

حسب الطبعة الجديدة للكتاب المدرسي

التمرين 01

1 - السرعة المتوسطة هي تغير شعاع الموضع في مدة زمنية ، وتغير شعاع الموضع هو شعاع الانتقال .

$$\vec{v}_{\text{moy}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{(4\vec{i} - \vec{j} - 3\vec{k}) - (3\vec{i} - 2\vec{j} - \vec{k})}{2} = \frac{1}{2}\vec{i} + \frac{1}{2}\vec{j} - \vec{k}$$

$$v_{\text{moy}} = \sqrt{(0,5)^2 + (0,5)^2 + (-1)^2} = 1,22 \text{ m/s} \quad \text{طويلة السرعة المتوسطة :}$$

$$\vec{a}_{\text{moy}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_0}{\Delta t} \quad \text{2 - شعاع التسارع المتوسط :}$$

$$\vec{v}_0 = 40\vec{i} - 10\vec{j} + 2\vec{k} \quad \text{ومنه} \quad -7\vec{i} + 2\vec{j} = \frac{(5\vec{i} + 2\vec{k}) - \vec{v}_0}{5}$$

التمرين 02 : حركة مستحيلة ... لا يمكن أن نحقق طورين متتابعين لحركتين منتظميتين .

التمرين 03

1 - تزايد السرعة من اللحظة 0 حتى اللحظة 40 s ثم بعد ذلك

تصبح ثابتة .

2 - نعلم أن التسارع يكون ثابتا إذا كانت السرعة دالة من الدرجة الأولى بالنسبة للزمن .

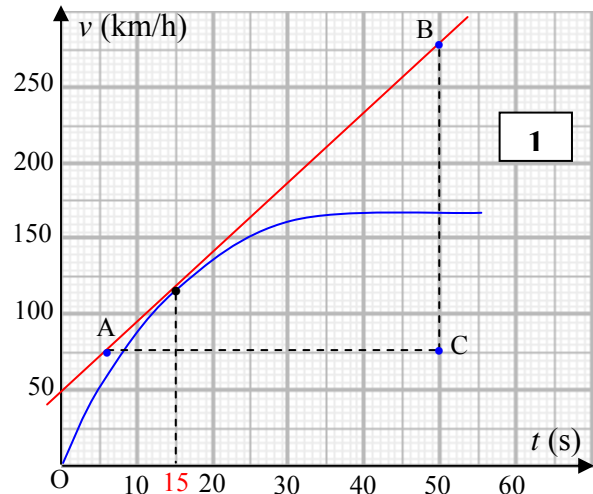
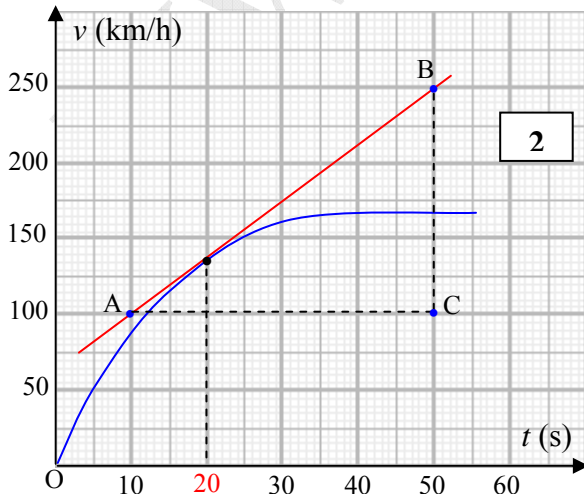
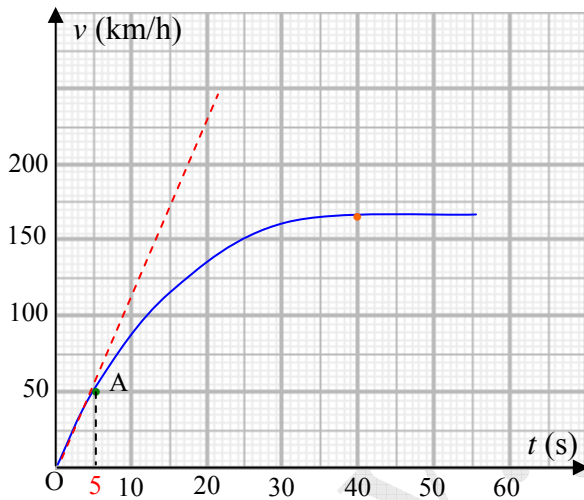
نلاحظ على البيان أن في المجال الزمني [0 , 5 s] يكون مخطط السرعة عبارة عن خط مستقيم (أي من O إلى A) . إذن في هذا المجال الزمني يكون تسارع السيارة ثابتا ، وبالتالي تكون حركة السيارة في هذا المجال متسارعة بانتظام .

نختار دائما محورا موجها في جهة الحركة لكي نقول أن $v > 0$.

بما أن ميل المستقيم OA هو تسارع السيارة وهو موجب ، إذن $a > 0$ ، وهو نفسه a_t ، وبالتالي يكون لدينا : $a_t > 0$. v .

3 - يصبح التسارع معدوما عندما تصبح السرعة ثابتة ، ويكون هذا بعد اللحظة $t = 40s$ تقريبا ، وتكون حركة السيارة منتظمة .

- 4



التسارع في اللحظة t هو ميل المماس لمخطط السرعة في تلك اللحظة .

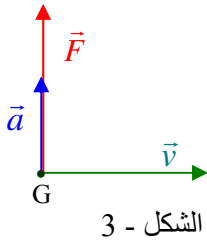
في اللحظة $t = 15 \text{ s}$:

$$a_{15} = \frac{BC}{AC} = \frac{3,6}{44} = 1,3 \text{ m/s}^2 \quad (\text{حولنا السرعة من km/h إلى m/s بتقسيمها على 3,6})$$

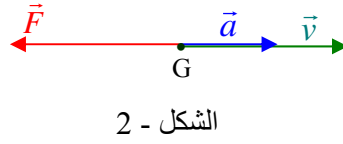
في اللحظة $t = 20 \text{ s}$:

$$a_{20} = \frac{BC}{AC} = \frac{3,6}{40} = 1,04 \text{ m/s}^2$$

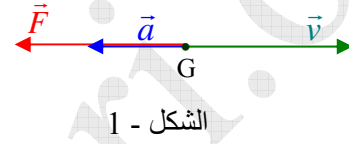
التمرين 04



الشكل - 3



الشكل - 2



الشكل - 1

الشكل - 1 :

حركة مستقيمة : لأن التسارع الناطمي معدوم .

حركة متباطئة بانتظام : لأن $\vec{v} \times \vec{a} < 0$ ، أي :

$$\vec{v} \times \vec{a} = v \times a \cos(\vec{v}, \vec{a}) \quad , \text{ ولدينا الزاوية بين الشعاعين } 180^\circ \text{ ، وبالتالي } \cos 180 = -1 \text{ ، إذن الجداء سالب}$$

الشكل - 2 : وضعية مستحيلة .

حسب القانون الثاني لنيوتن $\vec{F} = m \vec{a}$ ، وبما أن $m > 0$ ، إذن يجب أن يكون $\vec{F}$ و $\vec{a}$ في نفس الجهة .

الشكل - 3 :

بما أن $\vec{a} \perp \vec{v}$ ، إذن التسارع المماسي معدوم ، وبالتالي الحركة دائرية منتظمة .

التمرين 5

حسب القانون الثاني لنيوتن $\vec{F} = m \vec{a}$ ، حيث $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ ، وبالتالي : $-\vec{i} - 2\vec{j} - 3\vec{k} + \vec{F}_2 = 2(4\vec{i} - 3\vec{j})$ ومنه

$$\vec{F}_2 = 9\vec{i} - 4\vec{j} + 3\vec{k}$$

التمرين 06

نعتبر الرصاصة نقطة مادية .

لما وصلت الرصاصة إلى النقطة A كانت سرعتها v_A ، ولما وصلت

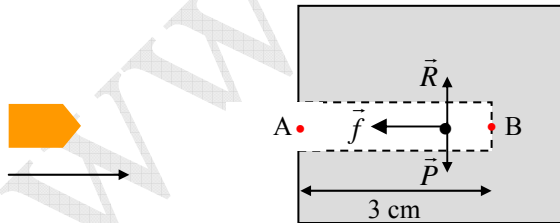
إلى النقطة B انعدمت سرعتها لأنها توقفت .

نعتبر القوة المعرقة لحركة الرصاصة محصورة في قوة واحدة $\vec{f}$.

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن : $\vec{f} + \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$ ، وبالإسقاط على المحور الأفقي الموجّه في جهة الحركة :

$$(1) \quad -f = ma$$

بما أن القوة ثابتة إذن الحركة متغيرة بانتظام . نطبق العلاقة $v_B^2 - v_A^2 = 2a(AB)$ لحساب التسارع



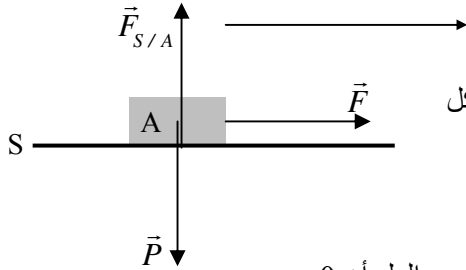
$$a = \frac{0 - (400)^2}{2 \times 0,03} = -2,7 \times 10^6 \text{ m.s}^{-2}$$

بالتعويض في العلاقة (1) : $F = -0,01 \times (-2,7 \times 10^6) = 2,7 \times 10^4 \text{ N}$

المقارنة : $\frac{F}{P} = \frac{2,7 \times 10^4}{60 \times 10} = 45$ ، هذه القوة تكافئ وزن 45 شخص (قسم مكتظ من التلاميذ) .

التمرين 07

1 - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على حركة الطائرة :



وبإسقاط هذه العلاقة الشعاعية على المحور الموضح في الشكل $\vec{F} + \vec{P} + \vec{F}_{S/A} = M \vec{a}$

$$F = Ma \quad \text{تطبيق عددي : } a = \frac{8,8 \times 10^5}{3 \times 10^5} = 2,93 \text{ m/s}^2$$

2 - بما أن الحركة متغيرة بانتظام (التسارع ثابت) يمكن تطبيق العلاقة $v_2 - v_1 = at$ ، مع العلم أن $v_1 = 0$

$$v_2 = 2,93 \times 10 = 29,3 \text{ m/s}$$

التمرين 08

بإهمال الاحتكاك ،

1 - نطبق نظرية مركز العطالة على العربة A :

$$\vec{F}_0 + \vec{F}_{B/A} + \vec{P}_A + \vec{R}_A = m_A \vec{a}$$

بإسقاط هذه العلاقة على المحور Ox :

$$(1) \quad F_0 - F_{B/A} = m_A a$$

نطبق النظرية على العربة B : $\vec{F}_{A/B} + \vec{P}_B + \vec{R}_B = m_B \vec{a}$ ، وبإسقاط هذه العلاقة على المحور Ox :

$$(1) \quad F_{A/B} = m_B a$$

القوتان $\vec{F}_{B/A}$ و $\vec{F}_{A/B}$ عبارة عن فعل متبادل ، إذن مجموعهما معدوم (القانون الثالث لنيوتن) .

$$F_0 = (m_A + m_B) a = (1,2 + 0,8) \times 10^4 \times 2 = 4 \times 10^4 \text{ N} \quad \text{نجد (2) و (1)}$$

القوة المطبقة على A من طرف B هي $\vec{F}_{B/A}$ ، نحسب طوليتها من العلاقة (1) أو من العلاقة (2) لأن $\vec{F}_{B/A} = \vec{F}_{A/B}$

$$F_{A/B} = F_{B/A} = m_B a = 8 \times 10^3 \times 2 = 1,6 \times 10^4 \text{ N}$$

ملاحظة : يمكن حساب F_0 مباشرة بأخذ الجملة $(m_A + m_B)$

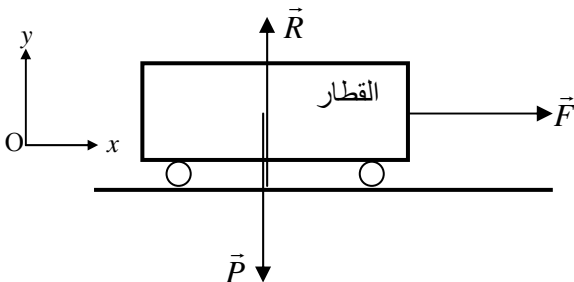
2 - القوة الأفقية المطبقة على القاطرة من طرف السكة الحديدية مقصود بها قوة المحرك الموجود في القاطرة المطبقة على القطار .

بتطبيق نظرية مركز العطالة على القطار باعتباره نقطة مادية :

$$\vec{F} + \vec{P} + \vec{R} = (m_A + m_B + m_L) \vec{a}$$

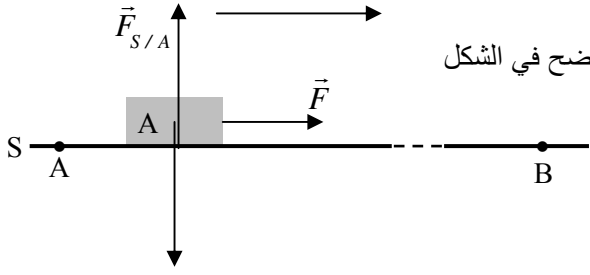
بإسقاط العلاقة على المحور Ox : $F = (m_A + m_B + m_L) a$

$$F = (0,12 + 0,08 + 1) \times 10^5 \times 2 = 2,4 \times 10^5 \text{ N}$$



التمرين 09

1 - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على حركة الطائرة :



وبإسقاط هذه العلاقة الشعاعية على المحور الموضح في الشكل

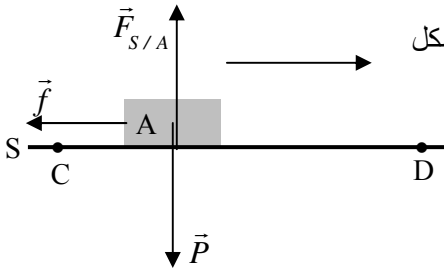
$$(1) \quad F = Ma$$

بما أن F ثابتة إذن الحركة متغيرة بانتظام ، وبالتالي تسارعها

$$a = \frac{v_B - v_A}{t_{AB}} = \frac{3,6}{2,2} = 1,5 \text{ m/s}^2$$

وبالتعويض في (1) : $F = 12500 \times 31,5 = 3,9 \times 10^5 \text{ N}$

2 - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على حركة الطائرة :



وبإسقاط هذه العلاقة الشعاعية على المحور الموضح في الشكل

$$(2) \quad -f = Ma'$$

بما أن f ثابتة إذن الحركة متغيرة بانتظام ، وبالتالي تسارعها :

$$a' = \frac{v_B^2 - v_A^2}{2(CD)} = \frac{0 - \left(\frac{180}{3,6}\right)^2}{2 \times 40} = -31,2 \text{ m/s}^2$$

وبالتعويض في (2) : $f = -12500 \times (-31,2) = 3,9 \times 10^5 \text{ N}$

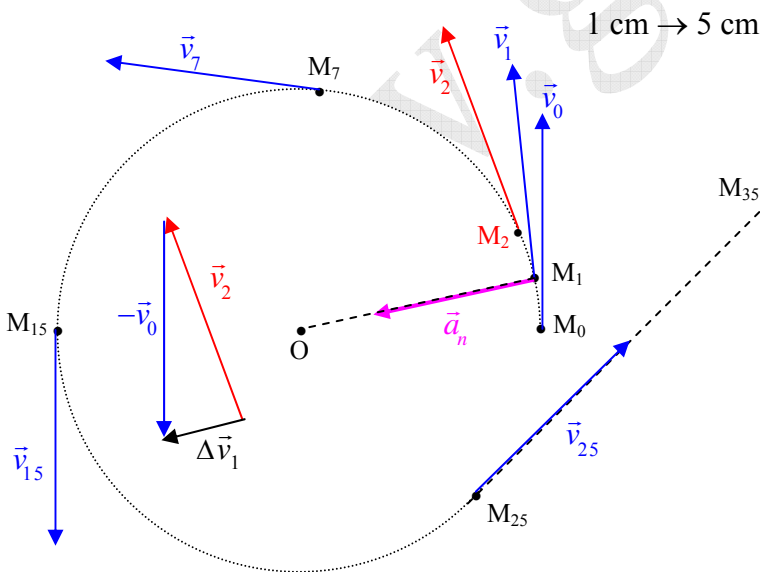
التمرين 10

1 - وصف الحركة :

من النقطة M_0 إلى M_{25} الحركة دائرية منتظمة ، لأن : المسافات المقطوعة في مدد زمنية متساوية (40 ms) هي متساوية .

من النقطة M_{25} إلى النقطة M_{35} الحركة مستقيمة منتظمة ، لأن : المسافات المقطوعة في مدد زمنية متساوية هي متساوية .

2 - تمثيل أشعة السرعة :



3 - التسارع المركزي (الناظمي) :

التسارع المركزي يكون موازيا لشعاع تغير السرعة .

نحسبه مثلا في النقطة M_1 .

طويلة السرعة ثابتة في كل النقط ، فمثلا في النقطة M_1

$$v_1 = \frac{M_0 M_2}{2\tau} = \frac{1 \times 5 \times 10^{-2}}{2 \times 40 \times 10^{-3}} = 0,62 \text{ m/s}$$

$$a_n = \frac{v_1^2}{R} = \frac{(0,62)^2}{2,2 \times 5 \times 10^{-2}} = 3,5 \text{ m/s}^2$$

التمرين 11

1 - بما أن حركة الرجل منتظمة ، فالجزارة كذلك تكون حركتها منتظمة .

بتطبيق نظرية مركز العطالة على الجزارة :

$$\vec{F} + \vec{f} + \vec{P} + \vec{F}_{T/C} = M \vec{a}$$

وبإسقاط هذه العلاقة على المحور Ox (التسارع معدوم لأن السرعة ثابتة) $F \cos \alpha - f = 0$

$$f = F \cos \alpha = 70 \times \cos 30 = 60,6 \text{ N}$$

2 - نحتفظ بنفس الشكل مع استبدال القوة $\vec{F}$ بقوة أخرى $\vec{F}'$ ، ونطبق نظرية مركز العطالة :

$$\vec{F}' + \vec{f} + \vec{P} + \vec{F}_{T/C} = M \vec{a}'$$

$$F' = \frac{Ma' + f}{\cos \alpha} = \frac{20 \times 1 + 60,6}{0,86} = 93,7 \text{ N}$$

التمرين 12

1 - الجسمان في راحة :

حساب T_1 : نختار الجملة (A + B) ، حيث في هذه الحالة نتخلص من القوتين الداخليتين T_2 و T_2' .

$$\vec{T}_1 + \vec{P}_A + \vec{P}_B = 0$$

$$T_1 = P_A + P_B = (m_A + m_B)g = 0,5 \times 10 = 5 \text{ N}$$

حساب T_2 : نختار الجملة B

$$T_2 = P_B = m_B g = 0,3 \times 10 = 3 \text{ N}$$

2 - الجسمان يصعدان بسرعة قدرها 5 m/s :

السرعة ثابتة ، إذن التسارع معدوم . نفس الحل السابق .

3 - الجسمان يتسارعان إلى الأعلى بـ 2 m/s^2 :

حساب T_1 : نختار الجملة (A + B)

$$\vec{T}_1 + \vec{P}_A + \vec{P}_B = (m_A + m_B) \vec{a}$$

$$(1) \quad T_1 = P_A + P_B + (m_A + m_B)a = 5 + 0,5 \times 2 = 6 \text{ N}$$

حساب T_2 : نختار الجملة B

$$T_2 - P_B = m_B a$$

$$T_2 = P_B + m_B a = 3 + 0,3 \times 2 = 3,6 \text{ N}$$

4 - الجسمان يتسارعان إلى الأسفل بـ 2 m/s^2

حساب T_1 : نختار الجملة (A + B)

$$\vec{T}_1 + \vec{P}_A + \vec{P}_B = (m_A + m_B) \vec{a}$$

$$T_1 = P_A + P_B - (m_A + m_B)a = 5 - 0,5 \times 2 = 4 \text{ N}$$

حساب T_2 : نختار الجملة B

$$\vec{T}_2 + \vec{P}_B = m_B \vec{a} , \text{ وبإسقاط العلاقة على المحور } x'x , \text{ نجد } P_B - T_2 = m_B a$$

$$T_2 = P_B - m_B a = 3 - 0,3 \times 2 = 2,4 \text{ N}$$

5 - التسارع الأقصى الممكن :

التوتر T_1 في كل الحالات أكبر من T_2 ، إذن فهو التوتر المقصود .

من العلاقة (1) ، علاقة T_1 في حالة الصعود نضع $T_1 \leq 10 \text{ N}$:

$$a \leq 10 \text{ m/s}^2 , \quad a \leq \frac{10 - (P_A + P_B)}{m_A + m_B} \text{ ومنه } P_A + P_B + (m_A + m_B)a \leq 10$$

التسارع الأقصى الممكن هو $a = 10 \text{ m/s}^2$. لو تجاوزت الجملة هذا التسارع ينقطع الخيطان ، حيث يتجاوز توتر الخيط العلوي القيمة 10 N والخيط السفلي يتجاوز القيمة 6 N .

التمرين 13

آلة أتود (Machine d'Atwood) : عبارة عن بكرة خفيفة قابلة للدوران حول محورها الأفقي .

يمرُّ على محزّها خيط مهمل الكتلة ويحمل في طرفيه أسطوانتين C_1 و C_2 كتلتاهما $M_1 = M_2 = M$ ، يمكنهما الحركة أمام مسطرة مدرّجة . هذه المسطرة ملصقة على حامل البكرة .

عندما تنزل الأسطوانة C_1 تمرّ داخل حلقة مثبتة مع المسطرة (تسمى حلقة مُفرّغة) .

يمكن أن ندرس بواسطة آلة أتود طورين لحركة C_1 . من أجل هذا الغرض نضع فوقها جسما مجنّحا

كتلته m ، بحيث لما تصل المجموعة (الجسم المجنّح و C_1) إلى الحلقة تمر C_1 ، أما الجسم المجنّح يبقى عالقا فوق الحلقة بسبب وجود الجناحين ، ولأن الخيط يمر عبر ثقب في مركز الجسم المجنّح . لكي نجد علاقة رياضية فيها g ندرس حركة الجملة في طورها الأول ، أي أثناء الانتقال H . تبدأ الجملة حركتها من السكون .

جهة الحركة واضحة ، أي في جهة C_1 . نفصل الجملة لكي يتسنى لنا تمثيل القوى :

نطبق نظرية مركز العطالة على الجزء $(M_1 + m)$:

$$\vec{P}_1' + \vec{T}_1 = (M_1 + m) \vec{a}_1 , \text{ وبإسقاط هذه العلاقة على المحور الموجه في جهة الحركة :}$$

$$(1) \quad P_1' - T_1 = (M_1 + m)a_1$$

نطبق نظرية مركز العطالة على الجزء (M_2) :

$$\vec{P}_2 + \vec{T}_2 = M_2 \vec{a}_2 , \text{ وبإسقاط هذه العلاقة على المحور الموجه في جهة الحركة :}$$

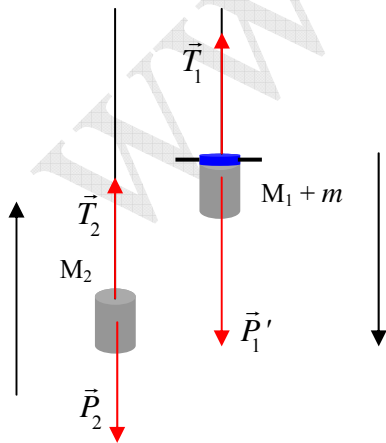
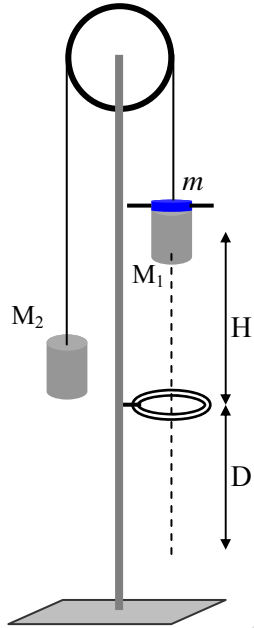
$$(2) \quad T_2 - P_2 = M_2 a_2$$

الجملة مترابطة ، وبالتالي $a_1 = a_2 = a$. البكرة خفيفة بالنسبة للأجسام الأخرى ، إذن

$$(2) \quad g = \frac{2M + m}{m} a \quad \text{نجد} \quad (2) \quad T_1 = T_2$$

العلاقة (2) تبين أن التسارع ثابت ، وبالتالي حركة الجملة متغيرة بانتظام .

لتكن v_A السرعة التي تصل بها المجموعة $(M_1 + m)$ إلى الحلقة المفرّغة ، يكون بهذا : $v_A^2 - 0 = 2aH$ (بدون سرعة ابتدائية)



$$(3) \quad v_A^2 = 2aH$$

من العلاقة (2) نستخرج $a = \frac{m}{2M+m} g$ ، و بعد الحلقة المفرغة يصبح $a = 0$ (m لا تمرّ ، فعوضناها بالصفر)

ومن هذا نستنتج أن الحركة تصبح منتظمة بعد الحلقة المفرغة ، وبالتالي $D = v_A t$ (4)

من العلاقتين (3) و (4) نستنتج $\frac{D^2}{t^2} = 2aH$ ، ومنه $a = \frac{D^2}{2Ht^2}$ ، وبالتعويض في العلاقة (2) نجد المطلوب :

$$g = \frac{(2M+m)D^2}{2mHt^2}$$

التمرين 14

1 - نعيّن جهة الحركة ، ثم ندرس الحركة ونستنتج عبارة التسارع .

تصحيح : المقصود m (ليس M)

تعيين جهة الحركة :

$$(P_1 + P_2) \sin \theta = 6mg \sin \theta \quad \text{و} \quad P_3 = 8mg$$

بقارن بين $8 > 6 \sin \theta$ ، إذن $\sin \theta \leq 1$ ، إذن جهة الحركة هي جهة S_3 .

نطبق نظرية مركز العطالة على الجسم S_3 : تسارعه a_3

$$\vec{P}_3 + \vec{T}_3 = 8m \vec{a}_3$$

$$(1) \quad P_3 - T_3 = 8m a_3$$

نطبق نظرية مركز العطالة على الجملة $(S_1 + S_2)$: تسارعها a'_1

$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{T}_1 + \vec{R}_1 + \vec{R}_2 = 6m \vec{a}'_1$$

$$(2) \quad T_1 - P_1 \sin \theta - P_2 \sin \theta = 6m a'_1$$

$$a_3 = a'_1 = a \quad \text{و} \quad T_1 = T_3$$

$$a = \frac{P_3 - (P_1 + P_2) \sin \theta}{14m} = \frac{g}{7} (4 - 3 \sin \theta) \quad \text{نجد : (2) طرفا لطرف نجد :}$$

تصحيح : a مستقل عن m .

ملاحظة :

في حالة وجود الاحتكاك على المستوي المائل لا تكون a مستقلة عن m ، لكن التمرين لم يشير لوجود الاحتكاك ، بل أشار له فقط في السؤال - 2 أنه مهم . نحن أهملناه في كل الأسئلة .

$$a = \frac{g}{7} (4 - 3 \sin \theta) = \frac{10}{7} \left(4 - 3 \frac{\sqrt{2}}{2} \right) = 2,7 \text{ m/s}^2$$

2 - الفرق $T_1 - T_2$ هو نفس الفرق $T_1 - T'_2$ ، لأن $T_2 = T'_2$.

من أجل إيجاد هذا الفرق نطبق نظرية مركز العطالة على الجسم S_1 ونسقط مباشرة على المحور السابق :

$$T_1 - T_2 = P_1 \sin \theta + 2m a = 20 \times \frac{\sqrt{2}}{2} + 2 \times 2,7 = 19,5 \text{ N} \quad \text{ومنّه} \quad T_1 - T'_2 - P_1 \sin \theta = 2m a$$