الوحدة رقم 5- تطور جملة ميكانيكية (10 سا. د + 5 أ. م)		
مؤشرات الكفاءة	أمثلة عن النشاطات	المحتوى المفاهيمي
- يرسم شعاع التسارع في أوضاع مختلفة لمسار حركة كيفية.	*نشاط توثيقي يتناول: تاريخ ميكانيك نيوتن.	**1- مقاربة تاريخية لميكانيك نيوتن:** - عمل غاليلي. - وصف كبلر لحركة الكواكب .القانون الثالث لكبلر - القوانين الثلاث لنيوتن ومفهوم التسارع (نموذج النقطة المادية).
- يفسّر بواسطة القانون الثاني لنيوتن حركة قذائف وحركة الكواكب والأقمار الاصطناعية.	* إنجاز محاكاة**(ع. م)**: - دراسة حركة الكواكب و الأقمار باستعمال برنامج مناسب	**2- شرح حركة كوكب أو قمر اصطناعي.**
- يعرف مميزات دافعة أرخميدس. يفسّر بواسطة معادلة تفاضلية حركة السقوط الشاقولي لجسم صلب في الهواء .	* إنجاز تجارب و/أو محاكاة**(ع.م)**: - دراسة حركة السقوط الشاقولي لجسم صلب في الهواء ومعالجتها ببرنامج مناسب	**3- دراسة حركة السقوط الشاقولي لجسم صلب في الهواء:** - الاحتكاك في الهواء - دافعة أرخميدس في الهواء - المعادلة التفاضلية للحركة - نموذج السقوط الحر - أثر الشروط الابتدائية على المعادلة التفاضلية: الحل التحليلي.
- يفسر حركة جسم صلب خاضع لعدة قوى بواسطة الطاقة أو القانون الثاني لنيوتن.	* إنجاز تجارب و/أو محاكاة**(ع.م)**: - حركة القذيفة (تأثير كل من زاوية الميل وسرعة القذف).	**4- تطبيقات:** - حركة قذيفة. - حركة مركز عطالة جسم صلب خاضع لعدة قوى(أمثلة بسيطة).
- يعرف حدود ميكانيك نيوتن.	* إنجاز تجارب و/أو محاكاة**(ع.م)**: - حركة مركز عطالة جسم صلب على مستويين مائل وغير مائل) * نشاط توثيقي يتناول: مقارنة حركة الكواكب بالحركة في الذرات (مسألة الأطياف) .	**5- حدود ميكانيك نيوتن:** الانفتاح على العالم الكمي .

توجيهات:

*إن تحديد تطور جملة ميكانيكية مكوّنة من جسم صلب تبدأ بدراسة حركة نقطة متميزة منه تدعى مركز العطالة.

إن نيوتن هو الذي وضع المبادئ الأساسية الثلاث التي تسمح بهذه الدراسة،اثنان منها قد نُصّ عليهما في برنامج السنة أولى ثانوي، وهما مبدأ العطالة و مبدأ الفعلين المتبادلين. مقاربة أولى للمبدأ الثاني تمثلت في التحقق من أنه، في الحالة التي لا تكون فيها حركة مركز عطالة جسم صلب حركة مستقيمة منتظمة، فإنّه يكون خاضعا لقوة ممثلة بشعاع $\vec{F}$ له نفس خصائص تغيّر شعاع سرعته $\Delta\vec{v}$ ، المحسوب من أجل مجال زمني قصير. يجب علينا الآن مواصلة الدراسة لإعطاء الصيغة النهائية للمبدأ تحت الشكل: $\vec{F} = m\vec{a}_G$.

نعتمد في هذا على مقاربة تاريخية مبنية على دراسة بعض النصوص القصيرة المبرز ة لـ:

- عمل غاليلي حول سقوط الأجسام وحركة قذيفة.
- وصف كبلر لحركة الكواكب وخاصة قانونه الثالث المعبّر عنه في حالة المسار الدائري: $\frac{T^2}{R^3} = K$

حيث K ثابت متعلّق بالكوكب (أو النجم) المركزي أي الشمس أو الأرض.

نذكّر أيضا كيف وحد نيوتن المقاربتين بوضع المبدأ الأساسي للتحريك (القانون الثاني لنيوتن) في الشكل : $\vec{F} = m\vec{a}_G$ حيث $\vec{a}_G$ يمثل شعاع تسارع مركز عطالة الجسم الصلب والذي يساوي $\vec{v}'(t)$ المعبّر، في كل لحظة، عن تغير شعاع السرعة لمركز عطالة هذا الجسم.

أول حركة تتم دراستها هي الحركة، المعتبرة دائرية منتظمة، لمركز كوكب بالنسبة للشمس أو قمر أرضي.

نبحث، في البداية، عن خصائص شعاع التسارع. نبيّن من خلال تسجيل لحركة دائرية منتظمة، أن الشعاع $\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ هو دوما مركزي وأنّ، من أجل Δt يؤول إلى الصفر، تأخذ قيمة الشعاع حدا غير معدوم، مساويا لـ $\frac{v^2}{R}$:

إنه شعاع التسارع $\vec{a}$ لحركة دائرية منتظمة. بتوظيف القانون الثالث لكبلر، نبيّن حينئذ، أن تطبيق القانون الثاني لنيوتن على حركة كوكب أو قمر أرضي، يقود إلى قيمة القوة المتسببة في الحركة، والتي تعطى بالعلاقة: $F = 4\pi^2 m / KR^2$ حيث m هي كتلة الكوكب أو القمر الأرضي.

علما أنّ الثابت K يتعلق بالكوكب (أو النجم) المركزي، نلاحظ، أنه بوضع $4\pi^2 / K = Gm'$ حيث m' كتلة النجم أو الكوكب المركزي، نحصل على العلاقة $F = Gmm'/R^2$ والتي تمثل عبارة قانون الجذب العام أين G يمثل ثابت الجذب الكوني.

* نتناول دراسة حركة السقوط في الهواء بالطريقة التالية:

- ملاحظة سقوط ورقة في الهواء يؤدي إلى التساؤل عن تأثر طبيعة الحركة بالاحتكاكات مما يجعلنا نبحث أولا عن شروط الحصول على حركة جسم صلب في الهواء تكون شاقولية نحو الأسفل.

نسجّل بعد ذلك تجريبيا تطور سرعة مركز عطالة الجسم بدلالة الزمن.إنّ شكل المنحني البياني الممثّل لـ v(t) يوحي بافتراض وجود احتكاكات سببها الهواء ومتعلّقة بالسرعة. وعليه نحاول كتابة المعادلة التفاضلية للسرعة باستعمال القانون الثاني لنيوتن.إنّ شكل المنحنى التجريبي المتحصل عليه يمكّن (بالمقارنة مع ما درس في الوحدتين السابقتين) من نمذجة الاحتكاكات بقوة وحيدة $\vec{f}(v)$ تزداد قيمتها بزيادة السرعة. نُكتب حينئذ المعادلة التفاضلية على الشكل $mv' = mg - \pi - f(v)$ (حيث π هي دافعة أرخميدس) و لا نبحث على حلّها. نتجّه بعد ذلك للبحث عن الشروط الواجب توفيرها حتى نبسّط المعادلة و نكتبها على الشكل $mv' = mg$ و نصل إلى النموذج المسمى بالسقوط الحر.إنّ حل هذه المعادلة التفاضلية المبسّطة يؤدي إلي المعادلات الزمنية لحركة السقوط الحر.

ندرس، بعدها حركة قذيفة (بإتباع نفس الاستدلال مع إهمال احتكاكات الهواء و دافعة ارخميدس). نحدّد، من خلال تسجيل لحركة مركز عطالتها، خصائص شعاع التسارع:

. نبيّن أن شعاع التسارع يبقى شاقوليا نحو الأسفل وقيمته ثابتة.

. القوة المتسببة في هذه الحركة هي قوة الثقالة $\vec{F}_{T/S} = m\vec{g}$.

إن تطبيق القانون الثاني لنيوتن يسمح بكتابة $\vec{a}_G = \vec{g}$ ، بإسقاط هذه العلاقة على محور شاقولي، نحصل على المعادلتين التفاضليتين: $y'' = -g$ وَ $x'' = 0$

إنّ حل هاتين المعادلتين يؤدي إلى المعادلات الزمنية للحركة ومنه لمعادلة مسار القذيفة.

* يهدف الانفتاح على العالم الكمي إلى إبراز حدود ميكانيك نيوتن.

من أجل هذا، يمكن الاكتفاء، بتناول أمثلة بسيطة لطرح التساؤل التالي:

- لماذا تشغل الذرات المتماثلة التركيب الحجم نفسه ؟

إذا كانت ميكانيك نيوتن تنطبق على ذرة الهيدروجين مثلا، ليس هناك ما يتعارض لأن يكون لذرات الهيدروجين حجوما مختلفة، وأن الإلكترون المنجذب من طرف النواة بقوة متناسبة مع $\frac{1}{R^2}$ يستطيع أن يتموقع على مسافات مختلفة بالنسبة للنواة، في حين يتأسس علم البلورات (cristallographie) على تماثل حجوم ذرات العنصر الواحد وكذا تماثل حجوم شواردها ؛ إن هذه الخاصية للمادة لا يمكن أن تُفسر إلا في إطار نظرية جديدة تتلاءم والبنية الجزيئية: إنها نظرية الكم التي تفترض عدم استمرارية أبعاد الأجسام المجهرية.