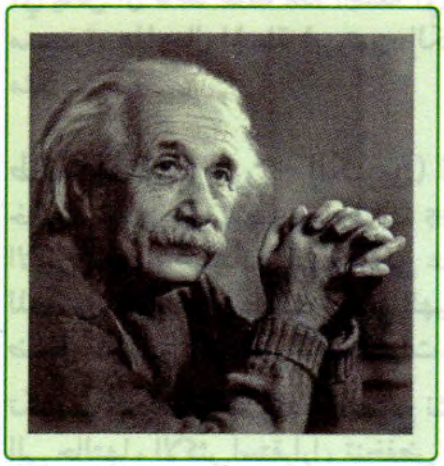


وثيقة 82 : تفسير غاليلي لسقوط كرة من أعلى عمود باخرة وسقوط كرة من برج بيزة.

وبعد إنجازه لعدة تجارب، لاحظ غاليلي بأن أجساما ذات كتل مختلفة تسقط بنفس الكيفية (على عكس ما كان يظنه أرسطو) وتوصل إلى تكميم التطور الزمني لهذا السقوط حيث وصفه «بالمتسارع بانتظام». وتوصل بتجاربه إلى إعطاء نص مبدأ العطالة النسبية الغاليلية .

أصبح للحركة طابع نسبي، حيث لا توجد الحركة إلا بالنسبة لشيء (المرجع).

- ميكانيك نيوتن : إن أساس فيزياء نيوتون هو افتراضه وجود فضاء مطلق، فضاء ثلاثي الأبعاد ، يحقق خواص هندسة إقليدس، فكانت نظريته الميكانيكية كاملة وفعالة من أجل وصف الظواهر القابلة للملاحظة، إلى أن اختُرِعت الهندسة غير الإقليدية، حيث توصل العلماء إلى أن تصريح نيوتن ليس بحقيقة مطلقة، بل هو مسلمة لوصف الشيء الرياضي الذي ينمذج الفضاء.



وثيقة 83 : أينشتاين

وحاول نيوتن تعريف "الزمن المطلق والكوني الذي يسيّر نظام الأشياء". وأهم كلمة في هذه الجملة هي "مطلق"، حيث بالنسبة لنيوتن، الفضاء والزمن هما نفسهما بالنسبة للجميع، ولا يمكن أن يتأثرا بأي شيء.

إن من بين نجاحات نيوتن الكبرى، توصل كل من أدامس (Adams) ولو فيريي(Le Verrier) من توقع وجود، مع إعطاء المكان المحدد، كوكب جديد وهذا بسبب عدم احترام أورانوس لقوانين نيوتن، وهكذا تم اكتشاف نبتون، ولهذا ، عندما لوحظ عدم احترام عطارد لهذه القوانين، تم تفسيره أيضا بوجود جسم فلكي متسبب في ذلك، ولم يتم فك اللغز إلا عند ظهور النظرية النسبية لأينشتاين.

إن مجال صلاحية النظرية الميكانيكية لنيوتن محدود على المستويين اللامتناهيين في الكبر وفي الصغر حيث تعتمد على خاصية التزامن، أي أن زمن ملاحظة ظاهرة يوافق زمن حدوثها ويقتضي هذا أن المعلومة

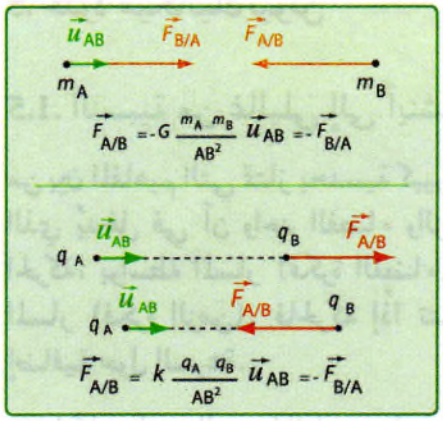
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تنتقل آنيا من التركيبة المدروسة إلى الملاحظ، غير أنها تنتقل بسرعة انتشار الضوء، ما يفند صلاحية ميكانيك نيوتن لدراسة الحركات ذات السرعة القريبة من سرعة انتشار الضوء.

2.5. التطور الكمي:

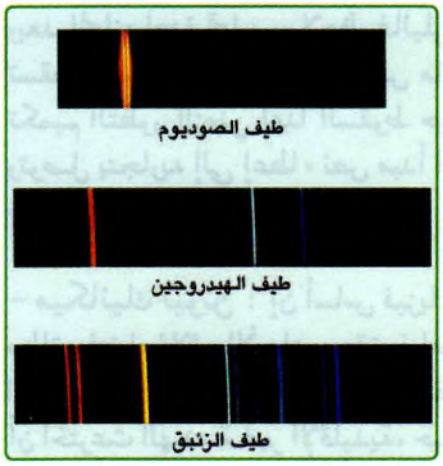
- رغم التشابه بين الفعل المتبادل الجاذبي (وثيقة 84) والفعل المتبادل الكهرومغناطيسي الذي يوحي بوجود تشابه بين النظامين الكوكبي والذري، إلاّ أن الحقيقة غير ذلك.

- تجانس الأنظمة الذرية التي لها نفس التركيب : لا يمكن وصف الذرة بطريقة كلاسيكية، في نهاية القرن XIX، اكتُشف العديد من الظواهر الفيزيائية التي لم تشرح بواسطة الميكانيك الموضوعة منذ نيوتن ومن بين هذه الظواهر: إشعاع الجسم الأسود والفعل الكهروضوئي.



وثيقة 84 : الفعل المتبادل الجاذبي والفعل المتبادل الكهربائي.

لشرح هذه الظواهر، عرف القرن العشرون تطورا حقيقيا للعمل التجريبي الذي صنع أساس ما يسمى الفيزياء الكمية. خاصة منها التحقيق التجريبي لفرنك و هرتز في 1914.



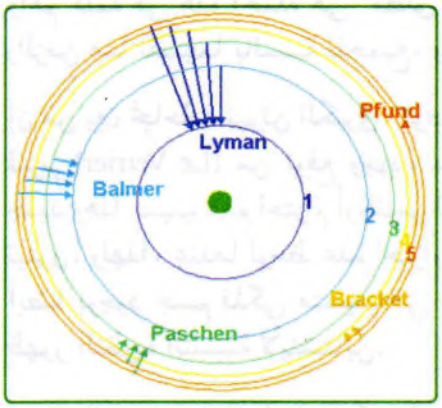
وثيقة 85 : أطياف الخطوط لبعض الذرات.

طاقة الجملة (كوكب – قمر اصطناعي) : عندما يكون قمر اصطناعي في مدار ما، تمتلك الجملة (كوكب– قمر اصطناعي)طاقة محددة، أكبر كلما تواجد القمر الاصطناعي بعيدا عن الكوكب. بما أن جميع الارتفاعات وجميع السرعات محتملة، فإن كل قيم الطاقة ممكنة، أي يمكن أن تأخذ طاقة هذه الجملة أي مقدار ومنه يمكنها التغير بصفة مستمرة، هذا حال الجملة (بروتون–إلكترون) في نموذج ذرة الهيدروجين مثلا.

طاقة الجملة (بروتون – إلكترون) لذرة الهيدروجين : نلاحظ طيف خطوط خاص بذرة الهيدروجين(وثيقة 85). في الواقع، رأينا، في السنة الأولى ثانوي، أنه يمكن التعرف على عنصر كيميائي انطلاقا من طيفه. للحصول على هذا الطيف، يوضع الهيدروجين في حبابة زجاجية، تحت ضغط منخفض، ثم تقدم طاقة للذرات، فيحدث تغير في حالة كل ذرة.

تكتسب الذرات طاقة زائدة، فتصبح نشطة وغير مستقرة. وعندما تعود إلى حالتها، الأكثر استقرارا، تنخفض طاقتها بإصدارها لطاقة ضوئية.

إننا نلاحظ طيف خطوط، وليس طيفا مستمرا، وهذا يعني أن تواتر الإشعاعات الصادرة لا يأخذ إلا قيما خاصة لذا نقول إن التواتر مكمم.



وثيقة 86 : نموذج بور للذرة.

الفوتون و فرضية بور : في سنة 1900، حدّدماكس بلانك الطاقة المنقولة من طرف الموجات الكهرومغناطيسية. كما استنتج أن تحويل الطاقة الكهرومغناطيسية لا يحدث إلا بقيم معينة وهي «كمّات» الطاقة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

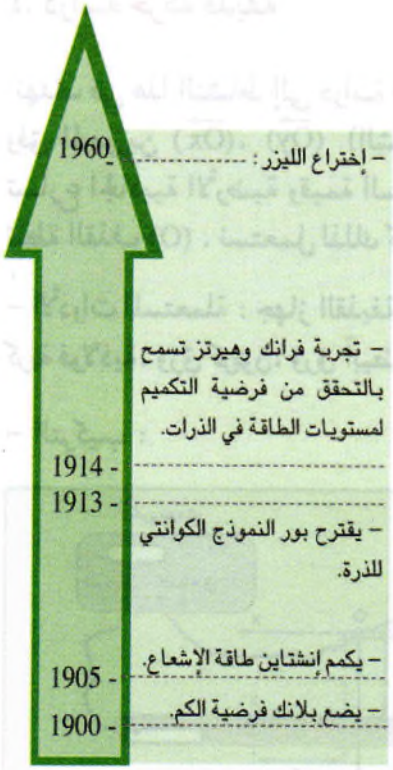
في سنة 1905، اقترح أينشتاين الفكرة بأن الكم الطاقوي محمول من طرف جسيمات معدومة الكتلة والشحنة، سرعتها في الفراغ : $c \approx 3 \times 10^8\ m.s^{-1}$.

في سنة 1913، قدّم بور فرضيته، التي تفسر طيف ذرة الهيدروجين :

- تغير طاقة الذرة مكمم؛
- لا يمكن للذرة أن تتواجد إلا في بعض حالات طاقة معرّفة جيدا، و مميزة بمستوى طاقوي E_n .
- يصدر فوتون تواتره υ عندما تنتقل الذرة من مستوى طاقة E_p إلى مستوى طاقة منخفض E_n حيث : $E_p - E_n = h \times \upsilon$.

رأينا سابقا، أن التواترات غير مستمرة بل هي مكممة. نستنتج من عبارة بور أن التغير $E_p - E_n$ هو أيضا مكمم. بما أن المستوى الأساسي للطاقة مثبت، طاقة الذرة مكممة. عكس طاقة الجملة (كوكب – قمر)، طاقة ذرة الهيدروجين لا تأخذ إلا قيما متفرقة. إذًا النظام الكوكبي للذرة مرفوض.

يبين البيان الطاقوي المبسط لذرة الهيدروجين (وثيقة 88). المستوى المرجعي، المأخوذ يساوي الصفر، يمثل حالة التنشيط الأعظم : هو للذرة المشردة(بروتون وإلكترون غير متحركين، مفصولان بمسافة لا متناهية). من هذا، نستنتج أن طاقة المستويات الأخرى سالبة وهذا غير مهم لأننا نحسب دائما تغيرات في الطاقة.



وثيقة 87 : بعض التواريخ في تطور الفيزياء الكمية.

3.5. النتائج

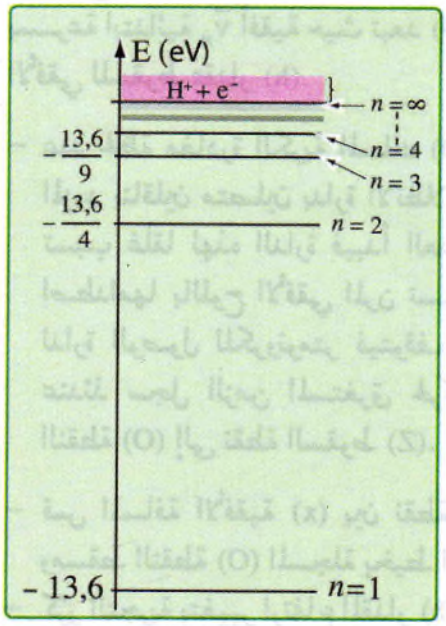
- الضوء وتحديد الكمية : أكّد أينشتاين في سنة 1905، أن الضوء مكمم، مكوّن من «كمات (quanta) من الإشعاعات»، جسيمات تملك طاقة لها علاقة بتواتر الضوء. هذه الجسيمات بدون كتلة سميت فوتونات (photons) في سنة 1926.

- المادة وتحديد الكمية : يعود الفضل للدنماركي نيلس بور في اقتراح النموذج الذري (وثيقة 86) المتوافق مع الأفكار الجديدة لتحديد الكمية: صرح، في سنة 1913، أن طاقات الذرات لا تأخذ إلا قيما متفرقة(عكس القيم المستمرة).

إن مستوى طاقتها مكمم : لكل مستوى طاقة محددة، خاصية الفرد معرّفة بواسطة عدده الكمي n الذي يأخذ المقادير ... n = 1, 2, 3, .

- المستوى الموافق لـ n = 1 يسمى المستوى الأساسي، يمثّل المستوى الأدنى للطاقة؛

إن الذرات، الجزيئات والنواة تمتلك مستويات طاقة متفرقة.
أثناء تحويل طاقوي، يمكن لطاقة الذرة الانتقال من مستوى طاقوي E_i إلى مستوى طاقوي E_j حيث $E_j > E_i$ والعكس.
يجب أن تحقق الطاقة المحوّلة E علاقة بور :
$E = E_j - E_i$ مع $E_i < E_j$ حيث E ، E_i و E_j بالجول (J).



وثيقة 88 : مخطط مستويات الطاقة للذرة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

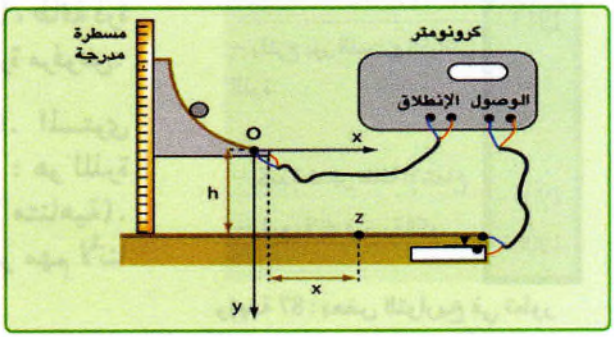
تجريب واستكشاف

1. دراسة حركة قذيفة

نهدف في هذا النشاط إلى دراسة طبيعة حركة القذيفة وفق المحورين $(\vec{Ox})$، $(\vec{Oy})$ (الشكل)، تحديد قيمة تسارع الجاذبية الأرضية وقيمة السرعة الابتدائية عند نقطة القذف (O) . نستعمل لذلك كرية من الفولاذ

- الأدوات المستعملة : جهاز القذيفة، أسلاك التوصيل، كرية فولاذية، ورق كربون، ورق أبيض، خيط مطمار.

- التركيب :



1. الدراسة التجريبية

أ. طريقة العمل :

أترك كرية فولاذية من نقطة (A) بدون سرعة ابتدائية تتدحرج على منحنى لتقذف من نهاية المدار (O) بسرعة ابتدائية $\vec{v}_0$ أفقية حيث تبعد (O) عن المستوي الأفقي للسقوط بمقدار (h).

- عند لحظة مغادرة الكرية المسلك (O) عند النقطة المزود بناقلين متصلين بدارة الانطلاق للكرونومتر تسبب غلقا لهذه الدارة فيبدأ العد الزمني، عند اصطدامها باللوح الأفقي المرن تسبب غلقا أيضا لدارة الوصول للكرونومتر فيتوقف العد الزمني. عندئذ سجل الزمن المستغرق لحركة الكرية من النقطة (O) إلى نقطة السقوط (Z).

- قس المسافة الأفقية (x) بين نقطة السقوط (Z) ومسقط النقطة (O) المسجلة بخيط المطمار.
- كرّر التجربة بتغيير ارتفاع المقدار (h) وفي كل مرة، قس (x) وسجل الزمن (t).

ب. جدول القياسات :

h(m)						
x(m)						
$x^2(m^2)$						
t(s)						
$t^2(s^2)$						

2. استغلال النتائج :

أ. مثل البيانين : $x = f(t)$ و $h = f(t^2)$ ، واستنتج طبيعة حركة الكرية وفق المحورين $(\vec{Ox})$ و $(\vec{Oy})$.

ب. استخرج من البيانين قيمة كل من تسارع الجاذبية g وقيمة السرعة الابتدائية للقذف v_0 عند النقطة (O).

جـ. عبر عن قيمتي v_0 و g بالارتياب المطلق بعد تحديد الارتيابات المطلقة في قياس المقادير (x)، (h)، (t) .

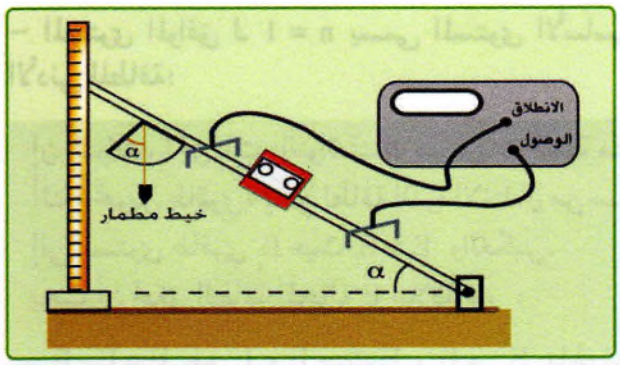
د. مثّل على ورقة ميلمترية البيان : $h = f(x^2)$ و استنتج طبيعة مسار القذيفة.

2. الحركة على مستوي مائل

نهدف في هذا النشاط إلى تعيين طبيعة حركة مركزعطالة عربة (الشكل) على مستوي مائل ودراسة تأثير زاوية ميل المستوي على تسارعه.

- الأدوات المستعملة: مستوى مائل، عربة، مسطرة مدرجة، كرونومتر، خلايا كهروضوئية أو قواطع ميكانيكية، منقلة، خيط مطمار.

- التركيب :



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. الدراسة التجريبية:

أ. طريقة العمل : ثبّت الخلية (C_1) عند نقطة الانطلاق والخلية (C_2) عند نقطة الوصول. ثبت زاوية الميل α ومن أجل مسافة (x) بين الخليتين (C_1) و (C_2)، قس المدة الزمنية (t) اللازمة لقطعها، ثم كرّر التجربة من أجل مسافات مختلفة.

- أعد التجربة نفسها بتثبيت x وتغيير α من أجل زاوية ميل محصورة في المجال : $5° \leq \alpha \leq 15°$.

ب. جدول القياسات (1):

x(...)						
t(...)						
t^2(...)						

جدول القياسات (2):

α(...)						
sinα						
t(...)						
t^2(...)						
a(...)						

2. استغلال النتائج

أ. مثل تغيرات x بدلالة t^2 : $x = f(t^2)$ من الجدول (1).

- استنتج طبيعة الحركة اعتمادا على البيان.
- أحسب تسارع مركزعطالة العربة وعبّرعنه بالارتياب المطلق.
- أحسب قيمة تسارع مركزعطالة العربة في حالة إهمال الاحتكاكات.
- قارن هذه النتيجة مع النتيجة السابقة و أعط استنتاجاتك.

ب. تأثير زاوية الميل على التسارع:

- أرسم تغيرات تسارع مركز عطالة العربة بدلالة زاوية الميل : $a = f(\sin\alpha)$ من الجدول (2).
- ماذا يمكنك أن تستنتج ؟

3. حركة السقوط الشاقولي في الهواء

تحليل تجربة

نقوم بدراسة حركة السقوط الشاقولي في الهواء لكرة تنس كتلتها $m = 53\ g$ وحجمها $v = 1{,}6 \times 10^2\ cm^3$. نتركها تسقط بدون سرعة ابتدائية وبواسطة تركيب مناسب، نستطيع تحديد سرعة مركز عطالة الكرة عند لحظات مختلفة من الحركة. و باتباع تطور السرعة v لمركز عطالتها بدلالة الزمن، نحصل على النتائج التالية :

t(s)	0,0	0,50	1,0	2,0	3,0	5,0	10.0	20.0
سرعة الكرة $v(m.s^{-1})$	0,0	4,9	9,5	18	25	31	35	35

1. مثل بيانيا $v = f(t)$

2. ماذا يمكنك أن تستنتج من هذا البيان ؟

3. حدد بيانيا السرعة الحدية و الزمن المميز.

4. علما أن الكتلة الحجمية للهواء هي :

$\rho = 1{,}3 \times 10^{-3}\ g.cm^{-3}$ بين أن دافعة أرخميدس مهملة أمام ثقل الكرة.

5. أوجد المعادلة التفاضلية للحركة، حيث أن قوة الاحتكاك المطبقة من طرف الهواء على الكرة من الشكل $f = kv^2$.

6. إننا في حالة بلوغ الكرة السرعة الحدية. بيّن أنه توجد علاقة بين السرعة الحدية و الثابت k الذي يتدخل في قوة الاحتكاك. أحسب قيمة الثابت k.

7. ما هي بالتقريب المسافة المقطوعة من طرف الكرة خلال مدة سقوط قدرها 20 s ؟

8. حاول أن تقترح الطريقة التجريبية التي سمحت بإنجاز هذه الدراسة.

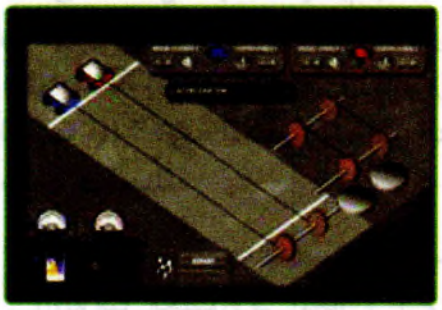
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نستعمل المحاكاة في وحدة الميكانيك خاصة عند دراسة حركة الأقمار الاصطناعية والكواكب وفي الحالات التي تكون فيها التجربة صعبة الإنجاز أو لا تسمح فيها مدة التجربة بالمتابعة (كونها بطيئة جدا أو سريعة جدا) أولا يتوفر فيها التجهيز اللازم للقيام بالتجربة.

إضافة إلى حالة أخرى، وهي استعمال المحاكاة من أجل التحقق من نتائج تجربة حقيقية.

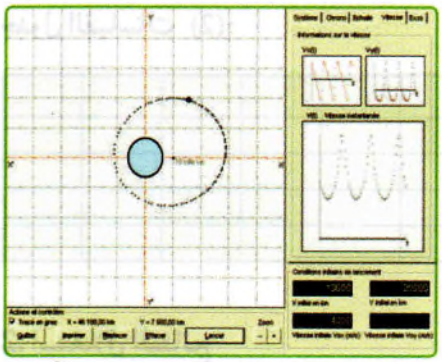
ومهما تعلمنا بالمحاكاة، ينبغي أن نعي الطابع الافتراضي لها، الذي لا يعوض الحقيقة.

توجد عدة محاكاة مدعمة ومساعدة على استيعاب مفاهيم مختلفة في الميكانيك، وتتوفر عدة مواقع للانترنيت على هذه السندات العلمية والتربوية.



وثيقة 89 : محاكاة قانون نيوتن الثاني.
http://www.espace- sciences.org/sciences/images- maj/Perso/manipulations/acceleration/index.htm

للتحقق من القانون الثاني لنيوتن، يمكن استعمال المحاكاة التي تستخدم فيها عربتان متماثلتان(وثيقة 89).و التأثير على عاملي الكتلة والقوة بالعمل على تحميل إحدى العربتين بحمولات متزايدة ثم مقارنة زمن قطع المسافة نفسها، كما يمكن تغيير قوى الجر واستنتاج التسارع الموافق.



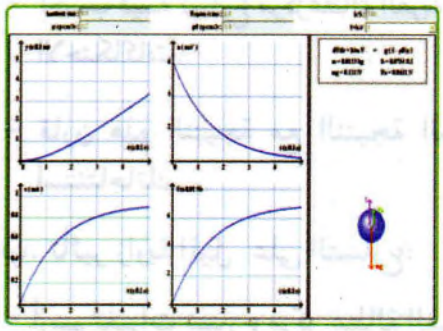
وثيقة 90 : محاكاة لحركة الكواكب والأقمار الإصطناعية.
http://www.ac-rennes.fr/pedagogie/scphys/accueil.htm

وفيما يخص قوانين كبلر يمكن الذهاب إلى الموقع الإلكتروني :

www.univ- lemans.fr/enseignements/physique / 02/meca/planete.html

الذي يسمح بمحاكاة قانون كبلر الثاني(قانون المساحات).

في دراسة حركة الأقمار الاصطناعية، يمكن استعمال البرمجية المسماة «satellite» التي يمكن تحميلها من الموقع المذكور في الصورة (وثيقة 90) ويمكن استعمال هذه البرمجية لدراسة حركة الأقمار الاصطناعية حول الأرض أو الطبيعية حول أي جرم (astre) آخر وذلك عبر المسارات المختلفة حسب الارتفاع وسرعة وزاوية القذف. كما نستغلها في تطبيقات مهمة تخص الأقمار الاصطناعي المستقرة.



وثيقة 91 : محاكاة لحركة السقوط في الهواء.
http//perso.orange.fr/gilbert.gastebois/java/ Euler/Euler.htm

في دراسة حركة السقوط الحقيقي لجسم صلب في الهواء، يمكن استعمال محاكاة(وثيقة 91) تسمح بالتأثيرعلى القوى المطبقة على الجسم

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

(الثقل،دافعة أرخميدس، الاحتكاك) وملاحظة المنحنيات المختلفة الخاصة بالتطورات الزمنية للفواصل والسرعة (مع السرعة الحدية)والتسارع وقوة الاحتكاك .

كما يمكن استغلال المنحنيات لممارسة النمذجة.

في دراسة حركة السقوط الحر لجسم صلب في الهواء، يمكن استعمال محاكاة (وثيقة 92) تخص التجارب التي قام بها العالم غاليلي للتحقق من قانون السقوط الحر.وهي فرصة لمتابعة الحركة بطريقة التصوير المتعاقب بحيث يمكن في كل لحظة من السقوط، قراءة إحداثيات الكرتين بعملية تحريك للفأرة.

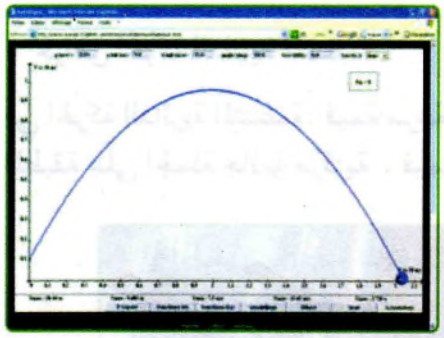


وثيقة 92 : محاكاة لحركة السقوط الحر.

http://www.edumedia-sciences.com/

في دراسة حركة القذيفة في الهواء يمكن استعمال المحاكاة «balistique» التي تحمل من الموقع المذكور (وثيقة 93). تسمح هذه المحاكاة بدراسة حركة السقوطين الشاقولي والمائل مع إمكانية تغيير زاوية القذف، سرعته،معامل الاحتكاك تسارع الجاذبية.

وفيما يخص بعض التطبيقات في الميكانيك.هناك عدة محاكاة،اخترنا مثالا معروفا باسم « les montagnes russes» .



وثيقة 93 : محاكاة لحركة القذيفة.

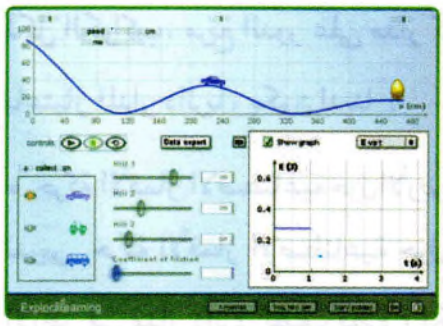
http://perso.orange.fr/gilbert.gastebois/java/balistique/balistique.html

يمكن في هذه المحاكاة(وثيقة 94) تناول مختلف المفاهيم الواردة في وحدة الميكانيك (الموضع والمسار،السرعة،التسارع،القوة،الطاقة). وذلك عن طريق متابعة حركات جمل مادية مختلفة(سيارة،عربة،حافلة) على مسالك منحنية(جبلية).

تسمح لنا هذه المحاكاة بالحصول على عدة منحنيات تمكننا من تفسير مختلف وضعيات الدراسة.

وفي الأخير، يمكننا الإنفتاح على العالم الكمي بدراسة للأطياف الذرية عبر البرنامج «spectres» الذي يسمح بملاحظة مختلف أطياف العناصر الكيميائية الموجودة في الجدول الدوري للعناصر مع معرفة كل أطوال موجة الإشعاعات الصادرة ويمكن العمل فيه بالاتصال بالموقع الإلكتروني :

perso.orange.fr/gilbert.gastebois/java/spectres/spectres.htm



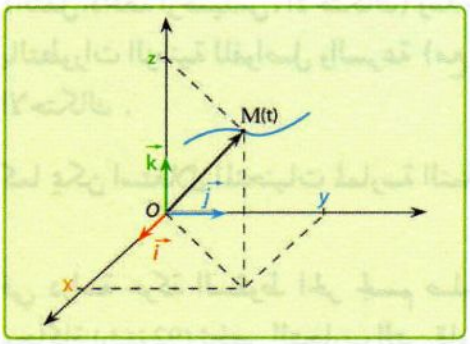
وثيقة 94 : محاكاة لحركة في مسالك جبلية .

http://www.explorelearning.com

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الخلاصة

1. حركة مركز عطالة جملة والقانون الثاني لنيوتن



• لا يمكن دراسة حركة جملة مادية دون اختيار مرجع غاليلي لذلك.

في معلم فضائي ديكارتي $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$

- شعاع الموضع : $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$
- شعاع السرعة : $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}$.
- شعاع التسارع : $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a}_x\vec{i} + \vec{a}_y\vec{j} + \vec{a}_z\vec{k}$.

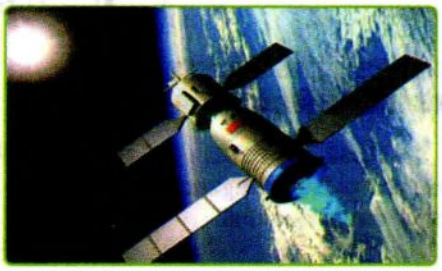
• القانون الثاني لنيوتن :

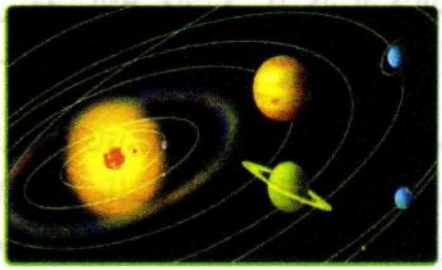
في معلم غاليلي، المجموع الشعاعي للقوى الخارجية المطبقة على جملة مادية، يساوي في كل لحظة، جداء كتلتها في شعاع تسارع مركز عطالتها: $\sum\vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G$.

2. شرح حركة كوكب أو قمر اصطناعي

• خواص الحركة الدائرية المنتظمة :

في الحركة الدائرية المنتظمة: قيمة سرعة مركز العطالة v ثابتة وتسارعه الناظمي قيمته $a = \frac{v^2}{r}$ ومحصلة القوى $\vec{F}$ المطبقة على الجملة جاذبة مركزية ، قيمتها ثابتة تحقق والعلاقة : $F = \frac{mv^2}{r}$





• حركة الكواكب : القانون الثالث لكبلر

ندرس حركة الكواكب حول الشمس (S) في مرجع كوبرنيك(المرجع الشمسي).

لكل الكواكب، مربع الدور على مدار كوكب يتناسب مع مكعب البعد المتوسط للكوكب عن الشمس $\kappa = \frac{T^2}{r^3}$.

باعتبار المدار دائريا ، يكون لدينا : $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM_s}$

• حركة الأقمار الاصطناعية حول الأرض

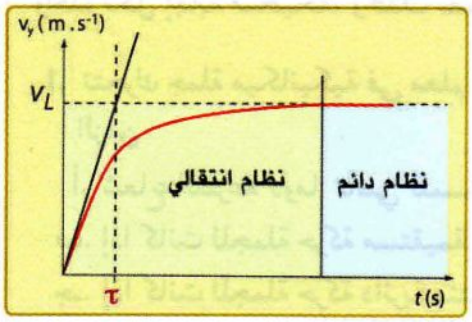
ندرس حركة الأقمار الاصطناعية حول الأرض (T) في المرجع الأرضي الجيومركزي. كل قمر اصطناعي يدور حول الأرض في مدار دائري نصف قطره r تكون حركته منتظمة وتسارع مركز عطالته : $a = \frac{GM_T}{r^2}$

ويكون الدور حسب العلاقة :

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM_T} \quad \text{أو} \quad \frac{T^2}{(R_T + z)^3} = \frac{4\pi^2}{GM_T}$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

3. دراسة حركة السقوط الحقيقي لجسم صلب في الهواء



• يمر السقوط الحقيقي لجسم صلب في الهواء بنظامين، الانتقالي والدائم.

نُنمذج السقوط بتطبيق القانون الثاني لنيوتن :

$$\vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f} = m\vec{a}$$

المعادلة التفاضلية لحركة السقوط الشاقولي في الهواء من الشكل :

$$m\frac{dv}{dt} = mg - \pi - f(v)$$

• حالة السقوط الحر في الهواء : عند إهمال كل من قوة إحتكاك الهواء ودافعة أرخميدس، يخضع الجسم لثقله فقط، نقول إنه في حركة سقوط حر :

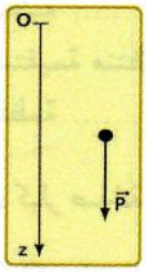
- المعادلة التفاضلية للحركة تؤول إذًا إلى : $m\frac{dv}{dt} = mg$.

- شعاع تسارع مركز عطالة الجسم الصلب $\vec{a}$ في المرجع الأرضي يساوي شعاع تسارع الجاذبية $\vec{g}$، هذا التسارع مستقل عن كتلة الجسم الصلب.

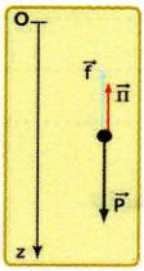
- حركة مركز عطالة الجسم الصلب وفق الشاقول مستقيمة متغيرة بانتظام.

- المعادلات الزمنية من الشكل :

$$v = gt + v_0 \quad ; \quad z = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t + z_0$$







4. تطبيقات

حركة القذيفة : مسار مركز عطالة القذيفة في المستوي الشاقولي الذي يشمل شعاع السرعة الإبتدائية $\vec{v}_0$ هو جزء من قطع مكافئ ، معادلته في هذا المعلم من الشكل :

$$z = -\frac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha}x^2 + (\tan\alpha)x$$

5. حدود ميكانيك نيوتن

لا تسمح ميكانيك نيوتن بدراسة الحركات ذات السرعة القريبة من سرعة انتشار الضوء فهي محدودة التفسير على المستويين اللامتناهيين في الكبر وفي الصغر.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

التقويم الذاتي

تشتمل الأسئلة الآتية على عدّة مقترحات. بيّن الصحيحة منها بـ(ص) والخاطئة منها بـ (خ). تعطى نقطة واحدة لكل إجابة صحيحة، وتحذف نصف نقطة عن كل إجابة خاطئة ولا شيء في حالة عدم الإجابة

1. تتحرك جملة ميكانيكية في معلم أرضي غاليلي حيث اتجاه وجهة شعاع سرعتها $\vec{v}$ متغيران خلال الزمن

تنقيط 4

أ. شعاع السرعة دوما مماسي للمسار .....

ب. إذا كانت للجملة حركة مستقيمة منتظمة يكون تسارعها معدومًا .....

جـ. إذا كانت للجملة حركة دائرية منتظمة ، يكون تسارعها معدومًا .....

د. يعبر عن وحدة تسارع الجملة بـ $m.s^{-1}$ .....

2. إذا كانت جملة ميكانيكية خاضعة لعدة قوى خارجية حيث المجموع الشعاعي لهذه القوى معدوم. تنقيط 4

أ. تكون حركته مستقيمة متسارعة .....

ب. تكون في حالة توازن .....

جـ. تكون حركتها مستقيمة منتظمة .....

د. يمكن أن تكون ساكنة .....

3. تكون في مرحلة أولى حركة جملة ميكانيكية مستقيمة منتظمة، تطبق عليها قوة إضافية في مرحلة ثانية من الحركة فيمكن أن تصبح حركتها إذا :

تنقيط 4

أ. مستقيمة .....

ب. منحنية .....

جـ. مستقيمة منتظمة .....

د. منتظمة .....

4. قوانين كبلر صالحة :

تنقيط 4

أ. للكواكب في النظام الشمسي فقط .....

ب. لكل جسم تحت جذب جرم .....

جـ. في حالة الحركة الدائرية .....

د. في حالة الأقمار الإصطناعية .....

5. سرعة قمر اصطناعي في مدار دائري حول الأرض

تنقيط 4

أ. لها علاقة بكتلة الأرض .....

ب. لها علاقة بكتلة القمر .....

جـ. لها علاقة بارتفاع القمر عن الأرض .....

د. عبارتها من الشكل $v = \sqrt{\frac{GM_T}{(R_T + h)^2}}$ .....

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

6. قوة احتكاك الهواء ترتبط بـ : تنقيط 4

أ. الكتلة الحجمية للجسم الصلب .....

ب. ثقل الجسم .....

جـ. السرعة .....

د. شكل الجسم الصلب .....

7. خلال السقوط في الهواء وبإهمال دافعة أرخميدس حيث قيمة قوة الاحتكاك من الشكل $f = kv$. تنقيط 4

أ. المعادلة التفاضلية من الشكل v $\frac{dv}{dt} = g + \frac{k}{m}$ .....

ب. المعادلة التفاضلية من الشكل v $\frac{dv}{dt} = g - \frac{k}{m}$ .....

جـ. نحصل على السرعة الحدية عندما $\frac{dv}{dt} = 0$ .....

د. عبارة السرعة الحدّية هي $v_L = gt$ .....

8. نقذف كرة كتلتها 200g نحو الأعلى بسرعة ابتدائية $v_0 = 20\ m.s^{-1}$ من ارتفاع 2 m. قوة الاحتكاك مهملة تصعد الكرة للإرتفاع : تنقيط 4

أ. 20 m .....

ب. 220 m .....

جـ. 22 m .....

د. 218 m .....

9. إن طاقة الذرة تنقيط 4

أ. يمكن حسابها باستعمال قوانين نيوتن .....

ب. تأخذ قيما كيفية .....

جـ. مكممة .....

د. تأخذ قيمة ثابتة .....

10. تنتقل ذرة من الحالة الأساسية إلى حالة مثارة بامتصاص فوتون ذي تواتر υ_1 وعندما تعود إلى حالتها الأساسية، تصدر فوتون ذا تواتر υ_2 تنقيط 4

أ. أكبر من υ_1 .....

ب. أصغر من υ_1 .....

جـ. يساوي υ_1 .....

د. $\upsilon_2 = \frac{\upsilon_1}{h}$ (h : ثابت بلانك) .....

مجموع النقاط 40

ملاحظة : إذا تحصلت على أقل من 30 نقطة يجب عليك مراجعة الدرس.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمرين 1 :

1. ينتقل متزحلق ثقله P = 600 N على مستو ثلجي مستقيم يصنع زاوية α = 10° مع الأفق. فهو يتحرك على المستوي بسرعة ثابتة. نهمل كلا من احتكاك الثلج على المتزحلق ودافعة أرخميدس المطبّقة من طرف الهواء أمام القوى الأخرى. نستطيع نمذجة احتكاك الهواء بقوة موازية للمنحدر، معاكسة للحركة وقيمتها تتزايد مع السرعة.



أ. حوصل القوى المطبقة على المتزحلق.

ب. بتطبيق مبدأ العطالة في المرجع الأرضي، بفرض أنه غاليلي، حدّد قيم جميع القوى المطبقة على المتزحلق.

2. يهبط الآن المتزحلق، بدون احتكاك، على منحدر جليدي مائل بـ30° بالنسبة للأفق. أوجد تسارعه والقوة المطبقة من طرف السكة على المتزحلق.

الحل :

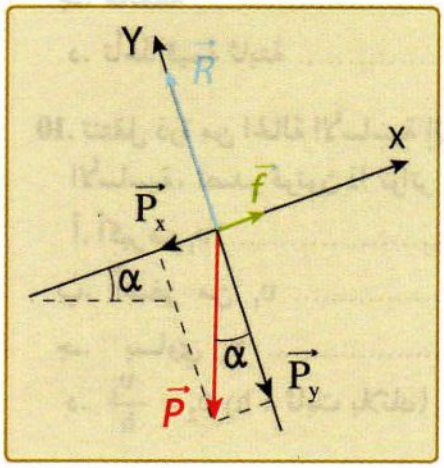
1. أ. تؤثر في المتزحلق ثلاث قوى :

ثقله $\vec{P}$ ، شاقولي، متجه نحو الأسفل و قيمته P = 600 N ؛

- رد فعل المستوي $\vec{R}$: الاحتكاكات على الثلج مهملة بالنسبة للقوى الأخرى $\vec{R}_T = \vec{0}$ و $\vec{R}_N$ عمودية على المستوي متجهة نحو الأعلى ($\vec{R} = \vec{R}_N$) .
- قوة احتكاك الهواء $\vec{f}$، موازية للمسار ومعاكسة للحركة.

ب. ينجز مركز عطالة المتزحلق حركة مستقيمة منتظمة. حسب مبدإ العطالة، في المرجع الأرضي بفرض أنه غاليلي، المجموع الشعاعي للقوى الخارجية المطبقة معدوم : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = 0$

باستعمال الطريقة التحليلية : يسمح المعلم المتعامد المختار المبيّن في المخطط بتحديد المركبات المختلفة للأشعة :



$\vec{P}$: $P_x = -P\sin\alpha$ $\quad$ $\vec{f}$: $f_x = f$ $\quad$ $\vec{R}$: $R_x = 0$

$P_y = -P\cos\alpha$ $\quad$ $f_y = 0$ $\quad$ $R_y = R$

المعادلة الشعاعية $\vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = 0$ تعطي :

$$-P\sin\alpha + 0 + f = 0 \qquad (1)$$

$$-P\cos\alpha + R + 0 = 0 \qquad (2)$$

ومنه : $f = P\sin\alpha = 600 \times \sin 10° = 104\ N$

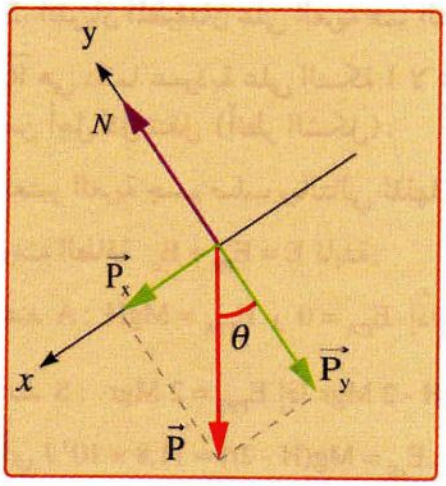
$R = P\cos\alpha = 600 \times \cos 10° = 591\ N$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2. المخطط البياني للقوى ممثل على الشكل.

نطبق القانون الثاني لنيوتن :

$$\Sigma\vec{F} = \vec{N} + \vec{P} = m\vec{a} \qquad (1)$$



إذا كان محور الفواصل x موجها إيجابا نحو الأسفل على طول المستوى المائل، يظهر التسارع في معادلة واحدة من المعادلتين بدلالة المركبتين :

$a_x = a$ و $a_y = 0$ (الشرط $a_y = 0$). إن المخطط البياني للقوى ممثل على الشكل حيث المركبتان المأخوذتان من العلاقة (1) تعطي :

$$\Sigma F_x = 0 + mg \sin\theta = ma \qquad (2)$$

$$\Sigma F_y = N - mg \cos\theta = 0 \qquad (3)$$

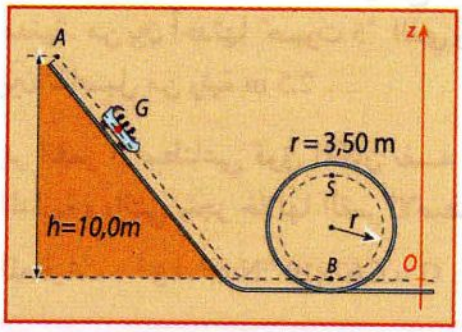
من خلال المعادلة (2)، نستخرج مباشرة التسارع :

$$a = g \sin\theta = (9{,}8\ m/s^2)\ \sin 30° = 4{,}9\ m/s^2$$

بينما المعادلة (3) تعطينا : $N = mg \cos\theta = 424\ N$

تمرين 2 :

نجد في بعض الحدائق للتسلية لعبة تتكون من عربة يركب فيها الناس وتقطع مسارا ممثلا في الشكل. يوجد جهاز يعمل على ضمان التلامس بين العربة والسكة مهما كانت الوضعية.في المستوي الشافولي، السكة ممثلة بالمقطع المبين في الشكل. يمثل G في هذا الشكل مركز عطالة العربة مع الركاب. تحررالعربة من النقطة A بدون سرعة ابتدائية. كتلة العربة مع الركاب: $M = 400\ kg$ ، $g = 9{,}8\ N.kg^{-1}$



1. أحسب الطاقة الكامنة الثقالية للجملة :
عربة مع الركاب + الأرض في النقطتين A و S.

2. نعتبر العربة جسما صلبا و نهمل الاحتكاكات. أحسب الطاقة الحركية للعربة عندما يصل مركز العطالة G إلى النقطة S.

3. مثّل في مخطط بياني تحول طاقة العربة مع الركاب خلال انتقالها من A إلى S.

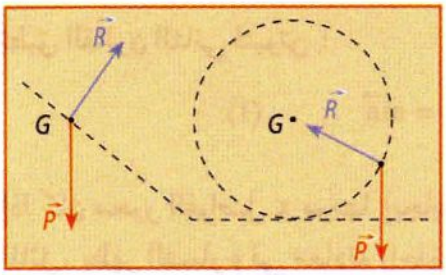
الحل :

1. الطاقة الكامنة الثقالية للجملة(عربة + ركاب + أرض) هي $E_{PP} = Mgz$ ، z يمثل ارتفاع G.
عند النقطة A :

$$z = H\ ;\ E_{PPA} = MgH = 400 \times 9{,}8 \times 10{,}0 = 39{,}2 \times 10^3\ J$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

عند النقطة S :



$z = 2r\ ;\ E_{PPS} = 2Mgr = 2 \times 400 \times 9{,}8 \times 3{,}50 \approx 27{,}4 \times 10^3\ J$

2. القوتان المطبقتان على العربة هما الثقل $\vec{P}$ و رد فعل السكة $\vec{R}$.

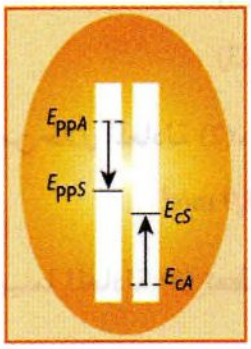
$\vec{R}$ هي دائما عمودية على السكة (لا توجد احتكاكات)، عملها معدوم من أجل كل تنقل (أنظر الشكل).

تعتبر العربة جسم صلب وبالتالي ثقلها هو الذي يعمل فقط

ومنه الطاقة $E = E_{PP} + E_c$ ثابتة.

عند A : $E_{PPA} = MgH$ و $E_{CA} = 0$ إذًا $E = MgH$ مهما كان موضع العربة.

عند S : $E_{PPS} = 2\ Mgr$ إذًا $E_{cS} = MgH - 2\ Mgr$.



أي $E_{cS} = Mg(H - 2r) \approx 11{,}8 \times 10^3\ J$.

ملاحظة: علينا دائما بالتمييز بين ما نعرفه و ما نبحث عنه، وذلك حتى لا نتيه. من أجل الوضعية A نحدّد E_{PP} و E_c ما يسمح لنا بحساب E ثم بتطبيق مبدأ الانحفاظ، يمكن تحديد أي طاقة(E_c أو E_{PP}) في كل النقاط وبما فيها النقطة S .

3. المخطط البياني لتحول طاقة الجملة (عربة مع الركاب + الأرض).

تناقص E_{PP} يساوي إلى تزايد E_c : يجب أن تمثل التغيرات في المخطط البياني بنفس الارتفاع.

تمرين 3 :

تستعمل الأقمار الاصطناعية من نوع "صبوت" للاستطلاع على سطح الأرض، إنها مجموعة من أقمار اصطناعية مدنية. من بين أحدثها "صبوت 5" الذي وُضع في مداره في ماي 2002 من طرف صاروخ أريان، فهو يستطيع التمييز بين تفاصيل من رتبة 2,5 m .

يمر القمر الاصطناعي فوق المكان نفسه من سطح الأرض كل 26,0 يوم شمسي متوسط : تمثل هذه المدة «الحلقة المدارية» والتي ينجز خلالها القمر الاصطناعي 369 دورة.

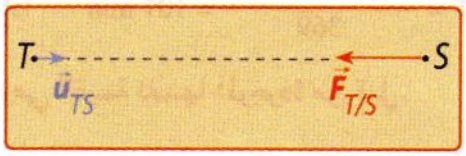
المعطيات : $G = 6{,}67 \times 10^{-11} N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$

الأرض		صبوت 5	
الكتلة M_T	$5{,}97 \times 10^{24}$ kg	الكتلة m	3 000 kg
نصف القطر R_T	6 378 km	المدار	دائري
اليوم الشمسي المتوسط	24 h	الارتفاع z	822 km

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. أثبت أن حركة القمر الاصطناعي منتظمة. أوجد عبارتي سرعته و دوره.

2. أحسب كلا من قيمتي السرعة والدور.



3. أوجد مرة ثانية قيمة الدور باستعمال الفقرة التالية من النص : تمثل هذه المدة «الحلقة المدارية» والتي ينجز خلالها القمر الاصطناعي 369 دورة.

الحل :

1. ندرس حركة القمر الاصطناعي في مرجع مركزي أرضي مع اعتباره غاليليا.

نعتبر القمر الاصطناعي ذي الكتلة m نقطيا و نرمز له بـ S؛ كما نفرض بأن الأرض جسم صلب كتلته موزعة وفق تناظر كروي، نرمز لمركزها بـ T.

تطبق الأرض على القمر الاصطناعي القوة : $\vec{F}_{T/S} = -\frac{GM_Tm}{r^2}\vec{u}_{TS}$ حيث r نصف قطر المدار.

يكتب القانون الثاني لنيوتن : $\vec{F} = m\vec{a}$ باختزال m نحصل على $\vec{a} = -\frac{GM_T}{r^2}\vec{u}_{TS}$

حيث $a = \frac{GM_T}{r^2}$ تمثل قيمة ثابتة.

تبين معطيات النص أن المدار دائري وبما أن التسارع هو شعاع ناظمي قيمته a ثابتة.

فإن الحركة دائرية منتظمة.

من العبارة $a = \frac{v^2}{r} = \frac{GM_T}{r^2}$ ، نستنتج $v = \sqrt{\frac{GM_T}{r}}$

الدور المطلوب هو مدة انجاز دورة، المسافة المقطوعة هي إذًا $2\pi r$.

إن الدور T يمثل مدة انجاز دورة : $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi r}{\sqrt{\frac{GM_T}{r}}} = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_T}}$

2. $v = \sqrt{\frac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 5{,}97 \times 10^{24}}{(6\,378 \times 822) \times 10^3}} = 7{,}44 \times 10^3\ m.s^{-1} = 7{,}44\ km.s^{-1}$

$T = \frac{2\pi\,(6\,378 + 822)\,10^3}{7{,}44 \times 10^3} = 6{,}08 \times 10^3\ s = 101\ min$

علينا أن نميز بين نصف قطر المدار والارتفاع : نصف قطر المدار محسوب انطلاقا من مركز الأرض، أي هو $r = R_T + z$، حيث z يمثل ارتفاع القمر الاصطناعي بالنسبة لسطح الأرض. يعبر عن R_T و z بالمتر.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

3. مدة 369 دورة تساوي 26,0 يوما، يعني : $369\ T = 26{,}0\ \text{jours} = 26{,}0 \times 24 \times 60\ \text{min}$

إذًا $T = \dfrac{26{,}0 \times 24 \times 60}{369} = 101\ \text{min}$

وهي القيمة نفسها الموجودة من قبل.

تمرين 4 .

1. يرمي لاعب الغولف كرة كتلتها $m = 40\ g$، موضوعة على الأرض، بسرعة ابتدائية قيمتها $v_{0z} = 28\ m.s^{-1}$ بحيث يصنع شعاعها زاوية $\alpha = 45°$ مع الأفق.

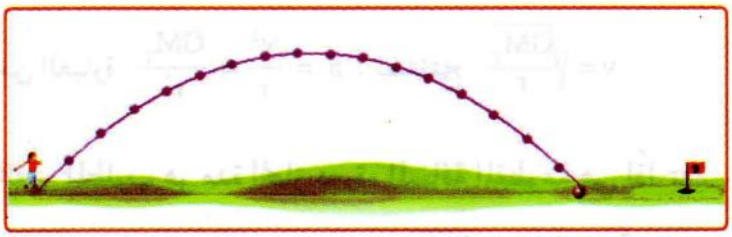
أ. أوجد المعادلات الزمنية لمركز عطالة الكرة بإهمال تأثير الهواء.

ب. على أي مسافة، بالنسبة لنقطة القذف، سوف تسقط الكرة؟

2. يريد اللاعب أن تصل الكرة إلى نقطة أبعد من نقطة السقوط بالتأثير على متغير واحد.
هل من أجل هذا، عليه أن يغير زاوية القذف ؟ أو قيمة السرعة الابتدائية؟ برّر إجابتك.

نأخذ $g = 9{,}8\ N.kg^{-1}$.

الحل :



بما أن تأثير الهواء مهمل، يمكننا دراسة حركة مركز عطالة كرة الغولف بتطبيق قانون السقوط الحر.

1. أ. حركة الكرة مدروسة في المرجع الأرضي (غاليلي).
لا تخضع الكرة إلا لثقلها : $\vec{P} = m\vec{g}$.

حسب القانون الثاني لنيوتن : $\vec{P} = m\vec{a}$ ؛ نستنتج شعاع التسارع لمركز عطالة الكرة : $\vec{a} = \vec{g}$.

نختار معلما بحيث يتطابق مبدؤه مع نقطة الانطلاق، و يتواجد شعاع السرعة الابتدائية في المستوي (xOz).

في اللحظة $t = 0\ s$، إحداثيات شعاعي الموضع و السرعة هما:

$$\begin{cases} x(t) = 0\ ;\ y(t) = 0\ ;\ z(t) = 0 \\ v_x(t_0) = v_0 \cos\alpha\ ;\ v_y = 0\ ;\ v_z(t_0) = v_0 \sin\alpha \end{cases}$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

إحداثيات شعاع التسارع هي :

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = 0 \quad ; \quad a_y = \frac{dv_y}{dt} = 0 \quad ; \quad a_z = \frac{dv_z}{dt} = -g$$

نحدد المعلم المختار ونعطي إحداثيات شعاع السرعة الابتدائية في هذا المعلم.

نحصل على إحداثيات شعاع السرعة و شعاع الموضع بالتكامل مع الأخذ بعين الاعتبار الشروط الابتدائية، فنجد:

$$\begin{cases} v_x(t) = v_0 \cos\alpha \; ; \; v_y(t) = 0 \; ; \; v_z(t) = -gt + v_0 \sin\alpha \\ x(t) = v_0(\cos\alpha)t \; ; \; y(t) = 0 \; ; \; z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0(\sin\alpha) \times t \end{cases}$$

تسمح لنا الشروط الابتدائية بإيجاد قيم ثوابت التكامل.

ب. لتكن B النقطة التي تصل إليها الكرة على الأرض. إن المسافة التي نبحث عنها (أي المدى) هي الفاصلة x_B للنقطة B والتي تحقق $z_B = 0$.

ليكن $0 = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0(\sin\alpha)t = t\left(-\frac{1}{2}gt + v_0\sin\alpha\right)$

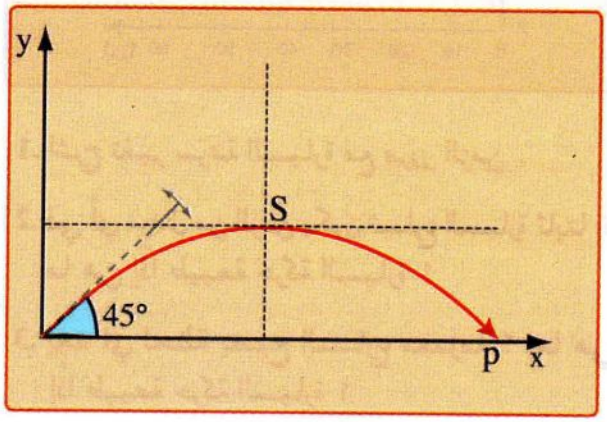
الحل الأول يمثل في نقطة الانطلاق $t = 0\ s$.

و الحل الثاني يمثل اللحظة التي نبحث عنها : $t_B = \frac{2v_0\sin\alpha}{g}$

المعادلة الزمنية x(t) تعطي إذًا : $x_B = v_0(\cos\alpha) \times \left(\frac{2v_0\sin\alpha}{g}\right) = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$.

التطبيق العددي : $x_B = \frac{28^2 \times \sin(2 \times 45°)}{9{,}8} = 80\ m$.

تذكير : $\sin 2\alpha = 2\sin\alpha\cos\alpha$.



2. نستعمل العبارة السابقة x_B .

- قيمة $\vec{v}_0$ ثابتة، يكون المدى أعظميا عندما $\sin 2\alpha = 1$ أي $\alpha = 45°$. قيمة الزاوية هي 45°، وبالتالي تغيير الزاوية α لا يزيد من المدى الذي كان سابقا أعظميا.

- قيمة الزاوية ثابتة، يكفي ذًا رفع قيمة v_0 لزيادة x_B .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. مقاربة تاريخية لميكانيك نيوتن

★1 تتغير وضعية نقطة مادية من $\vec{r}_1 = (3\vec{i} - 2\vec{j} - \vec{i} - \vec{k})$ m إلى $\vec{r}_2 = (4\vec{i} - \vec{j} - 3\vec{k})$ m خلال 2 s.

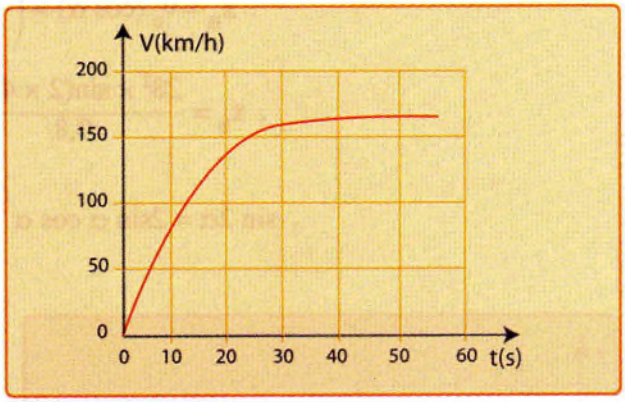
1. ما هي سرعتها المتوسطة؟

2. لنقطة مادية أخرى تسارع معطى بالمعادلة $\vec{a} = (-7\vec{i} + 2\vec{j})$ m/s² خلال مدة 5 s. بعد هذه المدة، تصبح سرعتها $\vec{v} = (5\vec{i} + 2\vec{k})$ m/s، كم كانت سرعتها الابتدائية؟

★2 تتحرك سيارة نحو الشرق بسرعة 20 m/s خلال مدة 10 s، ثم نحو الشمال بسرعة 10 m/s خلال مدة 15 s. حدّد :

المسافة المقطوعة، الانتقال، السرعة المتوسطة، التسارع المتوسط للسيارة.

★★3 يمثل البيان المقابل تغير سرعة سيارة خلال اختبارها في جزء مستقيم من مدار تجريبي.



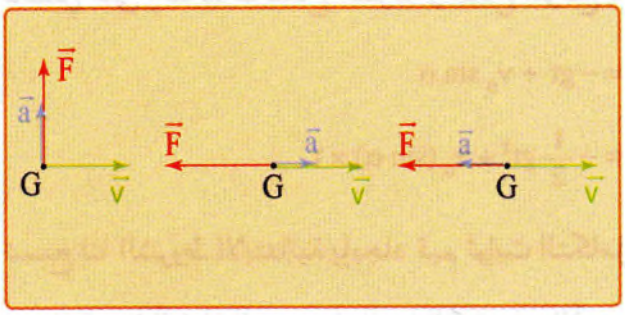
1. اشرح تغير سرعة السيارة مع مرور الزمن .

2. في أي مجال من الزمن يكون تسارع السيارة ثابتا ؟ ما هي إذًا طبيعة حركة السيارة ؟

3. بعد أي لحظة يصبح التسارع معدوما ؟ وما هي إذًا طبيعة حركة السيارة ؟

4. أوجد تسارع السيارة : في اللحظة $t_1 = 15$ s وفي اللحظة $t_2 = 20$ s .

★★4 في كل مخطط من المخططات الممثلة في الوثيقة، عند لحظة زمنية t معينة، تمثل الأشعة مجموع القوى الخارجية $\vec{F}$ المطبقة على جسم صلب والسرعة $\vec{v}$ والتسارع $\vec{a}$ لمركز عطالته G. هذه الأشعة ممثلة بدون سلم معين.



حدّد، مع التعليل (تطبيق قانون، مثال...) الوضعيات المختلفة الممكنة.

★★5 تخضع نقطة مادية كتلتها 2 kg لقوتين منشئتين لتسارع محصلته $\vec{a} = (4\vec{i} - 3\vec{j})$ m/s² .

إذا كانت $\vec{F}_1$ معطاة بالعبارة : $\vec{F}_1 = (-\vec{i} - 2\vec{j} - 3\vec{k})$ N، أوجد $\vec{F}_2$.

★★6 لرصاصة بندقية كتلة 10 g، تنتقل بسرعة 400 m/s. تتوقف بعد اختراقها لسمك 3 cm من الخشب. أوجد شدة القوة المؤثرة على الرصاصة، بافتراض أنها ثابتة. قارن هذه القوة مع ثقل شخص كتلته 60 kg.

★★7 إن قوة دفع محركات طائرة من نوع بوينغ 747 هي : $8{,}8 \times 10^5$ N .

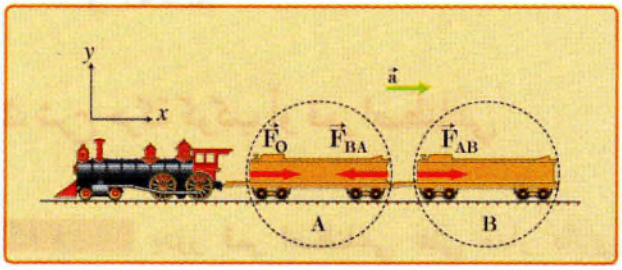
كتلة هذه الطائرة عند الإقلاع هي $3{,}0 \times 10^5$ kg .

1. ما هو التسارع عند الإقلاع ؟

2. إذا انطلقت الطائرة من حالة الراحة، ما هي سرعتها بعد 10 ثوان؟ نهمل قوى الاحتكاك المطبقة من طرف الهواء و الأرض.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

8 ★★ عربتا قطار A و B كتلتاهما على التوالي $m_A = 1{,}2 \times 10^4$ kg و $m_B = 8 \times 10^3$ kg تستطيعان التحرك بحرية على سكة حديدية أفقية. تطبق قاطرة كتلتها 10^5 kg على A قوة $\vec{F}_0$، تنتج تسارعا قيمته 2m/s^2.



1. أوجد $\vec{F}_0$ والقوة المطبقة على A من طرف B.

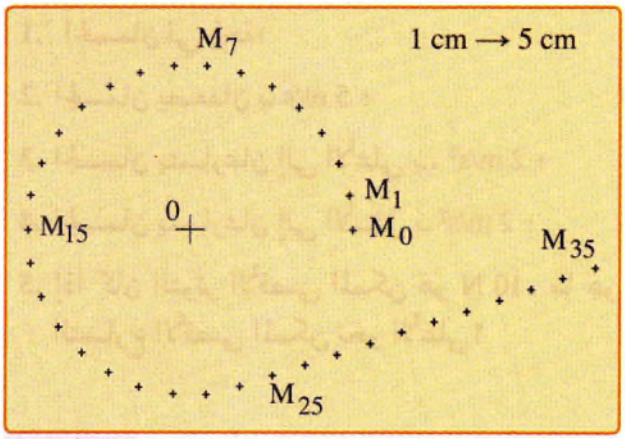
2. ما هي القوة الأفقية المطبقة على القاطرة من طرف السكة الحديدية؟

9 ★★ حدد القوة الثابتة التي تؤثر على طائرة فونتوم F4 كتلتها 12 500 kg في كلتي الحالتين التاليتين :

1. تسرّع الطائرة انطلاقا من الراحة حتى تبلغ سرعة 250 km/h خلال 2,2 s ؛

2. تكبح فتمر سرعتها من 180 km/h إلى الصفر على مسافة 40 m بفضل شباك. (تتم حركة الطائرة في الاتجاه الموجب لمحور الفواصل (x)).

10 ★★ يمثل الشكل الأوضاع المتتالية لحركة مركز عطالة جملة مادية تم تسجيلها عن طريق التصوير المتعاقب حيث تُعطى المدة الزمنية الفاصلة بين صورتين متتاليتين $\tau = 40$ ms.

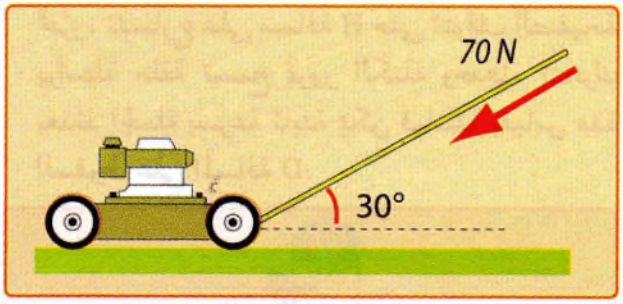


1. صف الحركة.

2. أنقل على ورق شفاف الوثيقة السابقة ثم مثل أشعة السرعة في النقاط الموضحة في الشكل.

3. استنتج قيمة التسارع المركزي.

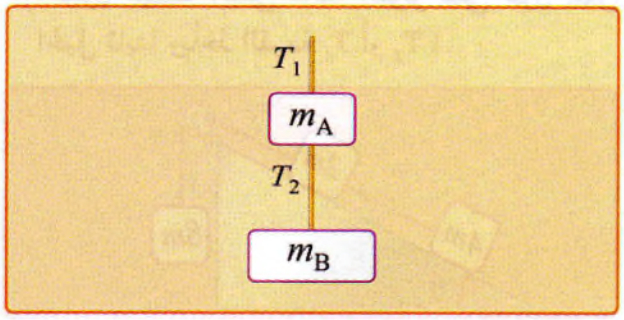
11 ★★ يقوم رجل بدفع جزارة الحشيش كتلتها 20 kg بقوة 70 N حاملها مواز للمقبض المائل بزاوية 30° بالنسبة للأفق.



1. إذا انتقل الرجل بسرعة ثابتة، ما هي شدة قوة الاحتكاك المطبقة من طرف الأرض؟

2. ما هي قيمة القوة الموازية للمقبض والقادرة على إنتاج تسارع 1m/s^2 مع اعتبار أن قوة الاحتكاك المطبقة هي نفسها ؟

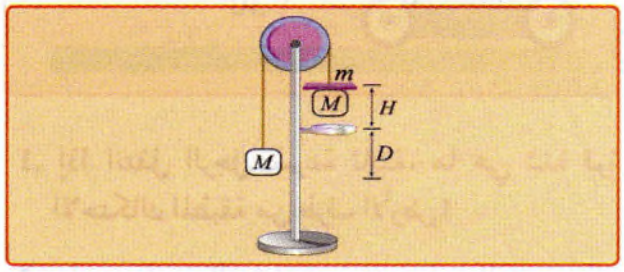
12 ★★★ جسمان كتلتاهما $m_A = 0{,}2$ kg و $m_B = 0{,}3$ kg معلقان الواحد أسفل الآخر. حدّد توتري الحبلين (المعتبرين بدون الكتل)، في الحالات التالية :



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. الجسمان في راحة؛
2. الجسمان يصعدان بـ 5 m/s ؛
3. الجسمان يتسارعان إلى الأعلى بـ $2\ m/s^2$ ؛
4. الجسمان يتسارعان إلى الأسفل بـ $2\ m/s^2$ ؛
5. إذا كان التوتر الأقصى الممكن هو 10 N، ما هو التسارع الأقصى الممكن نحو الأعلى؟

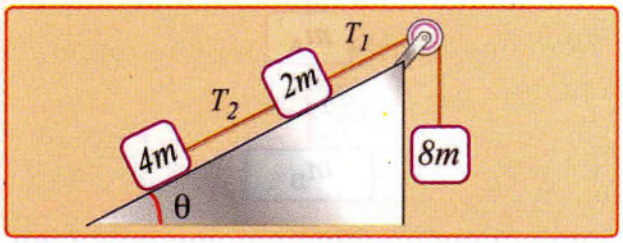
13 ★★★ إن آلة أتود جهاز يسمح بالتحقق المباشر من القانون الثاني لنيوتن. نستطيع استعمالها أيضا لقياس g. يعلق جسمان متماثلان، كتلة كل واحد M، من جهة وأخرى لبكرة. توضع صفيحة صغيرة مربعة الشكل كتلتها m على أحد الجسمين. عندما تحرّر، تتسارع على مسافة H حتى تتوقف الصفيحة بواسطة حلقة تسمح بمرور الكتلة وحدها. تتحرك بعدئذ الجملة بسرعة ثابتة يمكن قياسها بقياس مدة السقوط على المسافة D.



- بيّن أن $g = \dfrac{(2M + m)D^2}{2mHt^2}$

حيث t مدة الانتقال بسرعة ثابتة.

14 ★★★ ثلاثة أجسام ذات الكتل 4m و 2m و 8m مشدودة بعضها للبعض كما في الشكل. كتلة الحبلين مهملة (يبقى هكذا التوتر على طول نفس الحبل ثابتا ويأخذ القيمة T_1 أو T_2).



أوجد بدلالة M, g و θ ،

1. قيمة التسارع ؛
2. $T_1 - T_2$. (نهمل الاحتكاك)؛
3. أحسب قيم هذه العبارات من أجل M = 1kg و θ = 45°.

2. شرح حركة كوكب أو قمر اصطناعي

15 ★ يدور قمر اصطناعي على مدار دائري مستقر نصف قطره r . كيف تكون المقادير التالية تابعة لـ r ؟

- قيمة السرعة، الدور والطاقة الحركية.

16 ★★ حدّد دور قمر اصطناعي للاستطلاع موجود على ارتفاع منخفض من سطح الأرض. وذلك بإهمال مقاومة الهواء.

17 ★★ أول قمر اصطناعي روسي، Spoutnik I، كتلته 83,5 kg، أطلق في 4 أكتوبر 1957 على مدار بحيث تأخذ المسافة بينه وبين الأرض القيمتين الموافقتين لأدنى بعد وأقصاه كما يلي :

$r_p = 6\,610$ km و $r_A = 7\,330$ km .

أوجد دوره وقيمة سرعته في أدنى مدار له.

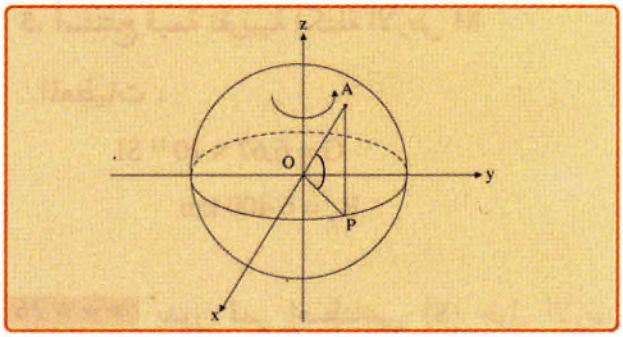
18 ★★ خلال رحلة أبولو 17 (Apollo 17) أنجز الفضائي (Eugène Cernan) مدارا حول القمر بحيث كان الإرتفاعان الأعظمي والأصغري على الترتيب 125 km و 100 km. أوجد :

1. قيمتي السرعتين العظمى والصغرى على هذا المدار.
2. الدور.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

19 ★★ يتم إهمال حركة الأرض حول الشمس. نعتبر الأرض ذات شكل كروي نصف قطرها $R_T = 6{,}4 \times 10^6\ m$ نعتبر معلما $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ ساكنا بالنسبة للشمس مركزه يتطابق مع مركز الأرض.

تدور الأرض حول المحور $\overrightarrow{oz}$ بسرعة زاوية $\omega = 7{,}792 \times 10^{-5}\ rd.s^{-1}$ (أنظر الشكل)



1. إذا كان شعاع $\overrightarrow{OA}$ للنقطة A يصنع زاوية α مع الشعاع OP الواقع في مستوى خط الاستواء. ما هي حركة النقطة A ؟

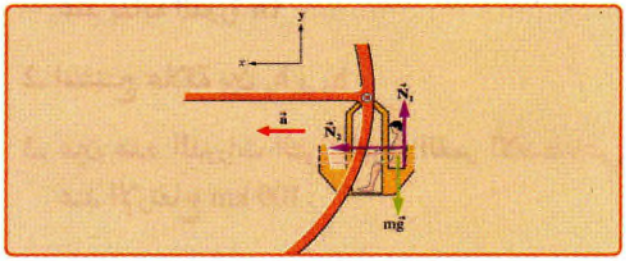
2. أ. أحسب بدلالة الزاوية α قيمة السرعة v_A وقيمة التسارع a_A للنقطة A على سطح الأرض.

ب. أعط قيمتي السرعة v_E والتسارع a_E للنقطة E الواقعة عند خط الإستواء $(\alpha = 0)$

جـ. أعط قيمتي السرعة v_N والتسارع a_N للنقطة N الواقعة في القطب $(\alpha = \frac{\pi}{2})$

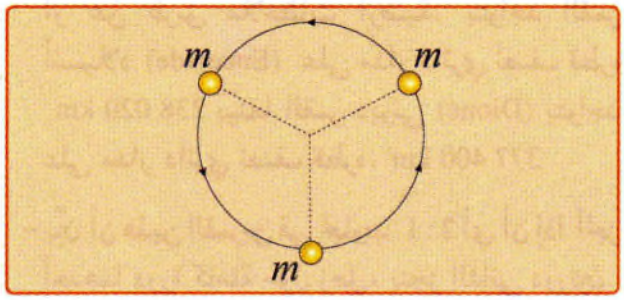
د. قارن قيمة التسارع عند خط الاستواء وقيمة التسارع الثقالي $g = 9{,}8\ m.s^{-2}$

20 ★★ في حديقة للتسلية، توجد امرأة، كتلتها 60 kg، بمقصورة على محيط العجلة الكبيرة، ذات نصف قطر 8 m ؛ تدور العجلة في مستوى شاقولي بسرعة 5 tr/min.



- ما هي قيمة محصلة القوى التي يطبقها كل من مسند ومقعد الكرسي على المرأة، عندما تكون في منتصف الطريق نحو الأعلى؟

21 ★★★ لتكن الحالة غير المستقرة التي تصنعها ثلاثة نجوم واقعة على أبعاد متساوية، كتلها m متساوية، والتي تدور في مسار دائري نصف قطره r حول مركز كتل.

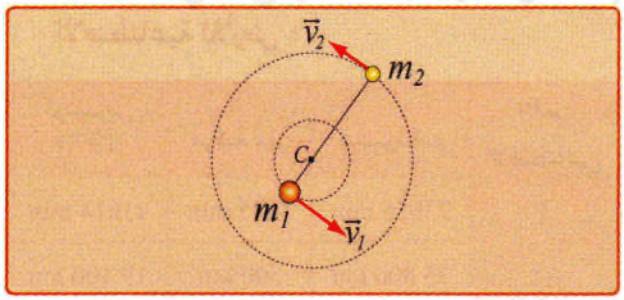


بيّن أن قيمة السرعة الزاوية للحركة معطاة بـ :

$$\omega^2 = \frac{Gm}{\sqrt{3}\,r^2}$$.

22 ★★★ يدور قمر اصطناعي ذو الكتلة $10^4\ kg$ حول القمر في مدار دائري يبعد بـ 100 km من سطح القمر. دوره هو 118 min. ما هي الكتلة الحجمية للقمر (الذي يعتبر على أنه كرة متجانسة) ؟

23 ★★★ تتكون جملة مسماة ثنائي النجوم من نجمين كتلتاهما على الترتيب m_1 و m_2 موجودتان في مدارين دائريين نصفا قطريهما على الترتيب r_1 و r_2 تدوران كل واحدة حول مركز كتلتها.



1. أكتب القانون الثاني لنيوتن لكل نجمة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. بين أن القانون الثالث لكبلر يأخذ الشكل :

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{G(m_1 + m_2)}(r_1 + r_2)^3$$

2. هل تستطيع الملاحظات أن تعطي معلومات عن الكتل ؟

24 ★★★ لكوكب زحل عدة أقمار طبيعية، بعضها صغير جدا، اكتشف حديثا في مهمات فضائية أو عن طريق ملاحظات أرضية. يتواجد القمر أنسيلاد (Encelade) على مدار دائري نصف قطره 238 020 km بينما القمر ديوني (Dioné) يتواجد على مدار دائري نصف قطره. 377 400 km

- بيّن أن هذين القمرين في تجاوب 1 : 2 أي أن إذا أنجز أحدهما دورة كاملة حول زحل، ينجز الثاني دورتين.

25 ★★★ نستعمل بعض خواص الأقمار الاصطناعية للأرض قصد إيجاد قيمة تقريبية لكتلة الأرض. لهذا نفرض أن هذه الأقمار في حركة دائرية تحت تأثير قوة الجاذبية للأرض فقط.

1. بيّن أن حركة القمر الاصطناعي دائرية منتظمة.

2. نرمز بـ H لارتفاع القمر الاصطناعي، و R لنصف قطر الأرض، و G ثابت التجاذب الكوني، وT دور القمر الاصطناعي و M كتلة الأرض.

- بين أن $\frac{(R+H)^3}{T^2} = cte$ ، ثم أوجد قيمة ثابت التناسب بدلالة M وG.

3. الجدول التالي يعطي ارتفاعات وأدوار بعض الأقمار الاصطناعية للأرض :

القمر الاصطناعي	ميتيوسات	مركبة مير	كوسموس 1970
T	23h56 min	1h35 min	11h14 min
H	35 800 km	500 km	19 100 km

يتميز القمر الاصطناعي ميتيوسات بخصائص خاصة

أ. ما هي هذه الخصائص؟

ب. كيف يسمى هذا النوع من القمر الاصطناعي؟

جـ. ماذا يمثل الدور 23h56 min ؟

د. لماذا لا يساوي هذا الدور 24 h ؟

4. تأكد من الجدول أن $\frac{(R+H)^3}{T^2} = cte$ ،

5. أستنتج قيمة تقريبية لكتلة الأرض M

المعطيات :

$G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ SI

$R_T = 6\,400$ km

26 ★★★ يدور قمر إصطناعي (S) حول الأرض بحركة دائرية منتظمة في مستوى خط الاستواء عند الارتفاع $h = 400$ km .

1. عين السرعة v_S لحركة مركز عطالة القمر الاصطناعي.

2. عين دور الحركة T_S.

3. القمر الاصطناعي (S) ينتقل نحو الشرق، عين المجال الزمني الذي يفصل بين مرورين متتاليين في موضع يقع على شاقول نقطة معينة من خط الاستواء.

نفترض الآن أن القمر الاصطناعي الموجود عند الإرتفاع $h_0 = 400$ km ، ونظرا للتأثيرات المختلفة يتناقص إرتفاعه بمقدار 1/1000 من الإرتفاع الذي كان عليه عند بداية كل دورة.

1. أوجد علاقة بين h_{n+1} (الإرتفاع الذي كان عليه عند بداية الدورة $(n+1)$) و h_n (الارتفاع الذي كان عليه عند بداية الدورة n)

2. استنتج علاقة بين h_1 و h_0 .

3. عين عدد الدورات التي أنجزها القمر الاصطناعي عند الإرتفاع 100 km.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

المعطيات :

ثابت التجاذب الكوني : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ N.m^2.kg^{-2}$

كتلة الأرض : $M = 5{,}97 \times 10^{24}\ kg$

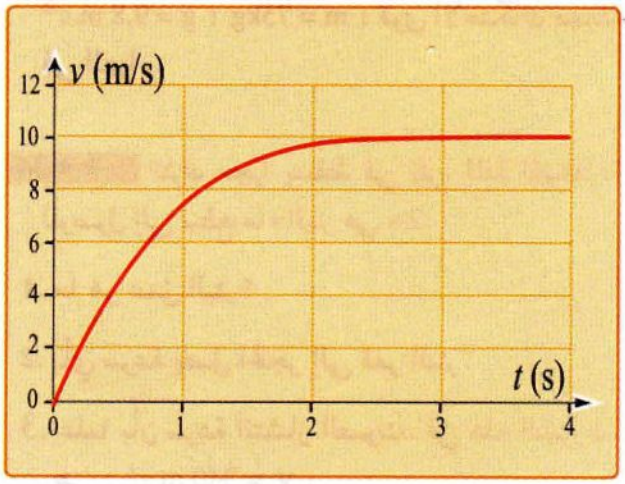
نصف قطر الأرض : $R_T = 6{,}68 \times 10^{3}\ km$

دور حركة الأرض حول محور الأقطاب : $T_T = 24\ h$

3. دراسة حركة السقوط الشاقولي لجسم صلب في الهواء

★27 تسقط كرة من المطاط المرن في الهواء دون سرعة ابتدائية. لقد سمحت دراسة حركة سقوطها الشاقولي بتحديد قيم سرعة مركز عطالتها بدلالة الزمن.

فتحصلنا على المنحنى التالي :



1. كيف نسمي النظامين المختلفين لمثل هذه الحركة ؟
2. حدّد بيانيا :
   أ. السرعة الحدية.
   ب. الزمن المميز.

★28 نغمر كليا جسما صلبا حجمه $V = 5{,}0 cm^3$ وكتلته الحجمية $\rho = 8{,}9\ g.cm^{-3}$، في مائع كتلته الحجمية ρ'.

1. أحسب ثقل الجسم.
2. أحسب قيمة دافعة أرخميدس في الحالة التي يكون فيها المائع هو الماء حيث $\rho'_{eau} = 1{,}0\ g.cm^{-3}$.
3. أحسب قيمة دافعة أرخميدس في الحالة التي يكون فيها المائع هو الهواء حيث :

$\rho'_{air} = 1{,}3 \times 10^{-3}\ g.cm^{-3}$.

★★29 سقط مظلي كتلته 60 kg مع مظلته ذات الكتلة 7 kg بسرعة ثابتة قيمتها 6 m/s. حدّد شدة :

1. القوّة المطبقة على المظلي من طرف مظلته ؛
2. القوة المطبقة من طرف الهواء على المظلة.(نهمل القوة المطبقة من طرف الهواء على المظلي).

★★30 يسقط مظلي شاقوليا فيبلغ سرعة ثابتة قيمتها $4{,}5\ m.s^{-1}$. نستطيع خلال السقوط إهمال دافعة أرخميدس أمام القوى الأخرى المطبقة على المظلي وتجهيزه . نعتبر أن قوة الاحتكاك المطبقة من طرف الهواء على المظلي من الشكل $f = kv^2$.

1. أوجد المعادلة التفاضلية لحركة مركز عطالة المظلي وتجهيزه.
2. فسر لماذا يمكن للسرعة أن تصبح ثابتة.
3. أحسب المعامل k الذي يتدخل في قوة الاحتكاك.

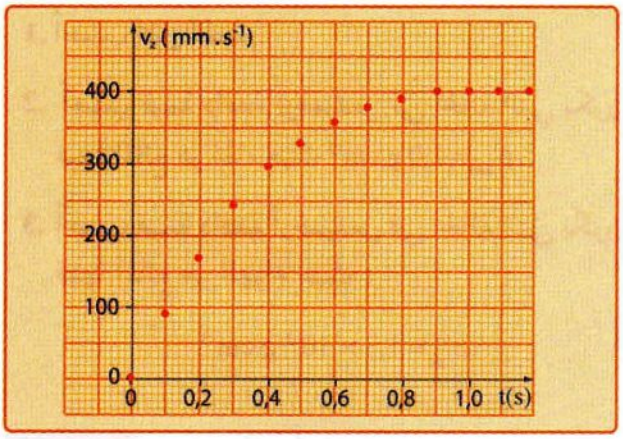
المعطيات :

قيمة تسارع الجاذبية : $g = 9{,}8\ m.s^{-2}$.

كتلة المظلي المجهز : $m = 1{,}0 \times 10^{2}\ kg$.

★★31 تم تصوير السقوط الشاقولي لكرية داخل الزيت.وبعد معالجة المعطيات بالإعلام الآلي، تم الحصول على تطور السرعة $v_z(t)$ للكرية خلال الزمن. المحور (Oz) متجه نحو الأسفل.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



1. أ. ما هي السرعة الابتدائية v_0 للكرية ؟

ب. ما هي سرعتها الحدية v_L ؟

2. حدّد الزمن المميز للسقوط.

3. حدّد بواسطة المنحنى، قيمة التسارع في اللحظة $t = 0\ s$.

4. نستطيع كتابة المعادلة التفاضلية للسرعة بالشكل :

$$\frac{dv_z}{dt} = g\left(1 - \rho_f \frac{v_s}{m}\right) - \frac{k}{m} v_z(t)$$

استنتج قيمة دافعة أرخميدس وقيمة k.

المعطيات :

$g = 9,8\ N.kg^{-1}$. كتلة الكرية $m = 13,3\ g$

★★32 ترك رجل فضاء جسما يسقط على سطح القمر.

1. هل يكون مركز عطالة الجسم في سقوط حر؟

2. أوجد المعادلة التفاضلية للحركة.

3. استنتج المعادلات الزمنية.

4. أحسب مدة السقوط وسرعة مركز عطالة الجسم بعد قطعه مسافة 2 m من السقوط.

المعطيات :

- قيمة جاذبية القمر $g' = 1,6\ m.s^{-2}$.

★★33 عند القفز بالمطاط (saut à l'élastique)، يترك شخص نفسه يسقط من جسر، بدون سرعة ابتدائية.

1. بيّن أن تسارع حركة السقوط الحر مستقل عن كتلة الشخص .

- استنتج معادلات الحركة وطبيعة المسار.

2. إن المطاط المرتبط بالشخص يبدأ في الشد بعد قطع مسافة 30 m.

أ. كم تكون حينئذ مدة السقوط الحر؟

ب. ما هي قيمة السرعة بعد 30 m من السقوط؟

جـ. ما هي قيمة الطاقة الحركية للرجل عند هذه اللحظة؟

المعطيات :

$g = 9,8\ m.s^{-2}$ ؛ $m = 75kg$ ؛ قوى الاحتكاك مهملة في الهواء.

★★34 نترك حجرا يسقط في بئر. المدة المستغرقة للوصول إلى سطح ماء البئر هي 2 s.

1. ما هو عمق البئر؟

2. بأي سرعة يصل الحجر إلى قعر البئر؟

3. علما بأن سرعة انتشار الصوت، في هذه الشروط، هي : $v_s = 340\ m.s^{-1}$.

- في أي مدة زمنية، بعد ترك الحجر، يصل صوت اصطدام الحجر بقعر البئر لأذن القاذف ؟

المعطيات : $g = 9,8 m.s^{-2}$.

★★★35 قطرة من الماء يمكن إعتبارها كروية نصف قطرها $r = 20\ \mu m$ تسقط في الهواء وتتأثر بقوة احتكاك قيمتها $F = 6\pi r\eta v$.

1. بيّن أن دافعة أرخميدس مهملة أمام ثقل الكرة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2. أكتب المعادلة التفاضلية الموافقة لحركة القطرة.

3. عين السرعة الحدية

المعطيات :

- لزوجة الهواء : $\eta = 1{,}8 \times 10^{-5}$ SI
- الكتلة الحجمية للماء : $\rho = 1\,000\ kg.m^{-3}$
- الكتلة الحجمية للهواء : $\rho_{air} = 1{,}3\ kg.m^{-3}$

36 ★★★ يسقط مظلي في الهواء، وقبل فتح مظلته نفترض أن قوى الاحتكاك المطبقة على الجملة (مظلي + مظلة مغلقة) من الشكل $-k\vec{v}$ حيث $\vec{v}$ شعاع سرعة السقوط و $k = cte = 14$ SI .

عند اللحظة t_0 يفتح المظلي مظلته (نفترض أن فتحها لحظي) ويكون المظلي في هذه اللحظة قد بلغ سرعته الحدية. بعد فتح المظلة، تكون قوة الاحتكاك المطبقة على الجملة (مظلي + مظلة مفتوحة) من الشكل $-\lambda\vec{v}$ حيث $\lambda = cte = 350$ SI.

1. في أي وحدات دولية تقدر كل من k و λ

2. ما هي السرعة الحدية v_0 التي كانت عند الجملة قبل فتح المظلة ؟

3. ما هي السرعة الحدية الجديدة v_1 للجملة بعد فتح المظلة؟

4. بتقديم حصيلة للقوى المطبقة على الجملة (مظلي + مظلة مفتوحة)، أوجد المعادلة التفاضلية التي تحققها $v(t) - v_1$. حل المعادلة ثم استنتج v(t) من أجل $t > t_0$

المعطيات :

- كتلة الجملة(مظلي + مظلات) : 70 kg
- تسارع الجاذبية الأرضي : $10\ m.s^{-2}$

4. تطبيقات

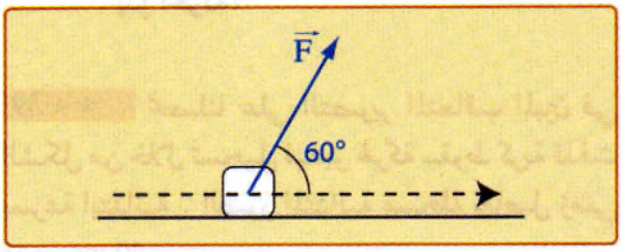
37 ★★ يبيّن الجدول التالي قيم السرعات اللحظية، واللحظات الزمنية الموافقة لها، لمركز عطالة جسم صلب كتلته $m = 0{,}50$ kg ، يقوم بحركة مستقيمة على طاولة أفقية.

t(ms)	60	120	180	240	300
v(m/s)	0,18	0,24	0,30	0,36	0,42

1. أ. أرسم المنحنى البيان $v = f(t)$

ب. استنتج من البيان طبيعة حركة الجسم، وقيمة تسارعه وسرعته عند $t = 0$ s .

2. يخضع الجسم (S) في هذه الحركة، إلى قوة يصنع حاملها زاوية 60° مع شعاع السرعة وتساوي قيمها 1,4 N.



أ. أوجد قيمة محصلة القوى المقاومة المؤثرة على الجسم الصلب والتي نعتبرها ثابتة وموازية للمسار.

ب. أحسب عمل كل من هذه القوى خلال انتقال مقداره 2 m.

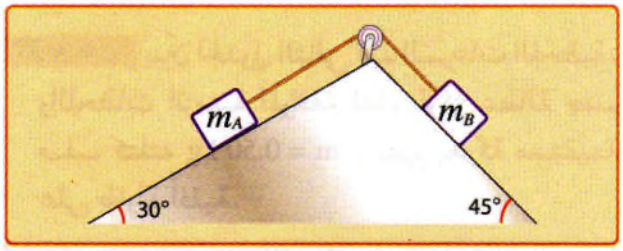
جـ. استنتج قيمة الطاقة الحركية المخزنة خلال هذا الانتقال.

38 ★★ نأخذ $g = 10$ SI ونهمل جميع الاحتكاكات في كل التمرين كما نهمل كتلة البكرة.

تتكون الجملة الممثلة في الشكل من عربتين (A): كتلتها $m_A = 500$g وَ (B) كتلتها m_B ، موضوعتين على سكتين مائلتين بزاويتين $\alpha = 30°$ وَ $\beta = 45°$ بالنسبة للأفق وموصولتين بخيط عديم الامتطاط

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ومهمل الكتلة يمر على محز بكرة.



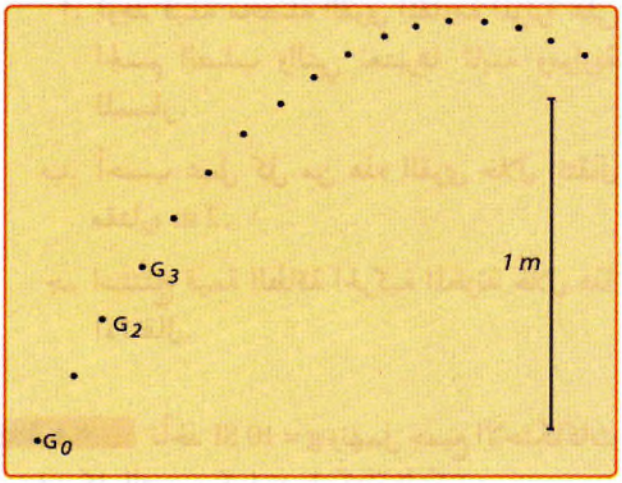
1. أوجد العلاقة التي تربط بين m_A، m_B، α و β عندما تكون الجملة في حالة توازن ثم استنتج قيمة الكتلة m_B.

2. نضع فوق العربة (B) كتلة إضافية (m)، بحيث تصبح $m_A = m_B + m$ ، ثم نترك الجملة لحالها دون سرعة ابتدائية

أ. استنتج طبيعة الحركة وتسارعها.

ب. ما هي سرعة الجملة بعد خمس ثواني من بدإ الحركة؟

39 ★★ تحصلنا على التصوير المتعاقب المبين في الشكل من خلال تسجيل فيديو لحركة سقوط كرية قذفت بسرعة ابتدائية . الصور المتتالية مسجلة بفاصل زمني قدره 40 ms.



1. ما هي الشروط التي يجب إحترامها عند إنجاز الفيلم ؟

2. أنقل على ورق شفاف الوثيقة السابقة .

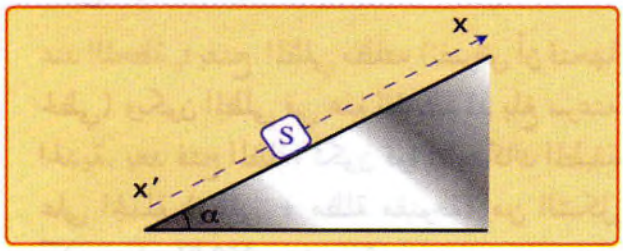
أوجد الخواص التالية :

أ. أشعة السرعة في النقطتين G_2 و G_4.

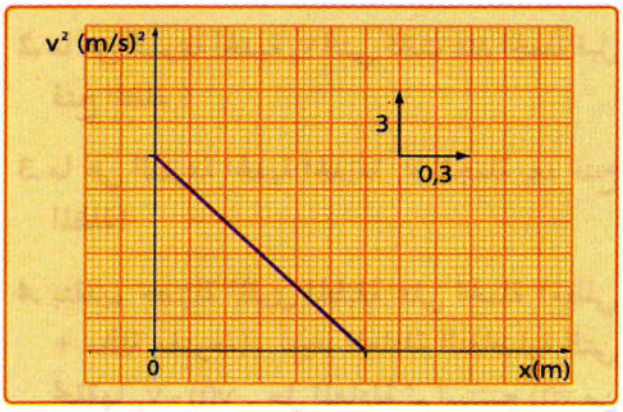
ب. شعاع التسارع في النقطة G_3، أرسم هذا الشعاع مع تحديد السلم المستعمل.

3. قارن قيمة هذا التسارع بقيمة حقل الجاذبية.

40 ★★ ندفع جسما صلبا (S) كتلته m = 100 g، بسرعة ابتدائية v_0 من نقطة A، مبدأ الفواصل على المحور x'x المنطبق على خط الميل الأعظم لمستوي مائل بزاوية α عن الأفق. يسمح تجهيز مناسب بقياس سرعة المتحرك v في مواضع مختلفة فواصلها x أثناء حركة الجسم وفق خط الميل الأعظم للمستوي.



1. يحدد المنحنى المرفق تغيرات $v^2 = f(x)$



أ. أدرس حركة مركز عطالة الجسم (S)

ب. أكتب العلاقة النظرية $v^2 = f(x)$

باستغلال البيان، استنتج :
قيمة زاوية الميل α وقيمة السرعة الابتدائية v_0

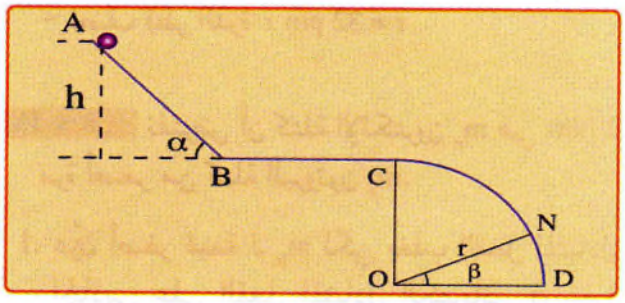
2. توجد قوى احتكاك تكافئ قوة وحيدة ومعاكسة لجهة حركة (S) وهي ثابتة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

أ. استنتج العبارة الحرفية للتسارع الجديد a' لمركز عطالة (S).

ب. أحسب شدة قوة الاحتكاك $\vec{f}$ علما أن الطاقة الحركية للجسم (S) هي 0,2 J عندما يقطع المسافة $x = 0,4\ m$. نأخذ $g = 10\ m.s^{-2}$.

★★★41 ينزلق جسم صلب (S) يمكن اعتباره نقطيا كتلته $m = 0,1\ kg$، على طريق ABCD (الشكل :



- AB منحدر، تقع النقطة A على ارتفاع h من المستوي الأفقي المار من B.
- BC طريق أفقي طوله 22,75 m .
- CD طريق على شكل ربع دائرة مركزها O ونصف قطرها $r = 3\ m$، تقع في مستو شاقولي.

تهمل قوى الاحتكاكات على هذا الجزء من المسار.

1. ينطلق الجسم S من النقطة A دون سرعة ابتدائية ليصل إلى B بسرعة $v_B = 10\ m/s$. بفرض قوى الاحتكاك مهملة:

أ. أوجد الارتفاع h.

ب. ما طبيعة حركة مركز عطالة الجسم (S) عند انتقاله من A إلى B؟

جـ. أحسب، تسارع مركز عطالته، علما أن $g = 10\ m/s^2$, $AB = 10\ m$.

2. يواصل الجسم S حركته على BC، في وجود قوة احتكاك ثابتة.

أ. أرسم القوى الخارجية المطبقة على الجسم S.

ب. أحسب شدة قوة الاحتكاك إذا علمت أن سرعة مرور الجسم بالنقطة C هي $v_C = 3\ m/s$.

3. يغادر الجسم S المسار الدائري في النقطة N حيث الزاوية $\beta = (DO,ON)$.

أ. أوجد عبارة سرعة الجسم S عند النقطة N، بدلالة β , g,r .

ب. أوجد قيمة الزاوية β.

★★★42 نعتبر في كل التمرين الكرة نقطة مادية ونهمل تأثير الهواء. لإنجاز إرسال، يقذف لاعب التنس الكرة شاقوليا نحو الأعلى من نقطة تبعد بـ 1,60 m عن سطح الأرض ثم يضربها بمضربه عندما تبلغ ذروتها الواقعة على بعد 0,40 m فوق نقطة القذف الأول فتذهب بسرعة أفقية $\vec{v}_0$ وعليها أن تجتاز شباكا علوه 0,90 m. البعد بين اللاعب والشباك هو 12 m.

1. بأي سرعة يقذف اللاعب الكرة شاقوليا ؟

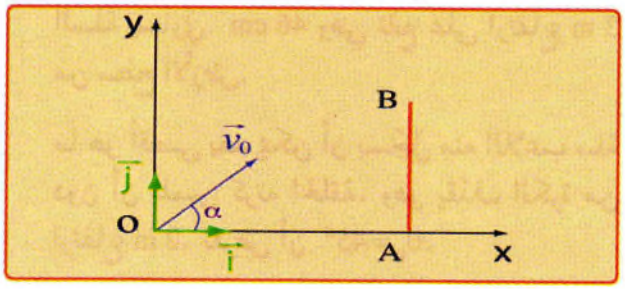
2. حدِّد ، في معلم يطلب توضيحه، معادلة مسار الكرة بعد اصطدامها بالمضرب.

3. ما هي قيمة v_0 حتى تمر الكرة بـ 10 cm فوق الشباك ؟ ما هو عند هذا الاجتياز منحى شعاع السرعة للكرة ؟ يعطي : $g = 9,80\ m.s^{-2}$.

★★★43 نعتبر أن الكرة نقطية ونهمل تأثير الهواء ونفرض أن. $g = 10\ SI$.

لتنفيذ ضربة حرة توضع الكرة عند النقطة O أمام المرمى AB ذي الارتفاع 2,44 m وعلى بعد $L =$ 25,0 m منه.

يقذف اللاعب الكرة بسرعة ابتدائية $\vec{v}_0$ تصنع زاوية $\alpha = 30°$ مع الأفق.



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

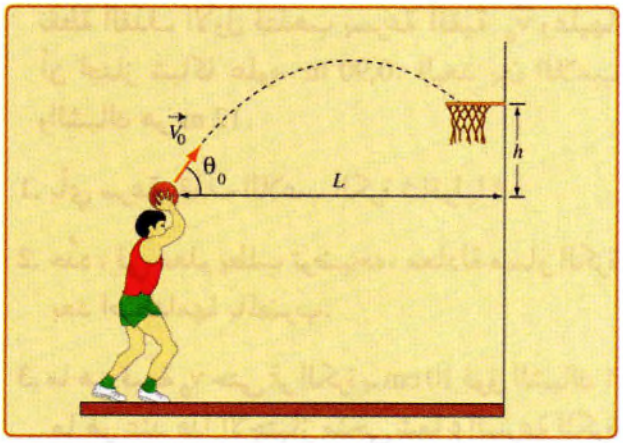
1. حدّد معادلة مسار الكرة في المعلم $(O, \vec{i}, \vec{j})$ بدلالة g, α, v_0.

2. كم يجب أن تكون السرعة الابتدائية v_0 حتى تمر الكرة تحت العارضة الأفقية ؟

3. ما هي سرعتها حينئذ ؟

4. كيف يكون اتجاه شعاع السرعة حينئذ ؟

44 ★★★ يقذف لاعب كرة السلة كرته بسرعة ابتدائية $\vec{v}_0$ بزاوية θ_0 بالنسبة للأفق، نحو سلة تقع على مسافة L أفقية وعلى ارتفاع h فوق نقطة القذف.



1. بيّن أن عبارة قيمة السرعة الابتدائية من الشكل :

$$v_0^2 = \frac{gL}{2\cos^2\theta_0(\tan\theta_0 - h/L)}$$

2. بيّن أن الزاوية α التي تصنعها الكرة مع الأفق لكي تدخل في السلة تعطى بالعبارة :

$$\alpha = \frac{2h}{L - \tan\theta_0}$$

3. نفرض أن نصف قطر الكرة يساوي 12 cm، وأن قطر السلة يساوي 46 cm وهي تقع على ارتفاع 3 m من سطح الأرض.

ما هو أقصى بعد يمكن أن يسجّل منه اللاعب سلة دون أن تلمس كرته الحلقة، وهو يقذف الكرة من ارتفاع 2 m. نفرض أن $\theta_0 = 45°$.

5. حدود ميكانيك نيوتن

45 ★ يرمز لنواة الهيليوم بالرمز ^4_2He .

1. ما هو تركيب الشاردة He^+ الموافقة لهذا النواة ؟

2. أحسب قيمة القوة الكهربائية المطبقة من طرف نواة الشاردة He^+ على إلكترونها.

المعطيات :

- نصف قطر الذرة : $r = 32$ pm

46 ★★ نفترض أن كتلة الإلكترون m_e هي 2 000 مرة أصغر من كتلة البروتون m_p.

1. عيّن أصغر قيمة لـ m_p لكي يغلب الفعل المتبادل الجاذبي على الفعل المتبادل الكهربائي في ذرة الهيدروجين.

2. قارن هذه القيمة مع الكتلة الحقيقية للبرتون.

47 ★★ دراسة نص

لقد أنجز العالم روذرفرد، سنة 1911، تجربة تكمن في قذفه لورقة رفيعة من ذهب بواسطة دقائق تدعى الدقائق α ، فلاحظ بأن غالبية هذه الدقائق تخترق الورقة، بينما البعض القليل يخضع لانحراف من مساراتها. استنتج من ذلك بأن المادة متكونة عمليا من الفراغ واقترح نموذجه للذرة والذي يشبه النموذج الكوكبي، حيث تتكون النواة من جزء مشحون ايجابيا تتمركز فيه معظم الكتلة، بينما تدور حول هذه النواة الكترونات مشحونة سلبيا.

ولكن قد تم التشكيك في هذا النموذج من طرف نيالس بور حيث طرح عدة ملاحظات من بينها :

- لماذا تتماثل كل ذرات نفس المادة، مهما كان مصدرها أو منطقتها ؟

- لو كانت للذرات بنية كوكبية، لخضعت لتغيرات أثناء التصادمات التي تحدث بينها، ولكن لم يلاحظ ذلك عند تسخين أو قنبلة الذرات.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

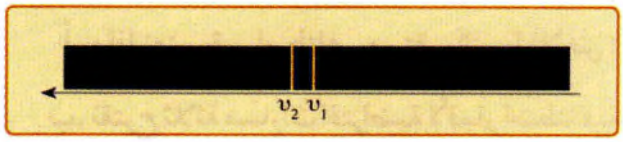
إن هذه الملاحظات مكنّت بور، سنة 1913، من تطوير نموذج روذرفرد حيث أرفق كل مدار الكتروني بطاقة معينة، كما صرح بأن طاقة الذرة لا يمكن أن تأخذ قيما كيفية.
وفي حالتها العادية، تكون للطاقة أصغر طاقة توافق الاستقرار الأعظمي. كما سمح هذا النموذج بتفسير ظاهرة الأطياف.

الأسئلة :

1. ما هي الدقائق α ؟
2. قبل نموذج روذرفرد، ما هو نموذج الذرة الذي كان سائدا ؟
3. ما هي عيوب نموذج روذرفرد ؟
4. كيف صححت هذه العيوب من طرف بور ؟
5. ما سبب الأطياف؟ ما هي مجالات تطبيقها ؟

48 ★★★ يُظهر طيف إصدار الصوديوم ثنائية صفراء مميزة لهذا العنصر، المتكون من خطين تواترهما

$\upsilon_1 = 5{,}087 \times 10^{14}$ Hz و $\upsilon_2 = 5{,}092 \times 10^{14}$ Hz



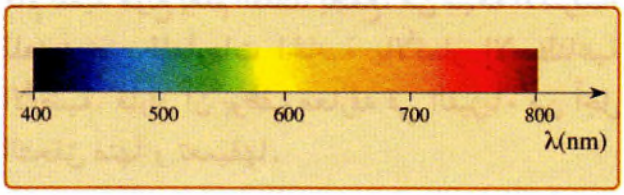
1. أحسب طولي موجتي الخطين في الفراغ. تأكد، باستعمال الطيف المستمر للضوء الأبيض المعطى من أن لون الزوج أصفر.
2. ما هي الظاهرة الفيزيائية التي تسمح بتفسير هذا الطيف علما أنه يعطي مستوى الطاقة الأساسي E_i لذرة الصوديوم طاقتها $E_i = 5{,}139$ eV ؟
3. حدد الطاقات E_j و E_k للمستويين المثارين المرتبطين بالانتقالين نحو المستوى الأساسي.
4. استنتج تمثيل جزء من بيان مستويات الطاقة للصوديوم المحددة بالإنتقالين.

المعطيات :

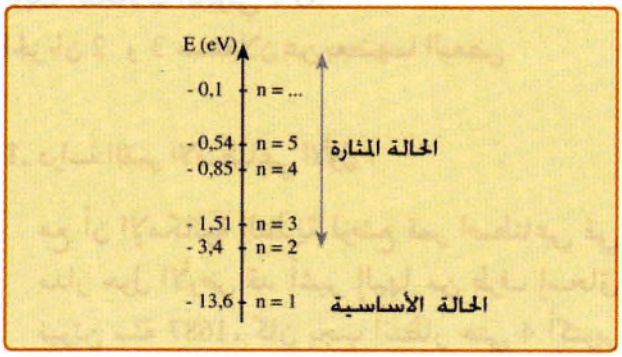
$c = 2{,}998 \times 10^{8}$ m.s^{-1}

$h = 6{,}626 \times 10^{-34}$ J.s

1 eV $= 1{,}602 \times 10^{-19}$ J



49 ★★★ لنفترض أن كوكبا يصدر إشعاعا لضوء تحت البنفسجي عبر جو غازي، متكون في غالبيته من ذرات الهيدروجين. أطوال موجات الإشعاع أقل من 91.2 nm.



1. أعط معنى لمستوى الطاقة . $E = 0$ eV
2. ما هو مستوى الطاقة لذرة الهيدروجين في حالتها الأساسية عندما تتأثر بإشعاع ذي طول موجة 91.2 nm ؟
3. ما هو طول موجة الإشعاع الصادر، عندما تنتقل ذرة من الهيدروجين من الحالة المثارة $n = 3$ إلى الحالة $n = 2$ ؟

المعطيات :

$1\,e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C

$h = 6{,}62 \times 10^{-34}$ J.s

$c = 3{,}0 \times 10^{5}$ km.s^{-1}

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1. أربعة أقمار اصطناعية أرضية من بين أخرى

بكالوريا فرنسا القارية جوان 2005

ملاحظة : لا يسمح باستعمال الآلة الحاسبة.

قام تلميذ مولع بعلم الفلك، بجمع، من شبكة الانترنت، للعديد من المعلومات الخاصة بالأقمار الاصطناعية الأرضية. فأراد أن يوظف معارفه في الفيزياء من أجل التحقق منها و تعميقها.

في كل التمرين، نستعمل الرموز التالية :
كتلة الأرض: M_T (توزع الكتلة بتناظر كروي مركزه O).
نصف قطر الأرض : R_T.
كتلة القمر الاصطناعي المدروس : m_S.
ارتفاع القمر الاصطناعي المدروس : h.
ثابت التجاذب الكوني : G.
الجزءان 2 و 3 مستقلان عن بعضهما البعض.

1. دراسة القمر الاصطناعي الأول :

مع أن الإمكانية النظرية لوضع قمر اصطناعي في مدار حول الأرض قد أشير إليها من طرف إسحاق نيوتن سنة 1687، كان يجب انتظار حتى 4 أكتوبر 1957 حتى يتم إطلاق أول قمر اصطناعي، Spoutnik 1، من طرف السوفيتيين.

أ. اعط العبارة الشعاعية للقوة المطبقة من طرف الأرض على Spoutnik1 المعتبر نقطي، ثم مثل هذه القوة على مخطط.

ب. تتم الدراسة في مرجع مركزي أرضي نعتبره غاليليا.
بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، أوجد العبارة الشعاعية لتسارع القمر الاصطناعي.

2. الأقمار الاصطناعية ذات المدار الدائري :

إن التليسكوب الفضائي هبل (Hubble)، الذي سمح بالعديد من الاكتشافات في علم الفلك منذ إطلاقه في سنة 1990، يوجد في مدار دائري على ارتفاع 600 km من سطح الأرض و يحقق دورة تامة حول الأرض خلال 100 min.

1.2. دراسة حركة القمر هبل (Hubble) في معلم مركزي أرضي:

أ. باستعمال النتائج المتحصل عليها في الجزء 1، برهن بدون حساب، أن الحركة الدائرية لهبل (Hubble) منتظمة.

ب. عبّر حرفيا عن سرعة مركز عطالته بدلالة المقادير M_T، R_T، h و G.

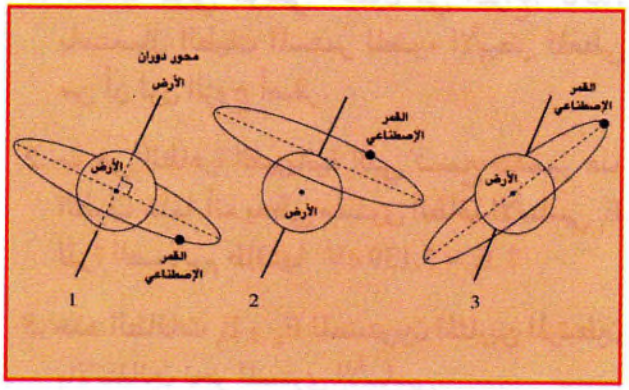
جـ. عبّر عن الدور T لحركته بدلالة المقادير المذكورة سابقا، ثمّ أوجد القانون الثالث لكبلر المطبق على هذه الحركة الدائرية (لايطلب كتابة نص القانون).

2.2. حالة قمر اصطناعي مستقر بالنسبة للأرض:

إن الأقمار المستعملة في الرصد الجوي مثل، Météosat، هي أجهزة للملاحظة وهي مستقرة بالنسبة للأرض.

أ. ماذا نعني بقمر اصطناعي مستقر بالنسبة للأرض؟

ب. نقترح ثلاثة مسارات افتراضية لأقمار اصطناعية حركتها دائرية حول الأرض.



– بيّن أنه يوجد مسار واحد من بين هذه المسارات

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

يتعارض مع قوانين الميكانيك.

- ما هو المسار الوحيد الذي يناسب القمر المستقر بالنسبة للأرض؟ برّر إجابتك.

3. الأقمار الاصطناعية ذات المدارات الإهليليجية :

يمكن وضع الأقمار الاصطناعية على مدارات مختلفة، وذلك حسب المهمة المرادة.

إن أي حادث يحدث عند وضعها على مدارها يؤدي إلى تغيير المدار المتوقع أصلا.

فمثلا، Hipparcos، وهو قمر للقياس الفلكي، أطلق من طرف الصاروخ (Ariane) في 8 أوت 1989، ولكن لم يصل أبدا إلى مداره المتوقع، لأن أحد المحركات لم يشتغل، فبقي في مدار إهليجي بين الارتفاعين 36 000 km و 500 km .

1.3. الأقمار الاصطناعية تخضع لقوانين كبلر.

إن القانون الثاني لكبلر، المسمى «قانون المساحات»، ينص على أن «المساحات الممسوحة من طرف نصف القطر الرابط للقمر الاصطناعي بالنجم (أو الكوكب) الذي يجذبه، خلال مدات زمنية متساوية، تكون (المساحات)متساوية».

أكتب نصي القانونين الآخرين في الحالة العامة لمدار إهليليجي.

2.3. بدون المبالغة في احترام السلم أو التدقيق في المنحنى الرياضي، أرسم شكل مدار القمر Hipparcos. ضع في هذا الشكل مركز عطالة الأرض والنقطتين A و P الموافقتين على التوالي للقيمتين 36 000 km و500 km ، المذكورتين في النص.

3.3. بتطبيق قانون المساحات على الشكل المرسوم سابقا، بيّن بدون حساب، بأن سرعة مركز عطالة Hipparcos على مداره ليست ثابتة.

4.3. حدّد في أي نقاط من هذا المدار، تكون السرعة أعظمية أو أصغرية.

4. مهام الأقمار الاصطناعية:

إن أكثر من 2600 قمر إصطناعي تدور اليوم حول الأرض. إنها تستعمل في العديد من المجالات: الاتصال الهاتفي، البث التلفزي، تعيين المكان(تحديد الموقع)، علم شكل ومساحة الأرض، الكشف البعدي، الرصد الجوي، علم الفلك...

إن الطيف الملاحظ من طرف هذه الأقمار واسع جدا: ضوئي، الرادار، الأشعة تحت الحمراء، الأشعة فوق البنفسجية، تصنت للإشارات الراديوكهربائية...

أ. علما أن الطيف الضوئي يوافق الضوء المرئي، أعط حدود أطوال الموجات في الفراغ لهذا الطيف وبين موقعي الأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية.

ب. سرعة انتشار الضوء في الفراغ هي $3{,}0 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$. استنتج قيمتي التواتر الموافقتين لحدود الضوء المرئي.

ج. لماذا يجب أن نوضح عند إعطاء قيم طول الموجات بأنها " في الفراغ " ؟

2. البرد

(بكالوريا أمريكا الشمالية، جوان 2005)

يتكوّن البرد في السحاب المسمى (ركام-مكفهر) والذي يقع بين الارتفاعين 1 000 m و 10 000 m حيث تكون درجة الحرارة جد منخفضة، تصل إلى 40°C -.

يسقط البرد عندما لا يستطيع البقاء في السحاب. عند وصوله إلى الأرض، يمكن لسرعته أن تصل إلى 160 km/h. ندرس هنا قطعة برد كتلتها 13 g والتي تسقط دون سرعة ابتدائية، من نقطة O ارتفاعها 1 500 m. يمكن اعتبار قطعة البرد كرة قطرها 3,0 cm.

تأخذ النقطة O كمبدإ للمحور Oz الموجه إيجابا نحو الأسفل.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نعتبر أن قيمة الجاذبية ثابتة وتساوي : $g_0 = 9{,}80\ m.s^{-2}$.

المعطيات:

عبارة حجم كرة : $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.

الكتلة الحجمية للهواء : $\rho = 1{,}3\ kg.m^{-3}$.

1. السقوط الحر :

نعتبر أن البرد يسقط سقوطا حرا.

أ. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، حدّد المعادلات الزمنية التي تعطي سرعة و موضع مركز العطالة G لقطعة البرد ، بدلالة مدة السقوط t.

ب. أحسب قيمة السرعة عند وصول القطعة إلى الأرض. هل يمكن أن تكون هذه النتيجة مقبولة ؟ برّر إجابتك.

2. السقوط الحقيقي:

في الحقيقة تخضع قطعة البرد لقوتين، دافعة أرخميدس $\vec{F}$ وقوة الاحتكاك المائع $\vec{f}$ المتناسبة مع مربع السرعة بحيث $f = kv^2$.

أ. باستعمال تحليل الأبعاد ، حدّد وحدة المعامل k في النظام الدولي.

ب.أعط عبارة قيمة دافعة أرخميدس، ثم احسب قيمتها وقارنها مع قيمة الثقل. ماذا تستنتج؟

3. نهمل دافعة أرخميدس.

أ. أوجد المعادلة التفاضلية للحركة. بيّن أنه يمكن كتابتها على الشكل $\frac{dv}{dt} = A - Bv^2$.

ب. نريد حل هذه المعادلة التفاضلية بواسطة الطريقة الرقمية: طريقة أولر. الجدول التالي هو عبارة عن نسخة لورقة حساب قيم كل من السرعة (v) والتسارع (a) بدلالة الزمن (t).

يوافق للحالة : $A = 9{,}80\ m.s^{-2}$

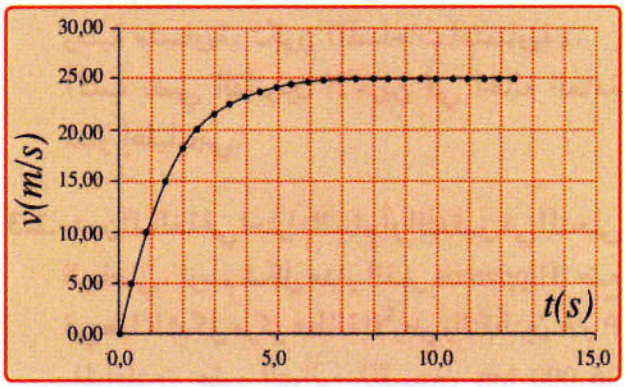
و $B = 1.56 \times 10^{-2}\ m^{-1}$، خطوة التغير الزمني $\Delta t = 0{,}5s$.

t(s)	v(m.s^{-1})	a(m.s^{-2})
0,00	0,00	9,80
0,50	4,90	9,43
1,00	9,61	8,36
1,50	13,8	6,83
2,00	17,2	a_4
2,50	v_5	3,69
3,00	21,6	2,49

حدّد a_4 و v_5 بتفصيل الحسابات.

ب. أعط العبارة الحرفية للسرعة الحدية التي تبلغها قطعة البرد وذلك بدلالة A و B، ثمّ أحسب قيمتها العددية.

جـ. منحنى تغير السرعة بدلالة الزمن معطى في البيان. أوجد بيانيا قيمة السرعة التي تم حسابها في الفقرة السابقة.



3. ميكانيك طيران منطاد استطلاع

(بكالوريا فرنسا القارية، جوان 2004)

منطاد ، مصنوع من المطاط الرقيق والجلد المرن، تم نفخه بواسطة الهليوم. تربط سلة المنطاد حيث تحمل المقصورة جهازا علميا لدراسة تركيب الغلاف الجوي.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

«أثناء الصعود، ينتفخ المنطاد بسبب انخفاض الضغط الجوي»، فينفجر الغطاء المطاطي للمنطاد عند ارتفاع محصور عادة بين 20 km و 30 km. بعد الانفجار، تنفتح مظلة صغيرة من أجل إرجاع السلة والأجهزة العلمية إلى الأرض.

يبقى بعدها تحديد موضع السلة، واسترجاعها لاستغلال نتائج التجارب المحققة.

1. ميكانيك الطيران :

يهدف هذا الجزء إلى دراسة ميكانيك تحليق المنطاد المصبار في ارتفاع منخفض (في حدود مئات الأمتار الأولى). نستطيع حينئذ اعتبار أن كلا من تسارع الجاذبية g، وحجم المنطاد V_b والكتلة الحجمية ρ للهواء تبقى ثابتة.

ننمذج القيمة f لقوة احتكاك الهواء في الجملة المدروسة بالعبارة $f = K.\rho.v^2$ حيث K ثابت من أجل الارتفاعات المعتبرة و v قيمة سرعة مركز عطالة الجملة {منطاد + سلة}.
نفترض أنه لا تهب الريح (تتم الحركة في الاتجاه الشاقولي) وأنّ حجم السلة مهمل بالنسبة لحجم المنطاد.

تدرس الجملة (منطاد + سلة) في مرجع أرضي نعتبره غاليليا.

1.1. شرط إقلاع المنطاد :

أ. أنجز حوصلة للقوى المطبقة على الجملة (منطاد + سلة)، عند إقلاع المنطاد مباشرة. بيّن حامل وجهة كل القوى.

ب. دافعة أرخميدس. أعط العبارة الحرفية لقيمة دافعة أرخميدس F_A.

جـ. لتكن M كتلة الجملة
طبّق القانون الثاني لنيوتن على الجملة، واكتب العلاقة الشعاعية الموافقة.

د. نعتبر أن السرعة الابتدائية(أي مباشرة عند الإقلاع) معدومة، ما هو الشرط الذي يجب أن يحققه شعاع التسارع حتى يتمكن المنطاد من الصعود ؟ استنتج شرطا على قيمة M (و ذلك بإسقاط العلاقة المتحصل عليها في (جـ) على محور شاقولي موجه نحو الأعلى).

هـ. استنتج الكتلة الأعظمية للتجهيز العلمي الذي يمكن أن تحمله السلة.

المعطيات:

$\rho = 1{,}22\ kg.m^{-3}$

$V_b = 9{,}0 m^3$

كتلة المنطاد (غطاء + هليوم) : $m = 2{,}10\ kg$

كتلة السلة فارغة : $m' = 0{,}50\ kg$

2.1. صعود المنطاد

أ. انطلاقا من السؤال (1.1.جـ)، وبالمحافظة على جهة المحور المعرفة في (1.1.د)، بيّن أنّه يمكن كتابة المعادلة التفاضلية المسيرة لحركة المنطاد، تحت الشكل :

$Av^2 + B = \frac{dv}{dt}$ وأعط عبارتي A و B .

إن التجهيز المحمول له كتلة 2,0 kg.

أعطَ التطبيق العددي لثوابت العبارة السابقة :

$A = -0{,}53\ m^{-1}$ و $B = 13{,}6\ m.s^{-2}$.

ب. تسمح طريقة للحل الحسابي، وهي طريقة أولر، بحساب تقريبي للسرعة اللحظية للمنطاد عند لحظات مختلفة، وذلك باستعمال العلاقة التالية :

$v(t_{n+1}) = v(t_n) + \Delta v(t_n)$ مع : $\Delta v(t_n) = a(t_n).\Delta t$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

$t_{n+1} = t_n + \Delta t$ حيث Δt يمثل خطوة الحل.

نريد تطبيق هذه الطريقة لحساب السرعتين v_1 عند اللحظة $t_1 = 0{,}05$ s و v_2 عند اللحظة $t_2 = 0{,}1$ s علما أن سرعة المنطاد الابتدائية معدومة. نأخذ $\Delta t = 0{,}050$ s.

باستعمال طريقة أولر (Euler) والمعادلة التفاضلية للسؤال(2.1.أ) وقيمتي A و B، أنقل وأكمل الجدول التالي :

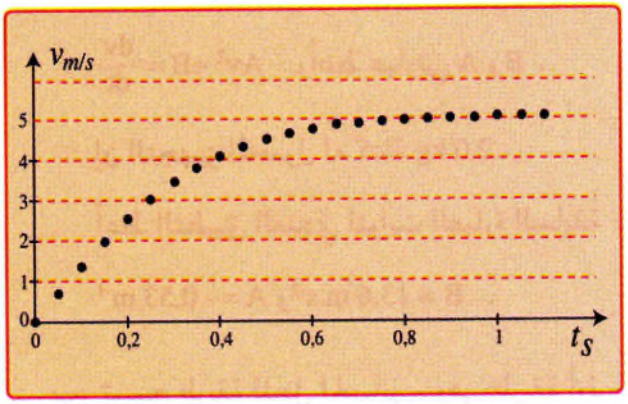
اللحظة $t(s)$	قيمة السرعة $v(t_n)m.s^{-1}$	قيمة التسارع $a(t_n)m.s^{-2}$	$\Delta v(t_n)m.s^{-1}$
$t = 0{,}0$	0	13,6	
$t_1 = 0{,}050$			
$t_2 = 0{,}100$		//////////	//////////

3.1. السرعة الحدية للمنطاد

أ. أعط العبارة الحرفية للسرعة الحدية v_L للمنطاد بدلالة A و B.

ب. أحسب قيمة هذه السرعة الحدية.

جـ. سمحت طريقة أولر بالحصول على المنحنى التالي :



قارن السرعة الحدية المحسوبة في (3.1.ب) مع القيمة المقروءة على المنحنى (لا يطلب حساب الفرق النسبي).

2. هل يتغير الثقل ودافعة أرخميدس مع الارتفاع؟

يعطي الجدول التالي قيم بعض المقادير المقاسة بجوار الأرض:

الارتفاع h(m)	تسارع الجاذبية $g_h(m.s^{-2})$	الكتلة الحجمية للهواء $\rho_h(kg.m^{-3})$
0	9,806 6	1,22
1 000	9,803 6	1,11
2 000	9,800 5	1,00
3 000	9,797 4	0,90
4 000	9,794 3	0,82
5 000	9,791 2	0,73
6 000	9,788 2	0,66
7 000	9,785 1	0,59
8 000	9,782 0	0,52
9 000	9,778 9	0,46

1.2. الثقل

بحساب الفرق النسبي $\left|\frac{g_{9\,000} - g_0}{g_0}\right| = \frac{\Delta g}{g}$، بيّن أنه بالنسبة للارتفاعات الواردة في الجدول السابق، يمكن اعتبار تسارع الجاذبية ثابتا بتقريب أقل من 1% .

ملاحظة : يمكن إذًا اعتبار أن الثقل ثابت بين الارتفاعين 0 m و 9 000 m.

2.2. دافعة أرخميدس

بالاستعانة بالجملة الواردة بين مزدوجين في بداية التمرين وباعتبار كيفي للتطور، بدلالة الارتفاع، لكل العوامل المؤثرة على دافعة أرخميدس (حيث قيمتها ممثلة بـ F_A)، اختر من بين الاقتراحات التالية النتيجة الملائمة :

أ. F_A تتزايد.

ب. F_A تبقى ثابتة.

جـ. F_A تتناقص.

د. لا يمكن استنتاج أي شيء.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

4. المظلي والسقوط الحر

(بكالوريا فرنسا، جوان 2004)

يهدف هذا التمرين في المرحلة الأولى إلى تحليل بعض المعطيات المستخرجة من وثيقة من الانترنت تتحدث عن مشروع "القفز الكبير" للمظلي مشال فورنيي و في مرحلة ثانية، دراسة قفز كلاسيكي لمظلي.

ملاحظة : الجزآن A و B مستقلان عن بعضهما.

الجزء A : القفز الكبير

عن نشرة الانترنت ليوم الجمعة 12 جويلية 2002 من اليومية الكيبكية «الواجب»

باريس – مشال فورنيي، عمره 58 ans، مظلي مدرّب قديم في القوات الفرنسية، صرّح البارحة بنيته القيام في سبتمبر، بالقفز في سقوط حر من ارتفاع 40 000 m، بكندا.

"الذي يهمّني خاصة، هو الرقم القياسي والتحدي البدني الذي يمثّله هذا القفز"، هذا ما صرح به مشال فورنيي في باريس.

لكي يحقق هذا العمل الباهر، سيكون مجهزا ببدلة تحافظ على ضغط عادي بداخلها، تشبه تلك المستعملة من طرف الفضائيين، مع تغيير تجعلها تتحمل درجة حرارة جد منخفضة (-110°C) ومجهزة بمظلة.
سيبلغ ارتفاع 40 000 m خلال 3 ساعات بالتقريب، على سلة، هي أيضا تحت ضغط عادي، ومربوطة بمنطاد منفوخ بالهليوم.

تقدر مدة القفز بـ 6 دقائق و25 ثانية.

في غياب الضغط الجوي، سيتجاوز فورنيي سرعة الصوت (1067 km/h)، ثلاثون ثانية تقريبا بعد إقلاعه في وضعية شاقولية. ثم يتم كبحه تدريجا خلال سقوطه بسبب الزيادة في كثافة الهواء. يمكنه بعدها استعادة وضعية أفقية و فتح مظلته في ارتفاع 1000 m.

لأسباب أمنية، يتم القفز في شمال كندا، فوق قاعدة ساسكاتون (Saskatoon)، في منطقة تمتاز بكثافة سكانية جد منخفضة.الرقم القياسي يحمله حاليا الأمريكي جوزاف كيتنغر، الذي قفز في أوت 1960 من سلة منطاد من ارتفاع 30 840 m.

1. قيمة الجاذبية (بداية القفز):

1.1. تخضع الجملة المتكونة من المظلي وتجهيزه، من طرف الأرض، لقوة الجاذبية $\vec{F}$.

عبّر حرفيا عن القيمة F لهذه القوة بدلالة كتلة الأرض M_T، نصف قطر الأرض R_T، ثابت التجاذب الكوني G، الكتلة m للجملة وارتفاعها h بالنسبة لسطح الأرض.

2.1. نماثل الثقل بقوة الجاذبية. استنتج العبارة الحرفية لقيمة الجاذبية g عند الارتفاع h.

3.1. أحسب قيمة g عند ارتفاع 40 km.

المعطيات :

$M_T = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg ; $R_T = 6{,}37 \times 10^{3}$ km

$G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ SI.

2. السقوط الحر (بداية القفز):

في بداية القفز، يكون الضغط الجوي جد منخفض : كثافة الهواء ضعيفة و يمكن إهمال فعله على المظلي. نقبل من أجل هذا السؤال أن قيمة الجاذبية ثابتة، وتساوي $g = 9{,}7$ N.kg^{-1}. نؤكد أن السرعة الابتدائية معدومة.

1.2. ما الذي نسميه السقوط الحر؟

2.2. أوجد عبارة تسارع مركز عطالة المظلي خلال هذه المرحلة من القفز.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

3.2. أوجد العلاقة التي تربط السرعة v بالمدة الزمنية للسقوط t. تحقّق من أنّ المدّة t_1 للسقوط التي تسمح بلوغ "سرعة" الصوت (أي $v_1 = 1\,067\ km.h^{-1}$) هي تلك المذكورة في النص.

4.2. أوجد العلاقة التي تربط بين المسافة المقطوعة x والمدة الزمنية للسقوط. أحسب المسافة x_1 المقطوعة عند بلوغ "سرعة" الصوت. ما هو حينئذ الارتفاع h_1 الذي يكون عنده المظلي؟

3. شروط درجة الحرارة :

1.3. يفضل مصطلح سرعة الانتشار عن مصطلح السرعة، عندما نتكلم عن الصوت. برر ذلك.

2.3. باعتبار أن سرعة انتشار الصوت متناسبة مع الجذر التربيعي للدرجة المطلقة للحرارة، حدّد القيمة θ_1 لدرجة حرارة الجو الموافقة لسرعة انتشار $v_1 = 1067\ km.h^{-1}$.

المعطيات :

سرعة انتشار الصوت $v_0 = 1\ 193\ km.h^{-1}$ عند $\theta_0 = 0°C$ ؛ $T = \theta + 273$ (θ درجة الحرارة بـ °C، درجة الحرارة المطلقة بـ °K).

الجزء B : القفز الكلاسيكي

إن كتلة الجملة المدروسة (المظلي وتجهيزه) هي $m = 80\ kg$. نفترض أن المظلي ينطلق بدون سرعة ابتدائية من منطاد غير متحرك يقع على ارتفاع 1 000 m. يتم القفز في مرحلتين.

1. المرحلة الأولى :

خلال المرحلة الأولى، المظلة ليست مبسوطة (منشورة). يمكن نمذجة الفعل المطبق من طرف الهواء بقوة قيمتها يعبّر عنها بـ $f = kv^2$ مع $k = 0,28$ S.I. نهمل دافعة أرخميدس العائدة للهواء. نعتبر أن قيمة الجاذبية ثابتة ومقدارها هو $g_0 = 9,8\ N.kg^{-1}$.

1.1. حدّد وحدة المعامل k (باستعمال الوحدات الأساسية للنظام الدولي).

2.1. أنجز حصيلة للقوى المطبقة على الجملة وأوجد المعادلة التفاضلية لتغير سرعة مركز عطالة الجملة بدلالة الزمن. بيّن أنها مماثلة عدديا لـ :

$$\frac{dv}{dt} = 9,8 - 0,003\,5\,v^2$$

3.1. إن منحنى تغير السرعة بدلالة الزمن ممثل في الملحق 1 (في نهاية الموضوع).

أ. حدّد السرعة الحدية والزمن المميز لهذه الحركة.

ب. كيف يمكننا الحصول من جديد، انطلاقا من هذه الوثيقة، على قيمة تقريبية للجاذبية ؟

4.1. تم الحصول في الواقع على المنحنى السابق من حل المعادلة التفاضلية السابقة بواسطة الطريقة الرقمية لأولر. نسخة من ورقة الحساب ممثلة فيما يلي:

اللحظة t(s)	السرعة v(m.s^{-1})	التسارع $a = \frac{dv}{dt}$ (ms^{-2})
0,00	0,00	9,80
0,10	0,98	9,80
0,20	1,96	9,79
0,30	2,94	9,77
0,40	3,92	9,75
0,50	4,89	9,72
0,60	5,86	9,68
0,70	6,83	9,64

أ. ما هي الخطوة Δt المستعملة في الحسابات؟

ب. إشرح طريقة أولر بحساب التسارع في اللحظة $t = 0,40\ s$ والسرعة في اللحظة $t = 0,50\ s$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ج. يوجد في الوثيقة المقدمة في الملحق1، منحنى تغير الوضعية x خلال الزمن.

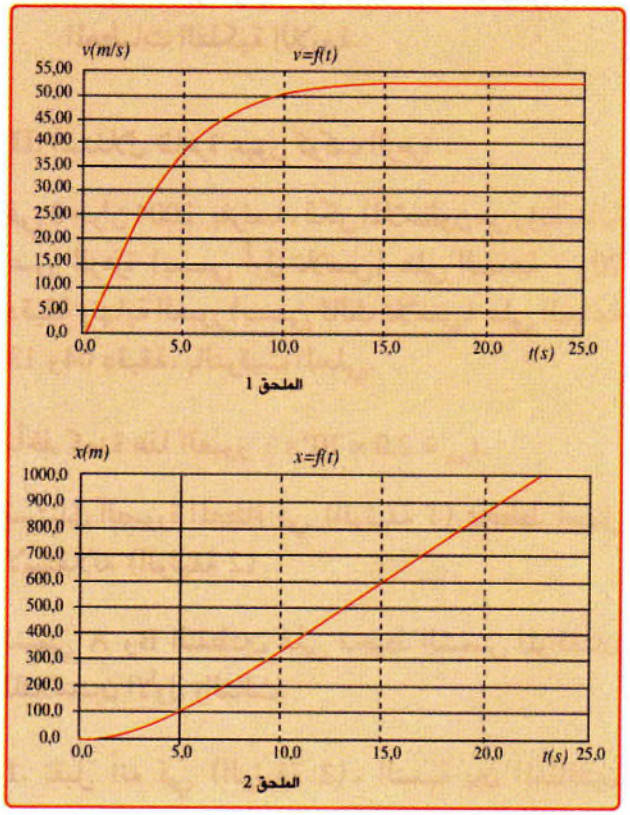
حدّد لحظة بلوغ المظلي الأرض إذا لم يفتح مظلته.

2. المرحلة الثانية :

يفتح المظلي مظلته عند اللحظة 12 s، فتنخفض السرعة ثم تستقر عند اللحظة 4 s عند قيمتها الحدية $4,5\ m.s^{-1}$.

1.2. إن فتح المظلة يغير قوة الاحتكاك المطبّقة من طرف الهواء فتصبح من الشكل $F' = k'v^2$. بالاستعانة بالعبارة الحرفية للسرعة الحدّية، حدّد قيمة k'.

2.2. مثل، على الملحق2، الذي يجب أن يرفق ورقة الامتحان، تطور السرعة خلال الزمن (التطور الموافق لكامل القفز). التطور الموافق للسقوط المدروس خلال المرحلة الأولى، أي أثناء عدم فتح المظلة، (يرسم بخط متقطع).



5. عبور كوكب الزهرة في 8 جوان 2004

(بكالوريا فرنسا، سبتمبر 2005).

ملاحظة : استعمال الآلة الحاسبة غير مسموح.

الوثيقة : نعني بعبور كوكب مروره بين الأرض والشمس. يظهر هذا، للملاحظ الأرضي، على شكل قرص أسود في عمق لمعان الشمس.

عبورات كوكب الزهرة هي ظاهرة جد نادرة. نعد في الواقع عبورين لكوكب الزهرة أمام الشمس في القرن، لكن لم يحدث أي عبور في القرن XX. في القرن XIX حدث عبور الكوكب أمام قرص الشمس في 1874 و في القرن XXI سنة 1882، حدثت نفس الظاهرة في 8 جوان 2004.

سيحدث العبور الموالي لكوكب الزهرة في 6 جوان 2012 لكن لن يكون مرئيا من فرنسا.

الوثيقة 1 تركيب فوتوغرافي، حققه فضائي هاو بفرنسا. نرى في نفس الصورة بعض وضعيات هذا العبور.

وثيقة 1



انطلاقا من هذه الصورة ومن معطيات فلكية، يريد فلكي هاوٍ أن يقيس السرعة المدارية لمركز عطالة كوكب الزهرة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

بعض المعطيات الفلكية

الشمس :

الكتلة : $M_1 = 2{,}0 \times 10^{30}\,kg$

المسافة المتوسطة إلى الأرض : $R_1 = 1{,}5 \times 10^{8}\,km$

القطر : $D_1 = 1{,}4 \times 10^{6}\,km$

الزهرة :

يرمز للكتلة بـ : M_2

المسافة المتوسطة إلى الشمس $R_2 = 1{,}0 \times 10^{8}\,km$

ثابت التجاذب الكوني $G = 6{,}6 \times 10^{-11}\,SI$

من أجل التطبيقات العددية، يجب الاختيار في المعطيات المعطاة المقدار المناسب للنتيجة المنتظرة.

I. دراسة مميزات حركة كوكب الزهرة :

نعتبر في كل التمرين أن الأرض و الزهرة ممثلتان بمركزي عطالتهما. يعتبر الفلكي الهاوي أن كوكب الزهرة يدور حول الشمس على مدار دائري مركزه هو مركز عطالة الشمس.

1. كيف نسمي هذا المرجع المستعمل في الدراسة ؟

2. سمّ وعبّر شعاعيا ثم مثّل على مخطط، القوة المطبّقة على كوكب الزهرة من طرف الشمس.

3. في مرجع الدراسة، طبّق على كوكب الزهرة القانون الثاني لنيوتن (نهمل فعل الكواكب الأخرى على الزهرة). استنتج عبارة شعاع التسارع.

4. الدراسة النظرية للسرعة المدارية لكوكب لزهرة :

1.4. علما أن حركة كوكب الزهرة منتظمة، أعط مميزات شعاع التسارع لكوكب الزهرة.

2.4. تأكد بأن عبارة السرعة لهذا الكوكب، في المرجع المختار، هي : $v_2 = \sqrt{\frac{GM_1}{R_2}}$

3.4. باستعمال المعطيات الفلكية المقدمة، أحسب قيمة هذه السرعة معبرا عنها برقمين دالين، .

نأخذ في الحساب : $\sqrt{13} = 3{,}6$ ،

5. دراسة دور الزهرة :

1.5. عرّف الدور T_2 لدوران كوكب الزهرة.

2.5. عبّر عن هذا الدور بدلالة السرعة v_2 والمسافة R_2. أحسب قيمة هذا الدور (بالثواني).

كمساعدة في الحساب :

$$\frac{2\pi}{3{,}6} = 1{,}7 \quad ; \quad 2\pi \times 3{,}6 = 23$$

6. القانون الثالث لكبلر :

1.6. انطلاقا من الإجابة عن السؤالين (2.4) و (2.5)، أوجد القانون الثالث لكبلر.

2.6. يسمح هذا القانون بتحديد كتلة كوكب مركزي إذا كانت قيمتي دور ونصف قطر مدار أحد الأقمار معلومة. عبر حرفيا عن الكتلة M_1 للشمس بدلالة المعطيات الفلكية اللازمة.

II. استغلال ظاهرة عبور كوكب الزهرة :

في 8 جوان 2004 بفرنسا، تمكن الملاحظون من رؤية بداية عبور الزهرة (يسمى أول تلامس) على الساعة 7 و20 دقيقة ونهاية العبور (يسمى ثالث تلامس) على الساعة 13 و04 دقيقة، بالتوقيت المحلي.

نأخذ كمدة هذا العبور : $t_{AB} = 2{,}0 \times 10^{4}\,s$.

نستبدل الصورة المعطاة في (الوثيقة 1) بمخطط أسهل لاستغلاله (الوثيقة 2).

نسمي A و B النقطتين على محيط الشمس الموافقتين للتلامسين الأول والثالث.

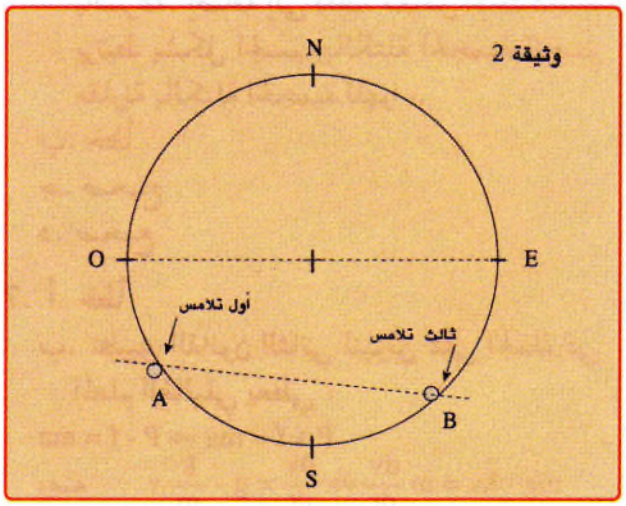
1. نقبل أنه في (الوثيقة 2)، النسبة بين المسافتين

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

$\frac{AB}{OE}$ تساوي $\frac{3}{4}$.

باستعمال المعطيات الفلكية المقدمة، أحسب المسافة AB على سطح القرص الشمسي.

وثيقة 2



2. ينتقل كوكب الزهرة في الفضاء بين الأرض والشمس. في كل لحظة وضعيات كل من الأرض و الزهرة و البقعة المعلّمة على قرص الشمس تكون على خط مستقيم(أنظر الوثيقة 3).

1.2. في البداية، يعتبر الفلكي الهاوي أن خلال المدة الزمنية لعبور الزهرة، تبقى الأرض ثابتة بالنسبة للشمس، في الوضعية Q_1(أنظر الوثيقة 3).

باعتبار أن المدة المستغرقة بين التلامس الأول والتلامس الثالث تساوي $t_{AB} = 2{,}0 \times 10^4\,s$، بيّن أن سرعة كوكب الزهرة المحددة انطلاقا من (الوثيقة 3) هي قريبة من $v_1 \approx 18\,km.s^{-1}$ (قيمة أصغر من القيمة التي تم حسابها في (3.4) في الجزء الأول).

نفرض أن القطعتين A'B' وAB متوازيتان.

2.2. لشرح الفرق بين القيمتين المحسوبتين أراد الفلكي الهاوي التحقق من إذا كان مقبولا أن نعتبر بأن الأرض غير متحركة (ساكنة) عند الوضعية Q_1 خلال المدة الزمنية للعبور.

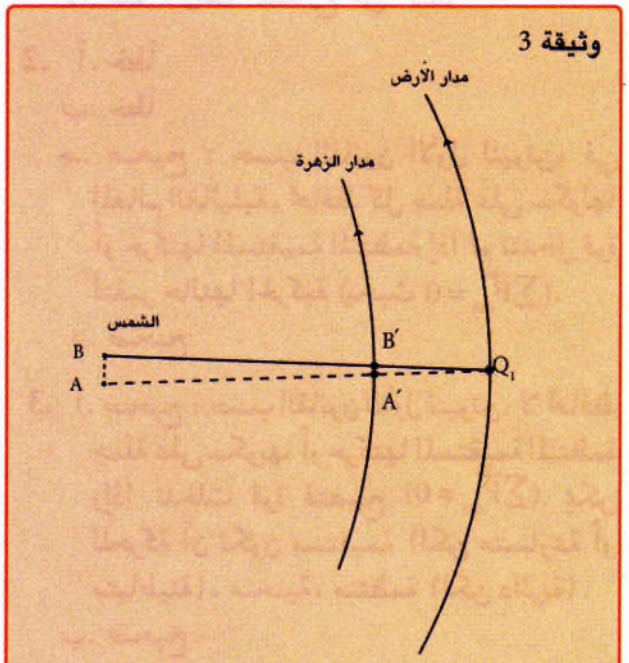
علما أن الأرض تنتقل على مدارها بسرعة $30\,km.s^{-1}$، أحسب المسافة Q_1Q_2 المقطوعة من طرفها على مدارها خلال المدة الزمنية t_{AB}. قارنها مع المسافة AB وبيّن أنه لا يمكن اعتبار الأرض ساكنة خلال هذه الفترة.

3.2. إذا انتقلت الأرض من الوضعية Q_1 إلى الوضعية Q_2، خلال المدة الزمنية t_{AB}، وانتقل كوكب الزهرة من الوضعية 'A إلى الوضعية "B (مختلفة عن 'B).

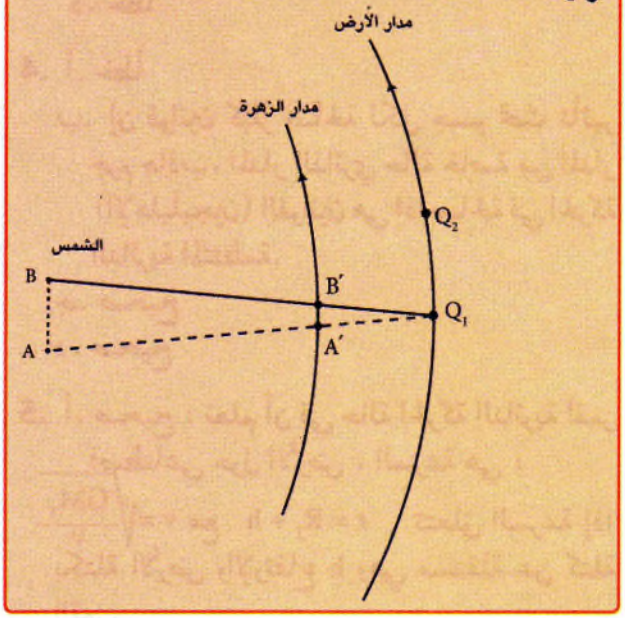
أرسم على الوثيقة (4) النقطة "B لتبيّن أن المسافة الحقيقية "A'B المقطوعة من طرف الزهرة خلال مدة الاحتجاب أكبر من 'A'B.

نستطيع هكذا إيجاد، بواسطة الحساب، مقدار السرعة المدارية للزهرة، المعطاة في الجداول الفلكية، أي $35\,km.s^{-1}$.

وثيقة 3



وثيقة 4



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تصحيح

تصحيح فحص التقويم ذاتي

1. أ. صحيح : شعاع السرعة للمسار وموجه نحو جهة الحركة.
ب. صحيح : تغير شعاع السرعة معدوم لأن شعاع السرعة ثابت جهة وقيمة.
جـ. خطأ : تسارع الجملة موجة نحو مركز الدائرة. حتى قيمة السرعة ثابتة في كل لحظة، جهة شعاع السرعة تتغير.
د. خطأ : وحدة التسارع هي $m.s^{-2}$

2. أ. خطأ
ب. خطأ
جـ. صحيح : حسب القانون الأول لنيوتن، في المعالم الغاليلية، تحافظ كل جملة على سكونها أو حركتها المستقيمة المنتظمة إذا لم تتدخل قوة لتغير حالتها الحركية (بحيث $\sum \vec{F}_{ext} = 0$).
د. صحيح

3. أ. صحيح : حسب القانون الأول لنيوتن، لا تحافظ جملة على سكونها أو حركتها المستقيمة المنتظمة وإذا تدخلت قوة فتصبح ($\sum \vec{F}_{ext} \neq 0$). يمكن للحركة أن تكون مستقيمة (لكن متسارعة أو متباطئة)، منحنية، منتظمة (لكن دائرية).
ب. صحيح
جـ. صحيح
د. خطأ

4. أ. خطأ
ب. إن قوانين كبلر صالحة لكل جسم تحت تأثير جرم جاذب، المدار الدائري حالة خاصة من المدار (الإهليليجين) القوانين هي إذا صالحة في الحركة الدائرية المنتظمة.
جـ. صحيح
د. صحيح

5. أ. صحيح : نعلم أن في حالة الحركة الدائرية لقمر اصطناعي حول الأرض ، السرعة هي :
$v = \sqrt{\frac{GM_T}{r}}$ مع $r = R_T + h$. تتعلق السرعة إذا بكتلة الأرض والإرتفاع h وهي مستقلة عن كتلة القمر.

ب. خطأ
جـ. صحيح
د. خطأ

6. أ. صحيح : قوة الإحتكاك مع الهواء $f = h v$ ترتبط بالسرعة. إضافة إلى ذلك، معامل الإحتكاك h يرتبط بشكل الجسم وبالكتلة الحجمية للجسم مقارنة بالكتلة الحجمية للهواء.
ب. خطأ
جـ. صحيح
د. صحيح

7. أ. خطأ
ب. تطبيق القانون الثاني لنيوتن على الجملة في المعلم الغاليلي يعطي :

$$P + f = ma \Rightarrow P - f = ma$$

ومنه $mg - kv = m\frac{dv}{dt} \Rightarrow \frac{dv}{dt} = g - \frac{k}{m}v$

ونحصل على السرعة الحذية عندما $\frac{dv}{dt} = 0$ ومنه $v_L = \frac{m}{k}g$

جـ. صحيح
د. خطأ

8. أ. خطأ
ب. خطأ
جـ. صحيح : نأخذ المستوي المرجعي $t = 0$. الطاقة محفوظة إذا :

$$E_i = E_f$$
$$\frac{1}{2}mv_0^2 + mg z_i = 0 + mg z_f$$
$$\Rightarrow z_f = \frac{1}{2g}v_0^2 + z_i = 22m$$

9. أ. خطأ
ب. خطأ
جـ. صحيح : حسب نموذج بور للذرة، الطاقة مكممة لايمكنها أخذ قيما كيفية.
د. خطأ

10. أ. خطأ
ب. خطأ
جـ. صحيح : التغير في طاقة الذرة بين المستوى الأساسي والمستوى المثار هو نفسه بالقيمة المطالقة خلال إصدار أو امتصاص فوتون. للفوتون إذا طول الموجة نفسه والتواتر نفسه.
د. خطأ

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تصحيح بعض التمارين

تمرين 3 : **1.** بين $t = 0s$ و $t_1 = 15s$ ، السرعة تتزايد بانتظام.

بين $t_1 = 15s$ و $t_2 = 40s$، تتزايد السرعة بغير انتظام.

2. من أجل $t < t_1$. الحركة متسارعة بالنتظام.

3. من أجل $t > t_2$. الحركة مستقيمة بانتظام.

4. الجزء المستقيم المار من المبدأ:

$a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ و عليه : $a_1 = \frac{120}{15} \times \frac{1}{3,6} = 2,2 m.s^{-2}$

حساب ميل ظل المنحنى عند اللحظة $t_2 = 20s$ يعطي:

$$a_2 = \frac{140 - 90}{20} \times \frac{1}{3,6} = 0,69\ m.s^{-2}$$

تمرين 5 : نجد $\vec{F}_2$ بتطبيق القانون الثاني لنيوتن

$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = m\vec{a}$ ومنه $\vec{F}_2 = m\vec{a} - \vec{F}_1$

$\vec{F}_2 = (9\vec{i} - 8\vec{j} - 3\vec{k})\ N$

تمرين 7 : **1.** بما أننا نعتبر أن قوة الدفع $\vec{F}_x$ هي القوة الأفقية الوحيدة المؤثرة على الطائرة، قيمة التسارع عند الاقلاع هي:

$$a_x = \frac{F_x}{m} = \frac{8,8 \times 10^5 N}{3,0 \times 10^5 kg} = 2,9\ m/s^2$$

2. السرعة هي :

$v_x = v_{xo} + a_x t = 0 + (2,9 m/s^2)\ (10s) = 29\ m/s$

تمرين 8 :

1. العربة A (1) $\sum F_x = F_0 - F_{BA} = m_A a_x$

العربة B (2) $\sum F_x = F_{BA} = m_B a_x$

من المعادلة (2)، نستنتج أن

$F_{BA} = (8 \times 10^3 kg)\ (2 m/s^2) = 1,6 \times 10^4 N$

بما أن $F_{AB} = F_{BA}$، تصبح المعادلة (1)

$F_0 - 1,6 \times 10^4 = (1,2 \times 10^4 kg)\ (2 m/s^2)$

التي تعطي $F_0 = 4,0 \times 10^4\ N$

2. القوة المطبقة على القاطرة من طرف السكة :

$F_x = m_{tot} a_x = (1,2 \times 105\ kg)\ (2 m/s^2) = 2,4 \times 10^5 N$

تمرين 12 :

نطبق القانون الأول لنيوتن لتحديد التوترين في :

1. $T_1 = 4,9\ N$ و $T_2 = 2,94\ N$

2. $T_1 = 4,9\ N$ و $T_2 = 2,94\ N$

نطبق القانون الثاني لنيوتن لتحديد التوترين في :

3. $T_1 = 5,9\ N$ و $T_2 = 3,54\ N$

4. $T_1 = 3,9\ N$ و $T_2 = 2,34\ N$

5. التسارع هو: $a = 10,2\ m/s^2$

تمرين 13 :

$v = \sqrt{2a\Delta y} = \sqrt{\frac{2\ mgH}{2M + m}}$.

يحفظ بهذه السرعة على مسافة D خلال مدة زمنية t

إذا $H = \frac{D}{t}$ ومنه $v = \sqrt{\frac{mg}{2M + m}}$ $\frac{2\ mgH}{2M + m} = \frac{D^2}{t^2}$

وعليه $g = \frac{(2M + m)D^2}{2\ mHt^2}$.

تمرين 20 : $N_1 = mg = 60kg \times 9,8N/kg = 588N$

$N_2 = (60kg)\ (4,19m/s)^2 / (8m) = 132N$

بتطبيق : $\vec{N} = \vec{N}_1 + \vec{N}_2$ ؛ نجد : $N = 602N$

تمرين 21 :

المسافة بين كتلتين هي: $L = 2r\cos 30° = r\sqrt{3}$

نطبق قانون الجذب العام بين نجمين:

ومنه : $\omega^2 = \frac{Gm}{r^2\sqrt{3}}$ $F = \frac{Gm^2}{r\sqrt{3}} = m\frac{v^2}{r} = m\omega^2 r$

تمرين 24 :

نطبق قانون كبلر على القمرين : $\frac{T_D}{T_E} = 1,997 \approx 2,00$

تمرين 31 :

قيمة الثابت k : $k = \frac{mg - \Pi}{v_L} = \frac{ma_x}{v_L} = 0,028 kg.s^{-1}$

تمرين 32 :

2. المدة والسرعة : $t_1 = \sqrt{\frac{2z_1}{g_L}} = \sqrt{\frac{2 \times 2}{1,6}} = 1,6s$

$v_1 = v_z(t_1) = g_L t_1 = 2,5\ m.s^{-1}$

تمرين 35 : **1.** $\frac{P}{\pi} = 770$ $(\pi << P)$

2. المعادلة التفاضلية هي : $\frac{dv}{dt} + \frac{6\pi r\eta v}{m} v = g$

3. السرعة الحدية هي : $v_L = \frac{mg}{6\pi r\eta} = 0.048\ m.s^{-1}$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

معجم

الفيزياء

أ	أفعال متبادلة	Interactions (Actions réciproques)	أفعال تؤثر على جسم يتسبّب فيها جسم آخر والعكس.
	إلكترون فولط (eV)	Electronvolt (eV)	وحدة عملية للطاقة تستعمل في التعبير عن الطاقة على المستوى المجهري.
	النشاط الإشعاعي	Radioactivité	تفاعل نووي عفوي يحوّل نواة إلى نواة أخرى بإصدار إشعاع.
	انتقال	Transition	الإنتقال من مستو للطاقة إلى آخر.
	اندماج	Fusion	التفاعل االنووي الذي تلتحم فيه نواتان خفيفتان لتشكل نواة أكثر ثقلا.
	انشطار	Fission	تفاعل نووي يحدث عندما تقذف نواة ثقيلة بنيترون حيث تتشكل نواتان خفيفتان ونيترونات.
ب	بكريل (Bq)	Becquerel	نشاط منبع إشعاعي يحدث فيه تفككا واحدا في الثانية.
ت	تأريخ النشاط الإشعاعي	Datation radioactive	آلية تسمح بتحديد عمر بعض الأشياء مثال التأريخ بواسطة الكربون 14.
	تحديد الكمية	Quantification	يكون بتحديد الكمية عندما لا يأخذ المقدار (أو الطاقة مثلا) إلاّ قيما معيّنة.
	تحليل بعدي	Analyse dimensionnelle	طريقة تسمح بالتعبير عن بعد مقدار بدلالة المقادير الأساسية L.M.T.
	تدفق الشحنة	Débit de charge	شحنة كهربائية تمر بمقطع لموصّل خلال مدّة معينة (ثانية مثلا). شدة تيار مستمر تعادل تدفّقا للشّحنات في الثانية (في الإتجاه الإعتيادي).
	تكافؤ كتلة – طاقة	Equivalence masse-énergie	تمتلك كتلة طاقة معطاة بعلاقة انشتاين $E = mc^2$.
	تناقص النشاط الإشعاعي	Décroissance radioactive	قانون تطور العدد N للأنوية المشعة في عيّنة بدلالة الزمن.
	تواتر	Fréquence	عدد الإهتزازات التامة في الثانية يعبّر عنه بالهرتز (Hz) في النظام الدولي (SI).

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

	تواتر حر	Fréquence propre	تواتر إهتزازات حرّة لجملة غيرمتخامدة.
	توتر	Tension	مقدار يميّز الحالة الكهربائية بين نقطتين في دارة.
ث	ثابت الزمن	Constante de temps	ثابت مميّز τ يدخل مثلا في شحن أو تفريغ المكثفة وثبات التيار في وشيعة أو انعدامه.
	ثابت النشاط الإشعاعي	Constante radioactive	ثابت مميّز لنواة مشعة.
	ثانية	Seconde	وحدة الزمن في النظام الدولي (SI) تعرّف انطلاقا من دور الإشعاع الصادر عن تحوّل ذرّة السيزيوم.
	ثنائي القطب RL	Dipôle RL	ربط على التسلسل لناقل أومي R وذاتية L.
	ثنائي القطب RC	Dipôle RC	ربط على التسلسل لناقل أومي R و مكثفة C
ج	جسيمات α، β و γ	Particules	جسيمات صادرة من نواة مشعّة أثناء تفكّكها (نواة هيليوم، الكترون، يوزيتون).
	جملة ميكانيكية	Système mécanique	جسم أو مجموعة أجسام معنية بتطبيق التحريك.
ح	حركة دائرية منتظمة	Mouvement circulaire uniforme	حركة نقطة مادية تتحرك على مسار دائري بسرعة قيمتها ثابتة.
د	دور	Période	مدّة اهتزاز تام لجملة مهتزّة غير متخامدة.
	دور ذاتي	Période propre	مدّة اهتزاز حرّ لجملة مهتزّة غير متخامدة.
ذ	ذاتية	Inductance	مركب كهربائي. يمكن اعتبار الوشيعة كذاتية مربوطة على التسلسل بناقل أومي.
ر	رنّانة	Résonateur	جملة مهتزة تستقبل إشارات دورية ناتجة عن المحرض.
س	ساعة ميقاتية	Horloge	جهاز يشتمل على عيار للمدة الزمنية يسمح بقياس الوقت.
	سرعة انتشار	Célérité	سرعة انتشار ظاهرة تموّجية.
	سرعة حدّية	Vitesse limite	السرعة الموافقة للنظام الدائم.
	سعـة	Amplitude	قيمة عظمى لظاهرة دورية غير متخامدة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

سقوط حر	Chute libre	السقوط الحر الذي يكون فيه الجسم تحت تأثير ثقله فقط. عمليا يكون السقوط حرّا إذا تم إهمال قوة ارخميدس وقوة الإحتكاك مقارنة الثقل.
شحنة لبوس	Charge d'une armature	الشحنة الكهربائية التي يحملها أحد لبوسي المكثفة.
شدة التيار الكهربائي	Intensité (d'un courant)	مقدار يتعلق بحركة الشحنات في الدارة.
شروط ابتدائية	Conditions initiales	الشروط التي تتواجد فيها الجملة في بداية حركتها.
شعاع التسارع	Vecteur accélération	شعاع مشتق شعاع السرعة.
شعاع السرعة	Vecteur vitesse	شعاع مشتق شعاع الموضع. إنه مماس للمسار وفي اتجاه الحركة.
ص ضياع الطاقة	Dissipation d'énergie	تحول حراري مثلا عندما يمر تيار كهربائي في ناقل أومي.
ط طاقة	Energie	مقدار أساسي في الفيزياء يقدر بالجول.
طاقة الربط	Energie de liaison	الطاقة اللاّزمة لتحطيم نواة في حالة الراحة.
طاقة ثابتة	Energie constante	في بعض الحالات تتطوّر الجملة بحيث تبقى طاقتها ثابتة (على شكل طاقة ميكانيكية مثلا).
طاقة حركية	Energie cinétique	الطاقة المرتبطة بحركة الجسم.
طاقة كامنة	Energie potentielle	الطاقة التي تمتلكها الجملة نظرا لحالتها.
طاقة كتلة	Energie de masse	حسب التكافؤ كتلة – طاقة تكون الطاقة التابعة للكتلة m هي $E = mc^2$.
طريقة أولير	Méthode d'Euler	طريقة تكرارية تسمح مثلا بحساب السرعة لمتحرك بدلالة الزمن انطلاقا من المعادلة التفاضلية.
ع عشوائي	Aléatoire	غير متحكم فيه.
علاقة شدّة توتّر	Relation tension-intensité	بالنسبة لذاتية أو ثنائي الأقطاب RL هي العلاقة بين الشدة i و التوتر u. بين الطرفين.
عمل عنصري	Travail élémentaire	عمل قوة عند انتقال عنصري (جداء سلّمي).

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ش	غاليلي	Galiléen	معلم يطبّق فيه قانوني نيوتن الأول والثاني.
ف	فاصلة زاوية	Abscisse angulaire	للنواس البسيط المهتز، الزاوية المحصورة بين الخيط والشاقول.
ق	قوانين نيوتن	Lois de Newton	القوانين الثلاثة المستعملة في دراسة التحريك.
	قوة خارجية	Force extérieure	القوة التي يؤثر بها الوسط الخارجي على الجملة.
	قوة داخلية	Force intérieure	القوة التي يؤثر بها جزء جملة على جزء آخر منها.
	قوة مركزية (شعاعية)	Force radiale	القوة التي يمر اتجاهها بنقطة ثابتة (مركز الحركة). مثال، في حالة الحركة الدائرية المنتظمة، القوة التي تؤثر على الجسم الصلب تمر بمركز الدائرة.
ك	كوانتوم الطاقة	Quantum d'énergie	كمية الطاقة الأولية المنقولة في حزمة ضوئية.
م	مبدأ العطالة	Principe d'inertie	القانون الأول لنيوتن.
	متر	Mètre	وحدة الطول في النظام الدولي (SI)، يعرّف حاليا انطلاقا من سرعة انتشار الضوء في الفراغ.
	مرجع أرضي مركزي	Référentiel géocentrique	مرجع مشكل من الأرض وثلاث جهات متجهة إلى ثلاث نجوم تبدو ثابتة.
	مرجع	Référentiel	الجسم الذي تدرس بالنسبة له حركة الأجسام الأخرى.
	مركز العطالة	Centre d'inertie	النقطة في الجسم الصلب التي تكون حركتها مميّزة عن باقي النقاط.
	مسار قطع مكافئ	Trajectoire parabolique	مسار له شكل قطع مكافئ.
	مستوى الطاقة	Niveau d'énergie	قيمة الطاقة للذرة، لنوية أو جزيئ. مستويات الطاقة تكون مكمّمة.
	معادلة تفاضلية	Equation différentielle	المعادلة التي تشمل دالة في الزمن بمشتقاتها (واحدة أو أكثر).
	معادلة زمنية بارامترية	Equations horaires paramétriques	المعادلات التي تعطي الإحداثيات بدلالة الزمن لمتحرك نقطي.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

معلم	Repère	جملة من 1، 2 أو 3 محاور مرتبطة بمرجع وتسمح بمعرفة موضع نقاط المتحرك.
مكثّفة	Condensateur	مركب كهربائي متكوّن من لبوسين معدنيين مفصولين بعازل.
ن نصف عمر النشاط الإشعاعي	Demi-vie radioactive	المدة التي تتفكك خلالها نصف الأنوية لعيّنة مشعة.
نظائر	Isotopes	هي الأنوية التي لها نفس عدد الشحنات وأعداد كتلة مختلفة. تختلف النظائر عن بعضها بعدد النيترونات التي تحتوي عليها.
نقص الكتلة	Défaut de masse	الفرق بين كتلة النويات للنواة مأخوذة متفرّقة وكتلة النواة. هذا الفارق يكون دوما موجبا.
نموذج	Modèle	تمثيل مثالي لحالة فيزيائية. يجب أن يكون النموذج مبسّطا و شاملا ليتطابق مع الواقع.
نواة	Noyau	الجزء المركزي للذرة، مكوّنة من بروتونات و نيترونات.
و وحدة الكتلة الذرية	Unité de masse atomique	وحدة عملية للكتلة تستعمل على المستوى المجهري $1\ u = 1{,}66 \times 10^{-27} kg$.

الكيمياء

أ أساس عند برونشتد	Base au sens de Bromshted	فرد كيميائي له القدرة على إكتساب بروتونات.
إصطدام فعال	Choc efficace	إصطدام ذو طاقية كافية وإتجاه معين يمكّن من فك الروابط بين الأفراد الكيميائية المعتبرة.
ت تحول كيميائي	Transformation chimique	تحول يحدث لجملة كيميائية فتتغير حالتها من حالة إبتدائية إلى حالة نهائية.
ترسيب	Précipitation	ترسب نوع كيميائي.
ترشيح	Filltration	عملية فصل بين نوع صلب وسائل.
تفاعل كيميائي	Réaction chimique	تفاعل ينمذج تحولا كيميائيا ويرمز له بمعادلة تسمى معادلة التفاعل الكيميائي.
تفكك ذاتي	Autoprotolyse	تحلل ذاتي لنوع كيميائي.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تقدم أعظمي	Avancement maximal	التقدم الممكن والأعظمي إذا كان التحول تاما.
تقدم التفاعل	Avancement d'une réaction	مقدار يميز حالة الجملة خلال تحول كيميائي، فهو يعبر عن عدد مرات تكرار ظاهرة التفاعل الذي يحدث خلال التحول.
تقدم نهائي	Avancement final	التقدم الممكن عند نهاية التحول.
تكافؤ	Equivalence	خلال المعايرة التكافؤ يمثل إختفاء المتفاعلات كليا.
تمديد	Dilution	عملية تخفيف محلول مركز.
تمديد وتبريد	Trempe	عملية تخفيف بواسطة الماء البارد قصد توقيف تفاعل كيميائي.
تواتر الإصطدامات	Fréquence des chocs	عدد الإصطدامات بين الأفراد خلال وحدة الزمن.
توازن كيميائي	Equilibre chimique	خلال تحول كيميائي غير تام التفاعل المنمذج له يحدث في إتجاهين متعاكسين بحيث في الحالة النهائية كميات المتفاعلات والنواتج لا تتغير.
ث ثابت التوازن K	Constante déquilibre	القيمة التي يأخذها كسر التفاعل عند حالة التوازن.
ثابت الحموضة K_a	Constante d'acidité Ka	مقدار يميز التفاعل بين الحمض والماء ويعبر عن قدرة إنحلال الحمض في الماء.
ثنائية (أساس/حمض)	Couple Acide/Base	ثنائية تتشكل من حمض وأساس مرافق.
ج جداء شاردي للماء K_e	Produit ionique de l'eau	ثابت التوازن الموافق للتفكك الذاتي للماء.
ح حجم	Volume	سعة.
حجم عند التكافؤ	Volume à l'équivalence	الحجم المسكوب عند التكافؤ خلال المعايرة.
حركة بروونية	Mouvement Brownien	حركة مستمرة وعشوائية لجسيمات صلبة في سائل أو غاز تحت تأثير الإصطدامات بينها وبين جزيئات المائع.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

	حركة حرارية	Agitation thermique	حركة سريعة وعشوائية للأفراد الكيميائية تحت تأثير درجة الحرارة.
	حركية التحول	Cinétique chimique	تطور جملة كيميائية مع الزمن.
	حمض	Acide	عند برونشتد فرد كيميائي بإمكانه تحرير بروتونات.
ر	رشاحة	Filtrat	السائل الناتج عن عملية الترشيح.
س	سرعة	Vitesse	كمية مادة متشكلة أو مختفية خلال وحدة الزمن
	سرعة التفاعل	Vitesse de réaction	مقدار تقدم التفاعل خلال وحدة الزمن.
	سرعة حجمية للتفاعل	Vitesse volumique de réaction	مقدار تقدم التفاعل خلال وحدة الحجم ووحدة الزمن.
ع	عوامل حركية	Facteurs cinétiques	العوامل التي تؤثر في سرعة التفاعل
ك	كاشف ملون	Indicateur coloré	ثنائية (أساس/حمض) حيث الصفة الحمضية والصفة الأساسية لهما لونين مختلفين ويستعمل في المعايرة اللونية من أجل الكشف عن التكافؤ
	كسر التفاعل Q_r	Quotient de réaction	مقدار يميز حالة جملة يتغير خلال التحول الكيميائي من Q_{ri} إلى Q_{rf}.
م	مجال تغير اللون	Zone de virage	مجال تغير pH حيث الكاشف يغير لونه.
	محفز	Catalyseur	نوع كيميائي يستعمل كوسيط من أجل تسريع التفاعل
	محلول أساسي	Solution basique	محلول حيث المذاب أساس (قاعدة)
	محلول حمضي	Solution acide	محلول حيث المذاب حمض
	محلول شاردي	Solution ionique	محلول يحتوي على شوارد
	محلول مائي	Solution aqueuse	محلول حيث المذيب ماء
	مردود	Rendement	مقارنة النتيجة العملية مع النتيجة المنتضرة
	معادلة التفاعل	Equation de la réaction	رمز التفاعل المنمذج لتحول كيميائي

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

معايرة	Dosage-titrage	تحول كيميائي يمكن من تعيين تركيز مجهول المحلول
معايرة pH مترية	Dosage pH métrique	معايرة بواسطة متابعة pH الوسط التفاعلي
معايرة عن طريق قياس الناقلية	Dosage conductimétrique	معايرة بمتابعة ناقلية الوسط التفاعلي
معايرة لونية	Dosage colométrique	معايرة يحدث فيها التكافؤ ويكشف عنه بواسطة التغير في اللون.
معيار التطور	Critère d'évolution	كسر التفاعل Qr يمكن من توقع اتجاه تطور جملة كيميائية.
منحنى المعايرة	Courbe de dosage	منحنى يمثل تغيرات المقدار (G أو pH) بدلالة الحجم المسكوب.
منحنى مشتق	Courbe dérivée	منحنى $f(V) = \frac{dpH}{dV}$ يمكن من تعيين نقطة التكافؤ.
ن ناقلية	Conductance	مقدار فيزيائي يرمز إلى القدرة على النقل الكهربائي لمحلول شاردي.
ناقلية نوعية	Conductivité	مقدار فيزيائي يرمز إلى طبيعة الشوارد في المحلول
ناقلية نوعية مولية شاردية	Conductivité molaire ionique	مقدار يرمز إلى حركية الشاردة في محلول
نسبة التقدم	Taux d'avancement	مقارنة تقدم التفاعل في لحظة ما مع التقدم الأعظمي.
نسبة التقدم النهائي	Taux davancement final	مقارنة تقدم التفاعل النهائي مع التقدم الأعظمي.
و وساطة	Catalyse	عملية تحفيز تحول كيميائي أي تسريعه
وساطة أنزيمية	Catalyse enzymatique	بروتين يقوم بوساطة بيولوجية
وساطة متجانسة	Catalyse homogéne	المتفاعلات والوسيط توجد في نفس الطور
وسيط	Catalyseur	نوع كيميائي يقوم بعملية الوساطة

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

جدول بعض النظائر

الرقم الذري	العنصر	الرمز	العدد الكتلي	الكتلة الذرية	الوفرة	نصف العمر
0	نيترون	n	1	1,008 665	-	10,3 min (β^-)
1	هيدروجين	H	1	1,007 825 035(12)	99,985(1)	
1	ديتيريوم	D	2	2,014 101 779 (24)	0,015(1)	
1	تريسيوم	T	3	3,016 049 27 (4)	-	12,32 a (β^-)
2	هيليوم	He	3	3,016 029 31 (4)	0,000 137(3)	
2			4	4,002 603 24(5)	99,999 863(3)	
3	ليسيوم	Li	6	6,015 121 4(7)	7,5(2)	
3			7	7,016 003 0(9)	92,5(2)	
4	بيريليوم	Be	9	9,012 182 2(4)	100	
5	بور	B	10	10,012 936 9(3)	19,9(2)	
5			11	11,009 305 4(4)	80,1(2)	
6	كربون	C	12	12	98,90(3)	
6			13	13,003 354 826(17)	1,10(3)	
6			14	14,003 241 982(27)	-	5715 a (β^-)
7	أزوت	N	14	14,003 074 002(26)	99,634(9)	
7			15	15,000 108 97(4)	0,366(9)	
8	أكسجين	O	16	15,994 914 63(5)	99,762(15)	
8			17	16,999 131 2(4)	0,038(3)	
8			18	17,999 160 3(9)	0,200(12)	
9	فلييور	F	19	18,998 403 22(15)	100	
10	نيون	Ne	20	19,992 435 6(22)	90,48(3)	
10			22	21,991 383 1(18)	9,25(3)	
11	صوديوم	Na	23	22,989 767 7(10)	100	
12	مغنيزيوم	Mg	24	23,985 041 9(3)	78,99(3)	
13	ألومنيوم	Al	27	26,981 538 6(8)	100	
14	سيليسيوم	Si	28	27,976 927 1(7)	92,23(1)	
14			29	28,976 494 9(7)	4,67(1)	
14			30	29,973 770 7(7)	3,10(1)	
15	فوسفور	P	31	30,973 762 0(6)	100	
16	كبريت	S	32	31,972 070 70(25)	95,02(9)	
16			33	32,971 458 54(23)	0,75(4)	
16			34	33,967 866 65(22)	4,21(8)	
17	كلور	Cl	35	34,968 852 721(69)	75,77(7)	
17			37	36,965 902 62(11)	24,23(7)	
17	أرغون	Ar	36	35,967 545 52(29)	0,337(3)	
18			38	37,962 732 5(9)	0,063(1)	
18			40	39,962 383 7(14)	99,600(3)	
19	بوتاسيوم	K	39	38,963 707 4(12)	93,258 1(44)	
19			40	39,963 999 2(12)	0,011 7(1)	$1,26 \times 10^9$ a (β^-)
19			41	40,961 825 4(12)	6,730 2(44)	

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

	96,941(18)	39,962 590 6(13)	40	Ca	كالسيوم	20
	0,647(9)	41,958 617 6(13)	42			20
	2,086(12)	43,955 480 6(14)	44			20
	100	44,955 910 0(14)	45	Sc	سكانديوم	21
	8,0(1)	45,952 629 4(14)	46	Ti	تيتان	22
	7,3	46,951 764 0(11)	47			22
	73,8(1)	47,947 947 3(11)	48			22
$>1,4 \times 10^{17}$ a (C.E.)	0,25(2)	49,947 160 9(17)	50	V	فاناديوم	23
	99,750(2)	50,943 961 7(17)	51			23
	4,345(13)	49,946 046 4(17)	50	Cr	كروم	24
	83,789(18)	51,940 509 8(17)	52			24
	9,501(17)	52,940 651 3(17)	53			24
	100	54,938 047 1(16)	55	Mn	منغانيز	25
	5,8(1)	53,939 612 7(15)	54	Fe	حديد	26
	91,72(30)	55,934 939 3(16)	56			26
	2,1(1)	56,935 395 8(16)	57			26
	100	58,933 197 6(16)	59	Co	كوبالت	27
	68,077(9)	57,935 346 2(16)	58	Ni	نيكل	28
	26,223(8)	59,930 788 4(16)	60			28
	3,634(2)	61,928 346 1(16)	62			28
	69,17(3)	62,929 598 9(16)	63	Cu	نحاس	29
	30,83(3)	64,927 9(20)	65			29
	48,6(3)	63,929 144 8(19)	64	Zn	زنك	30
	48,6(3)	65,926 034 7(17)	66			30
	18,8(4)	67,924 845 9(18)	68			30
	60,108(9)	68,925 580(3)	69	Ga	غاليوم	31
	39,892(9)	70,924 700 5(25)	71			31
	21,23(4)	69,924 249 7(16)	70	Ge	جيرمانيوم	32
	27,66(3)	71,922 078 9(16)	72			32
	35,94(2)	73,921 177 4(15)	74			32
	100	74,921 594 2(17)	75	As	أرسنيك	33
	9,36(11)	75,919 212 0(16)	76	Se	سيلينيوم	34
	23,78(9)	77,917 307 6(16)	78			34
	49,61(10)	79,916 519 6(19)	80			34
	50,69(7)	78,918 336 1(26)	79	Br	بروم	35
	49,31(7)	80,916 289(6)	81			35
	11,6(1)	81,913 482(6)	82	Kr	كريبتون	36
	57,0(3)	83,911 507(4)	84			36
	17,3(2)	85,910 616(5)	86			36
	72,165(20)	84,911 794(3)	85	Rb	روبيديوم	37
$4,88 \times 10^{10}$ a (β^-)	27,835(20)	86,909 187(3)	87			37
	9,86(1)	85,909 267 2(28)	86	Sr	سترونسيوم	38
	7,00(1)	86,908 884 1(28)	87			38
	82,58(1)	87,905 618 8(28)	88			38

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الرقم الذري	العنصر	الرمز	العدد الكتلي	الكتلة الذرية	الوفرة	نصف العمر
39	إتريوم	Y	89	88,905 849(3)	100	
40	زركونيوم	Zr	90	89,904 702 6(26)	51,45(3)	
40			92	91,905 038 6(26)	17,15(2)	
40			94	93,906 314 8(28)	17,38(4)	
41	نيوبيوم	Nb	93	92,906 377 2(27)	100	
42	موليبدان	Mo	95	94,905 841 1(22)	15,92(5)	
42			96	95,904 678 5(22)	16,68(5)	
42			98	97,905 407 3(22)	24,13(7)	
43	تيكنيسيوم	Tc	98	97,907 215(4)	-	$4,2 \times 10^{6}$ a (β^-)
44	ريثينيوم	Ru	101	100,905 581 9(24)	17,0(1)	
44			102	101,904 348 5(25)	31,6(2)	
44			104	103,905 424(6)	18,7(2)	
45	روديوم	Rh	103	102,905 500(4)	100	
46	بلاديوم	Pd	105	104,905 079(6)	22,33(8)	
46			106	105,903 478(6)	27,33(3)	
46			108	107,903 895(4)	26,46(9)	
47	فضة	Ag	107	106,905 092(6)	51,839(7)	
47			109	108,904 757(4)	48,161(7)	
48	كادميوم	Cd	111	110,904 182(3)	12,80(8)	
48			112	111,902 758(3)	24,13(14)	
48			114	113,903 357(3)	28,73(28)	
49	إنديوم	In	113	112,904 061(4)	4,3(2)	
49			115	114,903 880(4)	95,7(2)	$4,4 \times 10^{14}$ a (β^-)
50	قصدير	Sn	116	115,901 747(3)	14,53(1)	
50			118	117,901 609(3)	24,23(11)	
50			120	119,902 199 1(29)	35,59(10)	
51	أنتيموان	Sb	121	120,903 821 2(29)	57,36(8)	
51			123	122,904 216 0(24)	42,64(8)	
52	تيلور	Te	126	125,903 314(3)	18,95(1)	
52			128	127,904 463(4)	31,69(1)	
52			130	129,906 229(5)	33,80(1)	$2,5 \times 10^{21}$ a
53	يود	I	127	126,904 473(5)	100	
54	كزينون	Xe	129	128,904 780 1(21)	26,4(6)	
54			131	130,905 072(5)	21,2(4)	
54			132	131,904 144(5)	26,9(5)	
55	سيزيوم	Cs	133	132,905 429(7)	100	
56	باريوم	Ba	136	135,904 553(7)	7,854(36)	
56			137	136,905 812(6)	11,23(4)	
56			138	137,905 232(6)	71,70(7)	
57	لانتان	La	138	137,907 105(6)	0,090 2(2)	$1,06 \times 10^{11}$ a
57			139	138,906 347(5)	99,909 8(2)	
58	سيريوم	Ce	138	137,905 985(12)	0,25(1)	

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

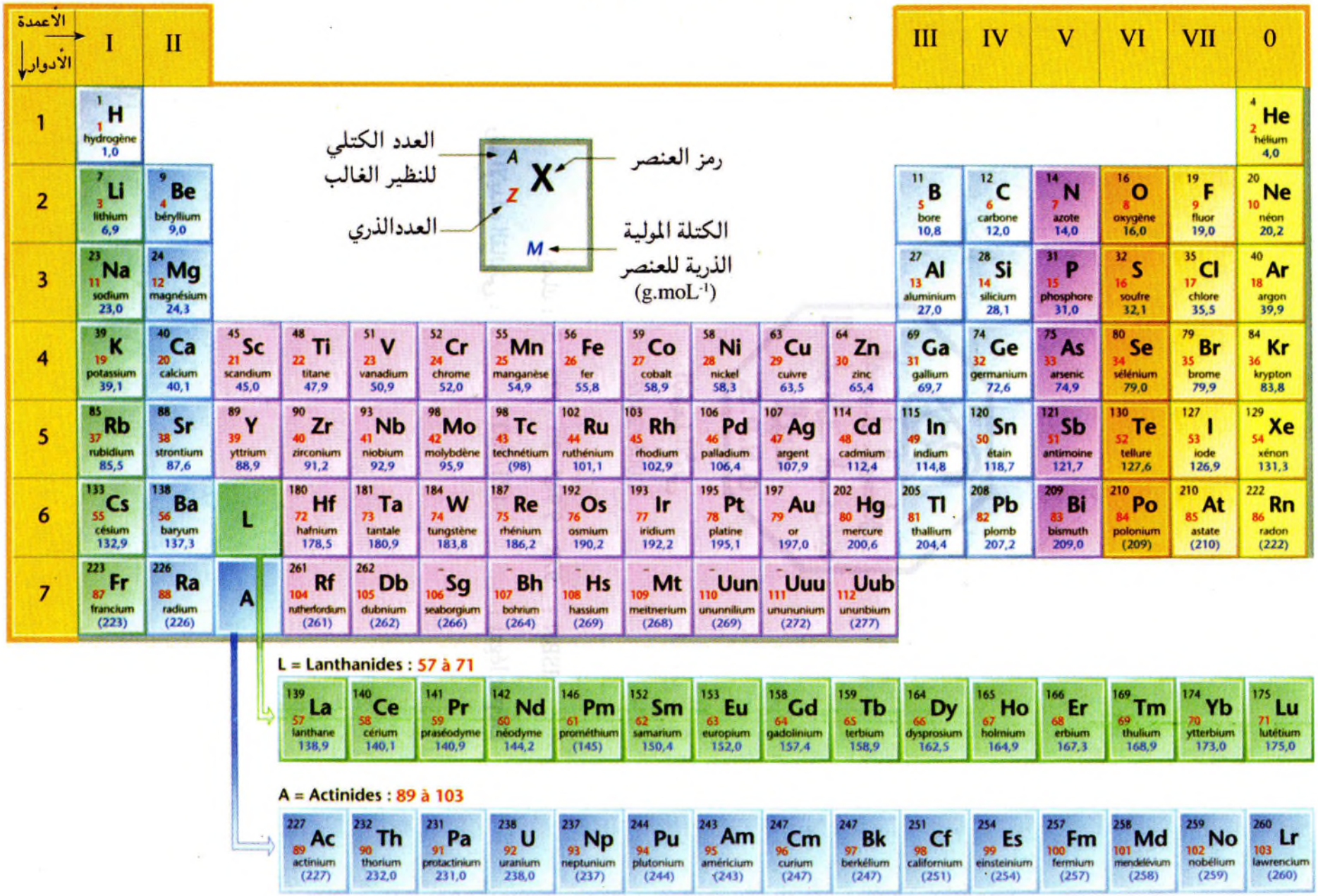
	88,48(10)	139,905 433(4)	140			58
	11,08(10)	141,909 241(4)	142			58
	100	140,907 647(4)	141	Pr	باراسيوديم	59
	27,13(12)	141,907 719(4)	142	Nd	نيوديم	60
$2,1 \times 10^{15}$ a	23,80(12)	143,910 083(4)	144			60
	17,19(9)	145,913 113(4)	146			60
17,7a (C.E.)		144,912 743(4)	145	Pm	بروميتيوم	61
$a^{11}(\alpha)\ 10 \times 1,06$	15,0(2)	146,914 895(4)	147	Sm	سماريوم	62
	26,7(2)	151,919 729(4)	152			62
	22,7(2)	153,922 206(4)	154			62
	47,8(15)	150,919 847(8)	151	Eu	أوروبيوم	63
	52,2(15)	152,921 225(4)	153			63
	20,47(4)	155,922 118(4)	156	Gd	غادولينيوم	64
		157,924 019(4)	158			64
	21,86(4)	159,927 049(4)	160			64
	100	158,925 342(4)	159	Tb	تربيوم	65
	25,5(2)	161,926 795(4)	162	Dy	ديسبورسيوم	66
	24,9(2)	162,928 728(4)	163			66
	28,2(2)	163,929 171(4)	164			66
	100	164,930 319(4)	165	Ho	هوليوم	67
	33,6(2)	165,930 290(4)	166	Er	أربيوم	68
	22,95(15)	166,932 046(4)	167			68
	26,8(2)	167,932 368(4)	168			68
	100	168,934 212(4)	169	Tm	توليوم	69
	21,9(3)	171,936 378(3)	172	Yb	إيتربيوم	70
	16,12(21)	172,938 208(3)	173			70
	31,8(3)	173,938 859(3)	174			70
	97,41(2)	174,940 770(3)	175	Lu	لوتيسيوم	71
$3,8 \times 10^{10}a(\beta^-)$	2,59(2)	175,942 679(3)	176			71
	18,606(4)	176,943 217(3)	177	Hf	هافنيوم	72
	27,297(4)	177,943 696(3)	178			72
	35,100(7)	179,946 545 7(30)	180			72
$>1,012 \times 10^{15}a$	0,012(2)	179,947 462(4)	180	Ta	تنطال	73
	99,988(2)	180,947 994 (3)	181			73
	26,3(2)	181,948 292(3)	182	W	تنغستان	74
	30,67(15)	183,950 928(3)	184			74
	28,6(2)	185,954 357(4)	186			74
	37,40(2)	184,952 951(3)	185	Re	رينيوم	75
$4,2 \times 10^{10}a(\beta^-)$	62,60(2)	186,955 744(3)	187			75
	16,1(8)	188,958 137(4)	189	Os	أوسميوم	76
	26,4(12)	189,985 436(4)	190			76
	41,0(8)	191,961 467(4)	192			76
	37,3(5)	190,960 584(4)	191	Ir	أرديوم	77
	62,7(5)	192,962 917(4)	193			77

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الرقم الذري	العنصر	الرمز	العدد الكتلي	الكتلة الذرية	الوفرة	نصف العمر
78	بلاتين	Pt	194	193,962 655(4)	32,9(6)	
78			195	194,964 766(4)	33,8(6)	
78			196	195,964 926(4)	25,3(6)	
79	ذهب	Au	197	196,966 543(4)	100	
80	زئبق	Hg	199	198,968 254(4)	16,87(10)	
80			200	199,968 300(4)	23,10(16)	
80			202	201,970 617(4)	29,86(20)	
81	تاليوم	Ti	203	202,972 320(5)	29,524(14)	
81			205	204,974 401(5)	70,476(14)	
82	رصاص	Pb	206	205,974 440(4)	24,1(1)	
82			207	206,975 872(4)	22,1(1)	
82			208	207,976 627(4)	52,4(1)	
83	بيزموت	Bi	209	208,980 374(5)	100	
84	بولونيوم	Po	209	208,982 404(5)	-	102 a (α)
85	أستارت	At	210	209,987 126(12)	-	8,1h(α ,C,E.)
86	رادون	Rn	222	222,017 570(3)	-	3,8235 jours (α)
87	فرانسيوم	Fr	223	223,019 733(4)	-	21,8 min (β^-)
88	راديوم	Ra	226	226,025 402(3)	-	1599 a (α)
89	أكتينيوم	Ac	227	227,027 750(3)	-	21,77 a (β^- α)
90	توريوم	Th	232	232,038 054(2)	100	$1,4 \times 10^{10}$ a (α)
91	بروتاكتينيوم	Pa	231	231,035 880(3)	-	$1,4 \times 10^{10}$ a (α)
92	يورانيوم	U	234	234,040 946 8(24)	0,005 5 (5)	$2,45 \times 10^{5}$ a (α)
92			235	235,043 924 2(24)	0,720 0(12)	$7,04 \times 10^{8}$ a (α)
92			238	238,050 784 7(23)	99,274 5(60)	$4,46 \times 10^{9}$ a (α)
93	نبتونيوم	Np	237	237,048 167 8(23)	-	$2,14 \times 10^{6}$ a (α)
94	بلوتونيوم	Pu	239	239,052 157(2)		$2,411 \times 10^{4}$a (α)
94			244	244,064 199(5)	-	$8,2 \times 10^{7}$ a (α)
95	أميريكيوم	Am	243	243,061 375	-	$7,3710^{3}$ a (α)
96	كوريوم	Cm	245	245,065 483	-	$8,5 \times 10^{3}$a (α)
97	بركيليوم	Bk	247	247,070 300	-	$1,4 \times 10^{3}$ a(α)
98	كاليفورنيوم	Cf	249	249,074 844	-	351a (α)
99	انشتانيوم	Es	254	254,088 019	-	276 jours (α)
100	فيرميوم	Fm	253	253,085 173	-	3,0 jours (α ,C.E.)
101	مندلفيوم	Md	255	255,091 081	-	27 min (α ,C.E.)
102	نوبيليوم	No	255	255,093 260	-	3,1 min (α ,C.E.)
103	لورانسيوم	Lw	257	257,099 480	-	0,65 s (α ,C.E.)
104	راذارفوريوم	Rf	261	261,108 690	-	1,1 min (α ,C.E.)
105	دوبنيوم	Db	262	262,113 760	-	34 s (α)

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الجدول الدوري للعناصر



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الديوان الوطني
للمطبوعات المدرسية
الجزائر
O.N.P.S.

الطبعة الأولى
2008/2007

ISBN : 978 - 9 947- 20 - 523 - 5 ردمك :

Dépot légal : 121/2007 رقم الإيداع القانوني :

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM