



وزارة التربية
التوجيه الفني العام للعلوم
اللجنة الفنية المشتركة للفيزياء

توجيهات منهج الفيزياء
للسف الثاني عشر العلمي
للعام الدراسي ٢٠١٩/٢٠٢٠

الجزء الأول

وزارة التربية
التوجيه الفني العام للعلوم
اللجنة الفنية المشتركة للفيزياء

توجيهات تدريس الفيزياء للصف الثاني عشر العلمي

٢٠٢٠/٢٠١٩

مع بداية هذا العام الدراسي الجديد ، لا يسعنا إلا ان نتوجه إلى زملائنا في الميدان بأسمى أمنيات الخير والتوفيق لهم في عملهم وأن يكمله الله بالقبول فهو ولي ذلك والقادر عليه .
أما بخصوص توجيهات المنهج فنفيدكم علماً بالتالي :
أولاً: محتوى الجزء الأول :
يتضمن :

❖ وحدة واحدة فقط هي الوحدة الاولى :- الحركة .
وهي مجزأة إلى (٣) فصول وفق التوزيع المختصر التالي :

الوحدة الأولى :- الحركة								
الفصل الأول الطاقة			الفصل الثاني ميكانيكا الدوران			الفصل الثالث كمية الحركة الخطية		
١٣			١٤			٩		
محتوي الفصل			محتوي الفصل			محتوي الفصل		
الدرس	الموضوع	عدد الحصص	الدرس	الموضوع	عدد الحصص	الدرس	الموضوع	عدد الحصص
١-١	الشغل	٤	١-2	عزم الدوران (عزم القوة)	٥	١-3	كمية الحركة والدفع	٤
٢-١	الشغل والطاقة	٤	٢-2	القصور الذاتي الدوراني	٤	٢-3	حفظ (بقاء) كمية الحركة والتصادمات	٥
٣-١	حفظ (بقاء) الطاقة	٥	3-2	ديناميكا الدوران	٥			
٣٦ حصة								

توجيهات الفصل الأول

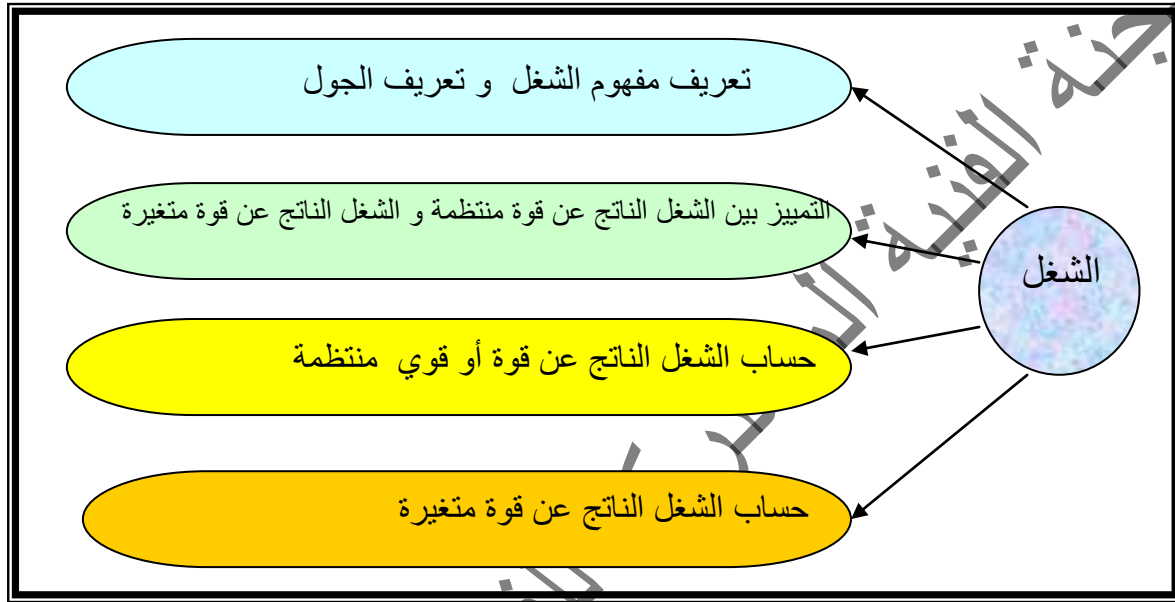
الطاقة

ثانياً :- توجيهات الفصل الاول :- الطاقة

يتكون هذا الفصل من (٣) دروس

الدرس ١-١	الشغل	٤ حصص	١٣
الدرس ٢-١	الشغل والطاقة	٤ حصص	حصة
الدرس ٣-١	حفظ (بقاء) الطاقة	٥ حصص	

المفاهيم العامة (الرئيسية) الأربعة هي :



المفاهيم (الأساسية) الفرعية هي :

- ١ - التمييز بين المفهوم الشائع والدارج للشغل { جهد جسدي أو فكري } والمعني الفيزيائي { عملية تقوم فيها القوة بإحداث إزاحة } .
- ٢ - إعطاء أمثلة من الحياة اليومية لإبراز المفهوم الفيزيائي للشغل .
- ٣ - تعريف الشغل بأنه [عملية تقوم فيها قوة مؤثرة بإزاحة جسم في اتجاهها] .
- ٤ - تسمية وحدة قياس الشغل [الجول] والرمز الدال عليها [ج] وتعريف الجول .
- ٥ - تصنيف القوى التي يحتمل أن تؤثر علي أي جسم إلي منتظمة أو متغيرة مع تعريف شروط كل منهما باعتبار القوة كمية متجهة ، وتكون منتظمة في حالة ثبوت مقدارها واتجاهها طوال فترة التأثير علي الجسم وإحداث الإزاحة ، وتكون متغيرة إذا تغير مقدارها أو اتجاهها أو كلاهما أثناء إزاحة الجسم .
- ٦ - دراسة معادلة حساب الشغل الذي تبدله قوة ثابتة المقدار والاتجاه { منتظمة } في إزاحة الجسم باتجاهها

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$

مع التأكيد علي تعريف الشغل باعتباره حاصل الضرب العددي (القياسي) لمتجهها القوة المؤثرة علي الجسم ومتجه الإزاحة .

والإشارة إلي الرموز الواردة بالمعادلة ودلالاتها اللفظية ووحدات القياس في النظام الدولي للوحدات .

- ٧ - استنتاج معادلة حساب الشغل الذي تبذله قوة ثابتة المقدار والاتجاه { منتظمة } في إزاحة الجسم عندما تكون القوة غير موازية لاتجاه الإزاحة

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = F \cos \theta \times d$$

وذلك من خلال تحليل متجه القوة لإيجاد مركبة القوة باتجاه الإزاحة ومن ثم مقارنة الناتج بما سبق

للتألب دراسته في موضوع الضرب العددي (القياسي) لمتجهين .

٨ - مناقشة الحالات التي ينعدم فيها شغل القوة وتعليل ذلك في كل حالة

٩ - مناقشة الحالات التي يكون فيها شغل القوة موجباً والحالات التي يكون فيها شغل القوة سالباً ودلالة ذلك.

١٠ - دراسة معادلة حساب الشغل الناتج عن مجموعة من القوي المنتظمة علي الجسم من خلال التأكيد علي أن

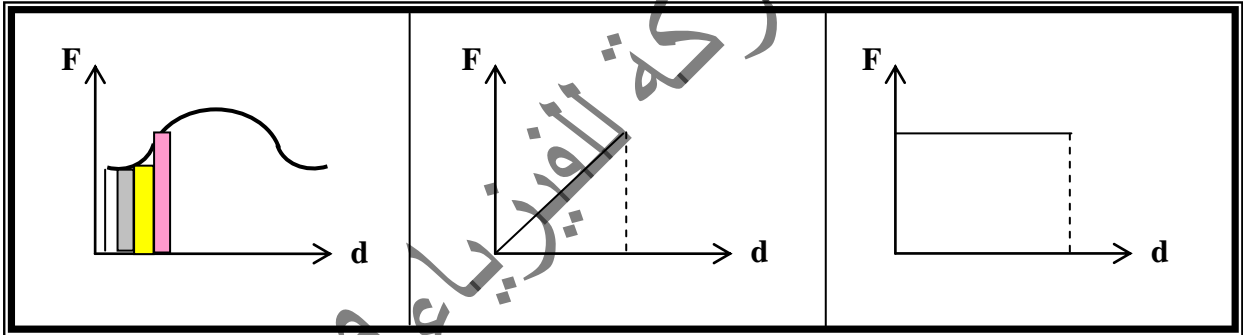
الذي يبذل الشغل هي القوة المحصلة

$$W_{Nwt} = \vec{F}_{Net} \cdot \vec{d} = F_{Net} \times d \times \cos \theta$$

١١ - دراسة الشغل الناتج عن قوي منتظمة تؤثر علي جسم متحرك في مسار منحنى واستنتاج أن

الشغل الناتج عن وزن جسم لا يرتبط بالمسار الذي يسلكه الجسم بين نقطتين بل يتوقف علي مقدار الإزاحة الرأسية بين النقطتين .

١٢ - حساب الشغل الناتج عن قوة منتظمة أو عن قوة متغيرة من خلال التمثيل البياني لمنحنى (F - d)



الشغل يساوي مساحة الشكل تحت منحنى (F - d)

مع استنتاج معادلة حساب الشغل المبذول لإحداث استطالة في نابض (زنبرك) مرن بالاستعانة بمنحنى (

$$W = \frac{1}{2} k [\Delta x]^2$$

(F - d) المعبر عن تغير استطالة النابض بتغير القوة المؤثرة عليه

١٣ - حل تطبيقات عديدة علي كل ما سبق .

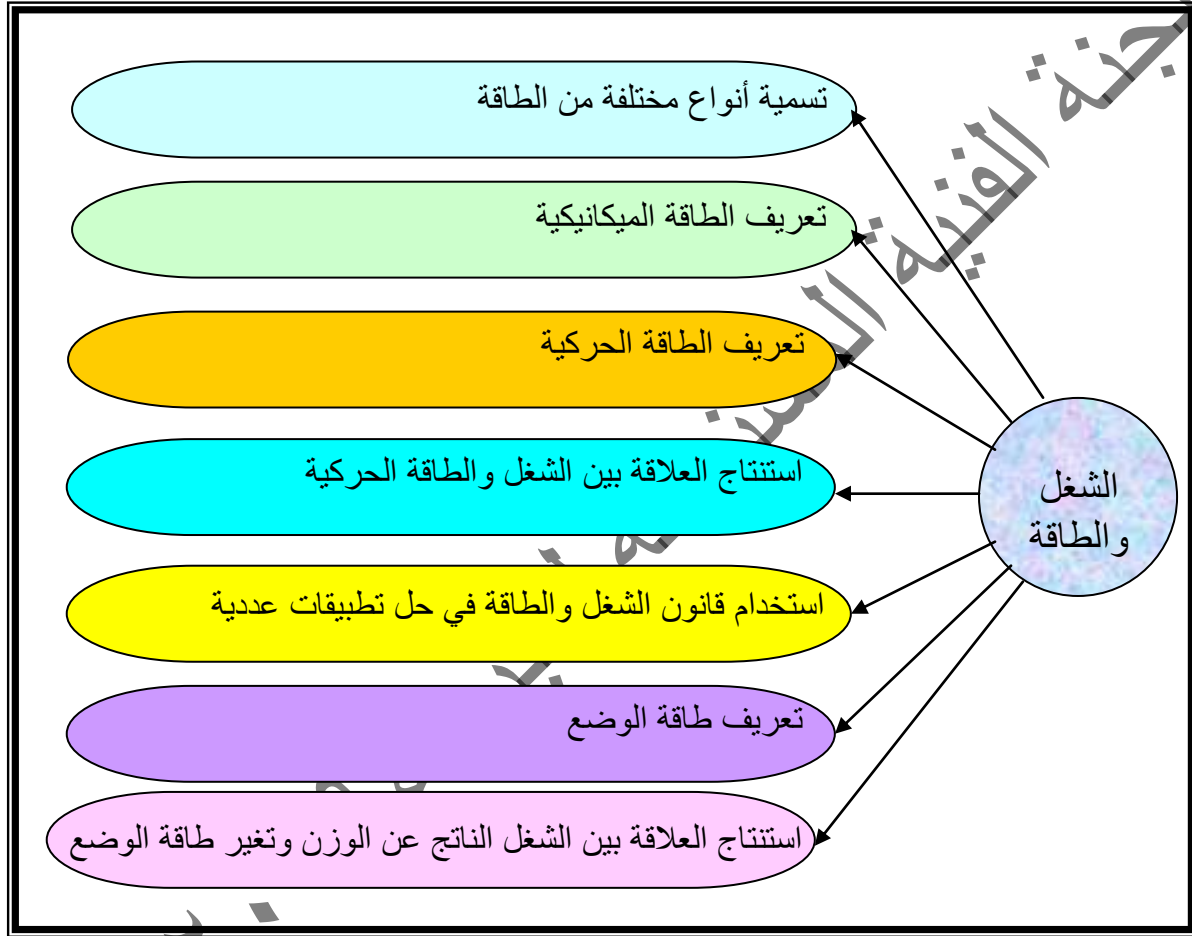
الدرس (١ - ٢) الشغل و الطاقة .

❖ عدد الحصص المقدرة لتدريس الموضوع : ٤ حصص .

❖ يُراعى عند تدريس هذا الموضوع ما يلي :

▪ ويتضمن هذا الدرس (٧) مفاهيم رئيسة (عامة) ، تتبثق منها مجموعة من المفاهيم الفرعية (الأساسية) وسيتم تناولها جميعاً بالتفصيل فيما يلي :

المفاهيم العامة (الرئيسية) السبعة هي :



المفاهيم (الأساسية) الفرعية هي :

١ - تعريف الطاقة بأنها المقدرة علي انجاز شغل ، مع إعطاء أمثلة حياتية للعلاقة بين الشغل والطاقة ، ووحدة قياسها حسب النظام الدولي للوحدات.

٢ - تعريف الطاقة الحركية بأنها شغل ينجزه الجسم بسبب حركته ، وتصنيف الطاقة الحركية إلي :

▪ الطاقة الحركية لكتلة نقطية .

▪ الطاقة الحركية لنظام مؤلف من عدة كتل نقطية .

▪ الطاقة الحركية لجسم صلب .

▪ الطاقة الحركية لجسم صلب يدور .

مع دراسة العوامل التي تتوقف عليها الطاقة الحركية في كل حالة من الحالات السابقة ومعادلة حسابها ووحدات القياس للكميات المحددة في العلاقات بحسب النظام الدولي للوحدات .

■ كما نؤكد علي أهمية تدريب الطلاب علي التمثيل البياني للعلاقة بين الطاقة الحركية وكل عامل من العوامل التي تتوقف عليها في العلاقات السابقة وهي جزء لا يتجزأ من دراسة الموضوع وإن لم ترد بكتاب الطالب نصاً ، ويحق لواضعي الاختبارات السؤال عنها .

٣ - استنتاج العلاقة بين الطاقة الحركية والشغل

كما نؤكد علي أهمية هذا الاستنتاج وبصيغته الحالية والتدريب علي حل تطبيقات عددية علي إيجاد الشغل الناتج عن محصلة القوي الخارجية المؤثرة في الجسم خلال فترة زمنية محددة بدلالة التغير في الطاقة الحركية للجسم نفسه خلال الفترة الزمنية نفسها .

٤ - تعريف الطاقة الكامنة باعتبارها طاقة يخزنها الجسم ، وتسمح له بإنجاز شغل للتخلص منها وتصنيفها إلي :

- طاقة كامنة مرنة .
- طاقة كامنة ثقالية (طاقة الوضع) .
- دراسة العوامل التي تتوقف عليها الطاقة الكامنة في كل حالة من الحالات السابقة ومعادلة حسابها ووحدات القياس للكميات المحددة في العلاقات بحسب النظام الدولي للوحدات .
- و دراسة التغير في طاقة الوضع الثقالية
- كما نكرر التأكيد علي

أهمية تدريب الطلاب علي التمثيل البياني للعلاقة بين الطاقة الكامنة (أيأ كان نوعها - مرنة أو ثقالية) وكل عامل من العوامل التي تتوقف عليها في العلاقات السابقة وهي جزء لا يتجزأ من دراسة الموضوع وإن لم ترد بكتاب الطالب نصاً ، ويحق لواضعي الاختبارات السؤال عنها .

٥ - تعريف الطاقة الميكانيكية باعتبارها مجموع طاقة الجسم الحركية وطاقته الكامنة ،

مع دراسة الصيغة الرياضية لمعادلة حسابها .

٦ - حل تطبيقات عددية علي كل ما سبق .

الدرس (١ - ٣) حفظ (بقاء) الطاقة .

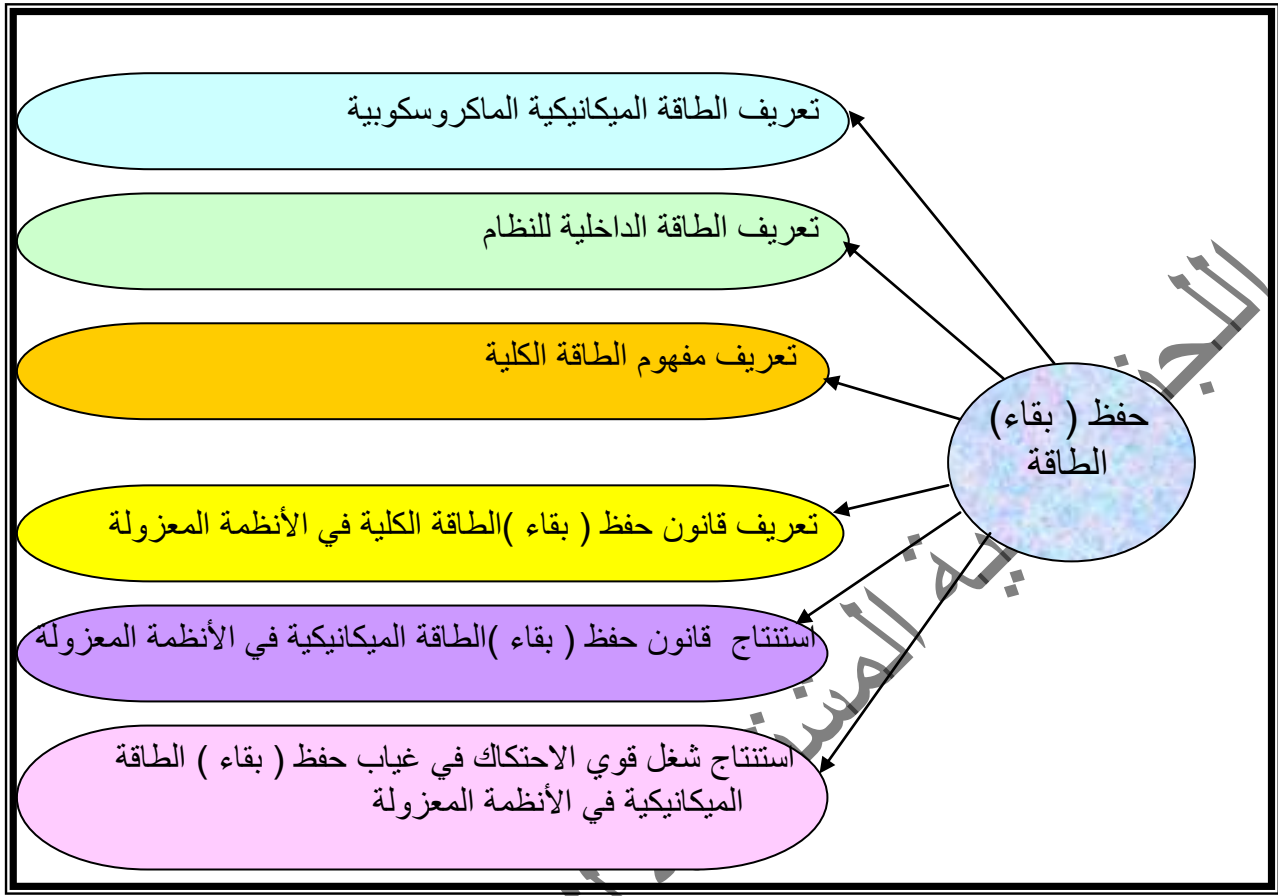
❖ عدد الحصص المُقدرة لتدريس الموضوع : ٥ حصص .

❖ يُراعي عند تدريس هذا الموضوع ما يلي :

■ ويتضمن هذا الدرس (٦) مفاهيم رئيسة (عامة) ، تتبثق منها مجموعة من المفاهيم الفرعية

(الأساسية) وسيتم تناولها جميعاً بالتفصيل فيما يلي :

المفاهيم العامة (الرئيسية) السبعة هي :



المفاهيم (الأساسية) الفرعية هي :

١ - تصنيف الطاقة الميكانيكية إلى قسمين : طاقة ميكانيكية ماكروسكوبية و طاقة ميكانيكية ميكروسكوبية.

٢ - تصنيف الأجسام إلى قسمين :

أجسام ماكروسكوبية وهي الأجسام التي تملك أبعادا يمكن قياسها ورؤيتها بالعين المجردة
و أجسام ميكروسكوبية وهي الأجسام الصغيرة جدا والتي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة .

٣ - كيفية حساب طاقات الحركة والوضع (المرنة والتثاقلية) التي تمتلكها الأجسام الماكروسكوبية

$$KE = \frac{1}{2} M \cdot v^2 \quad PE_g = m \cdot g \cdot h \quad PE_e = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

ومن ثم حساب الطاقة الميكانيكية الماكروسكوبية من العلاقة $ME_{macro} = KE_{macro} + PE_{macro}$

مع التأكيد علي جواز تسميتها بالطاقة الميكانيكية فقط دون الإشارة لماكروسكوبية

٤ - وصف لطبيعة جزيئات المواد المختلفة من الناحية الحركية وسرعة حركة هذه الجزيئات واثّر درجة الحرارة

علي سرعة حركة الجزيئات وكيفية حساب طاقة الحركة لهذه الجزيئات الميكروسكوبية ، ووصف حالة

الروابط بين جزيئات المادة في حالة تغير حالتها الفيزيائية كالانصهار والتجمد والطاقة التي تتبادلها

جزيئات النظام وتؤدي لتغيير حالته بتغير طاقة الربط بين أجزائه والتي تسمى الطاقة الكامنة

الميكروسكوبية ، ومن ثم حساب الطاقة الميكانيكية الميكروسكوبية من العلاقة

$$ME_{micro} = KE_{micro} + PE_{micro} = U$$

وتسميتها بالطاقة الداخلية للنظام ، وتعريفها بأنها مجموع طاقات الوضع والحركة لجسيمات النظام .
٥ - تعريف الطاقة الكلية لنظام ما بأنها

مجموع الطاقة الداخلية (U) والطاقة الميكانيكية (ME)

$$E = ME + U$$

ومعادلة حسابها

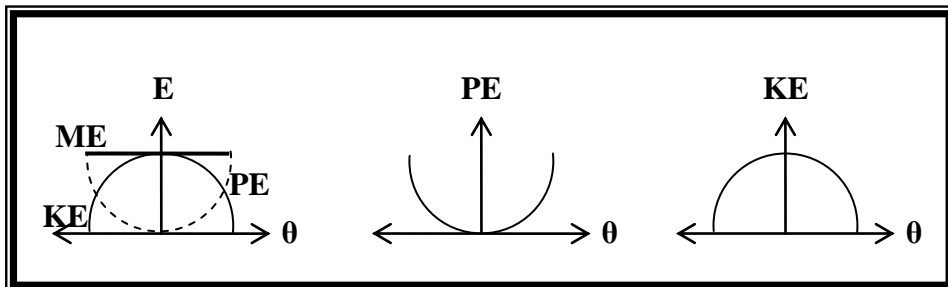
٦ - الإشارة إلى الصياغة المنسوبة للعالم الألماني هرمان فون هلمهولتز لقانون بقاء (حفظ) الطاقة
{ { الطبيعة تحتوي مصادر طاقة لا يمكن أن تزيد أو تنقص بأية طريقة } {
والإشارة إلى الصياغة المنسوبة للعالم الفرنسي بوانكاريه لقانون بقاء (حفظ) الطاقة
{ { هناك شئ ثابت لا يتغير وهو الطاقة } {
باعتبارها مقدمة للصيغة الحديثة لقانون بقاء الطاقة .

٧ - التأكيد على أنه في الأنظمة المعزولة المغلقة والتي لا تتبادل الطاقة مع المحيط الخارجي تكون الطاقة الكلية محفوظة ، أما الذي يحدث فهو تحولات للطاقة من شكل إلى آخر ومن ثم صياغة
قانون حفظ (بقاء) الطاقة والذي ينص على أن :
الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ، ويمكن داخل أي نظام معزول أن تتحول الطاقة من شكل إلى آخر ،
فالطاقة الكلية للنظام ثابتة لا تتغير ،
٨ - أعطاء أمثلة توضيحية من الحياة لإبراز مفهوم قانون حفظ (بقاء) الطاقة .

٩ - التأكيد على أن الميكانيكية في نظام معزول تكون محفوظة عند إهمال قوى الاحتكاك ككرة ساقطة في
مجال الجاذبية الأرضية (النظام مؤلف من الأرض والكرة) وإثبات أن الطاقة الميكانيكية محفوظة وأن
التغير في طاقة الوضع (الكامنة) يساوي معكوس التغير في طاقة الحركة

$$\Delta PE = -\Delta KE$$

١٠ - دراسة التبادل بين الطاقة الحركية وطاقة الوضع التثاقلية بفرض انعدام الاحتكاك لحركة بندول بسيط
باعتباره نظام معزول ودراسة المعادلات المرتبطة بذلك مع التأكيد على علاقة الطاقة الميكانيكية للنظام
بطاقة الحركية عند كل من موضع الاستقرار وعند أقصى إزاحة ممكنة علي جانبي موضع
الاستقرار و الطاقة الميكانيكية للنظام بطاقة الوضع التثاقلية عند كل من موضع الاستقرار وعند موضع
أقصى إزاحة ممكنة علي جانبي موضع الاستقرار وإنشاء المنحنيات البيانية المعبرة عن تلك العلاقات.



١١ التأكيد على أن الميكانيكية في نظام معزول تكون غير محفوظة بوجود قوى الاحتكاك بدراسة أثر الاحتكاك حالته الفيزيائية أو كلاهما معاً (علي التتابع) علي التغير في الطاقة الميكانيكية للنظام ودراسة الشغل الناتج عن قوى الاحتكاك علي أجزاء النظام والتي تسبب تغيير درجة حرارته أو المعادلة العامة الدالة علي ذلك

$$\Delta E = \Delta ME + \Delta U$$

واستنتاج التغير في الطاقة الميكانيكية والتغير في الطاقة الداخلية للنظام المعزول في حالة حفظ الطاقة الكلية للنظام $\therefore \Delta E = 0 \Rightarrow \therefore 0 = \Delta ME + \Delta U \Rightarrow \Delta ME = -\Delta U$.

ودراسة علاقة الشغل الناتج عن قوى الاحتكاك المؤثرة علب أجزاء النظام و الطاقة الداخلية للنظام

$$\Delta U = W_f \Rightarrow \Delta ME = -W_f$$

وباعتبار أن قوة الاحتكاك قوة ثابتة المقدار يستنتج أن $W_f = f \times d \Rightarrow \therefore \Delta ME = -f \times d$

١٢ - حل تطبيقات عديدة علي كل ما سبق .

توجيهات الفصل الثاني

ميكانيكا الدوران

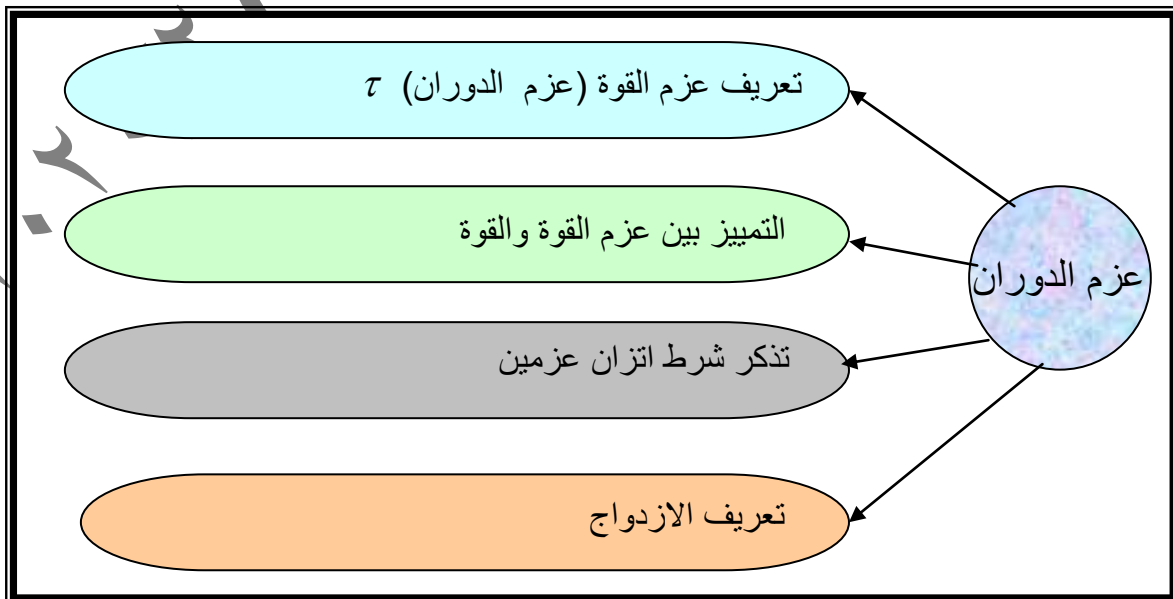
توجيهات الفصل الثالث :- ميكانيكا الدوران
يتكون هذا الفصل من (٤) دروس

الدرس ١-٢	عزم الدوران (عزم القوة) τ	٥ حصص
الدرس ٢-٢	القصور الذاتي الدوراني (I)	٤ حصص
الدرس ٣-٢	ديناميكا الدوران	٥ حصص
الدرس ٤-٢	كمية الحركة الزاوية (L)	معلق

الدرس (٢ - ١) عزم الدوران (عزم القوة) τ .

- ❖ عدد الحصص المقدرة لتدريس الموضوع : ٥ حصص.
 - ❖ يُراعى عند تدريس هذا الموضوع ما يلي :
- ويتضمن هذا الدرس (٤) مفاهيم رئيسة ، تنبثق منها مجموعة من المفاهيم الفرعية وسيتم تناولها جميعاً بالتفصيل فيما يلي :

المفاهيم الرئيسية الأربعة هي :



المفاهيم الفرعية هي :

- ١٤ تصنيف حركة الأجسام إلى حركة خطية فقط ، حركة دورانية فقط ، حركة خطية دورانية معاً .
- ٢ - استنتاج متى ينتقل الجسم ومتى يدور تحت تأثير قوة ما .
- ٣- مناقشة مفهوم القوة وعزم القوة ، فالقوة هي المسبب لتسارع الأجسام بينما عزم القوة هو التأثير الدوراني لها.
- ٤- تعريف عزم القوة بأنه [كمية فيزيائية تعبر عن مقدرة القوة على إحداث حركة دورانية للجسم حول محور الدوران] .

٥- تعريف فعل الرافعة بأنه استخدام القوة لتنتج عزماً.

٦ - إعطاء أمثلة حياتية لاستخدام فعل الرافعة .

٧- استنتاج العوامل المؤثرة على عزم القوة عند فتح الباب.

٨- المقارنة بين عزم القوة عند استخدام مفتاح ربط ذي مقبض طويل ، وآخر ذي مقبض قصير .

٩- استنتاج العوامل المؤثرة على عزم القوة بشكل عام.

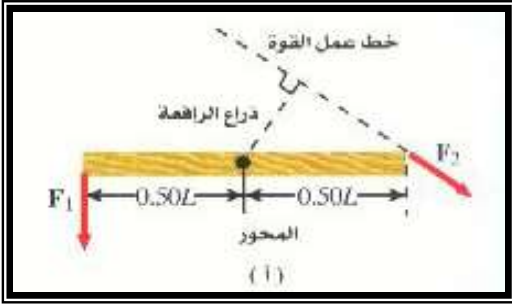
١٠- تعريف ذراع الرافعة d عندما تكون القوة عمودية بأنه

[المسافة من محور الدوران إلى نقطة تأثير القوة] .

١١- تعريف ذراع الرافعة d عندما تكون القوة غير عمودية بأنه

[المسافة العمودية بين محور معين والخط الذي تؤثر القوة

على استقامته] .



١٢ - حساب عزم القوة عندما تكون القوة عمودية على ذراع الرافعة باستخدام المعادلة $\vec{\tau} = \vec{F}_\perp \times \vec{d}$.

١٣- حساب مقدار عزم القوة عندما تكون القوة مائلة على ذراع الرافعة بحسب باستخدام المعادلة $\tau = F \times d \times \sin \theta$

حيث (θ) الزاوية المحصورة بين (d, F) مع الإشارة إلى أن (\vec{F}) تقاس بحسب النظام الدولي للوحدات

بوحدته (N) والمسافة بوحدته (m) وبالتالي يقاس عزم القوة بوحدته $(N.m)$.

١٤- استنتاج أن عزم القوة يساوي عددياً حاصل الضرب الاتجاهي للقوة \vec{F} وذراع الرافعة \vec{d} .

١٥- تفسير أن وحدة العزم $(N.m)$ لا تكافئ الجول ، لأن ذراع الرافعة ليست إزاحة، كما أن القوة ليس لها تأثير

في مقدار (d) .

١٦ - استنتاج أن عزم القوة يكون أكبر ما يمكن عندما تكون القوة عمودية على ذراع الرافعة.

١٧- استنتاج أن القوة المؤثرة في الجسم القابل للدوران حول محور لا تستطيع تدوير الجسم (عزمها يساوي

الصفر) عندما يكون:

- خط عمل القوة يمر بمحور الدوران (ذراع الرافعة يساوي صفر).

- خط عمل القوة يوازي محور الدوران (الزاوية بين القوة ومحور الدوران تساوي صفر).

١٨- تطبيق قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه عزم القوة .

- ١٩ - التأكيد على أن عزم القوة يعتبر موجباً إذا كان الدوران الذي يحدثه للجسم بعكس عقارب الساعة ويكون اتجاه العزم عمودي على مستوى الصفحة للخارج.
- ٢٠ - التأكيد على أن عزم القوة يعتبر سالباً إذا كان الدوران الذي يحدثه للجسم مع عقارب الساعة ويكون اتجاه العزم عمودي على مستوى الصفحة للداخل (x) .
- ٢١ - استنتاج أن الوزن لا يسبب دوران الجسم ولكن العزم هو الذي يسبب الدوران.
- ٢٢ - استنتاج الشرط الضروري لتحقيق الاتزان الدوراني وهو $\sum \vec{\tau} = 0$ أي أن المجموع الجبري للعزوم مع اتجاه عقارب الساعة = المجموع الجبري للعزوم عكس اتجاه عقارب الساعة.
- ٢٣ - التأكيد بأن الشرط الأول للاتزان $\sum \vec{F} = 0$ ، الشرط الثاني للاتزان $\sum \vec{\tau} = 0$
- ٢٤ - استنتاج أن تحقيق الشرط الأول للاتزان فقط لا يكفي لاتزان الجسم الصلب.
- ٢٥ - تعريف مركز ثقل الجسم الصلب بأنه: الموضع الذي يكون عنده محصلة عزوم قوة الجاذبية المؤثرة في الجسم الصلب تساوي صفراً.
- ٢٦ - استنتاج أن وجود مركز ثقل الجسم خارج المساحة الحاملة للجسم يجعل الجسم ينقلب.
- ٢٧ - توقع ماذا يحدث عند ركل كرة القدم في الحالتين التاليتين:
- إذا كان اتجاه القوة (خط عمل القوة) يمر بمركز ثقل الكرة ؟ فإنها تتحرك دون أن تدور (تتحرك حركة انتقالية).
- إذا كان اتجاه القوة (خط عمل القوة) لا يمر بمركز ثقل الكرة ؟ فإنها تدور وتتحرك حول مركز ثقلها.
- ٢٨ - استنتاج أن دوران الجسم حول محوره نتيجة لمحصلة عزوم القوى وبالتالي عندما لا يدور الجسم فإن محصلة العزوم تساوي صفراً.
- ٢٩ - تعريف مركز ثقل الجسم بأنه موقع محور الدوران الذي تكون محصلة عزوم قوى الجاذبية المؤثرة في الجسم الصلب حول هذا المحور تساوي صفراً.
- ٣٠ - تفسير دوران الجسم وعدم اتزانه عندما يتأثر بقوتين متساويتين مقداراً ومتعاكستين اتجاهًا بالرغم من أن محصلة هاتين القوتين تساوي صفراً. بأن الدوران نتيجة وجود عزم ازدواج.
- ٣١ - استنتاج أن الازدواج يتكون من قوتين متساويتين في المقدار ومتوازيتين وتعملان في اتجاهين متضادين وليس لهما خط عمل واحد.
- ٣٢ - التأكيد على أن مقدار عزم الازدواج يساوي محصلة عزم القوتين المتساويتين في المقدار والمتعاكستين في الاتجاه واللذان تؤديان إلى دوران الجسم . $C = \tau_1 + \tau_2$
- ٣٣ - يحسب مقدار عزم الازدواج من المعادلة $C = F \times d$ ، وحدة عزم الازدواج (N.m) حيث (F) مقدار إحدى القوتين ، (d) المسافة العمودية بين القوتين .
- ٣٥ - إذا دار الجسم لابد أن يكون خاضعاً لازدواج ، وفي حالة دوران الباب عند فتحه أو غلقه لا تقوم قوة واحدة بدورانه وإنما قوتان ذلك بسبب وجود قوة أخرى هي قوة رد الفعل عند محور الدوران .
- ٣٦ - يحل تطبيقات عديدة علي كل ما سبق.

الدرس (٢ - ٢) القصور الذاتي الدوراني (I)

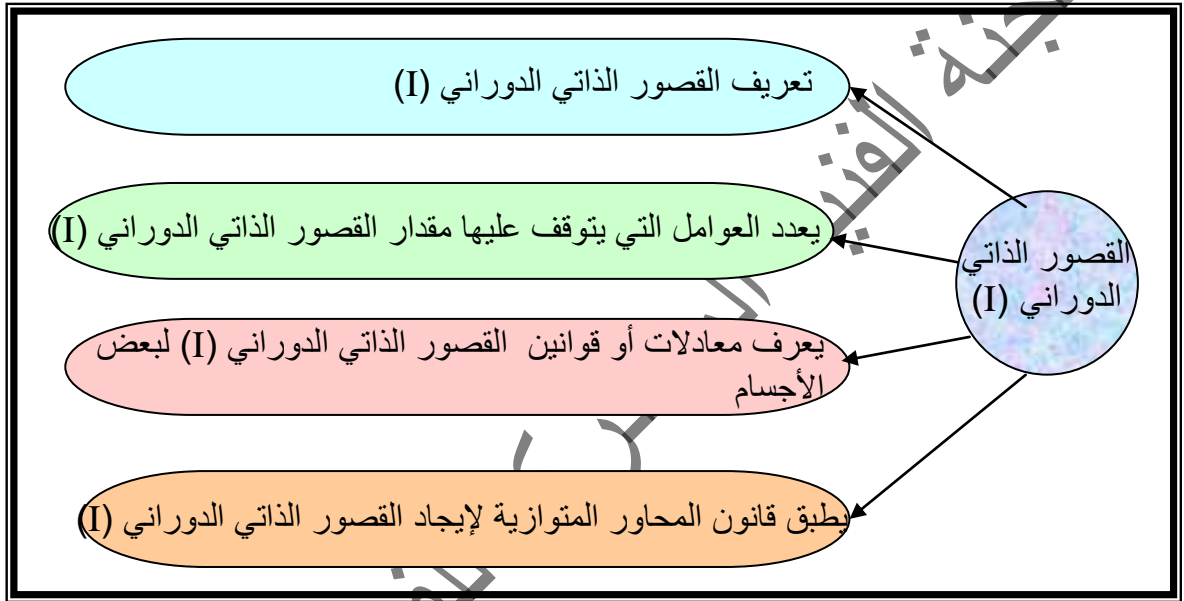
❖ عدد الحصص المُقدرة لتدريس الموضوع : 4 حصص.

❖ يُراعى عند تدريس هذا الموضوع ما يلي :

يتضمن هذا الدرس (٤) مفاهيم رئيسة ، تنبثق منها مجموعة من المفاهيم الفرعية وسيتم تناولها جميعاً بالتفصيل

فيما يلي :

المفاهيم الرئيسية الأربعة هي :



المفاهيم الفرعية هي :

- ١- كتلة الجسم تعمل على مقاومة التغير في حركته الخطية.
- ٢- الجسم الساكن يميل إلى أن يبقى ساكناً ، والجسم المتحرك في خط مستقيم يميل إلى أن يبقى متحركاً في خط مستقيم .
- ٣- استنتاج أنه لكي نغير حركة الجسم يلزمنا قوة يختلف مقدارها باختلاف كتلة الجسم.
- ٤- تعريف الكتلة بأنها مقياس للقصور الذاتي للجسم في الحركة الخطية .
ويحتاج الجسم إلى قوة لتغيير حالة حركته الخطية.
- ٥- تعريف القصور الذاتي على أنه مقاومة الجسم لتغيير حركته الخطية.
- ٦- تعريف القصور الذاتي الدوراني للجسم على أنه مقاومة الجسم لتغيير حركته الدورانية. ويحتاج الجسم إلى عزم لتغيير حالة حركته الدورانية.
- ٧- استنتاج أنه في حالة غياب محصلة القوى فإن الأجسام التي تدور تحتفظ بدورانها.
- ٨- استنتاج أن القصور الذاتي الدوراني يزداد كلما كانت الكتلة أبعد عن محور الدوران .
- ٩- استنتاج أن المضرب ذي الذراع القصيرة يمتلك قصوراً ذاتياً دورانياً أقل من المضرب ذي الذراع الطويلة وبالتالي يكون استعمال المضرب القصير أسهل في الحركة الدورانية.

١٠- استنتاج أن الأجسام التي لها نفس الكتلة تختلف عزومها الذاتية الدورانية باختلاف بعد الكتل عن محور الدوران فعزم القصور الذاتي يزداد كلما كانت الكتلة أبعد عن محور الدوران.

١١- تفسير أن الحيوانات ذات القوائم الطويلة تتحرك بسرعة أقل من الحيوانات ذات القوائم القصيرة بسبب خاصية القصور الذاتي الدوراني .

١٢- استنتاج أن تحريك الساق أثناء الجري إلى الأمام و إلى الخلف يكون أسهل في حالة ثنيها حيث يقل عندئذ عزم القصور الذاتي الدوراني.

١٣- تفسير أهمية تغيير البهلوان لمقدار قصوره الذاتي الدوراني أثناء حركته على سلك رفيع بأن يمد يديه أو يمسك بعصا طويلة فيزداد مقدار القصور الذاتي فتزداد مقاومته للدوران فيستغرق وقت أطول فيتمكن من ضبط مركز ثقله والحفاظ على اتزانه.

١٤- استنتاج العوامل التي تؤثر على مقدار القصور الذاتي الدوراني وهي:

▪ مقدار كتلة الجسم .

▪ موضع محور.

▪ الدوران بالنسبة لمركز الكتلة - شكل الجسم وتوزيع الكتلة .

١٥- استنتاج أن القصور الذاتي الدوراني يتغير طبقاً للأشكال والمحاور بعد الاطلاع على شكل (٩٣) ص ٨٧ مع التأكيد على عدم حفظ قيم القصور الذاتي الدوراني ولكن رؤية تغير الصيغة الرياضية بتغير الشكل والمحور .

١٦- وحدة قياس القصور الذاتي الدوراني بحسب النظام الدولي للوحدات $Kg. m^2$.

١٧- استنتاج أن القصور الذاتي الدوراني لجسم يدور حول محور محدد يختلف باختلاف محور الدوران ، فالقصور الذاتي الدوراني لعصا تدور حول محور يمر في منتصفها يختلف عن مقدار القصور الذاتي لعصا تدور حول محور مواز يمر في أحد طرفيها .

١٨ - حساب القصور الذاتي الدوراني للجسم حول أي محور يكون موازياً لمحور الدوران المار بمركز ثقل الجسم حسب نظرية هوغنس للمحاور المتوازية

$$I = I_0 + md^2$$

حيث أن :

(m) هي كتلة الجسم وتقاس بوحدة kg و (I_0) محور الدوران المار بمركز ثقل الجسم .

(I) محور الدوران الموازي للمحور المار بمركز الثقل .

(d) المسافة بين المحور المار بمركز الثقل (I_0) والمحور الجديد الموازي له (I)

١٩- حل تطبيقات عديدة علي كل ما سبق .

الدرس (٢ - ٣) ديناميكا الدوران .

❖ عدد الحصص المُقدّرة لتدريس الموضوع : 5 حصص .

❖ يُراعى عند تدريس هذا الموضوع ما يلي :

- يراعى أن هذا الدرس هو امتداد طبيعي لما سبق دراسته في الصف الحادي عشر ويجب على المعلم تأكيد ذلك وعدم استغراق وقت كبير في مراجعة وتدريس المفاهيم السابق دراستها والمطلوب تذكير الطالب بها وهذه المفاهيم هي :

١. كينماتيكا و ديناميكا الحركة الخطية .

٢. معادلات الحركة الخطية .

٣. القوانين الثلاثة لنيوتن للحركة الخطية .

٤. كينماتيكا الحركة الدورانية المنتظمة .

٥. كينماتيكا الحركة الدورانية المنتظمة العجلة .

٦. معادلات الحركة الدورانية و تم استخدامها للربط بين الإزاحة الزاوية (θ) وكل من :

○ السرعة الدورانية (الزاوية) الابتدائية $\theta'_i = \omega_i$

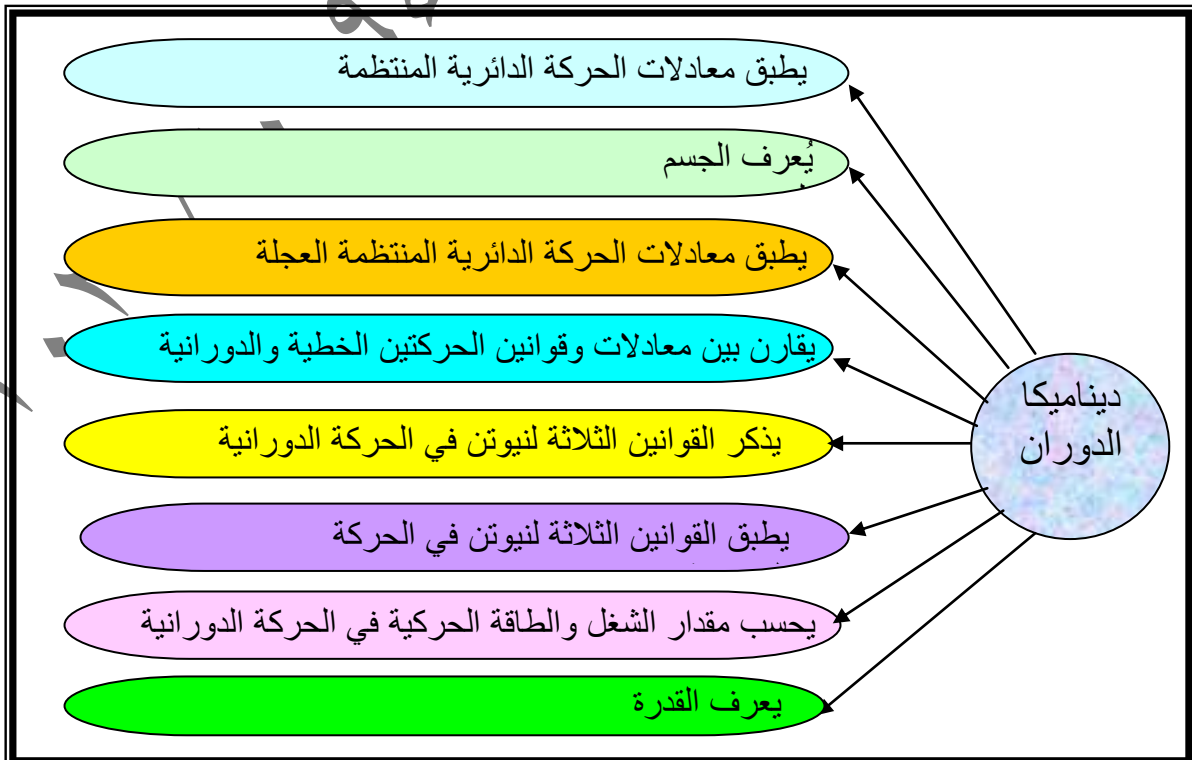
○ السرعة الدورانية (الزاوية) النهائية $\theta'_f = \omega_f$

○ العجلة الزاوية $\theta'' = \alpha$

○ الزمن t

- ويتضمن هذا الدرس (٨) مفاهيم رئيسة ، تتبثق منها مجموعة من المفاهيم الفرعية وسيتم تناولها جميعاً بالتفصيل فيما يلي :

المفاهيم الرئيسية الثمانية هي :



المفاهيم الفرعية هي :

- ١ - تعريف الحركة الدورانية المنتظمة .
- ٢ - تطبيق معادلات الحركة الدورانية المنتظمة .
- ٣ - تعريف الحركة الدورانية المنتظمة العجلة.
- ٤ - تطبيق معادلات الحركة الدورانية المنتظمة العجلة.
- ٥ - تعريف الجسم المصمت .
- ٦ - المقارنة بين زمن وصول اسطوانة مفرغة إلى أسفل منحدر ، وزمن وصول اسطوانة مصمتة لها نفس الكتلة ونفس نصف القطر إلى أسفل نفس المنحدر واستنتاج أن اختلاف زمن وصول كل منهما يعود إلى اختلاف القصور الذاتي الدوراني لكل منهما لاختلاف توزيع الكتلة.
- ٧ - يذكر نص القانون الأول لنيوتن للحركة الدورانية .
- ٨ - استنتاج علاقة رياضية لحساب عزم القوة بدلالة القصور الذاتي الدوراني. $\tau = I \times \theta''$ لكتلة نقطية تدور حول محور ثابت. $F = ma$ و بالتعويض عن $a = r\theta''$ ينتج أن $F = mr\theta''$ و بضرب المعادلة في r ينتج أن $F \times r = mr^2\theta''$ و منها $\tau = I \times \theta''$
- ٩ - يستنتج علاقة رياضية لحساب عزم القوة بدلالة القصور الذاتي الدوراني. $\sum \tau = I \times \theta''$ لنظام تدور حول محور ثابت نتيجة محصلة عزوم قوى.
- ١٠ - يقارن بين القانون الثاني لنيوتن للحركة الدورانية وقانونه للحركة الخطية.

القانون الثاني لنيوتن للحركة الخطية	القانون الثاني لنيوتن للحركة الدورانية
$F = ma$	$\tau = I \times \theta''$

- ١١ - يذكر نص القانون الثاني لنيوتن للحركة الدورانية.
- ١٢ - يذكر نص القانون الثالث لنيوتن للحركة الدورانية.
- ١٣ - يطبق قوانين نيوتن الثلاثة في الحركة الدورانية في حل التطبيقات .
- ١٤ - يقارن بين معادلات الحركة المعجلة الخطية ومعادلات الحركة المعجلة الدورانية

قوانين الحركة المعجلة الخطية	قوانين الحركة المعجلة الدورانية
$v = v_0 + at$	$\omega = \omega_0 + \theta''t$
$x = \left(\frac{v+v_0}{2}\right) \times t$	$\theta = \left(\frac{\omega+\omega_0}{2}\right) \times t$
$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$	$\theta = \omega_0t + \frac{1}{2}\theta''t^2$
$x = v t - \frac{1}{2}at^2$	$\theta = \omega t - \frac{1}{2}\theta''t^2$
$v^2 = v_0^2 + 2ax$	$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\theta'' \cdot \theta$

- ١٥ - يقارن الطالب بين معادلات حساب الشغل في الحركة الخطية وحساب الشغل في الحركة الدورانية .

الحركة المعجلة الخطية	الحركة المعجلة الدورانية
$W = F \times X$	$W = \tau \times \theta$

- ١٦ - يستنتج علاقة لحساب الشغل في الحركة الدورانية

$$W = F \times \Delta S = F \times r \times \Delta \theta = F \times r \times (\theta - \theta_0) = F \times r \times \theta \Rightarrow W = \tau \times \theta$$

- ١٧ - يقارن بين معادلات حساب الطاقة الحركية في الحركة الخطية مع الطاقة الحركية في الحركة الدورانية.

طاقة الحركة المعجلة الخطية	طاقة الحركة المعجلة الدورانية
$K = \frac{1}{2} m \times v^2$	$K = \frac{1}{2} I \times \omega^2$

- ١٨ - يعرف القدرة بأنها المعدل الزمني لانجاز الشغل.

- ١٩ - يقارن الطالب بين معادلات حساب القدرة في الحركة الخطية مع القدرة في الحركة الدورانية

معادلة القدرة في الحركة المعجلة الخطية	معادلة القدرة في الحركة المعجلة الدورانية
$P = \frac{dW}{dt} = F \times \frac{dx}{dt} = F \times v$	$P = \tau \times \frac{d\theta}{dt} = \tau \times \omega$

- ١٩ - يحل تطبيقات عديدة علي كل ما سبق.

الدرس (٢ - ٤) كمية الحركة الزاوية (L).

❖ معلق

توجيهات الفصل الثالث

كمية الحركة الخطية

اللجنة الفنية للمشروع
كمية الحركة للفيزياء
٢٠٢٠/٢٠١٩

توجيهات الفصل الثاني :- كمية الحركة الخطية
يتكون هذا الفصل من (٢) دروس

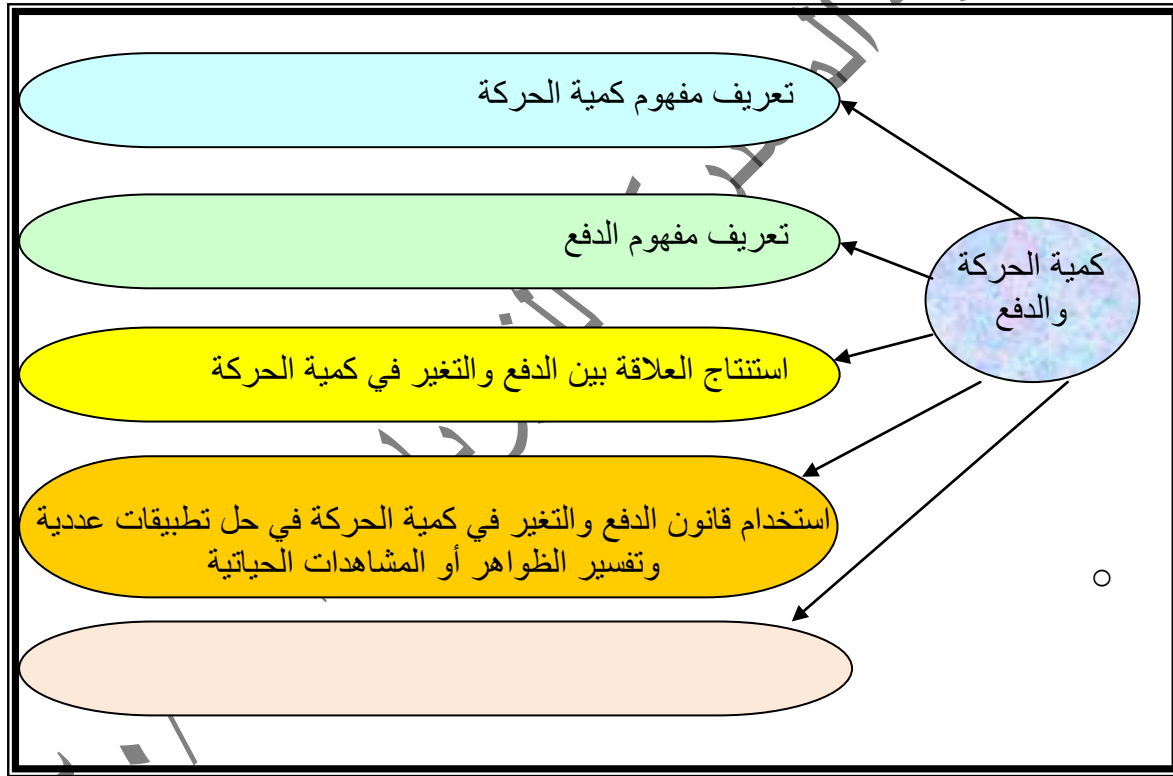
الدرس 1- 3	كمية الحركة والدفع	٤ حصص	9
الدرس 2- 3	حفظ (بقاء) كمية الحركة والتصادمات	5 حصص	حصص

الدرس (١ - 3) كمية الحركة والدفع

❖ عدد الحصص المُقدرة لتدريس الموضوع : ٤ حصص .

▪ ويتضمن هذا الدرس (٥) مفاهيم رئيسة ، تنبثق منها مجموعة من المفاهيم الفرعية وسيتم تناولها جميعاً بالتفصيل فيما يلي :

المفاهيم الرئيسية الخمسة هي :



المفاهيم الفرعية هي :

- ١- تفسير مقدرة لاعب الكاراتيه على كسر مجموعة من الألواح الخشبية بضربة بحرف يده ، وكذلك السقوط على أرض خشبية أقل ألماً من السقوط على أرض أسمنتية .
- ٢- تذكير الطالب بالقانون الأول لنيوتن بحالتيه القصور الذاتي بالنسبة لجسم ساكن القصور الذاتي بالنسبة لجسم متحرك .
- ٣- التأكيد على مفهوم القصور الذاتي أثناء حركة الجسم الخطية تعريفه بدلالة كمية الحركة الخطية .
- ٤- تفسير صعوبة إيقاف شاحنة كبيرة عن إيقاف سيارة صغيرة لها نفس سرعة الشاحنة .

٥- تفسير صعوبة إيقاف سيارة متحركة بسرعة عن إيقاف سيارة لها نفس الكتلة ولكن تتحرك بسرعة أقل ،

٦- استنتاج العوامل التي تتوقف عليها كمية الحركة الخطية .

٧- كمية الحركة الخطية هي كمية فيزيائية متجهة وتساوي حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته المتجهة ويعتبر هذا القانون صحيحاً طالما أن سرعة الجسم صغيرة جداً بالنسبة لسرعة الضوء ، أما إذا كانت الأجسام متحركة بسرعات كبيرة جداً تقترب من سرعة الضوء فيراعي تغير كتلتها وفقاً لمفاهيم النسبية الخاصة لاينشتين وبهذا لا يمكن تطبيق العلاقة السابقة . .

٨- استنتاج وحدة قياس كمية الحركة بحسب النظام الدولي للوحدات بوحدة (kg.m/s) من العلاقة الرياضية التالية :

$$\text{كمية الحركة} = \text{الكتلة} \times \text{متجه السرعة} \quad (\vec{P} = m \cdot \vec{v}) .$$

٩- التأكيد على انه في حالة نظام مؤلف من مجموعة كتل نقطية فان كمية الحركة للنظام تساوي حاصل جمع المتجهات لكمية الحركة لكل كتلة نقطية ($\vec{P}_{system} = \sum \vec{P} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{P}_3 + \dots + \vec{P}_n$) .

١٠- التذكير بحالات جمع المتجهات .

١١- تعريف متجه الوحدة هو متجه له مقدار يساوي وحدة واحدة من وحدات القياس ويرمز له باستخدام حرف مع إشارة المتجه عليه ويستخدم ليشير إلى الاتجاه في الفضاء .

فمتجه الوحدة على محور الإسناد $X'X$ هو المتجه \vec{i} ، ومتجه الوحدة على محور الإسناد $y'y$ هو المتجه \vec{j} ومتجه الوحدة على محور الإسناد $z'z$ هو المتجه \vec{k} .

١٢- للتذكير الضرب النقطي لمتجهين متعامدين يساوي صفر ، لأن حاصل الضرب النقطي كمية عددية وبحسب من العلاقة $\vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos \theta$ و $\cos 90 = 0$ ، لذا

$$\vec{i} \cdot \vec{j} = 0 \quad \text{و} \quad \vec{i} \cdot \vec{k} = 0 \quad \text{و} \quad \vec{j} \cdot \vec{k} = 0$$

أما إذا كان الضرب النقطي للمتجه بنفسه يساوي 1 ، لأن الزاوية تساوي ($\theta = 0$) و ($\cos(0) = 1$) لذا

$$\vec{i} \cdot \vec{i} = \vec{j} \cdot \vec{j} = \vec{k} \cdot \vec{k} = 1$$

١٣- استنتاج أن التغير في السرعة المتجهة يعني حدوث عجلة للحركة أي وجود قوة تؤثر في الجسم وتغير من كمية حركته .

١٤- استنتاج أنه بزيادة تأثير القوة (مقدارها وزمن تأثيرها) على الجسم يزداد التغير في كمية حركة الجسم .

١٥- استنتاج العوامل التي يتوقف عليها التغير في كمية الحركة .

١٦- تعريف الدفع بأنه حاصل ضرب القوة في زمن تأثيرها .

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta T \quad \text{بحسب الدفع في المعادلة :}$$

١٨- التأكيد على ان الدفع كمية متجهة لها اتجاه القوة المؤثرة .

١٩- استنتاج وحدة قياس الدفع بحسب النظام الدولي للوحدات بوحدة (N.s) من العلاقة الرياضية التالية :

$$\text{الدفع} = \text{القوة} \times \text{زمن تأثيرها} \quad (\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta T) , \text{ وهي تكافئ وحدة كمية الحركة (kg.m/s) .}$$

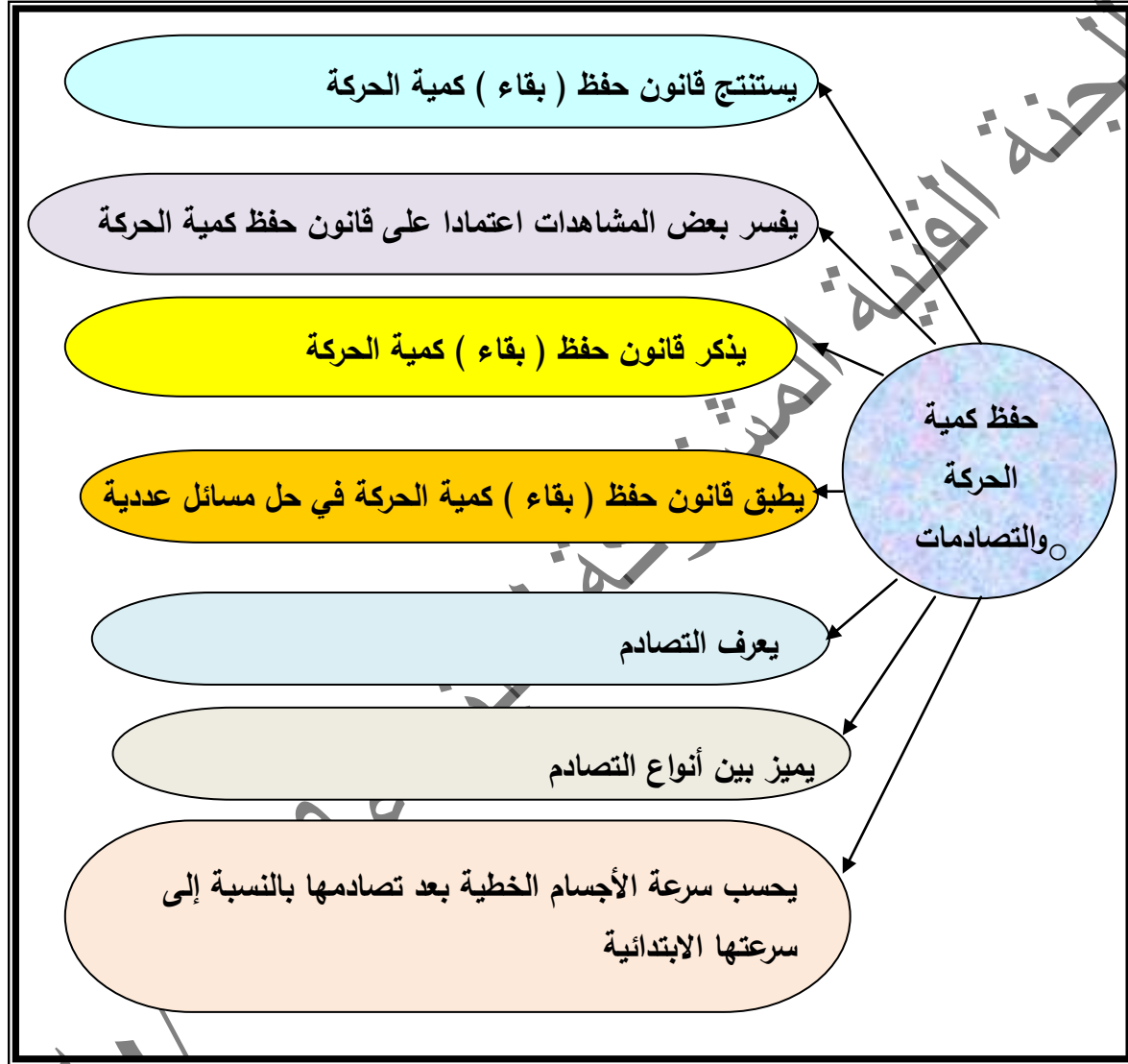
- ٢٠- التأكيد على أن القوة المؤثرة \vec{F} في المعادلة $\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta T$ هي متوسط القوة .
- ٢١- استنتاج مقدار الدفع الذي تتعرض له كرة قدم من لحظة التماس مع قدم اللاعب وحتى انفصالها عن قدمه من المساحة تحت المنحنى (القوة - الزمن) حيث تمثل المساحة تحت المنحنى عددياً مقدار دفع القوة .
- ٢٢- تعريف متوسط القوة \vec{F} على أنها القوة الثابتة التي لو أثرت في الجسم للفترة الزمنية نفسها لأحدثت الدفع نفسه الذي تحدثه القوة المتغيرة .
- ٢٣- استنتاج أن مقدار الدفع على جسم في مدة زمنية ما تساوي التغير في كمية حركة الجسم في الفترة نفسها
- $$\vec{I} = \Delta \vec{P} = (P_f - P_i)$$
- ٢٤- استنتاج أن $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$ ويعتبر هذا نصاً للقانون الثاني لنيوتن .
- ٢٥- استنتاج أنه إذا حدث تغير لكمية الحركة خلال فترة زمنية طويلة يكون تأثير قوة الدفع قليل والعكس بالعكس .
- ٢٦- استنتاج الصيغة الرياضية للقانون الثاني لنيوتن بدلالة التغير في كمية الحركة .
- ٢٧- استنتاج أن مشتق كمية الحركة بالنسبة إلى الزمن يساوي محصلة القوى الخارجية المؤثرة في النظام .

الدرس (3 - ٢) حفظ (بقاء) كمية الحركة والتصادمات.

❖ عدد الحصص المُقدرة لتدريس الموضوع : 5 حصص .

▪ ويتضمن هذا الدرس (٧) مفاهيم رئيسة ، تنبثق منها مجموعة من المفاهيم الفرعية وسيتم تناولها جميعاً بالتفصيل فيما يلي :

المفاهيم الرئيسية السبعة هي :



المفاهيم الفرعية هي :

- ١ - التأكيد على أهمية كمية الحركة لجسم واحد في تفسير تغير حركة الأجسام وفي حساب القوة المسببة لهذا التغير وأهمية هذا المفهوم في تطوير القانون الثاني لنيوتن .
- ٢ - التعرف على كمية حركة جسمين أو أكثر يتفاعلان فيما بينهما .
- ٣ - توضيح ماذا يحدث لكل من السرعة وكمية الحركة عند تصادم كرتين إحداها ساكنة والأخرى متحركة بعد التصادم .
- ٤ - التأكيد علي أنه لإحداث تغيير في كمية حركة الجسم يجب ان يكون هناك دفع يؤثر فيه .

- ٥ - تفسير عدم حدوث تغير في سرعة كرة القدم وكمية حركتها بالرغم من وجود قوى التفاعل بين الجزيئات الموجودة داخل كرة القدم وعدم تغيير كمية حركة السيارة عند دفع مقعد السيارة الأمامي بالرغم من وجود قوة مبدولة على مقعد السيارة ، وذلك حسب القانون الثالث لنيوتن قوى التفاعل بين الجزيئات في حالة الكرة أو القوة المبدولة على مقعد السيارة هي قوى داخلية تتواجد على شكل زوج من القوى المتزنة يلغى تأثيرها داخل الجسم ولا تستطيع أن تغير كمية حركة الكرة أو السيارة .
- ٦ - استنتاج أنه لا يحدث تغير في كمية الحركة إلا في وجود قوة خارجية مؤثرة في الجسم أو النظام .
- ٧ - تعريف النظام المعزول على أنه النظام حيث تكون محصلة القوى الخارجية المؤثرة فيه مساوية للصفر .
- ٨ - استنتاج نص قانون حفظ (بقاء) كمية الحركة على أنه كمية حركة النظام في غياب القوى الخارجية المؤثرة ، تبقى ثابتة ومنتظمة ولا تتغير .
- ٩ - تفسير بعض المشاهدات اعتمادا على قانون حفظ كمية الحركة .
- ١٠ - هناك أنظمة تتصف بحفظ (بقاء) كمية الحركة مثل النشاط الإشعاعي للذرات وتصادم السيارات وانفجار النجوم والتفاعل بين جزيئات الغاز داخل الكرة ، لأن القوى المؤثرة في هذه الأنظمة لا تحدث تغيير في كمية الحركة للأنظمة المعزولة ، وعندما تؤثر قوى خارجية في حركة نظام معين تجعل هذا النظام يتصف بعدم بقاء (حفظ) كمية الحركة نتيجة تغير في السرعة مقدارا أو اتجاهها أو الاثنين معا .
- ١١ - تفسير أن ارتداد المدفع عند إطلاق القذيفة أحد تطبيقات حفظ (بقاء) كمية الحركة .
- ١٢ - توضيح ماذا يحدث لكمية حركة النظام المؤلف من المدفع والقذيفة قبل الإطلاق وعند لحظة الإطلاق وبعد لحظة الإطلاق .
- ١٣ - يعتبر النظام المؤلف من الأجسام المتصادمة نظام معزول ، لأن التصادم يستمر لفترة زمنية قصيرة جدا تكون في خلالها القوة الخارجية مهملة مقارنة بالقوة الداخلية المسببة للتصادم .
- ١٤ - استنتاج أنه إذا حصلت عملية تصادم أو انفجار في فترة زمنية قصيرة جدا، تكون كمية حركة النظام محفوظة، أي أن مجموع كمية الحركة للنظام قبل التصادم تساوي مجموع كمية الحركة للنظام بعد التصادم
- ١٥ - التمييز بين الأنواع المختلفة للتصادم .
- ١٦ - التصادم التام المرونة يحدث عندما تكون الطاقة الحركية للنظام محفوظة أي أن مجموع الطاقة الحركية للكتلتين قبل التصادم تساوي مجموع الطاقة الحركية للكتلتين بعد التصادم ، وكذلك كمية الحركة للنظام محفوظة أي أن مجموع كمية الحركة للكتلتين قبل التصادم تساوي مجموع كمية الحركة للكتلتين بعد التصادم
- ١٧ - من خصائص التصادم التام المرونة بين الأجسام أنه لا ينتج تشوها أو يولد حرارة بين الأجسام المتصادمة.
- ١٨ - استنتاج أنه في التصادم المرن لحساب سرعتي كتلتين مختلفتين (m_1, m_2) بعد التصادم تستخدم المعادلات الرياضية التالية :
- $$\vec{v}_1 = \frac{2m_2\vec{v}_2 + (m_1 - m_2)\vec{v}_1}{(m_1 + m_2)}$$
- $$\vec{v}_2 = \frac{2m_1\vec{v}_1 - (m_1 - m_2)\vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

١٩- استنتاج حالات تصادم مرن خاصة لجسمين باستخدام المعادلتين الرياضيتين في البند السابق :

أ - إذا كان الجسم الأول ساكنا قبل التصادم $\vec{v}_1 = 0$ نحصل على :

$$\vec{v}_1' = \frac{2m_2\vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$\vec{v}_2' = \frac{(m_2 - m_1)\vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

ب - إذا كان الجسم الثاني ساكنا قبل التصادم $\vec{v}_2 = 0$ نحصل على :

$$\vec{v}_1' = \frac{(m_1 - m_2)\vec{v}_1}{(m_1 + m_2)}$$

$$\vec{v}_2' = \frac{2m_1\vec{v}_1}{(m_1 + m_2)}$$

• في حال كانت الكتلة المتحركة m_1 أكبر من الكتلة الساكنة m_2 ستتحرك الكتلتان بعد التصادم باتجاه السرعة المتجهة \vec{v}_1 .

• في حال كانت الكتلة المتحركة m_1 أصغر من الكتلة الساكنة m_2 ستترد الكتلة m_1 بعكس اتجاه \vec{v}_1 فيما تتحرك الكتلة m_2 باتجاه السرعة المتجهة \vec{v}_1 .

• أما إذا كانت $m_1 = m_2$ نجد أن الكتلة الأولى بعد التصادم تصبح ساكنة $\vec{v}_1' = 0$ ، فيما تتحرك الكتلة الثانية التي كانت ساكنة بسرعة متجهة تساوي السرعة الابتدائية للكتلة الأولى $\vec{v}_2' = \vec{v}_1$ وهذا يعني أن كمية الحركة انتقلت كلياً من الكتلة الأولى إلى الكتلة الثانية .

٢٠- التأكيد على انه يوصف النظام بأنه لا مرن أو لا مرن كلياً عندما لا تحفظ الطاقة الحركية للنظام أي لا يتساوى مجموع الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم وبعده بسبب تحول جزء منها إلى شغل في عملية الالتحام وتشويه في شكل النظام وطاقة حرارية وطاقة صوتية، بينما كمية الحركة للنظام تكون محفوظة .

٢١- يكون التصادم لا مرن عندما ترتد الأجسام المتصادمة بعد اصطدامها بعيداً عن بعضها البعض بسرعات مختلفة عن سرعتها قبل التصادم .

٢٢- يكون التصادم لا مرن كلياً إذا أدى إلى التهام الأجسام المتصادمة لتصبح جسماً واحداً تساوي كتلته مجموع الكتلتين ويتحرك بسرعة واحدة .

٢٣- توضيح المقصود بالبندول القذفي على أنه جهاز يستخدم لقياس سرعة القذائف مثل الرصاصة ويحتاجه محققو الشرطة للتحقيق في واقعة إطلاق رصاصة لتحديد مكانها وسرعتها.

٢٤- استنتاج أنه يقوم مبدأ عمل البندول القذفي على قوانين حفظ كمية الحركة والطاقة الميكانيكية .

٢٥- استنتاج انه يمكن استخدام المعادلة التالية في حساب سرعة الرصاصة قبل تصادمها بقطعة الخشب (سرعة المقذوف) وهذه فكرة عمل جهاز البندول القذفي في حساب سرعة القذائف :

$$\vec{v}_1' = \frac{(m_1 + m_2)}{m_1} \sqrt{2gh}$$

علماً بأن m_1 هي كتلة الرصاصة و m_2 هي كتلة قطعة الخشب و \vec{v}_1' هي سرعة الرصاصة (المقذوف) h الارتفاع عن المستوى الأفقي الذي تصل إليه قطعة الخشب بعد استقرار الرصاصة بها .

٢٦- عند حل مسائل كمية الحركة والتصادم يجب افتراض اتجاه معين للسرعة أو كمية الحركة ليكون هو

الاتجاه الموجب ، وعليه فإن أي جسم يتحرك في اتجاه معاكس تكون إشارة سرعته سالبة وبالتالي كمية حركته سالبة