نسخة حديثة
٢٠١٨ - ٢٠١٩

نوفر لأبنائنا طلاب وطالبات الصف الثالث الثانوي

شرح بالفيديو لجميع وحدات فيزياء الصف الثالث الثانوي

ملزمة معلم الفريد في الفيزياء

يمكنكم متابعة دروس الفيديو من :

* موقع الفريد في الفيزياء ـ قسم دروس فيزياء ثالث ثانوي

* قناة الفريد في الفيزياء ـ على اليوتيوب

ملزمة معلم الفريد فى الفيزياء متوفرة بصورة ورقية جملة وتجزئة في : صنعاء : مركز الحزمي ـ ميدان التحرير ـ ت (٧٧٧٢٧٠٠٢٧)
(٠١٢٧٠٠٢٧) & تعز : مكتبة دبي ـ جولة سنان ـ بداية شارع الهريش ت (٧٧١٢٧٤٧٨١)
عدن : أ / يعقوب الصلوى ـ (٧٧٦٠٩٦٧٠٧)

بسم الله الرحمن الرحيم

إذا كنت متصلاً بالإنترنت

اضغط في الأسفل

على عنوان الدرس المراد قراءته أو متابعته بالفيديو

١ـ كمية التحرك الخطي

٢ـ مسائل محلولة على كمية التحرك الخطي

٣ـ التصادم المرن وغير المرن في بعد واحد

٤ـ مسائل محلولة على التصادم في بعد واحد

٥ـ تابع مسائل محلولة على التصادم في بعد واحد

٦ـ التصادم في بعدين المرن وغير المرن

٧ـ أمثلة محلولة على التصادم في بعدين

٨ـ مسائل محلولة على التصادم غير المرن في بعدين

٩ـ الدفع والتغير في كمية التحرك

١٠ـ الصواريخ ذاتية الدفع ١١

١١ـ إطلاق الصواريخ ذاتية الدفع

١٢ـ مسائل محلولة على الصواريخ ذاتية الدفع

١٣ـ سرعة الإفلات من الجاذبية

١٤ـ أمثلة محلولة على سرعة الهروب من الجاذبية

١٥ـ السرعة المدارية للأقمار الصناعية

١٦ـ تعليلات وقواني السرعة المدارية

١٧ـ مسائل محلولة على السرعة المدارية

١٨ـ كمية التحرك الزاوي

١٩ـ حركة المقذوفات بزاوية ، المنحنية

٢٠ـ معادلات وتعليلات حركة المقذوفات

٢١ـ مسائل محلولة على حركة المقذوفات ١

٢٢ـ مسائل محلولة على حركة المقذوفات ٢

٢٣ـ مسائل محلولة على حركة المقذوفات ٣

الدروس السابقة مقتطفة من سيديهات الفريد في الفيزياء

لزيارة صفحة الفريد في الفيزياء على الفيس بوك اضغط هنا

بسم الله الرحمن الرحيم

نسخة حديثة ٢٠١٨ - ٢٠١٩

مراجعة عامة لما تم دراسته سابقاً . المراجعة هامة جداً .

تنقسم الكميات الفيزيائية إلى قسمين هما :

١) **الكميات الفيزيائية الأساسية :** وهي الكميات التي تكون معرفة بذاتها وبما تم الاصطلاح عليه مثل الطول والكتلة والزمن

٢) **الكميات الفيزيائية المشتقة :** هي الكميات التي يتم اشتقاقها من الكميات الأساسية وتعرف بدلالتها مثل السرعة والعجلة والقوة.

كميات فيزيائية أساسية	رمزها	وحدة قياسها	كميات فيزيائية مشتقة	رمزها	وحدة قياسها
الكتلة	ك	كيلو جرام (كجم)	السرعة	ع	متر/ثانية (م/ث)
المسافة	ف	متر (م)	العجلة	جـ	م/ث٢
الزمن	ز	ثانية (ث)	القوه	ق	كجم .م /ث٢= نيوتن
شدة التيار	ت	أمبير (A)	الطاقة	طا	نيوتن .م =كجم.م٢/ث٢ = جول
			كمية التحرك	كت	كجم.م/ث

هنالك كميات فيزيائية قياسية وكميات فيزيائية متجهة :

١) **الكميات الفيزيائية القياسية :** هي الكميات التي يكفي لوصفها وتحديدها أن تعرف مقدارها فقط مثل : المسافة والكتلة والزمن ودرجة الحرارة .

٢) **الكميات الفيزيائية المتجهة :** هي الكميات التي نحتاج لوصفها وتحديدها أن نعرف مقدارها واتجاهها مثل السرعة ($\vec{ع}$) والعجلة ($\vec{جـ}$) والقوة ($\vec{ق}$).

ملاحظات: ١) يوضع سهم فوق الكميات المتجهة ($\rightarrow$) للدلالة على أنها متجهه بينما لا يوضع على الكميات القياسية والجدول أعلاه يوضح ذلك.

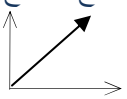
٢) من تعريف الكميات المتجهة يتضح لنا أن معرفة اتجاهها مهم لوصفها وتحديدها وعلى سبيل المثال إذا أردنا

إيجاد القيمة المحصلة لكميتين متجهتين و كانت الكميتين الفيزيائيتين تتحركان :

أ) باتجاه واحد فإننا نجمع الكميتين $\vec{ع}$ ، $\vec{ع}$ ($ع = ع_١ + ع_٢$) .

ب) باتجاهين متعاكسين فإننا نطرح $\vec{ع}$ ، $\vec{ع}$ ($ع = ع_١ - ع_٢$) .

ج) باتجاهين متعامدين فإننا نستخدم نظرية فيثاغورس



$ع = \sqrt{ع_١^{٢} + ع_٢^{٢}}$

ملاحظة : إن حاصل ضرب ١ـ قياسي × قياسي = قياسي ، ٢ـ متجه × متجه = قياسي

٣ـ قياسي × متجه = متجه ، ٤ـ متجه × قياسي = متجه

تختلف وحدات القياس للكمية الفيزيائية وذلك وفقاً للنظام الذي يتم القياس به وهنالك العديد من أنظمة القياس منها :

١) **النظام الدولي للقياس (SI)** ويسمى نظام **(متر ، كيلو جرام ، ثانية)** حيث يستخدم فيه المتر(م) كوحدة لقياس الأطوال والكيلو جرام (كجم) وحدة لقياس الكتل والثانية لقياس الزمن (ث).

٢) **النظام الفرنسي ونظام جاوس** ويسمى نظام **(سنتيمتر ، جرام ، ثانية)** حيث يستخدم فيه السنتيمتر(سم) وحدة لقياس الأطوال والجرام (جم) وحدة لقياس الكتل والثانية (ث) لقياس الزمن .

معاملات التحويل لبعض وحدات القياس :

١كم =١٠٠٠م =١٠^{٣} م ، ١م = ١٠٠سم= ١٠^{٢}سم ، ١سم = ١٠ ملم

١كجم = ١٠٠٠جم = ١٠^{٣}جم ، ١طن = ١٠٠٠كجم =١٠^{٣} كجم

الساعة =٦٠ دقيقة ، الدقيقة (د) = ٦٠ ثانية (ث) ، الساعة = ٦٠ دقيقة ×٦٠ ثانية = ٣٦٠٠ث =٣٦ ×١٠^{٢} ث

التحويل من نظام لآخر

أولاً) عند التحويل من وحدة قياس كبرى إلى وحدة قياس صغرى نضرب في معامل التحويل.

أمثلة) حول الآتي أ) ٥م إلى سم ، ب) ٤كجم إلى جم ، ج) ٦دقائق إلى ثواني

الحـــــــل

أ) ٥كم = ٥×١٠٠م = ٥٠٠سم = ٥ × ١٠^{٢}سم ، ب) ٤كجم = ٤×١٠٠٠جم = ٤٠٠٠جم ، ج) ٦د = ٦×٦٠ ث = ٣٦٠ ث

ثانياً) عند التحويل من وحدة قياس صغرى إلى وحدة قياس كبرى نقسم على معامل التحويل.

أمثلة: حول الآتي: أ) ٥٠٠ سم إلى متر ، ب) ٤٠٠٠جم إلى كيلو جرام ، ج) ٣٦٠ ث إلى دقيقة

الحـــــل

أ) ٥٠٠ سم = $\frac{٥٠٠}{١٠٠}$ = ٥×١٠^{٢} = ١٠$^{-٢}$ × ٥ م

ب) ٤٠٠٠جم = $\frac{٤٠٠٠}{١٠٠٠}$ = ٤كجم أو ٤×١٠^{٣} = ١٠$^{-٣}$ × ٤كجم ، ج) ٣٦٠ ث = $\frac{٣٦٠}{٦٠}$ = ٦ دقيقة

س : حول الآتي : أ) ٥ سم إلى كم ، ب) ٥ ث إلى دقائق ج) ٤ طن إلى كجم

د) ٠.٢٠ سم إلى كم ، و) ٦ كم / ساعة إلى م/ ث

ملاحظة : عند حل المسائل الفيزيائية يجب جعل جميع وحدات القياس في المسألة بنظام قياس واحد

كميات فيزيائية والعلاقات التي تحسب منها ووحدات قياسها

الكمية الفيزيائية	رمزها	العلاقة التي تحسب منها	وحدة قياسها في النظام الدولي للقياس
السرعة	ع	ع = $\frac{ف}{ز}$	م / ث
العجلة	جـ	جـ = $\frac{ع - ع.}{ز}$	م / ث^{٢}
القوة	ق	ق = ك × جـ	كجم . م / ث^{٢} = نيوتن
الوزن	و	و = ك × د	كجم . م / ث^{٢} = نيوتن
الشغل	شغ	شغ = ق × ف	نيوتن . م = كجم. م / ث^{٢} × م = كجم . م^{٢} /ث^{٢}= جول
طاقة الحركة	طح	طح = ١/٢ ك ع^{٢}	كجم . (م / ث)^{٢}= كجم . م^{٢} / ث^{٢}= نيوتن .م = جول
طاقة الوضع	ط و	ط و = ك × د × ف	كجم . م/ ث^{٢} ×م = كجم . م^{٢} / ث^{٢}= نيوتن .م = جول
كمية التحرك الخطي	كت خطي	كت خطي = ك×ع	كجم . م / ث
الدفع	الدفع	الدفع = ق ×Δ ز	نيوتن ×ث = كجم . م / ث^{٢} ×ث= كجم . م / ث
قوة الجذب المركزية	ق م	ق م = ك $\frac{ع^{٢}}{نق}$	كجم . (م / ث)^{٢} / م = كجم . م/ ث^{٢}= نيوتن
عجلة الجذب المركزية	جـ م	جـ م = $\frac{ع^{٢}}{نق}$	(م / ث)^{٢} / م = م / ث^{٢}
التردد	f	f = ١ / ز	هيرتز = ١ / ث
السرعة الزاوية	ω	ω = ٢ π f	راديان / ث

ملاحظة : إن جميع العلاقات الموجودة في الجدول أعلاه تم دراستها في الأعوام الماضية وسيتم دراستها في هذا العام ،

بالنظر إلى الجدول أعلاه سنلاحظ أن هنالك علاقات لها نفس وحدة القياس وهي (القوة والوزن) ،

(الشغل وطاقة الحركة وطاقة الوضع) ، (كمية التحرك الخطي والدفع)

س : اثبت أن كل كميتين فيزيائيتين لهما نفس وحدة القياس ؟

١- (ك×ع^{٢}×ز) ، (ق ×ف×ز)

وحدة (ك×ع^{٢}×ز) = كجم × $\frac{م^{٢}}{ث^{٢}}$ × ث = كجم × $\frac{م^{٢}}{ث}$

وحدة = (ق ×ف×ز)= نيوتن × م ×ث = كجم . $\frac{م}{ث^{٢}}$ × م ×ث = كجم × $\frac{م^{٢}}{ث}$ لهما نفس الوحدة

٢- (ك×ع) ، (ق×ز)

وحدة (ك×ع) = كجم × م/ث ، وحدة (ق×ز) = نيوتن×ث = كجم × $\frac{م}{ث^{٢}}$ ×ث =كجم ×م/ ث

لهما نفس الوحدة .

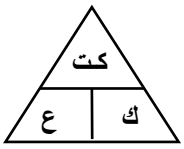
نشاط : اثبت أن كل كميتين تاليتين لهما نفس وحدة القياس ؟

١) (ك × جـ) ، (ك × ع^{٢}/نق) ٢) (ق × ف) ، (ك × ع^{٢}) ٣) $\frac{ق \times ف}{ك \times ع}$ ، ز × جـ (وزاري ٢٠١٢م)

٤) ($\frac{ع}{ز}$) ، ($\frac{ق}{ك}$) (وزاري ٢٠١١م) ٥) (ك د ف) ، $\frac{ق \times نق^{٢}}{ع \times ز}$ (وزاري ٢٠١١م) ٦) $\frac{ف}{ز \times جـ}$ ، $\frac{\lambda}{ع}$ (وزاري ٢٠١٢م)

بداية دروس الوحدة الأولى

كمية التحرك الخطى (كت)



*- **تعريف كمية التحرك الخطي :** هي عبارة عن المقدار الناتج من حاصل ضرب كتلة الجسم × سرعته الخطية .

كمية التحرك الخطي = كتلة الجسم × سرعته ويعبر عنه رياضياً بالعلاقة **كت = ك ×ع**

*- **العوامل التي تتوقف عليها كمية التحرك الخطي هي :**

١- كتلة الجسم (ك)حيث تتناسب كمية التحرك طردياً مع كتلة الجسم (كت α ك)

٢- سرعة الجسم (ع)حيث تتناسب كمية التحرك طردياً مع سرعة الجسم (كت α ع)

*- **ملاحظات :** ١- كمية التحرك الخطي كمية متجهة **(علل)** وذلك لأنها عبارة عن حاصل ضرب كمية قياسية وهي الكتلة (ك)

× كمية متجهة وهي السرعة (ع) .

٢- تظل كمية التحرك لجسم **ثابتة** طالما ظلت **سرعته وكتلته** ثابتتين و تتغير بتغير أحدهما أو كلاهما.

٣- تنتقل كمية التحرك من جسم إلى آخر .

علل : كمية التحرك لسيارة أكبر من كمية التحرك للعبة على هيئة سيارة تتحرك بالسرعة نفسها . وزاري (٢٠٠٣/٢٠٠٢م)

جـ :- لأن كتلة السيارة أكبر من كتلة اللعبة على هيئة سيارة ، وكمية التحرك تتناسب طردياً مع الكتلة فكلما زادت الكتلة زادت كمية التحرك .

علل : بالرغم من أن كمية التحرك للصاروخ تساوي كمية التحرك للغارات إلا أن سرعة الغارات أكبر من سرعة الصاروخ.

جـ : .....

أمثلة على كمية التحرك

مثال١) جسم كتلته ٨ كيلو جرام ويتحرك بسرعة مقدارها ١٠ م/ث احسب كمية التحرك الخطي له ؟

الحـــل

كت = ك × ع كت = ٨ × ١٠ = ٨٠ كجم . م/ث .

مثال٢) جسم وزنه (٢٠) نيوتن وسرعته (٥)م/ث احسب كمية التحرك لهذا الجسم ؟ علما بأن عجلة الجاذبية الأرضية = ١٠ م/ث^{٢}

و= ٢٠ نيوتن
ع = ٥ م/ ث
كت = ؟

الحـــل

∵ و = ك × د ∴ ٢٠ = ك × ١٠ ⇦ ك = ٢٠ ÷ ١٠ = ٢ كجم

كت = ك × ع = ك × ٥ .....(١) نوجد قيمة ك عوض في (١) ⇦ كت = ٢ × ٥ = **١٠ كجم .م /ث**

مثال٣) جسم وزنه ٦٠ نيوتن وطاقته الحركية ٢٧ جول احسب كمية التحرك للجسم ؟علماً بأن عجلة الجاذبية الأرضية ≈ ١٠ م/ث^{٢}.

و= ٦٠ نيوتن
طح = ٢٧ جول
د= ١٠ م/ ث
كت = ؟

الحـــل

كت = ك×ع .....(١) ولكن علينا أولاً إيجاد قيم ك وَ ع بدلالة المعطيات

∵ و = ك × د ∴ ٦٠ = ك × ١٠ بقسمة الطرفين على ١٠ ⇦ ك = ٦ كجم .....(٢)

∵ طح = $\frac{١}{٢}$ك × ع^{٢} ∴ ٢٧ = $\frac{١}{٢}$ × ٦ × ع^{٢} ⇦ ع^{٢} = $\frac{٢٧}{٣}$ = ٩ بأخذ الجذر التربيعي للطرفين

∴ ع = ٣ م/ ث.....(٣)

نعوض من (٢) و (٣) في (١) ∴ كت = ك ×ع = ٦ × ٣ ∴ **كت = ١٨ كجم .م /ث**

نشاط) جسم كتلته ٥٠٠٠ جم يتحرك بسرعة خطية مقدارها ٧٢ كم / ساعة فإن كمية تحركه تساوي (٢٥ ، ٥٠ ، ٧٥ ، ١٠٠) (وزاري ٢٠١٣ ، ٢٠١٤م)

١)علل : الشغل المبذول لتحريك قاطرة أكبر من الشغل المبذول لتحريك سيارة بنفس سرعة القاطرة ؟

جـ : لأن كتلة القاطرة اكبر لذلك تمتلك كمية تحرك اكبر فتحتاج إلى شغل اكبر .

٢)علل : الرصاصة التي تنطلق من مسدس يكون تأثيرها اكبر من الرصاصة التي تقذف باليد ؟

جـ : لأن الرصاصة التي تقذف من المسدس سرعتها اكبر فتمتلك كمية تحرك اكبر فيكون تأثيرها اكبر .

٣)علل : الأجسام الساكنة ليس لها كمية تحرك ؟ وزاري (٢٠١٠ - ٢٠١١ م)

جـ : .....

نص مبدأ حفظ كمية التحرك الخطي

ينص هذا المبدأ على أن : **(كمية التحرك الكلية للأجسام المتصادمة قبل التصادم تساوي كمية التحرك الكلية لها بعد التصادم)**

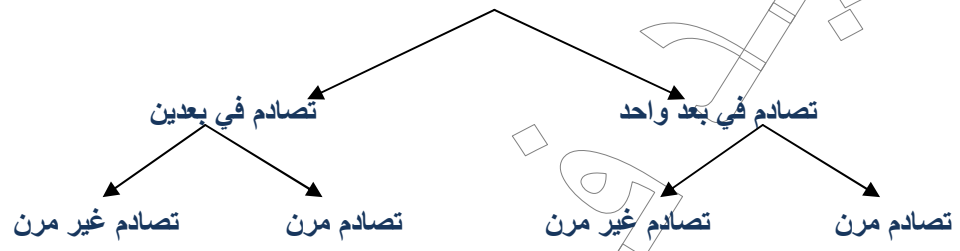
ويعبر عنه رياضياً بالعلاقة مجـ كت قبل = مجـ كت بعد

تطبيقات على قانون حفظ كمية التحرك الخطي وفقاً لـ (الفعل ورد الفعل)

١- حركة المسدس والرصاصة ٢- حركة المدفع والقذيفة ٣- حركة البالونة والهواء المندفع منها

التصـــادم

ينقسم التصادم إلى قسمين هما :



أولاً : التصادم في بعد واحد

هو التصادم الذي تسير فيه الأجسام المتصادمة على **نفس المحور** قبل وبعد التصادم

مقارنة بين التصادم المرن وغير المرن في بعد واحد

وجه المقارنة	التصادم المرن	التصادم غير المرن
التعريف	هو التصادم الذي يكون فيه مجموع الطاقة الحركية للأجسام المتصادمة **قبل** التصادم **مساوية** لمجموعها بعد التصادم ولا تلتحم فيه الأجسام المتصادمة	هو التصادم الذي يكون فيه مجموع الطاقة الحركية للأجسام المتصادمة **قبل** التصادم **أكبر** من مجموعها بعد التصادم وتلتحم فيه الأجسام المتصادمة
شكل التصادم	ك٢ ع/٢ ك١ ع/١ ك٢ ع٢ ك١ ع١ بعد التصادم قبل التصادم	ك٢ + ك١ ع/ ك٢ ع٢ ك١ ع١ بعد التصادم قبل التصادم
صيغة مبدأ حفظ كمية التحرك	تظل كمية التحرك محفوظة قبل وبعد التصادم مجـ كت قبل = مجـ كت بعد	تظل كمية التحرك محفوظة قبل وبعد التصادم مجـ كت قبل = مجـ كت بعد
القانون	ك١ع١ + ك٢ع٢= ك١ع/١ + ك٢ع/٢	ك١ع١ + ك٢ع٢ = (ك١+ ك٢)ع/
طاقة الحركة	لا يوجد فقد في طاقة الحركة (مجـ طح قبل = مجـ طح بعد) $\frac{1}{2}ك_1ع_1^2+\frac{1}{2}ك_2ع_2^2=\frac{1}{2}ك_1ع/_1^2+\frac{1}{2}ك_2ع/_2^2$	يوجد فقد في طاقة الحركة (مجـ طح قبل >مجـ طح بعد) $\frac{1}{2}ك_1ع_1^2+\frac{1}{2}ك_2ع_2^2 > ٢/١ (ك_1+ك_2) ع/^2$ الفرق في طاقة الحركة = مجموعها بعد التصادم – مجموعها قبل التصادم
أمثلة عليهما	١) تصادم كرتي بلياردو ٢) تصادم كرتين زجاجيتين ٣)تصادم جزيئات الغاز	١) التصاق الطين بالجدار ٢) التحام الرصاصة الهدف

ملاحظة هامة جداً / من الجدول السابق يتضح :

١) أن مجموع كمية التحرك **لأي** تصادم تظل ثابتة **قبل وبعد التصادم**.

٢) أنه تم تقسيم التصادم إلى مرن وغير مرن **على حسب التغير في طاقة الحركة .**

٣) أن طاقة الحركة بعد التصادم تكون **أقل** منها قبل التصادم في التصادم **غير المرن (علل)** وذلك لأنه يحدث فقد في طاقة الحركة على شكل طاقة صوتية أو حرارية أو ضوئية ....

٤) تحسب الطاقة الحركية المفقودة في التصادم الغير مرن من العلاقة :

الطاقة الحركية المفقودة (Δ طح) = مجـ طح بعد **– مجـ طح** قبل

الطاقة الحركية المفقودة (Δ طح) = ٢/١ (ك١+ ك٢)ع/^٢ – (٢/١ ك١ع١^٢ + ٢/١ ك٢ ع٢^٢)

قاعدة الإشارات

١ـ إذا تحرك الجسمان في اتجاه واحد **قبل التصادم** فإننا لا نغير إشارة سرعة الجسمين **قبل التصادم** .
٢ـ إذا تحرك الجسمان في **اتجاهين متعاكسين** قبل أو بعد التصادم فإننا نجعل إشارة سرعة أحدهما سالبة.
٣ـ إذا تحرك الجسم بعد التصادم **باتجاه معاكس** لحركته **قبل التصادم** فإننا نغير من إشارة السرعة للجسم **بعد التصادم** عنها **قبل التصادم**

مثال١) كرة كتلتها ٦كجم تحركت بسرعة مقدارها ٤م/ث نحو كرة أخرى كتلتها ٢كجم وكانت الثانية في حالة سكون ، اصطدمت الكرتان فتحركت الأولى بعد التصادم بسرعة ٢م/ث احسب سرعة الكرة الثانية بعد التصادم وبأي اتجاه؟

ك١=٦كجم ، ك٢=٢كجم
ع١=٤ م/ث ، ع٢=صفر
ع/١=٢م/ث ، ع/٢= ؟

الحـــل

نطبق مبدأ حفظ كمية التحرك كما يلي :

∵ ك١ع١+ك٢ع٢= ك١ع/١+ ك٢ع/٢ ∴ ٦×٤ +٢×صفر = ٦×٢+٢ ع/٢

⟸ ٢٤=١٢+٢ ع/٢ ∴ ٢ع/٢=٢٤-١٢ ⟸ ع/٢=١٢ بقسمة الطرفين على ٢

∴ **ع/٢=٦ م/ث** تحركت الكرة الثانية في نفس الاتجاه ، لكون إشارة سرعتها بعد التصادم هي نفس إشارة سرعتها قبل التصادم .

مثال٢) جسمان كتلتهما (٩ ، ٦) كجم يتحركان في خط مستقيم باتجاه واحد بسرعتين (١٠ ، ٥) م/ث على الترتيب فإذا كونا جسما واحد بعد تصادمهما فما الفرق بين مجموع طاقتيهما قبل وبعد التصادم ؟

ك١=٩كجم ، ك٢=٦كجم
ع١=١٠ م/ث ، ع٢=٥م/ث
Δ طح=؟

الحـــل

الفرق في طاقة الحركة = مجموعها بعد التصادم – مجموعها قبل التصادم
Δ طح = مجـ طح بعد – مجـ طح قبل.....(١)

طح قبل = $\frac{1}{2}$ ك١ع١^2 + $\frac{1}{2}$ ك٢ع٢^2 = $\frac{1}{2}$ × ٩ × ١٠٠ + $\frac{1}{2}$ × ٦ × ٢٥ ⟸ طح قبل = ٤٥٠ + ٧٥

∴ طح قبل = ٥٢٥ جول

طح بعد = $\frac{1}{2}$(ك١+ك٢)ع/^{2} ∴ طح بعد = $\frac{1}{2}$ (٩+٦) ع/^{2}.....(٢) نوجد قيمة ع/٢ من قانون حفظ كمية التحرك

∵ ك١ع١ + ك٢ع٢ = (ك١+ ك٢)ع/ ∴ ٩×١٠ + ٦ × ٥ = (٩+٦) ع/ ⟸ ٩٠ + ٣٠ = ١٥ ع/

∴ ١٢٠=١٥ ع/ بقسمة الطرفين على ١٥ ∴ ع/=٨ م/ث نعوض في (٢) عن قيمة ع/

∴ طح بعد = $\frac{1}{2}$×(٩+٦)×٨^2 **∴ طح بعد = ٤٨٠ جول** نعوض في (١) عن قيمة طح بعد و طح قبل

Δ طح = طح بعد – طح قبل = ٤٨٠ – ٥٢٥ ∴ **الفرق في طاقة الحركة Δ طح = -٤٥ جول** الإشارة السالبة تدل على أن الطاقة مفقودة

مثال٣) جسمان كتلتهما (١٠ ، ٨) كجم تحركا بخط مستقيم بسرعتين (٦،٤) م/ث على الترتيب فإذا تصادم الجسمين وارتد الأول بسرعة (٥.٢) م/ث أوجد سرعة واتجاه الثاني بعد التصادم إذا كان الجسمان :
١ـ يتحركان قبل التصادم بنفس الاتجاه . ٢ـ يتحركان قبل التصادم في اتجاهين متضادين.

ك١=١٠كجم
ك٢ = ٨كجم
ع١=٤ م/ث
ع٢=٦م/ث
ع/١=٥.٢م/ث
ع/٢= ؟

الحـــل

١ـ **الجسمان يتحركان بنفس الاتجاه قبل التصادم :** نضع إشارة سالبة لـ ع/١=٥.٢م/ث لأن الجسم غير اتجاهه (ارتد) بعد التصادم

∵ ك١ع١+ك٢ع٢= ك١ع/١+ك٢ ع/٢ ∴ ٤×١٠ +٦×٨ = ١٠×-٥.٢+٨ع/٢ ∴ ٤٠+٤٨=٥٢+٨ ع/٢

∴٨٨=٥٢+٨ ع/٢ ⟸ ٨٨ + ٥٢=٨ ع/٢ ∴ ١٤٠=٨ ع/٢ بقسمة الطرفين على ٨ ⟸ **ع/٢ =١٧.٥م/ث**

حركة الجسم بنفس اتجاه حركته قبل التصادم لأن له نفس الإشارة قبل وبعد التصادم.

٢ـ **الجسمان يتحركان في اتجاهين متضادين(متعاكسين) قبل التصادم :** نأخذ سرعة الجسم الثاني بإشارة سالبة قبل التصادم

∵ ك١ع١+ك٢ع٢= ك١ع/١+ك٢ ع/٢ ∴ ٤×١٠ + (-٦)×٨ = ١٠×-٥.٢+٨ع/٢ ∴ ٤٠ - ٤٨=٥٢+٨ ع/٢

-٨+٥٢=٨ ع/٢ ⟸ ٤٤= ٨ ع/٢ بقسمة الطرفين على ٨ ∴ **ع/٢ =٥.٥م/ث**

حركة الجسم بعد التصادم بعكس اتجاه حركته قبل التصادم لأن الإشارة لـ ع/٢ =٥.٥م/ث موجبه وقبل التصادم ع٢ = -٦م/ث سالبة

مثال٤) جسم كتلته ٦كجم يتحرك بسرعة مقدارها ١٥ م/ث اصطدم بجسم آخر كتلته ٤كجم وكان في حالة سكون وبعد التصادم التحم الجسمان وكونا جسماً واحداً احسب سرعة هذا الجسم المتكون بعد التصادم ؟

ك١=٦كجم ، ك٢=٤كجم
ع١=١٥ م/ث ، ع٢= صفر
ع/ =؟

الحـــل

∵ ك١ع١+ك٢ع٢ = (ك١+ ك٢) ع/ ∴ ٦×١٥ +٤×صفر= (٤+٦) ع/

⟸ ٩٠ = ١٠ع/ بقسمة الطرفين على ١٠ **∴ ع/ = ٩ م/ث**

مثال٥) جسم كتلته (٤) كجم يتحرك بسرعة (١٠٠)م/ث ،انقسم إلى جزأين كتلة كل منهما (٢)كجم . تحرك الجزء الأول المنقسم بسرعة (٤٠) م/ث ، وتحرك الجزء الثاني باتجاه الجزء الأول نفسه . احسب كمية تحرك الجزء الثاني ؟ وزاري (٢٠٠٩ / ٢٠١٠ م)

ك=٤كجم ، ع =١٠٠م/ث
ك١= ك٢=٢كجم
ع١= ٤٠ م/ث ، كت ٢ = ؟

الحـــل

ك ع/ = ك١ع١+ك٢ع٢ ⟸ ٤×١٠٠=٢×٤٠ +٢ ×ع٢ ⟸ ٤٠٠ = ٨٠ + ٢ع٢

∴ ٢ع٢ = ٤٠٠-٨٠ ⟸ ع٢ = **١٦٠ م/ث**

∴ كمية تحرك الجسم الثاني (كت ٢) = ك٢ × ع ٢ = ٢ × ١٦٠ = ٣٢٠ كجم . م / ث

س : عدد أوجه الشبه والاختلاف بين التصادم المرن وغير المرن في بعد واحد ؟

نشاط١) جسمان كتلتيهما (٦ ، ١٤) كجم يتحركا باتجاه واحد بسرعتين(١٠،٥)م/ ث على الترتيب ،فإذا كونا جسماً واحداً بعد التصادم أوجد ١) سرعة ذلك الجسم . ٢) الفرق بين مجموع طاقتي الحركة لهما قبل وبعد التصادم . وزاري (٢٠٠٢/٢٠٠٣م)

الجواب [(ع/ = ٦.٥م/ث) ، (Δطح = -٥٢.٥ جول)]

نشاط٢) جسم كتلته (٦) كجم يتحرك على خط مستقيم بسرعة (٢) م/ث ، صدم جسماً آخر ساكناً ، والتحم معه مكوناً جسماً واحداً يتحرك على الخط نفسه وفي الاتجاه نفسه بسرعة $\frac{٢}{٣}$ م/ث أوجد كتلة الجسم المتكون بعد التصادم ؟ وزاري (٢٠١٠ - ٢٠١١ م)

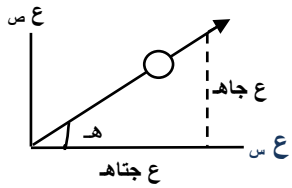
الجواب [(ك = ١٨ كجم)]

ثانياً : التصادم في بعدين

هو التصادم الذي يتحرك فيه الجسم بعد التصادم بحيث يصنع زاوية مع اتجاه حركته قبل التصادم .

ملاحظة : في هذا النوع من التصادم سواء كان مرن أو غير مرن فإنه يتم تطبيق مبدأ حفظ كمية التحرك مرتين ، مرة على المحور السيني ومرة أخرى على المحور الصادي وذلك لأن الجسم يتحرك بين المحورين مما يستوجب تحليل السرعة التي يتحرك بها الجسم إلى مركبتين (سينية وصادية)

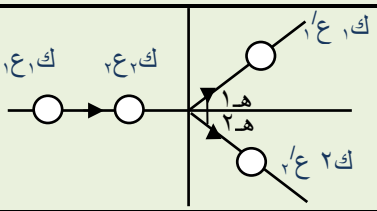
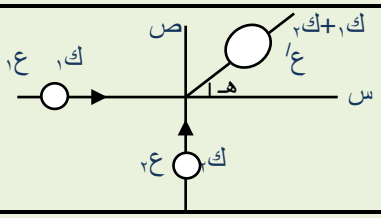
تحليل السرعة: في الشكل المقابل تحرك الجسم بين المحورين السيني والصادي ، لذلك تكون مركبتي السرعة للجسم هما:



المركبة السينية (الأفقية) جتاهـ = المجاور / الوتر ⟸ جتاهـ = ع س / ع ⟸ ع س = ع جتاهـ

المركبة الصادية (الرأسية) جاهـ = المقابل / الوتر ⟸ جاهـ = ع ص / ع ⟸ ع ص = ع جاهـ

مقارنة بين التصادم المرن وغير المرن في بعدين

وجه المقارنة	التصادم المرن	التصادم غير المرن
التعريف	هو التصادم الذي يكون فيه مجموع الطاقة الحركية للأجسام المتصادمة **قبل التصادم** مساوياً لمجموعها بعد التصادم **ولا ينتج عنه تكون جسم واحد** .	هو التصادم الذي يكون فيه مجموع الطاقة الحركية للأجسام المتصادمة **قبل التصادم** أكبر من مجموعها بعد التصادم **وينتج عنه تكون جسم واحد** .
شكل التصادم		
حفظ كمية التحرك	تظل كمية التحرك محفوظة قبل وبعد التصادم أي أن مجـ كت قبل = مجـ كت بعد	تظل كمية التحرك محفوظة قبل وبعد التصادم أي أن مجـ كت قبل = مجـ كت بعد
التصادم في اتجاه المحور السيني	ك١ ع١ + ك٢ ع٢ = ك١ ع/١ جتاهـ١ + ك٢ ع/٢ جتاهـ٢	**لا توجد حركة للجسم الثاني على محور السينات قبل التصادم** كما بالشكل أعلاه ك١ ع١ = (ك١ + ك٢) ع/ جتاهـ
التصادم في اتجاه المحور الصادي	صفر = ك١ ع/١ جاهـ١ - ك٢ ع/٢ جاهـ٢	**لا توجد حركة للجسم الأول على محور الصادات قبل التصادم** **كما بالشكل أعلاه ك٢ ع٢ = (ك١ + ك٢) ع/ جاهـ**
طاقة الحركة	لا يوجد فقد في طاقة الحركة (مجـ طح قبل = مجـ طح بعد) $\frac{١}{٢}ك_١ ع_١^{٢} + \frac{١}{٢}ك_٢ ع_٢^{٢} = \frac{١}{٢}ك_١ ع/_١^{٢} + \frac{١}{٢}ك_٢ ع/_٢^{٢}$	يوجد فقد في طاقة الحركة (مجـ طح قبل > مجـ طح بعد) $\frac{١}{٢}ك_١ ع_١^{٢} + \frac{١}{٢}ك_٢ ع_٢^{٢} > ٢/١ (ك_١+ك_٢) ع/^{٢}$
أمثلة عليهما	تصادم كرتي بلياردو ، تصادم كرتين زجاجيتين	التصاق الطين بالجدار ، التحام الرصاصة الهدف

س: علل طاقة الحركة لا تجمع جمعاً اتجاهيها كما هو الحال بالنسبة لكمية التحرك

جـ : لأن طاقة الحركة كمية قياسية وليست كمية متجهة.

ملاحظات هامة لحل مسائل التصادم في بعدين

١ـ يجب الأخذ بعين الاعتبار كلاً من الملاحظات وقواعد الإشارات السابق ذكرها في درس التصادم في بعد واحد .
٢ـ رسم الشكل الخاص بالمسألة.
٣ـ كتابة المعطيات وجعل وحدات القياس بنظام واحد (النظام الدولي للقياس).

*** ـ علاقات خاصة وهامة لحل بعض مسائل التصادم المرن في بعدين بطريقة مختصرة :**

١ـ إذا كان التصادم **مرن** وكان المطلوب في المسألة قيم **سرعة الجسمين بعد التصادم** (ع/١=؟ ، ع/٢=؟) فإنه بالإمكان استخدام العلاقات الخاصة التالية لإيجاد الناتج مباشرةً :

$$ع'_{١} = \frac{(ك_{١}ع_{١} + ك_{٢}ع_{٢})\ جاهـ_{٢}}{ك_{١}\ جا(هـ_{١} + هـ_{٢})} \quad ، \quad ع'_{٢} = \frac{(ك_{١}ع_{١} + ك_{٢}ع_{٢})\ جاهـ_{١}}{ك_{٢}\ جا(هـ_{١} + هـ_{٢})}$$

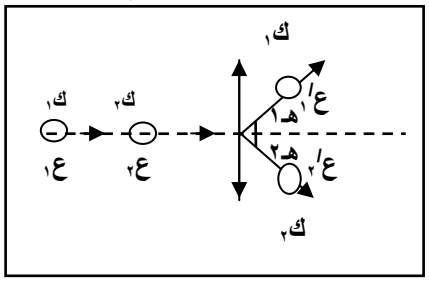
٢ـ إذا كان التصادم **مرن** وكان المطلوب في المسألة قيم **سرعة الجسمين بعد التصادم** (ع/١=؟ ، ع/٢=؟) وتوفرت الشروط التالية (ك١ = ك٢ ، ع٢ = صفر ، هـ١ + هـ٢ = ٩٠°) في هذه الحالة يمكن استخدام العلاقات الخاصة التالية مباشرةً :

$ع'_{١} = ع_{١}\ جاهـ_{٢}$ ، $ع'_{٢} = ع_{١}\ جاهـ_{١}$

مثال١: جسمان كتلتاهما (٣٠ ، ٢٠) كجم يتحركا في نفس الاتجاه بسرعة (٤ ، ٢) م/ ث تصادما معاً فتحركا باتجاهين متعامدين فإذا سار الأول باتجاه يصنع زاوية ٣٠° مع الأفق ، احسب سرعة كلاً من الجسمين بعد التصادم .

الحـــــل

المعطيات : ك١= ٣٠ كجم ، ع١= ٤ م/ ث ، هـ١= ٣٠° ، ك٢ = ٢٠كجم ، ع٢ = ٢ م/ ث ، هـ٢ = ٦٠° ، التصادم مرن



نطبق مبدأ حفظ كمية التحرك مرتين :

أ) **باتجاه المحور السيني** ∵ ك١ ع١ + ك٢ ع٢ = ك١ ع/١ جتا هـ١ + ك٢ ع/٢ جتا هـ٢

∴ ك١ ع١ + ك٢ ع٢ = ك١ ع/١ جتا٣٠° + ك٢ ع/٢ جتا٦٠°

٣٠ × ٤ + ٢٠ × ٢ = ٣٠ ع/١ جتا٣٠° + ٢٠ ع/٢ جتا٦٠°

١٢٠ + ٤٠ = ٣٠ × $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$ ع/١ + ٢٠ × $\frac{١}{٢}$ ع/٢ ∴ ١٦٠ = ١٥ $\sqrt{٣}$ ع/١ + ١٠ ع/٢ .....(١)

ب) **باتجاه المحور الصادي** ∵ صفر = ك١ ع/١ جا هـ١- ك٢ ع/٢ جاهـ٢ ∴ صفر = ٣٠ ع/١ جا٣٠°- ٢٠ع/٢ جا ٦٠°

صفر = ٣٠ × $\frac{١}{٢}$ × ع/١ - ٢٠ × $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$ × ع/٢ ⟸ صفر = ١٥ع/١ - ١٠ × $\sqrt{٣}$ × ع/٢ ⟸ ١٥ع/١ = ١٠ $\sqrt{٣}$ ع/٢ بالقسمة على ١٥

ع/١ = $\frac{٢\sqrt{٣}}{٣}$ ع/٢ ..... (٢) نعوض من (٢) في (١)

١٦٠ = ١٥ × $\sqrt{٣}$ × $\frac{٢\sqrt{٣}}{٣}$ ع/٢ + ١٠ع/٢ ⟸ ١٦٠ = ٣٠ ع/٢ + ١٠ع/٢ ⟸ ١٦٠ = ٤٠ع/٢ بقسمة الطرفين على ٤٠

ع/٢ = $\frac{١٦٠}{٤٠}$ م / ث ∴ ع/٢ = ٤ م / ث لإيجاد قيمة ع/١ نعوض بقيمة ع/٢ في (٢)

ع/١ = $\frac{٢\sqrt{٣}}{٣}$ ع/٢ ⟸ ع/١ = ٤ × $\frac{٢\sqrt{٣}}{٣}$ ∴ ع/١ = $\frac{٨\sqrt{٣}}{٣}$ م/ ث = ٤.٦ م /ث

حل آخر للمثال السابق باستخدام العلاقات الخاصة :

المطلوب في المثال السابق هو قيم كل من سرعة الجسمين بعد التصادم لذلك يمكن استخدام العلاقات التالية مباشرة لإيجاد الحل :

$$ع'_{١} = \frac{(ك_{١}ع_{١} + ك_{٢}ع_{٢})\ جاهـ_{٢}}{ك_{١}\ جا(هـ_{١} + هـ_{٢})} = \frac{(٣٠ \times ٤ + ٢٠ \times ٢)\ جا٦٠}{٣٠ \times جا(٣٠ + ٦٠)} = \frac{١٣٨.٥٦}{٣٠} \Longleftarrow ع'_{١} = ٤.٦\ م/ث$$

$$ع'_{٢} = \frac{(ك_{١}ع_{١} + ك_{٢}ع_{٢})\ جاهـ_{١}}{ك_{٢}\ جا(هـ_{١} + هـ_{٢})} = \frac{(٣٠ \times ٤ + ٢٠ \times ٢)\ جا٣٠}{٢٠ \times جا(٣٠ + ٦٠)} = \frac{٨٠}{٢٠} \Longleftarrow ع'_{٢} = ٤\ م/ث$$

مثال٢: كرتان متساويتان في الكتلة وكتلة كل منهما (٠.١ كجم) . تتحرك الأولى بسرعة (١ م/ث) نحو الكرة الثانية الساكنة . وبعد التصادم تحركتا في مسارين متعامدين بحيث صنعت الكرة الأولى زاوية مقدارها (هـ١= ٣٠°) والكرة الثانية صنعت زاوية مقدارها (هـ٢= ٦٠°) . أحسب سرعة كل من الكرتين بعد التصادم .

الحـــل

المعطيات: ك١= ك٢= ٠.١ كجم ، ع١ = ١ م / ث ، ع٢ = صفر ، هـ١ = ٣٠° ، هـ٢ = ٦٠° ، ع/١ = ؟؟ ، ع/٢ = ؟؟

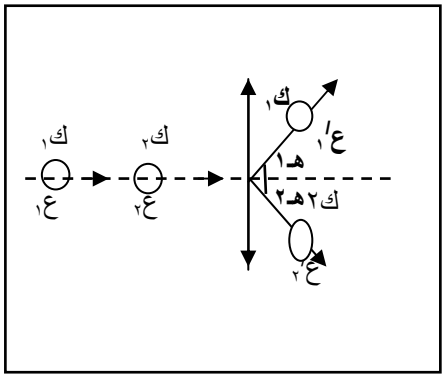
نطبق مبدأ حفظ كمية التحرك الخطي مرتين :

أولاً : باتجاه المحور السيني : ك١ ع١ + ك٢ ع٢ = ك١ ع/١ جتا هـ١+ ك٢ ع/٢ جتا هـ٢ ∵ ك١ = ك٢ = ١كجم ، ع٢ = صفر

بالتعويض مع أخذ (٠.١) عامل مشترك ، لأن ك١ = ك٢ = ٠.١ كجم

٠.١ (١ + صفر) = ٠.١ ($\frac{\sqrt{٣}}{٢}$ ع/١ + $\frac{١}{٢}$ ع/٢) بالضرب في $\frac{٢}{٠.١}$

٢ = $\sqrt{٣}$ ع/١ + ع/٢ ..... (١)



ثانياً : باتجاه المحور الصادي :

∵ صفر = ك١ع/١ جا هـ١ - ك٢ ع/٢ جاهـ٢ ∴ صفر = ٠.١ ع/١ جا٣٠° - ٠.١ ع/٢ جا٦٠°

بالقسمة على ٠.١ ⟸ صفر = ($\frac{١}{٢}$ ع/١ - $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$ ع/٢) لنتخلص من المقام نضرب × ٢

∴ ع/١ = $\sqrt{٣}$ ع/٢ ..... (٢) بالتعويض من (٢) في (١) سنجد أن

٢ = $\sqrt{٣}$ × $\sqrt{٣}$ ع/٢ + ع/٢ ⟸ ٢ = ٤ ع/٢ ⟸ ع/٢ = $\frac{٢}{٤}$ م/ث ∴ **ع/٢ = $\frac{١}{٢}$ م / ث**

لإيجاد ع/١ نعوض عن قيمة ع/٢ في (٢) ∵ ع/١ = $\sqrt{٣}$ ع/٢ ∴ ع/١ = $\sqrt{٣}$ × $\frac{١}{٢}$ م / ث **∴ ع/١ = $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$ م / ث**

حل آخر للمسألة السابقة باستخدام العلاقات الخاصة :

المثال السابق يوفر الشروط التالية : (ك١= ك٢ ، ع٢ = صفر ، هـ١ + هـ٢ = ٩٠°) لذلك يمكن استخدام العلاقات التالية مباشرة في إيجاد قيم كل من ع/١ ، ع/٢ كما يلي :

ع/١ = ع١ جاهـ٢ = ١ × جا٦٠ = $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$ ⟸ **ع/١ = $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$ م / ث**

ع/٢ = ع١ جاهـ١ = ١ × جا٣٠ = ٠.٥ ⟸ **ع/٢ = ٠.٥ م / ث**

مثال٣: يتحرك جزيء غاز بسرعة ١٥٠ م/ ث نحو جزيء غاز آخر ساكن (فرضاً) ومساوٍ له في الكتلة. وبعد التصادم تحرك الجزيء الأول في اتجاه يصنع زاوية مقدارها ٣٠ مع خط حركته الابتدائية ومتعامداً مع اتجاه حركة الجزيء الثاني .
احسب مقدار سرعتي الجزيئين بعد التصادم. (المسألة في تقويم الوحدة)

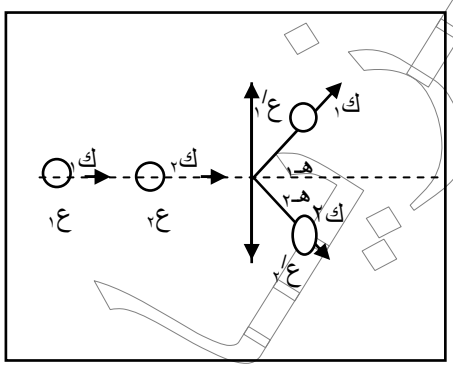
الحـــل

نطبق مبدأ حفظ كمية التحرك مرتين :

أولاً : باتجاه المحور السيني من المعطيات نجد أن ك١ = ك٢ لذلك نختصر ك من الطرفين

ك١ع١+ك٢ع٢= ك١ ع/١ جتاهـ١+ك٢ ع/٢ جتاهـ٢ ⟸ ١٥٠ + صفر = ع/١ جتا٣٠°+ ع/٢ جتا٦٠°

⟸ ١٥٠ = $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$ ع/١ + $\frac{١}{٢}$ ع/٢ بالضرب × ٢ **∴ ٣٠٠ =$\sqrt{٣}$ ع/١ + ع/٢** .....(١)



ثانياً : باتجاه المحور الصادي ك١ = ك٢

صفر= ك١ ع/١ جاهـ١- ك٢ ع/٢ جاهـ٢ ⟸ صفر = ع/١ جا٣٠° - ع/٢ جا٦٠°

⟸ صفر= $\frac{١}{٢}$ ع/١ - $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$ ع/٢ بالضرب × ٢

⟸ صفر = ع/١ - $\sqrt{٣}$ ع/٢ .....(٢)

نحل المعادلتين الآنيتين(١) و(٢) بالتعويض مثلاً كالتالي :

٣٠٠ = $\sqrt{٣}$ ع/١ + ع/٢ .....(١) ، **صفر = ع/١ - $\sqrt{٣}$ ع/٢**.....(٢) من المعادلة (٢) نجد أن

ع/١ = $\sqrt{٣}$ ع/٢ .....(٣) نعوض من المعادلة (٣) في المعادلة (١) عن قيمة ع/١

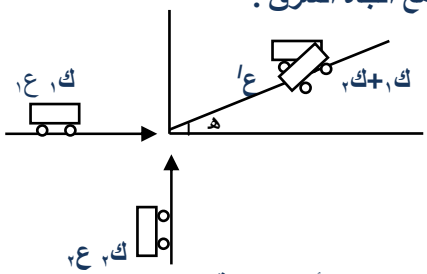
∴ ٣٠٠ =$\sqrt{٣}$ ($\sqrt{٣}$ ع/٢) + ع/٢ ⟸ ٣٠٠ = ٣ ع/٢ + ع/٢ ⟸ ٣٠٠ = ٤ ع/٢ بقسمة الطرفين على ٤

ع/٢ = ٧٥م/ث نعوض عن قيمة ع/٢ في (٣) لإيجاد ع/١ ع/١ =$\sqrt{٣}$ ع/٢ = $\sqrt{٣}$ × ٧٥ **∴ ع/١ =٧٥$\sqrt{٣}$ م/ث**

مثال٤: عربة كتلتها ٥ طن تتحرك بسرعة ٣٦ كم / ساعة في اتجاه الشرق تصادمت مع عربة أخرى كتلتها ٤ طن وتتحرك بسرعة ٧٢ كم / ساعة في اتجاه الشمال إذا التصقت العربتان وتحركتا معاً كحطام بعد التصادم فأحسب ما يلي :

أ- السرعة التي يتحرك بها الحطام بعد التصادم مباشرة. ب - الزاوية التي يصنعها مع اتجاه الشرق .

جـ - الطاقة الحركية المفقودة أثناء التصادم.



الحـل **(المسألة في تقويم الوحدة)**

ك١ = ٥ طن = ٥ × ١٠٠٠ = ٥ × ١٠ ^{٣} كجم ، ع١ = $\frac{١٠٠٠ \times ٣٦}{٦٠ \times ٦٠}$ = ١٠ م / ث شرقاً

ك٢ = ٤ طن = ٤ × ١٠٠٠ = ٤ × ١٠ ^{٣} كجم ، ع١ = $\frac{١٠٠٠ \times ٧٢}{٦٠ \times ٦٠}$ = ٢٠ م / ث شمالاً

أ- لحساب السرعة التي يتحرك بها الحطام بعد التصادم مباشرة والزاوية التي يصنعها مع اتجاه الشرق نطبق مبدأ حفظ كمية التحرك مرتين :

أولاً : باتجاه المحور السيني : ك١ع١ = (ك١+ ك٢)ع/ جتاهـ ⟸ ٥ × ١٠ ^{٣} × ١٠ = (٥ × ١٠ ^{٣} + ٤ × ١٠ ^{٣}) ع/ جتاهـ

⟸ ٥ × ١٠ ^{٤} = ٩ × ١٠ ^{٣} × ع/ جتاهـ ⟸ ٥٠ = ٩ ع/ جتاهـ .....(١)

ثانياً : باتجاه المحور الصادي : ك٢ع٢ =(ك١+ ك٢) ع/ جاهـ ⟸ ٤ × ١٠ ^{٣} × ٢٠ = (٥ × ١٠ ^{٣} + ٤ × ١٠ ^{٣}) ع/ جاهـ

⟸ ٨٠ × ١٠ ^{٣} = ٩ × ١٠ ^{٣} ع/ جاهـ ⟸ ٨٠ = ٩ ع/جاهـ.....(٢) بقسمة (٢) على (١)

⟸ ظاهـ = ١.٦ ∴ هـ = ظا $^{-١}$ ١.٦ ∴ **هـ = ٥٨°** نعوض عن قيمة هـ في المعادلة (١) أو (٢)

لكي نحصل على ع/ ⟸ ٥٠ = ٩ ع/ جتا٥٨ ⟸ ٥٠ = ٩ ع/ × ٠.٥٣ ⟸ **ع/ = ١٠.٤٨ م/ ث**

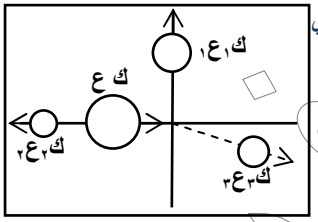
جـ - الطاقة الحركية المفقودة أثناء التصادم : الطاقة الحركية المفقودة = مجـ طح بعد – مجـ طح قبل .....(١)

∵ مجـ طح بعد = $\frac{١}{٢}$ (ك١+ك٢) ع/ ^{٢} = $\frac{١}{٢}$ (٥ × ١٠ ^{٣} + ٤ × ١٠ ^{٣}) (١٠.٤٨)^{٢} ∴ **مجـ طح بعد = ٤٩٤ × ١٠ ^{٣} جول**

∵ مجـ طح قبل = $\frac{١}{٢}$ ك١ ع١ ^{٢} + $\frac{١}{٢}$ ك٢ ع٢ ^{٢} = $\frac{١}{٢}$ × ٥ × ١٠ ^{٣} (١٠) ^{٢} + $\frac{١}{٢}$ × ٤ × ١٠ ^{٣} (٢٠) ^{٢} = ١٠٥٠ × ١٠ ^{٣} **جول**

∴ **الطاقة الحركية المفقودة = ٤٩٤ × ١٠ ^{٣} - ١٠٥٠ × ١٠ ^{٣} = - ٥٥٦ × ١٠ ^{٣} جول** **الإشارة السالبة تدل على وجود فقد في طاقة الحركة**

مثال٥: جسم كتلته (٢٠) كجم ، يتحرك بسرعة (٢٠٠) م/ث باتجاه محور السينات الموجب، فإذا انفجر إلى ثلاثة أجزاء : الأول كتلته (١٠) كجم ، تحرك بسرعة (١٠٠) م/ث ، في اتجاه محور الصادات الموجب ، والثاني كتلته (٤) كجم ، تحرك بسرعة (٥٠٠) م/ث في اتجاه محور السينات السالب. أوجد مقدار واتجاه سرعة الجزء الثالث . وزاري



ك = ٢٠ كجم
ع=٢٠٠ م/ث
ك١=١٠ كجم
ع١=١٠٠ م/ث
ك٢=٤ كجم
ع٢=٥٠٠ م/ث
ع/٣ = ؟
هـ ١ = ؟

الحـل

نطبق مبدأ حفظ كمية التحرك مرتين :

أولاً : باتجاه المحور السيني :

ك ع = - ك٢ع٢ + ك٣ ع٣ جتاهـ٣ ⟸ ٢٠ × ٢٠٠ = - ٤ × ٥٠٠ + ٦ × ع٣ جتاهـ٣

⟸ ٤٠٠٠ = - ٢٠٠٠ + ٦ع٣ جتاهـ٣ ⟸ ٤٠٠٠ + ٢٠٠٠ = ٦ ع٣ جتاهـ٣ ⟸ ٦٠٠٠ = ٦ ع٣ جتاهـ٣ .....(١)

ثانياً : على المحور الصادي :

صفر= ك١ ع١ + ٦ع٣ جاهـ٣ ⟸ صفر= ١٠ × ١٠٠ + ٦ع٣ جاهـ٣

صفر= ١٠٠٠ + ٦ع٣ جاهـ٣ ⟸ - ١٠٠٠ = ٦ع٣ جاهـ٣ .....(٢) بقسمة (٢) على (١)

$\frac{-١٠٠٠}{٦٠٠٠} = \frac{٦ع٣ جاهـ٣}{٦ ع٣ جتاهـ٣}$ ⟸ ظاهـ٣ = $\frac{١}{٦}$- ⟸ ∴ هـ = -٩.٤٦° نعوض عن قيمة هـ في (١) لإيجاد قيمة ع٣

٦٠٠٠ = ٦ ع٣ جتاهـ٣ ⟸ ٦٠٠٠ = ٦ ع٣ جتا٩.٥° ⟸ ٦٠٠٠ = ٦ ع٣ × ٠.٩٨٦ ⟸ **ع٣ =١٠١٤.١٩٨م / ث**

نشاط١) يتحرك جسم كتلته ٢٠ كجم في اتجاه الغرب بسرعة ١٠ م/ ث اصطدم بجسم آخر كتلته ٦ كجم يتحرك باتجاه الشمال بسرعة ٧ م/ ث ، فإذا كون الجسمان بعد التصادم جسماً واحداً ، أحسب وزاري (٢٠٠٣/ ٢٠٠٤ م)

١ - سرعة الجسم المتكون بعد التصادم ٢ - الزاوية التي يصنعها الحطام مع الأفق ٣ - طاقة الحركة المفقودة ثم فسر ذلك .

الجواب [(هـ = ١١.٨٦°) ، (ع/ =٧.٨٦ م/ث) ، (Δطح = -٣٤٣.٨٦ جول)]

نشاط٢) عربة سكة حديد كتلتها (٢.٥ × ١٠ ^{٤}) كجم ، تتحرك بسرعة (٤م/ث) فاصطدمت بثلاث عربات مشبوكة معاً لكل منها نفس كتلة العربة الأولى ، وتتحرك العربات الثلاث قبل التصادم في نفس الاتجاه . ولكن بسرعة (٢) م/ث ن فإذا التصقت العربات الأربع معاً ما هي سرعتها ـ جميعاً ـ بعد التصادم ؟ وزاري (٢٠١٠ - ٢٠١١م) **الجواب [ع/ = ٢.٥ م/ث]**

الـــدفـــــــع

تعريفه : هو المقدار الناتج من حاصل ضرب القوة المؤثر في زمن تأثيرها .

رياضياً : يحسب الدفع من العلاقة : الدفع = القوه × الزمن **الدفع = ق × Δز**

وحدة قياس الدفع : هي نفس وحدة قياس كمية التحرك وهي (نيوتن . ث) = **كجم. م/ث**

العوامل التي يتوقف عليها الدفع هي :

١ـ القوة حيث يتناسب الدفع تناسبا طرديا مع القوة المؤثرة . ٢ ـ الزمن حيث يتناسب الدفع طرديا مع الزمن .

ملاحظة مهمة: درسنا سابقاً كمية التحرك الخطي ووجدنا أن **كت = ك × ع** ولكن قد تتغير كمية التحرك وذلك بسبب تغير كتلة الجسم أو سرعته ، ولذلك يحسب **التغير في كمية التحرك** من أحد العلاقتين **Δ كت = (ك١ – ك٢) ع** **أو** **Δ كت = ك (ع – ع.)**

* **استنتاج العلاقة التي تربط بين الدفع والتغير في كمية التحرك** : الدفع = ق× ز = ك×جـ × ز الدفع = ك × $\frac{ع - ع.}{ز}$ × ز

الدفع = ك (ع – ع.) ∴ الدفع = Δ كت

١ـ علل إذا أردت أن تقذف جسماً بيدك فإنك تحرك يدك في بداية القذف إلى الخلف ؟ (وزاري)

جـ : وذلك لتعمل على زيادة زمن القذف والذي يؤدي إلى زيادة الدفع للمقذوف .

٢ـ تأثير رصاصة قذفت باليد لا يساوي تأثير الرصاصة نفسها إذا انطلقت من بندقية ؟ (وزاري ٢٠٠١/٢٠٠٢م).

جـ : لأن سرعة الرصاصة المقذوفة باليد أقل من سرعة الرصاصة التي انطلقت من البندقية .

الصواريـــخ ذاتيـــة الدفـــع

نبذة تاريخية : ظل ارتياد الفضاء حلماً يراود العلماء لقرون عديدة حتى أصبح واقعاً ملموساً :

١ـ في يوم ٤ أكتوبر عام ١٩٥٧ م أطلق الاتحاد السوفيتي أول قمر صناعي سمي سبوتنيك (١).

٢ـ في ٣ نوفمبر عام ١٩٥٧ م أُطلق قمر صناعي آخر سمي سبوتنيك (٢) وكان يحمل أول كائن حي يدور حول الأرض هو الكلبة (لايكا).

٣ـ في يناير عام ١٩٥٨م أطلقت الولايات المتحدة الأمريكية أول قمر صناعي لها سمي المستكشف (ديسكفري) .

٤ـ في عام ١٩٦١م أرسل الاتحاد السوفيتي أول رائد فضاء دار حول الأرض وهو جاجارين .

٥ـ في عام ١٩٦٩م كان الأمريكيان ارمسترونج وأدوين الدرين أول من وطأت قدمهما على سطح القمر.

وما زالت الرحلات إلى الفضاء مستمرة تجري في نطاق كواكب المجموعة الشمسية ، ومن الوسائل المستخدمة لغزو الفضاء الأقمار الصناعية والمسابير الفضائية والمكوك الفضائية ويتم نقلها إلى الفضاء باستخدام الصواريخ ذاتية الدفع (النفث) التي يمكنها التحرر من الجاذبية الأرضية

س : علل تستخدم الصواريخ ذاتية الدفع لنقل الأقمار الصناعية إلى الفضاء الخارجي ؟

جـ : وذلك لأنها تمتلك قدرة عالية على اختراق الهواء وتمتلك السرعة اللازمة لجعل الأقمار تدور حول الأرض أو تفلت من الجاذبية .

تعريف الصواريخ ذاتية الدفع : هي وسيلة تستخدم لنقل الأقمار الصناعية والمركبات الفضائية إلى الفضاء الخارجي وذلك عن طريق الدفع الذاتي .

الغرض منها : نقل الأقمار الصناعية والمركبات الفضائية لتدور حول الأرض أو تفلت من الجاذبية الأرضية .

فكرة عملها : تعتمد على مبدأ حفظ كمية التحرك الخطي وفقاً لقانون نيوتن الثالث (الفعل ورد الفعل).

شرح عملها : يحترق الوقود في محرك الصاروخ ويتحول إلى غاز فيزداد ضغط الغاز فيندفع من مؤخرة الصاروخ بسرعة كبيرة جداً (الفعل) مما يسبب اندفاع للصاروخ نحو الأعلى بسرعة كبيرة (رد الفعل) ويمر الصاروخ بعدة مراحل حيث تشتعل كل مرحلة من المراحل لتقوم بدورها لمدة دقائق معينة أثناء صعوده ثم تنفصل لتبدأ مرحلة جديدة وتكون (**قوة دفع الصاروخ = - قوة دفع الغازات**)

وكذلك (التغير في كمية تحرك الصاروخ = - التغير في كمية تحرك الغازات)

تعليلات (الصواريخ ذاتية الدفع)

١ـ سرعة الصاروخ ذاتي الدفع أقل من سرعة الغازات ؟ وزاري(٢٠٠٤/٢٠٠٥م).

جـ : لأن كتلة الصاروخ أكبر من كتلة الغازات المنبعثة منه حيث (ك ص ع ص = ك غ ع غ) .

٢ـ يعمل الصاروخ بشكل أفضل في الفضاء الخارجي ؟

جـ : لعدم وجود الهواء الذي يعمل على إعاقة ومقاومة حركة الصاروخ.

٣- يكون الصاروخ مدبب من الأمام ؟

جـ : حتى يقلل من مقاومة الهواء مما يسهل مروره عبر الهواء.

٤- يمر الصاروخ بعدة مراحل في الفضاء ؟

جـ : لأن الصاروخ يحتاج لدفع يختلف باختلاف موقعه في الجو.

٥- يزود الصاروخ بمحركات أكثر في مراحله الأولى ؟

جـ : لأن مراحله الأولى تحتاج إلى دفع اكبر بغرض التغلب على مقاومة الهواء وقوة جذب الأرض .

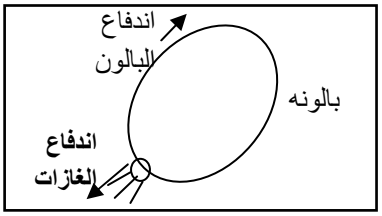
٦- يزود الصاروخ بمحركات اقل في مراحله الأخيرة ؟

جـ : لأن هذه المرحلة تحتاج إلى دفع يكفي لتوجيه الصاروخ فقط ووضعه في مداره أو إفلاته من الجاذبية .

٧ - علل : القوة التي يصعد بها الصاروخ إلى أعلى أقل من قوة المحرك ؟ وزاري(٢٠٠٤/٢٠٠٥م)

جـ : - وذلك بسبب تأثير قوة وزن الصاروخ ذاتي الدفع إلى أسفل فتكون القوة التي يتحرك بها الصاروخ مساوية للفرق بين قوة المحرك وقوة الوزن.

س : وضح بنشاط كيف يتم إطلاق الصواريخ ذاتية الدفع ؟



نحضر بالونة ونملأها بالهواء ثم نتركها حرة الحركة في الهواء فنلاحظ اندفاع الهواء منها نحوا لأسفل (الفعل) واندفاع البالونة نحو الأعلى (رد الفعل) وبهذه الطريقة يعمل الصاروخ ، (اندفاع الغازات نحو الأسفل والصاروخ نحو الأعلى)

س:علل اندفاع البالون المطاطي المملوء بالهواء عند تركه مفتوحاً حر الحركة.

جـ : .....

حساب كمية التحرك للصاروخ

في دروس سابقة وجدنا أن : كت = ك ع ، الدفع = ق × Δز

التغير في كمية تحرك الصاروخ = (سالب) التغير في كمية تحرك الغازات

Δ كت للصاروخ = - Δ كت الغازات ، دفع الصاروخ = Δ كت الصاروخ ، دفع الغازات = Δ كت الغازات

دفع محرك الصاروخ = ـ (دفع الغازات).

ملاحظة : التغير في كمية التحرك للصاروخ هي (Δ كت الصاروخ = ك ص ع ص - ك ص ع.ص)

ولكن السرعة الابتدائية للصاروخ تساوي صفر (ع.ص= صفر) لذلك تكتب (Δ كت للصاروخ = ك ص ع ص) ، وكذلك بالنسبة للغازات

العلاقات المتعلقة بدرس الصواريخ ذاتية الدفع

علاقات عامة		علاقات تفصيلية
Δ كت صاروخ = - Δ كت غازات	⇐	ك ص ع ص = - ك غ ع غ
|| ※ ||		|| ※ ||
دفع صاروخ = ـ دفع غازات	⇐	ق محرك × Δز = ـ ق غازات × Δز

ملاحظات هامة متعلقة بالعلاقات السابقة :

بالنظر إلى العلاقات في المستطيل أعلاه نجد أنه :

١) يمكن عمل علامة تساوي بين جميع الأطراف ، سواءً في العلاقات العامة أو العلاقات المشتقة منها ، أي أن كل علاقتين نحصل منهما على ست علاقات مختلفة .

٢) يمكن استبدال أحد الأطراف في العلاقات التفصيلية بالطرف المناظر له من العلاقات العامة حسب الحاجة .

٣) بعد كتابة معطيات المسألة نلجأ إلى الست العلاقات التفصيلية ثم نحدد من خلالها العلاقة التي يمكن استخدامها في إيجاد المطلوب .

علاقات أخرى ذات صلة بموضوع الصواريخ ذاتية الدفع

القانون	استخدامه
و الصاروخ = ك × د	لحساب وزن الصاروخ
ق المحصلة = ق محرك - و ق المحصلة = ق محرك - (ك×د)	لحساب القوة التي يصعد بها الصاروخ للأعلى،(قوة الصعود) أو ما تعرف بـ (القوة المحصلة)
جـ الصاروخ = ق محصلة / ك	لحساب العجلة التي يصعد بها الصاروخ
طح = ½ ك ع²	لحساب طاقة حركة الصاروخ أو طاقة حركة الغازات

مثال١: إذا كانت كمية التحرك لصاروخ ٥ × ١٠^٨ كجم .م / ث ، وكانت سرعته ٥ × ١٠^٣ م / ث فما كتلته ؟ (س ٢ في تقويم الوحدة)

الحـــل

ك الصاروخ = كت الصاروخ / ع الصاروخ ⟸ ك الصاروخ = ٥ × ١٠^٨ / ٥ × ١٠^٣ ∴ **ك الصاروخ = ١٠^٥ كجم**

كت الصاروخ = ٥ × ١٠^٨ كجم. م / ث
ع الصاروخ = ٥ × ١٠^٣ م / ث
ك الصاروخ = ؟؟

مثال٢: صاروخ كتلته ١٠٠٠ كجم يقذف غازات ساخنة من محركه بمعدل ١٣٠٠ كجم في الثانية وكانت سرعة حركة الغازات بالنسبة للصاروخ ٥ × ١٠^٤ م/ ث احسب ١- قوة دفع محرك الصاروخ ٢- التغير في كمية تحرك الصاروخ خلال الثانية الأولى من بدء حركته. ٣- وزن الصاروخ. ٤- القوة التي يصعد بها الصاروخ. ٥- سرعة الصاروخ. ٦- العجلة التي يتحرك بها الصاروخ.

الحـــل

١) دفع محرك الصاروخ = - Δ كت الغازات ⟸ ق محرك × Δ ز = - ك غازات ع غازات ⟸ ق محرك = - ك غازات ع غازات / Δز

ق محرك = - ١٣٠٠ × - ٥ × ١٠^٤ / ١ = ٦٥ × ١٠^٦ نيوتن

٢) Δ كت الصاروخ = - Δ كت الغازات ⟸ ∴ Δ كت الصاروخ = - ك غ ع غ = - ١٣٠٠ × (-٥ × ١٠^٤) = **٦٥ × ١٠^٦ كجم . م / ث**

٣) و ص = ك × د = ١٠٠٠ × ١٠ **و ص = ١٠^٤ نيوتن**

٤) ق المحصلة = ق محرك – و = ٦٥ × ١٠^٦ - ١٠^٤ **ق المحصلة = ٦٤.٩٩ × ١٠^٦ نيوتن .**

٥) سرعة الصاروخ ∵ ك ص ع ص = - ك غ ع غ ⟸ ١٠٠٠ × ع ص = - ١٣٠٠ × (-٥ × ١٠^٤) **بقسمة الطرفين على ١٠٠٠**

⟸ **ع ص = ٦٥ × ١٠^٣ م / ث**

٦) جـ ص = ق محصلة / ك = ٦٤,٩٩ × ١٠^٦ / ١٠٠٠ = ٦٤٩٩٠ م/ ث² **جـ ص = ٦٤٩٩٠ م / ث²**

مثال٣: صاروخ كتلته الكلية ١٠٠٠ كجم يطلق الغازات من مؤخرته بمعدل ١٠٠٠ كجم في الثانية بسرعة ٩٠ كم/ ث ، احسب :

أ ـ قوة دفع محرك الصاروخ . ب ـ سرعة الصاروخ خلال الثانية الأولى من انطلاقه . وزاري (٢٠١٣/٢٠١٤م)

الحـــل

ك ص = ١٠٠٠ كجم
ك غ = ١٠٠٠ كجم
ع غ = ٩٠٠٠٠ م/ ث
ز = ١ ث
د = ١٠ م/ ث

أ) ∵ دفع ص = - Δ كت غ ⟸ ق محرك × ز = - ك غ ع غ ⟸ ق محرك × ١ = - ١٠٠٠ × -٩٠٠٠٠

∴ ق محرك = ٩ × ١٠^٧ **نيوتن**

ب) ك ص ع ص = - ك غ ع غ ⟸ ١٠٠٠ × ع ص = - ١٠٠٠ × -٩٠٠٠٠ ⟸ ع ص = ٩ × ١٠^٤ م/ ث

نشاط١: صاروخ ينطلق رأسياً ويقذف (٩٠٠) كجم من الغازات في الثانية لحظة إطلاقة بسرعة (٢) كم / ث بالنسبة للصاروخ ، فإن قوة دفع محرك الصاروخ = ... وزاري (٢٠١٢ / ٢٠١٣م)

نشاط٢: مدفع كتلته ٢ طن وضع أفقياً وأطلق قذيفة كتلتها ٢كجم بسرعة ٥٠ م / ث أوجد ١) سرعة المدفع بعد الإطلاق ٢) كمية تحرك المدفع ٣) كمية تحرك القذيفة ٤) طاقة حركة المدفع ٥) طاقة الحركة للقذيفة

الجواب (٠.٠٥ م/ث ، ١٠٠ كجم . م / ث ، ١٠٠ كجم . م / ث ، ٢.٥ جول ، ٢٥٠٠جول)على الترتيب

سرعة الإفلات

تعريف سرعة الإفلات : هي السرعة التي يجب أن ينطلق بها الجسم من سطح الأرض لكي يفلت من الجاذبية الأرضية وتساوي ١١.٢ كم / ث.

العلاقة التي تحسب منها سرعة الإفلات هي : $ع = \sqrt{٢ د نق}$

حيث ع : سرعة الإفلات ، د : عجلة الجاذبية الأرضية ، نق : نصف قطر الأرض

س : ما الشروط اللازم توفرها لكي يفلت الجسم من نطاق الجاذبية الأرضية ؟

جـ : لكي يفلت الجسم من الجاذبية الأرضية يجب ١- أن يطلق الصاروخ بشكل رأسي ٢- أن تكون سرعة الصاروخ مساوية ١١.٢ كم / ث ٣- أن تكون طاقة الحركة للجسم اكبر من أو تساوي طاقة الوضع ، عند الإطلاق.

س : اثبت أن سرعة الإفلات تحسب من العلاقة : $ع = \sqrt{٢ د نق}$ ؟

جـ : لكي يفلت الجسم من نطاق الجاذبية الأرضية يجب أن تكون طاقة الحركة للجسم عند الإطلاق مساوية أو تزيد قليلاً عن طاقة الوضع له

بالنسبة لمركز الأرض ، أي أن طاقة الحركة = طاقة الوضع $\Leftarrow \frac{١}{٢} ك ع^{٢} = ك د نق$ بضرب الطرفين × ٢

$\Leftarrow ع^{٢} = ٢ د نق$ بأخذ الجذر التربيعي للطرفين $\therefore ع = \sqrt{٢ د نق}$ حيث د : عجلة الجاذبية الأرضية ، نق : نصف قطر الكوكب

ملاحظة مهمة : يمكن حساب كتلة الكوكب أو **سرعة الإفلات أيضاً** من العلاقة $ع = \sqrt{\frac{٢ ج ك}{نق}}$ حيث $د = \frac{ج \times ك}{نق^{٢}_{للكوكب}}$

علماً بأن : ج = ٦.٦٧ × $١٠^{-١١}$ نيوتن. م^{٢}/ كجم^{٢}

العوامل التي تتوقف عليها سرعة الإفلات هي : سرعة الإفلات تناسباً تناسباً طرديا مع الجذر التربيعي لكل من **عجلة الجاذبية الأرضية** (د) و**نصف قطر الكوكب** (نق) إلا أن هذين العاملين ثابتين للكوكب الواحد.

ملاحظات :

١) هنالك شيئان يجب أن نضعهما في الاعتبار إذا أردنا لجسم أن يفلت من سطح الأرض باستخدام صاروخ ذاتي الدفع والشيئان هما **سرعة و اتجاه الصاروخ**

٢) عند إطلاق الجسم بسرعة الإفلات (١١.٢) كم / ث فإنه ينبغي أن تكون طاقة الحركة للجسم مساوية لطاقة الوضع له بعد الانطلاق مباشرة أو تزيد قليلاً وهذه الطاقة تساوي **٦٢ مليون جول لكل كيلو جرام** منطلق .

مثال١: أوجد سرعة الإفلات لصاروخ من الأرض إذا علمت أن عجلة الجاذبية الأرضية ٩.٨ م / ث^{٢}

د = ٩.٨ م / ث٢
نق للأرض = ٦.٣٦ × $١٠^{٦}$ م
ع = ؟

الحـــل

∵ $ع = \sqrt{٢ د نق}$ ∴ $ع = \sqrt{٢ \times ٩.٨ \times ٦.٣٦ \times ١٠^{٦}}$ = ١١١٦٤.٩ م/ث

ع = ١١.٢ كم/ ث

مثال٢: إذا علمت أن سرعة الإفلات من كوكب المريخ (٥ كم / ث) وأن نصف قطر كوكب المريخ ٣.٣٩٧ كم ، فأحسب عجلة جاذبية المريخ ؟

ع إفلات للمريخ = ٥ × $١٠^{٣}$ م / ث
نق المريخ = ٣.٣٩٧ × $١٠^{٣}$ م
د للمريخ = ؟

الحـــل

$ع = \sqrt{٢ د نق} \Leftarrow ٥ \times ١٠^{٣} = \sqrt{٢ \times د \times ٣.٣٩٧ \times ١٠^{٣}}$ بتربيع الطرفين

$\Leftarrow ٢٥ \times ١٠^{٦} = ٦.٧٩٤ \times ١٠^{٣} \times د_{للمريخ}$

$د_{للمريخ} = \frac{٢٥ \times ١٠^{٦}}{٦.٧٩٤ \times ١٠^{٣}}$ ∴ **د للمريخ = ٣.٦٨ × $١٠^{٣}$ م / ث^{٢}**

مثال٣) إذا كانت سرعة الإفلات لصاروخ من الجاذبية الأرضية هي ١١.٢كم/ ث وكانت عجلة الجاذبية الأرضية ٩.٨ م/ ث^{٢} فما مقدار نصف قطر الأرض ؟ (س٣ في تقويم الوحدة)

ع إفلات للأرض = ١١.٢ × $١٠^{٣}$ م/ ث
د للأرض = ٩.٨ م /ث
نق ر = ؟

الحـــل

$ع = \sqrt{٢ د نق}$ $١١.٢ \times ١٠^{٣} = \sqrt{٢ \times ٩.٨ \times نق}$ بتربيع الطرفين

$١٢٥.٤٤ \times ١٠^{٦} = ١٩.٦ \times نق \Leftarrow نق_{ر} = \frac{١٢٥.٤٤ \times ١٠^{٦}}{١٩.٦}$

∴ نق ر = ٦.٤ × $١٠^{٦}$ م

س: في المثال السابق احسب الآتي :١- كتلة الأرض . ٢- طاقة الحركة لكل كيلو جرام منطلق من سطح الأرض . ٣- طاقة الوضع لكل كيلو جرام.

نشاط ١) احسب سرعة الإفلات من سطح الأرض إذا علمت أن كتلتها = ٦ × $١٠^{٢٤}$ كجم ونصف قطرها (٦٤٠٠) كم ، وثابت الجذب العام ج = ٦.٦٧ × $١٠^{-١١}$ نيوتن . م^{٢} / كجم^{٢}

الجواب[ع= ١١٢٠٠م/ث = ١١.٢كم/ث]

نشاط٢) إذا علمت أن طاقة الحركة اللازمة لإطلاق قمر صناعي من سطح الأرض ليفلت منها هي ٦٣ مليون جول لكل كيلو جرام

١- احسب نصف قطر الأرض . ٢- سرعة الإفلات من سطح الأرض .

الجواب[(ع إفلات ≈ ١١.٢كم/ث ، نق ر=٦٤٠٠كم)]

نشاط٣) نصف قطر الأرض (٦٤٠٠) كم ، وبافتراض أن عجلة الجاذبية الأرضية (١٠) م/ث ، فإن سرعة إفلات صاروخ من الأرض تساوي ... (١١٣١٣.٤ / ١١٣١٣.٥ / ١١٣١٣.٧ / ١١٣١٣.٩) (وزراري ٢٠١٠-٢٠١١م)

ملاحظات وتعليلات

١ ـ إذا أعطي الجسم سرعة أكبر من (١١.٢) كم / ث فإنه سوف يفلت من الجاذبية ولن يعود ثانية .

٢ ـ **علل كلما ابتعد الجسم من سطح الأرض فإن طاقة وضعه تزداد وطاقة حركته تقل ؟** لأن نصف القطر يزداد فتزداد طاقة الوضع بينما تقل السرعة فتقل طاقة الحركة .

٣ ـ بعد فترة زمنية من صعود الجسم إلى الفضاء تقل كل **من طاقة وضعه وطاقة حركته** وبالتالي فإن حركت الجسم **تقل** بالتدريج ولكنها **لا تصل إلى الصفر (علل)** لأن الجسم (الصاروخ) يتحرك تحت تأثير قصوره الذاتي .

٤ ـ **علل: تختلف سرعة الإفلات من كوكب لآخر ؟ جـ:** وذلك بسبب اختلاف كل من عجلة الجاذبية ونصف القطر من كوكب لآخر .

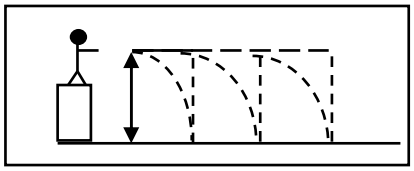
٥ـ **علل سرع الإفلات من سطح الأرض لها قيمة ثابتة لجميع الأجسام ؟ جـ:** لأنها لا تعتمد على كتلة الجسم وإنما على (د ، نق) وكلاهما ثابتين للكوكب الواحد .

حركة الأقمار الصناعية حول الأرض

تعريف القمر الصناعي : هو عبارة عن جسم يدور حول جسم آخر تماماً كالأقمار التي هي عبارة عن توابع طبيعية للكواكب .

فكرة عمل القمر الصناعي : مبنية على مبدأ حفظ كمية التحرك الزاوي .

تستخدم الأقمار الصناعية في : ١ـ دراسة الطقس ٢ ـ نقل الرسائل والبث الإذاعي و التلفزيوني والاتصالات .



٣ـ دراسة سطح الأرض ومعرفة الثروات المعدنية والنفطية ٤ـ تستخدم في التجسس

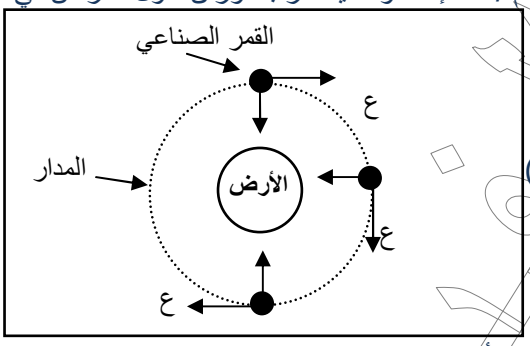
س : اذكر نشاطاً توضح من خلاله كيفية وضع الأقمار الصناعية في مدارها ؟

افرض أن شخصاً قذف حجراً من أعلى قمة بسرعة (ع١)

نلاحظ أن الحجر سيتحرك لمسافة معينة (ف١) ثم يسقط على الأرض بسبب الجاذبية

نكرر الخطوة السابقة ولكن بسرعة أكبر ولتكن (ع٢) **نلاحظ** أن الحجر سيسقط في نقطة أبعد من السابقة ولتكن (ف٢). وهكذا فإن الحجر سوف يسلك ممراً منحنياً ليصل إلى الأرض وفي كل مرة تزداد المسافة التي يقطعها قبل أن يصل إلى الأرض

وبمقارنة رمي الحجر بقذف القمر الصناعي فإنه إذا قذف القمر باتجاه أفقي وبسرعة ٨ كم / ث فإنه سوف يستمر بالدوران حول الأرض في مسار دائري ذي نصف قطر ثابت وسرعة ثابتة.



عندما تدور الأقمار الصناعية حول الأرض في مسار دائري فإن :

١ـ الأقمار تتحرك بشكل عمودي على الجاذبية الأرضية .

٢ـ الجاذبية الأرضية **لا تؤثر على سرعة الأقمار** لكنها تؤثر على **اتجاه سرعتها** (علل)

٣ـ الأقمار تتحرك **موازية لسطح الأرض وبسرعة ثابتة ونصف قطر ثابت**.(علل).

٤ـ **كلما كان مدار القمر الصناعي قريب من سطح الأرض زادت سرعته** .(علل)

ملاحظات / ١ـ أقرب قمر صناعي لسطح الأرض يحتاج ٩٠ دقيقة ليكمل دورة كاملة حول الأرض .

٢ ـ من الخطأ القول بأن القمر يوضع خارج نطاق الجاذبية الأرضية ليتمكن من الدوران إذ أن الجاذبية لا تنعدم .

٣ ـ تسمى السرعة اللازمة لاستمرار القمر الصناعي في مداره **بالسرعة المدارية**

س: ما هي الشروط اللازم توفرها لكي يدور جسم حول الأرض ؟

جـ : لكي يدور الجسم حول الأرض يجب :

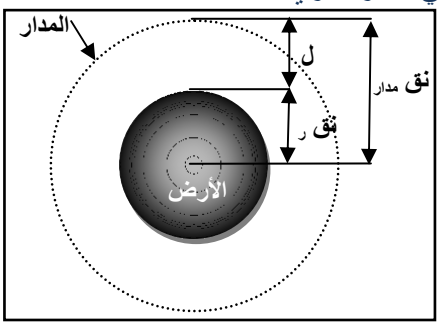
١) أن يطلق الصاروخ بشكل أفقي (موازي لسطح الأرض). ٢) أن تكون سرعة الصاروخ ٨ كم / ث

٣) أن تكون قوة الطرد المركزية = قوة الجذب العام (قوة جذب الأرض للجسم) .

موقع الفريد في الفيزياء ـ يحتوي ضمن القائمة الرئيسية على قسم خاص بالصف الثالث الثانوي
يحتوي على شرح (نصي + فيديو) لدروس فيزياء الصف الثالث الثانوي

حساب سرعة القمر الصناعي اللازمة لاستمراره في مداره(السرعة المدارية)

تعريف السرعة المدارية : هي السرعة المنتظمة التي يتحرك بها القمر الصناعي حول الأرض في مسار دائري .



س :اثبت أن السرعة المدارية تحسب من العلاقة $ع = \sqrt{ج \frac{ك_{الأرض}}{نق_{مدار}}}$

جـ : لكي يدور القمر الصناعي حول الأرض في مدار ثابت لا بد أن تكون:

قوة الطرد المركزية (ق ط) = قوة الجذب المركزية (ق ج)

∵ قوة الطرد المركزية ق ط = ك قمر $\frac{ع^{٢}}{نق_{مدار}}$ حيث : ع هي السرعة المدارية للقمر .

نق نصف قطر المدار ، ك كتلة القمر

∵ قوة الجذب المركزية ق ج = ج $\frac{ك_{الأرض} \times ك_{قمر}}{نق^{٢}_{مدار}}$ حيث ج ثابت الجذب العام (ج = ٦.٦٧ × ١٠$^{-١١}$ نيوتن م^{٢}/ كجم^{٢})

∴ ك قمر $\frac{ع^{٢}}{نق_{مدار}}$ = ج $\frac{ك_{الأرض} \times ك_{قمر}}{نق^{٢}_{مدار}}$ ⟸ **بأخذ الجذر التربيعي للطرفين**

∴ ع = $\sqrt{ج \frac{ك_{الأرض}}{نق_{مدار}}}$

علما بأن نق مدار = نق أرض +(ل) الارتفاع فوق سطح الأرض)

س: ما الشرط الذي يجب أن يتوافر لكي يدور القمر حول الأرض ؟ وكيف تحسب سرعته المدارية ؟ وعلام تعتمد هذه السرعة ؟

وزاري(٢٠١٠ - ٢٠١١م)

س : ما هي العوامل التي تتوقف (تعتمد) عليها السرعة المدارية ؟

جـ : تتوقف (تعتمد) السرعة المدارية على **نصف قطر المدار فقط** ولا تتوقف على ثابت الجذب العام أو كتلة الأرض لأنهما قيم ثابتة.

ملاحظة مهمة / إذا أعطانا في المسألة جسم يدور حول الشمس أو أي كوكب آخر فإننا نعوض بدلاً عن كتلة الأرض بكتلة الكوكب الآخر .

تعليلات (حركة الأقمار الصناعية)

١ـ توضع الأقمار الصناعية على ارتفاع ١٥٠ كم من سطح الأرض ؟ (٢٠٠٥م ـ ٢٠٠٦ م)

جـ : حتى تصبح بعيدة عن مقاومة الهواء الجوي إذ أن مقاومة الهواء عند سرعة هائلة والتي يمكن أن تحول الحديد إلى سائل.

٢ـ لوضع القمر الصناعي في مداره فإنه يطلق بسرعة ٨ كم / ث ؟

جـ : لأن هذه السرعة تمكن الصاروخ من وضع القمر الصناعي في مداره .

٣ـ يدور القمر الصناعي في مجال جاذبية الأرض إلا أنه لا يسقط على الأرض ؟

وذلك بسبب تساوي قوة الطرد المركزية الناتجة عن سرعته مع قوة الجذب المركزية للأرض .

٤ـ السرعة المدارية تحفظ القمر الصناعي على نفس الارتفاع ؟ (٢٠٠٥/٢٠٠٦م).

جـ : لأن القمر الصناعي يتأثر بقوتين الأولى قوة جذب الأرض له باتجاهها والثانية القوة الطاردة المركزية التي تدفع القمر الصناعي بعيداً عن الأرض وهما متساويتان في المقدار.

٥ـ السرعة المدارية تعتمد على نصف قطر المدار فقط ؟

جـ : لأن كل من ثابت الجذب العام وكتلة الأرض ثوابت معلومة والمتغير الوحيد هو نصف قطر المدار .

٦ـ لا تتأثر سرعة دوران القمر الصناعي بالجاذبية الأرضية ؟ (٢٠٠٤/٢٠٠٥).

جـ : لأن سرعة دوران القمر الصناعي عمودية على اتجاه الجاذبية الأرضية .

٧ـ تزداد سرعة القمر الصناعي كلما اقترب من سطح الأرض ؟

جـ : لأن سرعة القمر الصناعي تتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي لنصف قطر المدار وعندما يقترب القمر الصناعي من الأرض يقل نصف قطر مداره.

٨ـ يزداد الزمن اللازم لعمل دورة كاملة حول الأرض كلما ابتعد القمر الصناعي عنها .

جـ : لأنه كلما ابتعد القمر الصناعي عن الأرض قلت سرعة دورانه حيث تتناسب السرعة عكسيا مع زمن الدوران. ع = ٢πنق/ز

٩ـ تكون السرعة المدارية ثابت لارتفاع معين من سطح الأرض ؟

جـ : لأن كلاً من القوة الطاردة والقوة الجاذبة تكونا في حالة تساوي مما يجعل السرعة ثابتة على نفس الارتفاع .

١٠ـ لا يحدث تصادم بين الأقمار التي تدور في نفس المدار ؟

جـ: لأنها تسير بنفس السرعة ولذلك لا يمكن لقمر أن يلحق بالآخر .

١١ـ كلما ابتعد للقمر الصناعي عن الأرض احتاج زمناً أكبر ليقوم بدورة كاملة حول الأرض . (وزاري ٢٠١٠ـ٢٠١١م)

جـ : .....

س : ما التدابير المتبعة من أجل وزاري(٢٠٠٤ /٢٠٠٥ م)

١- جعل القمر الصناعي يدور حول الأرض ؟

جـ : إطلاق الصاروخ الحامل للقمر الصناعي بشكل أفقي مواز لسطح الأرض وبسرعة ٨ كم / ث تقريباً .

٢- جعل القمر الصناعي يفلت من نطاق الجاذبية الأرضية ؟

جـ : إطلاق الصاروخ الحامل للقمر الصناعي بشكل عمودي (رأسي) على سطح الأرض وبسرعة ١١.٢ كم / ث .

٣- تجنب الأقمار الصناعية مقاومة الهواء .

جـ : جعل الأقمار الصناعية على ارتفاع (١٥٠ كم) من سطح الأرض .

ملاحظة / الأقمار الصناعية المستخدمة للبث التلفزيوني والإذاعي تبدو في السماء وكأنها ثابتة عند موضع معين فوق الأرض إلا أنها في الحقيقة تدور ويكون زمن دوران القمر حول الأرض = زمن دوران الأرض حول نفسها (أي ٢٤ ساعة في اليوم) .

قوانين حركة الأقمار الصناعية والسرعة المدارية

القانون	استخدامه
$ع = \sqrt{\frac{ج\ ك_{الأرض}}{نـق}}$ $ع = ω \times نق_{المدار}$ $ع = f\pi^2\ نق_{المدار}$ $ع = \frac{\pi^2 نق}{ز}$ $ع = \sqrt{د \times نق_{المدار}}$ $ع = \sqrt{(2طح / ك)}$ $ع = كت / ك$	**جميع هذه العلاقات يمكن حساب السرعة المدارية منها . علماً بأن** ج : ثابت الجذب العام (ج = ٦.٦٧×١٠$^{-11}$ نيوتن . م^2/ كجم^2) نق : هي نصف قطر المدار للقمر حيث (نق $_{المدار}$ = نق $_{للأرض}$ + ل) ، ل : ارتفاع القمر عن سطح الأرض ز : هو زمن دورة القمر حول الأرض F : عدد دورات القمر حول مداره في الثانية الواحدة (التردد) ω : السرعة الزاوية للقمر د:عجلة الجاذبية عند ذلك الارتفاع - علماً بأن $د = \frac{ج \times ك}{نق^2_{مدار}}$
نق $_{مدار}$ = نق ر + ل	لحساب نصف قطر مدار القمر أو حساب ارتفاع القمر الصناعي عن سطح الأرض
طول المسار الدائري = ٢π نق $_{مدار}$	لحساب طول المدار للقمر (المسار الدائري للقمر)
$ز = \frac{\pi^2 نق}{ع}$	لحساب زمن الدورة الواحدة للقمر حول الأرض
$ω = \frac{ع}{نق}$ ، $ω = f\pi^2$ ، $ω = 2\pi / ز$	لحساب السرعة الزاوية للقمر الصناعي .
$F = \frac{\text{عدد الدورات}}{ز}$	لحساب عدد دورات القمر حول مداره في الثانية الواحدة (التردد)
$جـ_م = \frac{ع^2}{نق}$	لحساب عجلة الجذب المركزية
$ق_م = ك_{قمر} \frac{ع^2}{نق}$	لحساب قوة الطرد المركزية
$ق_ج = ج \frac{ك_ر \times ك_ق}{نق^2}$	لحساب قوة الجذب المركزية
طح = ١/٢ ك ع^2	لحساب طاقة حركة القمر الصناعي

س : اثبت أن الكميتين التاليتين لهما نفس وحدة القياس (٢ د نق) ، (ج × ك / نق)

جـ : الإثبات

وحدة ثابت الجذب العام (ج) = نيوتن × م^{٢} / كجم^{٢}

وحدة قياس (٢د نق) = م × م / ث^{٢} = م^{٢} / ث^{٢}

نيوتن = كجم . م / ث ^{٢}

وحدة قياس(ج × ك / نق) = (نيوتن × م^{٢}/كجم^{٢}) ×كجم / م = نيوتن × م^{٢} ×كجم / كجم^{٢} × م = كجم×م × م^{٢} × كجم / كجم^{٢} × م × ث^{٢} = م^{٢} / ث^{٢}

الكميتان لهما نفس وحدة القياس

مثال١) قمر صناعي يدور حول الأرض على ارتفاع ٢٠٠ كيلو متر فوق سطح الأرض احسب السرعة المدارية للقمر إذا كان نصف قطر الأرض ٦٤٠٠ كم وكتلة الأرض ٦ × ١٠^{٢٤} كجم

ج = ٦.٦٧ × ١٠$^{-١١}$ نيوتن م٢/ كجم٢

نق المدار = نق ر + ل = ٢٠٠ + ٦٤٠٠

= ٦٦٠٠كم = ٦.٦ × ١٠^{٦} متر

ك ر = ٦ × ١٠^{٢٤} كجم

ع = √(ج × ك أرض / نق) ∴ ع = √(٦.٦٧ × ١٠$^{-١١}$ × ٦ × ١٠^{٢٤} / ٦.٦ × ١٠^{٦}) ∴ ع = ٧.٧٩ × ١٠^{٣} م / ث

مثال٢) احسب الارتفاع فوق سطح الأرض لقمر صناعي يتحرك في مسار دائري بسرعة مدارية مقدارها ٤ كم / ث . (س ٦ في تقويم الوحدة)

المعطيات ج = ٦.٦٧ × ١٠$^{-١١}$ نيوتن. م^{٢} / كجم^{٢} ، ك أرض = ٦ × ١٠^{٢٤} كجم ، نق أرض = ٦٤٠٠ كم = ٦.٤ × ١٠^{٦} م ، ع مدارية = ٤ × ١٠^{٣} م / ث

الحـــل

ع = √(ج × ك أرض / نق مدار) ⇐ ٤ × ١٠^{٣} م / ث = √(٦.٦٧ × ١٠$^{-١١}$ × ٦ × ١٠^{٢٤} / نق مدار)

⇐ ١٦ × ١٠^{٦} م^{٢} / ث^{٢} × نق = ٦.٦٧ × ١٠$^{-١١}$ نيوتن. م^{٢} / كجم^{٢} × ٦ × ١٠^{٢٤} كجم

نق مدار = ٦.٦٧ × ١٠$^{-١١}$ × ٦ × ١٠^{٢٤} / ١٦ × ١٠^{٦} ⇐ **نق = ٢٥ × ١٠^{٦} م**

∵ نق مدار = نق أرض + (ل) الارتفاع ∴ ل = نق - نق أرض ⇐ ل = ٢٥ × ١٠^{٦} - ٦.٤ × ١٠^{٦} ل = ١٨.٦ × ١٠^{٦} م **∴ ل = ١٨.٦ × ١٠^{٣} كم**

مثال٣) قمر صناعي يدور حول الأرض بسرعة ٧ كم / ث فإذا علمت أن

ج = ٦.٦٧ × ١٠$^{-١١}$ نيوتن. م^{٢} / كجم^{٢} ، نق أرض = ٦٤٠٠ كم ، ك أرض = ٦ × ١٠^{٢٤} كجم أحسب :

١- بعد القمر الصناعي عن الأرض. ٢- الزمن اللازم ليعمل القمر الصناعي دورة كاملة حول الأرض.

ج = ٦.٦٧ × ١٠$^{-١١}$ نيوتن. م^{٢} / كجم^{٢}

ك أرض = ٦ × ١٠^{٢٤} كجم

نق أرض = ٦٤٠٠ كم = ٦.٤ × ١٠^{٦} م

ع مدارية = ٧٠٠٠ م / ث

الحـــــل

ع = √(ج × ك أرض / نق مدار) ⇐ ٧٠٠٠ = √(٦.٦٧ × ١٠$^{-١١}$ × ٦ × ١٠^{٢٤} / نق مدار)

بتربيع الطرفين ثم ضرب طرفين × وسطين : ٤٩ × ١٠^{٦} × نق = ٦.٦٧ × ١٠$^{-١١}$ × ٦ × ١٠^{٢٤}

نق = ٦.٦٧ × ١٠$^{-١١}$ × ٦ × ١٠^{٢٤} / ٤٩ × ١٠^{٦} ∴ **نق مدار = ٨.٢ × ١٠^{٦} م**

∵ نق مدار = نق أرض + (ل) الارتفاع ∴ ل = نق مدار - نق أرض ⇦ ل = ٨.٢ × ١٠^{٦} م - ٦.٤ × ١٠^{٦} م

ل = ١.٨ × ١٠^{٦} م **∴ ل = ١.٨ × ١٠^{٣} كم**

٢) ∵ طول المسار الدائري حول الأرض = ٢ π نق = ٢ × ٣.١٤ × ٨.٢ × ١٠^{٦} م = ٥١.٤٩٦ × ١٠^{٦} م

∴ زمن الدورة الكاملة = طول المسار الدائري / السرعة المدارية ⇐ زمن الدورة = ٥١.٤٩٦ × ١٠^{٦} / ٧٠٠٠ ⇐ **ز = ٧٣٥٦.٦ ث**

نشاط) في المثال السابق احسب الآتي : ١- السرعة الزاوية . ٢- عجلة الجذب المركزية ٣- قوة الطرد المركزية

علاقات مهمة: نق المدار = √(ك ر × ز^{٢} / ٤ π^{٢}) (ج) ^{٣} تستخدم لإيجاد قيمة نصف قطر المدار بدلالة الزمن الدوري . (استنتج العلاقة)

نق المدار = طول المسار الدائري / ٢ π تستخدم لإيجاد قيمة نصف قطر المدار بدلالة طول المسار الدائري.

مثال٤) إذا علمت أن القمر الطبيعي يدور حول الأرض مرة كل ٢٧.٣ يوماً احسب ارتفاعه فوق سطح الأرض ؟

الحـــــل

المعطيات : ز = ٢٧.٣ يوم ، نحول ٢٧.٣ يوم إلى ثواني ز= ٢٧.٣ × ٢٤ × ٦٠ × ٦٠ ≈ ٢.٣٦ × ١٠^٦ ثانية

نق المدار = نق ر + ارتفاع القمر عن الأرض (ل) ⇦ ل = نق المدار – نق ر ⇦ ل = نق المدار - ٦٤٠٠ × ١٠^٣ .....(١)

نوجد قيمة نق المدار من **العلاقة** نق المدار = $\sqrt[3]{\frac{ج \times ك_{ر} \times ز^2}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{٦.٦٧ \times ١٠^{-١١} \times ٦ \times ١٠^{٢٤} \times (٢.٣٦ \times ١٠^{٦})^2}{(٣.١٤)^2 \times ٤}}$

نق المدار = $\sqrt[3]{\frac{٢.٢٢ \times ١٠^{٣٧}}{٣٩.٤٧}}$ ⇦ **نق المدار = ٣.٨٣ × ١٠^٨ م** نعوض في (١)

ل = ٣.٨٣ × ١٠^٨ - ٦٤٠٠ × ١٠^٣ ⇦ **ل = ٣.٧٧ × ١٠^٨ م**

مثال ٥) قمر صناعي يدور حول الأرض في مسار دائري ، نصف قطر مداره (٨٠٠٠) كم احسب : ١- سرعته ، ٢- زمنه الدوري ، ٣ - العجلة الجاذبة المركزية له ٤- ارتفاعه عن سطح الأرض ، علماً بأن ك ر = ٦ × ١٠^٢٤ كجم ، ج = ٦.٦٧ × ١٠^-١١ نيوتن . م^٢ /كجم^٢ ، نق ر = ٦٤٠٠كم. وزاري (٢٠٠٩ - ٢٠١٠ م)

الحـــــل

١) ع = $\sqrt{ج \times \frac{ك_{أرض}}{نق_{مدار}}} = \sqrt{٦.٦٧ \times ١٠^{-١١} \times \frac{٦ \times ١٠^{٢٤}}{٨٠٠٠ \times ١٠^{٣}}}$ = ٧ × ١٠^٣ م/ث ٢) ز = $\frac{٢ \pi \text{ نق}}{ع}$ = $\frac{٢ \times ٣.١٤ \times ٨٠٠٠ \times ١٠^{٣}}{٧ \times ١٠^{٣}}$ = ٧ × ١٠^٣ ث

٣) جـ م = $\frac{ع^2}{نق_{مدار}}$ = $\frac{(٧ \times ١٠^{٣})^2}{٨٠٠٠ \times ١٠^{٣}}$ = ٦.١٣ م/ث^٢ ، ٤) ل = نق المدار – نق ر = ٨٠٠٠ × ١٠^٣ - ٦٤٠٠ × ١٠^٣ = ١٦ × ١٠^٦ م

مثال٦) اذكر القوى التي تبقي القمر الصناعي في مدار ثابت ، ثم احسب السرعة الزاوية لقمر صناعي يدور حول الأرض نصف قطر مداره (١٦٠٠) كم . وزاري (٢٠١٢ / ٢٠١٣) م

الحـل

القوى التي تبقي القمر الصناعي ثابت في مداره هما قوة الطرد المركزية الناتجة عن سرعته وقوة الجذب العام بينه وبين الأرض

تحسب السرعة الزاوية من العلاقة ω = $\frac{ع}{نق_{المدار}}$ ولكن علينا أولا إيجاد السرعة المدارية (ع) كما يلي :

ع = $\sqrt{ج \times \frac{ك_{أرض}}{نق}} = \sqrt{٦.٦٧ \times ١٠^{-١١} \times \frac{٦ \times ١٠^{٢٤}}{١٦٠٠ \times ١٠^{٣}}}$ ∴ ع = ١٥.٨ × ١٠^٣ م/ث ∴ ω = $\frac{ع}{نق_{المدار}}$ = $\frac{١٥.٨ \times ١٠^{٣}}{١٦٠٠ \times ١٠^{٣}}$ = ٩.٩ × ١٠^-٣ را/ث

نشاط١) قمر صناعي كتلته ٢٠٠٠ كجم يدور في مدار حول الأرض طوله ٥١.٤٩٦ × ١٠^٦ م احسب :

١- ارتفاع القمر عن سطح الأرض . ٢- السرعة المدارية للقمر . ٣- قوة جذب الأرض للقمر ٤- طاقة حركة القمر .

علماً بأن ج = ٦.٦٧ × ١٠^-١١ نيوتن.م^٢ / كجم^٢ ، ك أرض = ٦ × ١٠^٢٤ كجم ، نق أرض = ٦٤٠٠ كم = ٦.٤ × ١٠^٦ م

الجواب[(ارتفاع القمر(ل) ≈ ١.٨ × ١٠^٦ م) ، ع مدارية ≈ ٧ × ١٠^٣ م/ث)]

نشاط٢) قمر صناعي نصف قطر مداره ضعف نصف قطر الأرض احسب :

١- السرعة الزاوية للقمر الصناعي حتى يبقى القمر ملازماً لمحطة على سطح الأرض ٢- السرعة المدارية للقمر .

علماً بأن نصف قطر الأرض (نق ر)=٦٤٠٠كم ، وكتلة الأرض (ك ر) = ٦ × ١٠^٢٤كجم ، وكتلة القمر (ك قمر) =١٠٠كجم

الجواب[(ω ≈ ٤.٣٧ × ١٠^-٤ راديان/ث) ، (ع =٥.٥٩ × ١٠^٣ م/ث)]

نشاط٣) قمر صناعي يدور حول الأرض بسرعة (٨٤٠٠) م/ث . فإذا كان الزمن الدوري (١.٦) ساعة ، نق ر = ٦٤٠٠كم ، وعجلة الجاذبية الأرضية = (٩.٨) م / ث^٢ ، فاحسب ما يأتي : (وزاري ٢٠١٠ - ٢٠١١م)

١- طول المسار الدائري للقمر . ٢- ارتفاع القمر عن سطح الأرض .

الجواب [(طول المسار الدائري = ٤٨٣٨٤٠٠٠) ، (الارتفاع ل = ١.٣ × ١٠^٦ متر)]

نشاط٤) قمر صناعي يدور حول الأرض في مدار دائري عل ارتفاع ٢٠٠ كم من سطح الأرض فإذا علمت أن نصف قطر الأرض = ٦٤٠٠ كم ، وكتلتها = ٦ × ١٠^٢٤ كجم فإذا علمت أن نق ر=٦٤٠٠كم ، ك ر = ٦ × ١٠^٢٤كجم ، ج = ٦.٦٧ × ١٠^-١١ نيوتن.م^٢/ كجم^٢ ؛ فاحسب السرعة المدارية ، وزمنه الدوري . وزاري (٢٠١١ - ٢٠١٢م) **الجواب** [(ع = ٧٧٨٦.٩ م/ث) ، (ز = ٥٣٢٢.٧٦ ث)]

نشاط٥) قارن بين سرعة الإفلات والسرعة المدارية من حيث : التعريف ، الشروط اللازمة لحصولهما ، العلاقة التي تحسب منها ، العوامل التي تتوقف عليها ، وحدة قياسهما.

كميـــة التحـــرك الزاوي (كتز)

تعريف كمية التحرك الزاوي : هي عبارة عن كمية تعبر عن حاصل ضرب السرعة الزاوية في عزم القصور الذاتي الدوراني .

تحسب كمية التحرك الزاوي من العلاقة : **كتز = I × ω** (حيث I : عزم القصور الذاتي الدوراني ، ω : السرعة الزاوية)

ويمكن حسابها من العلاقات التالية : **كتز = كت خطي × نق** ، **كتز = ك × ع × نق** (حيث ك : كتلة الجسم ، ع : سرعته الخطية ، نق : نصف قطر المسار الدائري) .

وحدة قياس كمية التحرك الزاوي هي: كجم . م^{٢} / ث = كجم . م^{٢} × راديان / ث = **جول . ث**

العوامل التي تتوقف عليها كمية التحرك الزاوي :

تتناسب كمية التحرك الزاوي تناسباً طرديا مع كل من السرعة الزاوية (ω) وعزم القصور الدوراني (I)

علل : كمية التحرك الزاوي كمية متجهه ؟ جـ : لأنها عبارة عن حاصل ضرب كمية قياسية هي (I) في كمية متجهة هي (ω).

خاصية القصور الذاتي الخطي : هي عبارة عن مقاومة الجسم للقوة التي تحاول التغيير في حالة حركتة الخطية.

عزم القصور الذاتي الدوراني : هو عبارة عن مقاومة الجسم لعزم القوة التي تحاول إحداث تغير في حالة حركة الجسم الدورانية .

ويحسب من العلاقة : **I= ك × نق^{٢}** حيث (ك : كتلة الجسم ، نق : نصف قطر المسار الدائري الذي يدور فيه الجسم).

السرعة الزاوية : هي معدل التغير في الإزاحة الزاوية بالنسبة للزمن .

وتحسب من العلاقات : $\omega = \frac{\Delta\theta}{\text{ز}}$ ، $\omega = \frac{ع}{نق}$ ، $\omega = 2\pi f$ ، $\omega = \frac{\pi^{٢}}{\text{ز}}$

قانون حفظ كمية التحرك الزاوي: ((**تظل كمية التحرك الزاوي لجسم ثابتة ما لم تؤثر عليه عزوم دوران خارجية**)) .

س: اثبت أن كمية التحرك الزاوي (كتز= كت خطي× نق) .

جـ : كمية التحرك الزاوي كتز = I ω ..... (١) حيث I عزم القصور الذاتي ، ω السرعة الزاوية

∵ I = ك نق^{٢} ، $\omega = \frac{ع}{نق}$ نعوض عن I ، ω في (١)

∴ كمية التحرك الزاوي = ك × نق^{٢} × $\frac{ع}{نق}$ = ك نق ع ∴ **كت زاوي = ك ع نق** **كت الزاوي = كت خطي × نق**

س : اثبت أن الكميتين التاليتين لهما نفس وحدة القياس ؟ (I ω) ، (ك نق ع)

جـ : وحدة قياس (I ω) = ك نق^{٢} × $\frac{ع}{نق}$ = كجم . م^{٢} × $\frac{م}{ث م}$ = **كجم . م^{٢} / ث**

وحدة قياس (**ك نق ع**) = كجم .م . م / ث = **كجم .م^{٢} / ث** ∴ الكميتين لهما نفس وحدة القياس

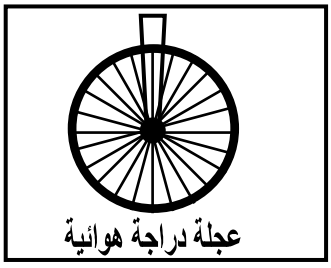
س : اذكر نشاطاً توضح من خلاله أن كمية التحرك الزاوي لجسم تبقى ثابتة ؟

جـ: حاول تدوير عجلة دراجة هوائية حول محورها من السكون .

استمر في التدوير للعجلة ثم حاول أن توقفها .

نلاحظ أنه في الحالة الأولى يصعب علينا تدوير العجلة وفي الحالة الثانية يصعب علينا إيقافها (العجلة تقاوم أي تغير في حالتها الدورانية)

الاستنتاج : تظل كمية التحرك الزاوي لجسم ثابتة مالم تؤثر علية عزوم دوران خارجية


عجلة دراجة هوائية

مقارنة بين كمية التحرك الخطي والزاوي

كمية التحرك الخطي	كمية التحرك الزاوي
١ـ تعبر عن حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته	١- تعبر عن حاصل ضرب عزم القصور الذاتي في السرعة الزاوية
٢- تنشأ عن تحرك الأجسام في خط مستقيم .	٢ - تنشأ عن تحرك الأجسام بشكل دوراني
٣- كمية متجهة لها مقدار واتجاه .	٣- كمية متجهة لها مقدار واتجاه
٤- تعطى بالعلاقة : كت = ك × ع	٤- تعطى بالعلاقات : **كتز = I ω = كت خطي× نق = ك ع نق**
٥- وحدة القياس (كجم .م/ث) =نيوتن × ث	٥- وحدة القياس هي: كجم . م^{٢} / ث = كجم . م^{٢} ×راديان / ث = جول . ث
٦ـ تتوقف على (كتلة الجسم وسرعته)	٦ ـ تتوقف على (عزم القصور الذاتي الدوراني و السرعة الزاوية)

س : ما أهمية مبدأ حفظ كمية التحرك الزاوي ؟

جـ: ١) مهم بالنسبة لدوران الأرض حول الشمس إذ **يظل محور دوران الأرض ثابتاً بالنسبة للكون المحيط (علل)** لأن (كت زاوي) للأرض ثابتة

٢) مهم بالنسبة لدوران الكواكب حيث **تستطيع أن تتنبأ متى وأين سيحدث خسوف القمر على الأرض.(علل)**

بسبب ثبات محور دوران الأرض حول الشمس

س :علل يصعب إيقاف عجلة دراجة هوائية تدور بسرعة كبيرة ؟ وزاري (٢٠٠٩ / ٢٠١٠م)

جـ : وذلك بسبب خاصية القصور الذاتي الدوراني إذ أن الجسم يحاول مقاومة أي تغيير لحالته الدورانية حول محوره .

س :علل : صعوبة إدارة عجلة ساكنة ؟

جـ : وذلك بسبب خاصية القصور الذاتي الدوراني إذ أن الجسم يحاول مقاومة أي تغيير لحالته السكونية .

مثال١) منشار يستخدم لقطع الأحجار على شكل قرص مستدير يدور بسرعة منتظمة حول محور يمر من مركزه وعمودي على وجهيه فإذا كان ينجز ١٠٠ دورة في (٣/١) دقيقة وكان عزم قصوره الذاتي الدوراني ٧ كجم . م^{٢} فما مقدار كلاً من

١- سرعته الزاوية. ٢- كمية تحركه الزاوي. وزاري (٢٠٠٤/٢٠٠٥م)

الحـــــــل

المعطيات : ز = $\frac{١}{٣}$ دقيقة = $\frac{١}{٣}$ × ٦٠ ث = ٢٠ ث ، I = ٧ كجم .م^{٢} ، $f = \frac{١٠٠}{٢٠ ث}$ = ٥ هرتز

١- $\omega = ٢ \pi f$ = ٢ × ٣.١٤ × ٥ = ٣١.٤ راديان / ث .

٢- كمية التحرك الزاوي = ω I = ٧ × ٣١.٤ = ٢١٩.٨ كجم.م^{٢}/ث .

مثال٢) قمر صناعي كتلته ٢٠٠٠ كجم يدور حول الأرض على ارتفاع ٢٠٠ كم من سطحها الذي نصف قطره (٦٤٠٠) كم احســـب

١- السرعة المدارية. ٢ - كمية التحرك الخطي . ٣ - السرعة الزاوية . ٤ - عزم القصور الذاتي . ٥ - كمية التحرك الزاوي.

الحـــل

ك = ٢٠٠٠ كجم

ف = ٢٠٠ × ١٠^{٣}م

نق $_{ر}$ = ٦٤٠٠ × ١٠^{٣}م

نق المدار = نق $_{ر}$ + ل = ٦٤ × ١٠^{٥} + ٢ × ١٠^{٥} = ٦٦ × ١٠^{٥} م

١) ع = $\sqrt{\text{ج} \frac{\text{ك أرض}}{\text{نق مدار}}}$ = $\sqrt{٦.٦٧ \times ١٠^{-١١} \times \frac{٦ \times ١٠^{٢٤}}{٦٦ \times ١٠^{٥}}}$ ع = ٧.٧٨٦ × ١٠^{٣}م / ث

٢) كت الخطي = ك × ع = ٢ × ١٠^{٣} × ٧.٧٨٦ × ١٠^{٣} = ١٥٥٧٢ × ١٠^{٣} كجم . م/ ث

٣) $\omega = \frac{\text{ع}}{\text{نق}} = \frac{٧.٧٨٦ \times ١٠^{٣}}{٦٦ \times ١٠^{٥}}$ = ١.١٧٩ × ١٠$^{-٣}$ راديان/ ث

٤) I = ك × نق^{٢} = ٢ × ١٠^{٣} × (٦٦ × ١٠^{٥})^{٢} = ٨.٧١٢ × ١٠^{١٦} كجم .م^{٢}

٥) كت الزاوي = I × ω = ٨.٧١٢ × ١٠^{١٦} × ١.١٧٩ × ١٠$^{-٣}$ = ١.٠٢٧ × ١٠^{١٤} كجم . م^{٢} / ث .

نشاط١) دراجة هوائية كتلة الإطار الخارجي لعجلتها (٢) كجم ، وقطرها (٢٠٠) سم ؛ فإذا كانت سرعته الزاوية (٦٠) راديان / ثانية ؛

احسب : ١. عزم القصور الذاتي الدوراني للإطار . ٢. كمية التحرك الزاوي للإطار . وزاري (٢٠١١ - ٢٠١٢ م)

الجواب [عزم القصور I = ٢ كجم .م^{٢} ، كت $_{زواي}$= ١٢٠ كجم .م^{٢}/ ث)]

نشاط٢) عجلة كتلتها ٢ كجم ونصف قطر التدويم لها ٤٠ سم تدور بسرعة ٣٠٠٠ دورة / دقيقة ، أحسب

أ) قيمة عزم قصورها الذاتي ب) طاقة حركتها الدورانية

الجواب [(أ) I = ٠.٣٢ كجم .م^{٢} ، ب) طح = ١٥.٧٩ × ١٠^{٣} جول)]

نشاط٣) مروحة طائرة كتلتها ٧٠ كجم ، ونصف قطر التدويم لها ٧٥ سم ، أوجد عزم قصورها الذاتي الجواب (٣٩ كجم .م^{٢})

نشاط٤) احسب كمية التحرك الزاوية لإلكترون ذرة الهيدروجين عندما يكون في المدار الأول علماً بان ك $_{ه}$ = ٩.١ × ١٠$^{-٣١}$كجم ،

نق$_{١}$ = ٥٢٨ . انجستروم ، ع$_{ه}$ = ٢.٢ × ١٠^{٦} م/ث الجواب (كت $_{ز}$ = ١.٠٦ × ١٠$^{-٣٤}$ كجم.م^{٢}/ث)

مراجعة مهمة على معادلات الحركة في خط مستقيم... ومعادلات السقوط الحر

درسنا في الصف الأول الثانوي **معادلات الحركة في خط مستقيم بعجلة منتظمة** و **معادلات السقوط الحر** وهي كالتالي:

معادلات الحركة في خط مستقيم بعجلة منتظمة:

١) ع = ع. + جـ ز ٢) ف = ع. ز + $\frac{١}{٢}$ جـ ز^{٢} ٣) ع^{٢} = ع.^{٢} + ٢جـ ف

معادلات السقـــوط الحـــر

١) ع = ع. + د ز ٢) ف = ع. ز + $\frac{١}{٢}$ د ز^{٢} ٣) ع^{٢} = ع.^{٢} + ٢د ف

*- مما سبق يتضح لنا أن **معالات الحركة في خط مستقيم بعجلة منتظمة** تستخدم في إيجاد قيمة السرعة أو العجلة أو الزمن أو المسافة ولكن عند حركة الجسم أفقياً (على المحور السيني فقط) . أما **معادلات السقوط الحر** فهي تستخدم في حالة سقوط الجسم نحو الأرض أو عكس ذلك (على المحور الصادي) .

*- إن ما سندرسه في الصف الثالث الثانوي هو حركة الجسم المقذوف بين المحورين السيني والصادي بحيث يصنع زاوية مع المحور السيني وفي مثل هذه الحركة للأجسام فإننا نحلل السرعة الابتدائية للجسم المقذوف إلى مركبتين :

الأولى: على المحور الأفقي (السيني) ونرمز للسرعة بالرمز ع.س ، و**الثانية** على المحور الرأسي (الصادي) ونرمز لها بالرمز ع.ص

ملاحظة : سوف نعتبر قيمة عجلة الجاذبية الأرضية (د) إشارة سالبة في حالة قذف الجسم نحو الأعلى ونعتبرها موجبة في حالة سقوط الجسم نحو الأسفل .

تم دراسة المعادلات السابقة في الصف الأول الثانوي (راجع ذلك للأهمية) ثم أجب على الآتي :

نشاط ١) تزداد سرعة سيارة بانتظام من ١٨ كم / ساعة إلى ١٠٨ كم / ساعة خلال فترة زمنية مقدارها ٥ ثوان أوجد :

أ - مقدار عجلة السيارة . ب - المسافة المقطوعة خلال هذه الفترة الزمنية . الإجابة [جـ = ٥ م/ث ، ف = ٨٧,٥ متر]

نشاط ٢) سقطت كرة رأسياً إلى أسفل من قمة برج ، فوصلت إلى الأرض بعد ٣ ثوان احسب :

أ - سرعتها عند ارتطامها بالأرض مباشرة . ب - ارتفاع البرج عن سطح الأرض علماً بأن د = ٩.٨ م / ث^{٢}

الإجابة [ع = ٢٩.٤ م/ث ، ف = ٤٤.١ م]

نشاط ٣) سيارة كتلتها ٢٥٠٠كجم بدأت حركتها من السكون وبعد (٢) ثانية تغيرت سرعتها فتحركت بعجلة مقدارها(٥)م / ث٢احسب كمية التحرك للسيارة ؟ الإجابة [٢٥ ×١٠^{٣} كجم . م / ث]

حـــــــركـــــــــة المقـــــــذوفـــــــات

المقذوفات : هي أجسام تقذف في الهواء بسرعة معينة وبزاوية (هـ) مع المحور الأفقي تحت تأثير الجاذبية الأرضية .

أمثلة على المقذوفات : ١- رمي حجر في الهواء ٢- انطلاق القذيفة من المدفع ٣- رمي كرة .

معادلات حركة المقذوفات : لدراسة حركة المقذوفات يجب **١-** تحديد الإحداثيتين السيني والصادي . **٢-** تحليل السرعة إلى مركبتين هما :

مركبة السرعة الابتدائية للمقذوف على المحور الأفقي (السيني) ع.س = ع. جتا هـ

مركبة السرعة الابتدائية للمقذوف على المحور الرأسي (الصادي) ع.ص = ع. جاهـ

٣- نطبق معادلات الحركة على المحور السيني والصادي .

مما سبق يتضح لنا أن حركة المقذوفات هي محصلة حركتين مستقلتين هما :

١- حركة في الاتجاه الأفقي (توازي المحور السيني) ومن خصائصها :

أ- أنها تكون بسرعة ثابتة في مقدارها واتجاهها **(علل)** لأن السرعة الأفقية تكون عمودية على قوة جذب الأرض للجسم وبذلك يكون تأثير الجاذبية عليها مساوياً للصفر.

ب - أن العجلة لها تساوي الصفر **(علل)** لعدم وجود قوة مؤثرة على المقذوف في الاتجاه الأفقي إذا أهملنا مقاومة الهواء

جـ - أن الزاوية هـ = صفر عندما يقذف الجسم بهذا الاتجاه .

س: ضع صح أو خطأ :العجلة التي يتحرك بها الجسم المقذوف على المحور الأفقي تزيد من سرعة الجسم . وزاري (٢٠١٠ - ٢٠١١م)

٢- حركة في الاتجاه الرأسي (توازي المحور الصادي) (ع ص) ومن خصائصها :

أ - أنها تكون بسرعة متغيرة المقدار والاتجاه وتنعدم عندما يصل المقذوف إلى أقصى ارتفاع من سطح الأرض .

ب - تكون العجلة التي يتحرك بها المقذوف في هذه الحالة مساوية لعجلة الجاذبية الأرضية (د = ٩.٨ م / ث^{٢})

جـ - أن الزاوية هـ = ٩٠° عند قذف الجسم رأسياً

ملاحظات مهمة :

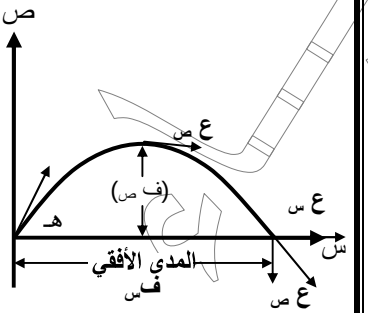
١- سرعة المقذوف عند أي لحظة (ع ح) هي محصلة السرعتين المتعامدتين الأفقية الثابتة (ع س) والرأسية المتغيرة (ع ص)

وتعطى السرعة المحصلة للسرعتين من العلاقة $ع_ح = \sqrt{ع_س^{٢} + ع_ص^{٢}}$

٢- تكون السرعة المحصلة(ع ح) للجسم عند ذروة القذف مساوية للسرعة الأفقية ع س وذلك لأن(ع ص) عند الذروة **تساوي صفر**

معادلات الحركة للمقذوفات على المحورين السيني والصادي - الجدول(١)

المحور السيني (الأفقي)	المحور الصادي (الرأسي)
جـ = صفر	د = ٩.٨ م / ث^{٢}
ع س=ع. جتاهـ	ع ص = ع. جاهـ + د ز
ف س = (ع. جتاهـ) ز	ف ص = (ع. جاهـ) ز + $\frac{١}{٢}$ د ز^{٢}
	ع^{٢} ص = (ع. جاهـ)^{٢} + ٢د ف ص
حيث	حيث
ع. : السرعة الابتدائية	ع. : السرعة الابتدائية
ع س : السرعة الأفقية	ع ص : السرعة العمودية أو الرأسية
ف س: (المدى الأفقي أو المسافة الأفقية)	ف ص : الارتفاع الكلي
زهـ : (زمن الوصول إلى المدى الأفقي)	ز : زمن
هـ : زاوية القذف	هـ : زاوية القذف



ملاحظات هامة ـ الجدول (٢):

م	الرمز	الملاحظة
١	ع ص= صفر	عندما يصل المقذوف لأقصى ارتفاع (عند الذروة)
٢	ف ص= صفر	عندما يصل المقذوف إلى الهدف
٣	هـ = ٩٠°	عندما يقذف الجسم رأسيا (عموديا) إلى أعلى أو إلى أسفل
٤	هـ = صفر	عندما يقذف الجسم أفقياً
٥	هـ = ٤٥°	يصل عندها المقذوف إلى أقصى مدى أفقي ويكون أعلى ارتفاع يصل إليه الجسم = ربع المدى الأفقي . (ف ص=١/٤ ف س)
٦	د = موجبة (+)	عندما يسقط الجسم للأسفل
٧	د = سالبة (-)	عندما يقذف الجسم للأعلى
٨	عند قذف الجسم أفقياً من أعلى مثل إطلاق قذيفة أفقياً من مدفع موضوع على قمة جبل أو إطلاق صاروخ من طائرة على ارتفاع معين من الأرض فإن ١) هـ = صفر ٢) د: (عجلة الجاذبية الأرضية) موجبة ٣) زمن الهدف = زمن الذروة	

مصطلحات هامة متعلقة بحركة المقذوفات

١ـ **زمن الذروة :** هو الزمن الذي يستغرقه الجسم المقذوف لكي يصل إلى أقصى ارتفاع .

٢ـ **زمن الهدف= زمن بقاء الجسم في الهواء = زمن الطيران = زمن الوصول للهدف = زمن التحليق = زمن عودة الجسم للأرض :** هو الزمن الذي يستغرقه المقذوف للوصول إلى الهدف ابتداء من نقطة القذف .

٣ـ **زمن المدى الأفقي :** هو الزمن اللازم لوصول الجسم المقذوف للمدى الأفقي .

٤ـ **ذروة القذف (أعلى ارتفاع):** هو أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم المقذوف.

٥ـ **المدى الأفقي :** هو المسافة الأفقية بين نقطة القذف والهدف

جدول العلاقات الخاصة ، الجدول (٣)

المصطلح	المعادلة التي يحسب منها	شروط يجب توفرها	معادلة الحالة الخاصة	معادلات أخرى يحسب منها
زمن الذروة	ع ص = ع. جاهـ+د زذ	ع ص = صفر د (سالبة)	زذ = $\frac{\text{ع. جاهـ}}{\text{د}}$	زمن الذروة = ٢/١ × زمن الهدف ف ص = (ع. جاهـ)زذ + $\frac{1}{2}$ د زذ^{٢}
زمن الهدف	ف ص = (ع. جاهـ)زهـ + $\frac{١}{٢}$ د زهـ^{٢}	ف ص= صفر د (سالبة)	زهـ = $\frac{\text{٢ع. جاهـ}}{\text{د}}$	زمن الهدف = ٢ × زمن الذروة ف س = (ع. جتاهـ) زهـ
ذروة القذف (أعلى ارتفاع)	ع^{٢} ص = (ع. جاهـ)^{٢} + ٢د ف ص	ع ص = صفر د (سالبة)	ف ص = $\frac{\text{(ع. جاهـ)}^{٢}}{\text{٢ د}}$	ف ص = (ع. جاهـ)زذ + $\frac{1}{2}$ د زذ^{٢}
المدى الأفقي	ف س = (ع. جتاهـ) زهـ	نعوض عن زمن الهدف	ف س = $\frac{\text{ع}^{٢}\text{. جا٢هـ}}{\text{د}}$	ف س= ٤ف ص × ظتاهـ

الجدول(٤)

لحساب	نوجد أولا قيمة كلا من	ثم نستخدم هذه العلاقة
سرعة القذيفة بعد زمن لحظي	ع س=ع. جتاهـ ع ص = ع. جاهـ + د ز	ع ح = $\sqrt{\text{ع}^{٢}\text{س} + \text{ع}^{٢}\text{ص}}$
سرعة القذيفة بعد ارتفاع معين	ع س=ع. جتاهـ ع^{٢}ص = (ع. جاهـ)^{٢} + ٢د ف ص	ع ح = $\sqrt{\text{ع}^{٢}\text{س} + \text{ع}^{٢}\text{ص}}$
السرعة الأفقية للقذيفة	ع س=ع. جتاهـ	
السرعة العمودية للقذيفة	ع ص = ع. جاهـ + د ز أو ع^{٢} ص = (ع. جاهـ)^{٢} + ٢د ف ص	(حسب المعطيات)
ارتفاع القذيفة بعد زمن لحظي	تحسب من العلاقة ف ص = (ع. جاهـ) ز + $\frac{١}{٢}$ د ز^{٢}	
زاوية القذف	تحسب من العلاقة ظاهـ = $\frac{\text{ع ص}}{\text{ع س}}$ أو ظاهـ = $\frac{\text{٤ف ص}}{\text{ف س}}$	

تعليلات على (حركة المقذوفات):

١- **العجلة التي يتحرك بها الجسم المقذوف على المستوى الأفقي = صفر ؟** وزاري(٢٠٠٤ - ٢٠٠٥ م)(٢٠٠٨-٢٠٠٩م)

جـ : لأن السرعة التي يتحرك بها الجسم المقذوف على المستوى الأفقي هي سرعة ثابتة لا تتأثر بعجلة الجاذبية الأرضية مع إهمال مقاومة الهواء فيتحرك بسرعة منتظمة.

٢- **انعدام السرعة النهائية للمقذوف عند ذروة القذف ؟**

جـ : لأن السرعة تتناقص تدريجياً وذلك بسبب الجاذبية الأرضية حتى تصل إلى أقل قيمة لها عند ذروة القذف وكأن الجسم سكن لفترة صغيرة جداً (لحظياً).

٣- **تكون عجلة الجاذبية للمقذوفات الأفقية من أعلى موجبة دائماً ؟**

جـ : لأن حركة الجسم المقذوف من أعلى إلى أسفل تكون باتجاه الجاذبية الأرضية .

٤- **يتحرك الجسم المقذوف إلى أعلى عمودياً بعجلة منتظمة ؟**

جـ : لأن سرعة الجسم تتأثر بعجلة الجاذبية الأرضية فيقطع مسافات متساوية في أزمنة متساوية.

مسـائـل

ملاحظات هامة جداً لحل مسائل حركة المقذوفات

***- سوف نصنف المسائل المتعلقة بحركة المقذوفات إلى خمس تصنيفات (ملاحظات) ، وبعد كل ملاحظة سنذكر أمثلة عليها ، وبهذه الطريقة يستطيع الطالب أن يميز بين المسائل حسب التصنيف (بمجرد قراءتها) ثم ينفذ الخطوات اللازمة لحل المسألة .**

***الملاحظات التي سنذكرها ليست شاملة لكل مسائل المقذوفات ولكن هذا التصنيف يشمل عدداً كبيراً من المسائل التي تتكرر في الامتحانات**

الملاحظة الأولى : **عندما تكون كلاً من (ع. ، هـ) معلومتان في المسألة تكون المسألة سهلة الحل ، ويفضل استخدام العلاقات الخاصة عند حساب (زمن الذروة وَزمن الهدف وَأقصى ارتفاع وَالمدى الأفقي) أما بقية المطاليب فإننا نوجدها من العلاقات في الجدول رقم (٤) ، والأمثلة التالية توضح ذلك :**

مثال١) رشاش أطلق قذيفة بسرعة ٢٠٠ م/ ث فإذا كان الرشاش يميل بزاوية ٣٠° عن الأفق ، احسب ما يلي علماً بأن د = ١٠م/ ث^{٢}

ع. = ٢٠٠ م/ث
هـ = ٣٠°
د = ١٠ م/ ث^{٢}

١- زمن وصول القذيفة إلى الذروة.
٢- زمن وصول القذيفة إلى الهدف .
٣- المدى الأفقي .
٤- أقصى ارتفاع يصل إلى المقذوف .
٥- سرعة القذيفة بعد مرور خمس ثواني من قذفها .
٦ - ارتفاع القذيفة بعد خمس ثواني .

الحـــــل

١) $ز_{ذ} = \frac{ع. جاهـ}{د} = \frac{(٢٠٠ \times جا٣٠°)}{١٠}$ ∴ $ز_{ذ}$ = ١٠ ث

٢) $ز_{م} = ٢ \times ز_{ذ} = ٢ \times ١٠$ ∴ $ز_{م}$ = ٢٠ ث

حل آخر: $ز_{م} = \frac{٢ع. جاهـ}{د}$ ... أكمل الحل

٣) $ف_{س} = \frac{ع^{٢}. جا٢هـ}{د} = \frac{(٢٠٠)^{٢} \times جا٢٣٠° \times ١٠}{١٠} = \frac{٣٤.٦٤ \times ١٠^{٣}}{١٠}$ = ٣٤٦٤ م

ويمكن استخدام العلاقات الرئيسية كما يلي :

حل آخر : $ف_{س} = (ع. جتا هـ) \times ز_{م} = (٢٠٠ \times جتا٣٠°) \times ٢٠ = ٢٠٠ \times \frac{\sqrt{٣}}{٢} \times ٢٠$ ∴ $ف_{س} = ٢٠٠٠\sqrt{٣}$ م = ٣٤٦٤ م

٤) $ف_{ص} = \frac{(ع. جاهـ)^{٢}}{٢د} = \frac{(٢٠٠ \times جا٣٠°)^{٢}}{٢ \times ١٠}$ = ٥٠٠ م

ويمكن حلها بالعلاقات الرئيسية كما يلي :

حل آخر : $ف_{ص} = (ع. جا هـ) \times ز + \frac{١}{٢} د ز^{٢}$ ⇐ $ف_{ص} = ٢٠٠ \times \frac{١}{٢} \times ١٠ - \frac{١}{٢} \times ١٠ \times ١٠٠ = ١٠٠٠ - ٥٠٠$ ∴ $ف_{ص}$ = ٥٠٠ م

٥) نوجد أولاً $ع_{س}$ وَ $ع_{ص}$ ثم نوجد السرعة المحصلة $ع_{ح}$ بدلالتهما :

$ع_{س} = ع. جتا هـ = ٢٠٠ \times \frac{\sqrt{٣}}{٢}$ ∴ $ع_{س} = ١٠٠\sqrt{٣}$ م/ث .....(١)

$ع_{ص} = ع. جا هـ + د ز = ٢٠٠ \times \frac{١}{٢} - ١٠ \times ٥$ ⇐ $ع_{ص} = ١٠٠ - ٥٠$ ∴ $ع_{ص}$ = ٥٠ م/ث .....(٢)

∵ $ع_{ح} = \sqrt{ع_{س}^{٢} + ع_{ص}^{٢}}$ ∴ $ع_{ح} = \sqrt{(١٠٠\sqrt{٣})^{٢} + (٥٠)^{٢}} = \sqrt{٣٠٠٠٠ + ٢٥٠٠} = \sqrt{٣٢٥٠٠}$ ∴ $ع_{ح}$ = ١٨٠.٢٧ م/ث

٦) $ف_{ص} = (ع. جا هـ) \times ز + \frac{١}{٢} د ز^{٢}$ ، ز = ٥ ث

$ف_{ص} = ٢٠٠ \times \frac{١}{٢} \times ٥ - \frac{١}{٢} \times ١٠ \times ٢٥ = ٥٠٠ - ١٢٥$ ∴ $ف_{ص}$ = ٣٧٥ م

مثال٢) أطلق مدفع قذيفة بسرعة ابتدائية مقدارها ٢٠٠ √٢ م/ث باتجاه يصنع زاوية مقدارها ٤٥° مع الاتجاه الأفقي بإهمال مقاومة الهواء واعتبار عجلة الجاذبية الأرضية ١٠ م/ث² ، أوجد

١- ذروة القذف . ٢- المدى الأفقي. ٣- سرعة القذيفة بعد مرور ٣٥ ث من لحظة القذف ٤- ارتفاع القذيفة بعد مرور ٣٥ ث من لحظة القذف

ع. = ٢٠٠ √٢ م/ث
هـ = ٤٥°
د = ١٠ م/ث²

- الحل - **(س ٧ في تقويم الوحدة)**

١) $ف_{ص} = \frac{(ع.\ جاهـ)^2}{2د} = \frac{(200\sqrt{2} \times جا45°)^2}{2 \times 10} = \frac{40000}{20}$ ⇐ **ف ص = ٢٠٠٠ م**

حل آخر: $ف_{ص} = (ع.\ جا\ هـ) \times ز + \frac{1}{2} د\ ز^2$ = ... اكمل الحل

٢) $ف_{س} = \frac{ع^2.\ جا2هـ}{د} = \frac{(200\sqrt{2})^2 \times جا(2 \times 45)}{10} = \frac{80000}{10} = 8000$ م

حل أخر: ف س = (ع. جتا هـ) × زمـ = ... اكمل الحل

٣) لإيجاد سرعة القذيفة بعد مرور ٣٥ث من لحظة القذف نوجد أولاً ع س و ع ص ثم نوجد السرعة المحصلة ع ح :

إيجاد قيمة ع س = ع. جتا هـ = $200\sqrt{2} \times \frac{1}{\sqrt{2}}$ م/ث ∴ **ع س = ٢٠٠ م/ث**

إيجاد قيمة ع ص = (ع. جا هـ) + د ز ⇦ ع ص = $(200\sqrt{2} \times \frac{1}{\sqrt{2}}) - 10 \times 35 = 200 - 350$ ∴ **ع ص = - ١٥٠ م/ث**

ع ح = $\sqrt{ع^2 س + ع^2 ص}$ ⇦ ع ح = $\sqrt{200^2 + (-150)^2} = \sqrt{40000 + 22500} = \sqrt{62500}$ ∴ **ع ح = ٢٥٠ م/ث**

٤) $ف_{ص} = (ع.\ جا\ هـ) \times ز + \frac{1}{2} د\ ز^2$

ف ص = $(200\sqrt{2} \times \frac{1}{\sqrt{2}}) \times 35 - \frac{1}{2} \times 10 \times 1225 = 7000 - 6125$ ∴ **ف ص = ٨٧٥ م**

مثال٣) قذف جسم بسرعة ابتدائية ١٢ م/ث في اتجاه يصنع زاوية ٣٠° مع المستوى الأفقي ، أحسب ما يأتي باعتبار د = ١٠ م/ث²

١- أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم المقذوف .
٢- الزمن المستغرق لوصول المقذوف إلى أقصى ارتفاع .
٣- المسافة الأفقية التي يقطعها الجسم المقذوف إلى الهدف (المدى الأفقي).
٤- السرعة المحصلة للمقذوف بعد ثانية من قذفه(سرعة الجسم بعد قذفه بثانية واحدة).

ع. = ١٢ م/ث
هـ = ٣٠°
د = ١٠ م/ث²

- الحـــل -

نوجد أولاً زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع

١) $ف_{ص} = \frac{(ع.\ جاهـ)^2}{2د} = \frac{(12 \times جا30)^2}{2 \times 10} = \frac{(12 \times \frac{1}{2})^2}{2 \times 10}$ ⇐ **ف ص = ١.٨ م**

٢) $ز_{ز} = \frac{ع.\ جاهـ}{د} = \frac{12 \times \frac{1}{2}}{10}$ ⇐ **زز = ٠.٦ ث**

٣) $ف_{س} = \frac{ع^2.\ جا2هـ}{د} = \frac{(12)^2 \times جا(2 \times 30)}{10} = \frac{124.71}{10}$ ⇐ **ف س = ١٢.٥ م**

٤) لإيجاد السرعة المحصلة نوجد أولاً ع س وَ ع ص ومنهما نوجد السرعة المحصلة ع ح كما يلي

ع ص = (ع. جا هـ) + د ز ⇦ ع ص = $(12 \times \frac{1}{2}) - 10 \times 1$ ⇦ ع ص = ٦ - ١٠ ∴ **ع ص = - ٤ م/ث** .....(١)

ع س = ع. جتا هـ ⇦ ع س = $12 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$ ⇦ ع س = $6\sqrt{3}$ ∴ **ع س = ١٠.٤ م/ث** .....(٢)

∵ ع ح = $\sqrt{ع^2 س + ع^2 ص}$ ∴ ع ح = $\sqrt{(10.4)^2 + (-4)^2}$ ⇦ ع ح = $\sqrt{108.16 + 16}$

∴ ع ح = $\sqrt{124.16}$ ∴ **ع ح = ١١.١٤ م/ث**

نشاط١) أطلقت قذيفة من مدفع بسرعة ابتدائية مقدارها ٤٠ √٢ م/ث . باتجاه يصنع زاوية مقدارها ٤٥° مع المستوى الأفقي . بإهمال مقاومة الهواء . احسب كلاً مما يلي : ١- أقصى ارتفاع تصل إليه القذيفة ٢- المدى الأفقي . وزاري (٢٠١٣/٢٠١٤م)

الجواب [ف$_{ص}$ = ٨٠ م ، ف$_{س}$= ٣٢٠ م]

الملاحظة الثانية : عندما تكون (ع. أو هـ) معلوم في المسألة والآخر مجهول فإننا من خلال قراءتنا للمسألة سنجد في معطياتها معلوم آخر مثل (زذ ، زهـ ، ف ص ، ف س ، ع ح ، طح ، كت) وبدلالة هذا المعلوم نستطيع إيجاد قيمة المجهول (ع. أو هـ) وبعد الحصول على قيمة المجهول (ع. أو هـ) نوجد بقية المطاليب بسهولة. والأمثلة التالية توضح ذلك :

مثال٤) قذفت قذيفة من مدفع يميل بزاوية ٣٠° مع الأفق فإذا كان أقصى ارتفاع تصل إليه القذيفة ٢٥٠م ، فأحسب كل مما يأتي :
١- زمن وصول القذيفة إلى الهدف . ٢) بعد الهدف علماً بأن د = ١٠ م/ث^{٢}

- الحـــل - وزاري (٢٠٠٦ - ٢٠٠٧م)

المعطيات هـ = ٣٠° ، ف ص = ٢٥٠ م ، د = ١٠ م/ث^{٢} ، ع ص= صفر

١) نوجد زمن الهدف من العلاقة : $زهـ = \frac{٢ع.جاهـ}{د}$ .....(١) ولكن علينا أولاً إيجاد قيمة ع. بدلالة أقصى ارتفاع

∵ $ف_{ص} = \frac{(ع.جاهـ)^{٢}}{٢د}$ ⇐ $٢٥٠ = \frac{(ع.\times جا٣٠°)^{٢}}{٢ \times ١٠}$ بضرب طرفين × وسطين ع.^{٢} × ٠.٢٥ = ٥٠٠٠ ⇐ **ع. = ١٤١.٤٢ م/ث**

بعد أن حصلنا على قيمة المجهول ع. بدلالة ف ص ، نعوض عنها في (١) لإيجاد قيمة زهـ

$زهـ = \frac{٢ع.جاهـ}{د} = \frac{٢ \times ١٤١.٤٢ \times جا٣٠}{١٠} = \frac{١٤١.٤٢}{١٠} = ١٤.١٤٢$ ث

٢) بعد الهدف (المدى الأفقي) : $ف_{س} = \frac{ع^{٢}.جا٢هـ}{د} = \frac{(١٤١.٤٢)^{٢} \times جا(٢ \times ٣٠°)}{١٠} = \frac{١٩.٩٩ \times ١٠^{٣} \times ٠.٨٧}{١٠}$ ⇐ **ف$_{س}$ = ١٧٣٢م**

حل آخر : يمكن حساب بعد الهدف من العلاقة : ف س = ع. جتا هـ × زهـ ..... اكمل الحل

مثال٥) أطلقت دبابة قذيفة في اتجاه يصنع زاوية ٤٥° مع الأفق فإذا وصلت القذيفة إلى الذروة في زمن قدره (١٠) ث فكم يكون
١- مداها الأفقي . ٢- أقصى ارتفاع تصل إليه القذيفة . وزاري(٢٠٠٤/٢٠٠٥م)

- الحـــل -

المعطيات هـ = ٤٥° ، زذ = ١٠ ث ، زهـ = ٢٠ ث ، د = ١٠ م/ث^{٢} ، ع ص = صفر

١) نوجد المدى الأفقي من العلاقة : $ف_{س} = \frac{ع^{٢}.جا٢هـ}{د}$ .....(١) ولكن علينا أولاً إيجاد قيمة ع. بدلالة زمن الذروة (زذ)

$زذ = \frac{ع.جاهـ}{د}$ ⇐ ١٠ = $\frac{ع.\times جا٤٥}{١٠}$ نظرب طرفين × وسطين ع. × $\frac{١}{\sqrt{٢}}$ = ١٠٠ ⇐ **ع. = ١٤١.٤٢ ث** نعوض في (١)

$ف_{س} = \frac{ع^{٢}.جا٢هـ}{د} = \frac{(١٤١.٤٢)^{٢} \times جا(٢ \times ٤٥°)}{١٠} = \frac{١٩.٩٩ \times ١٠^{٣} \times ١}{١٠}$ ⇐ **ف$_{س}$ ≈ ٢٠٠٠م**

٢) أقصى ارتفاع تصل إليه القذيفة :

$ف_{ص} = \frac{(ع.جاهـ)^{٢}}{٢د} = \frac{(١٤١.٤٢ \times جا٤٥°)^{٢}}{٢ \times ١٠} = \frac{١٩.٩٩ \times ١٠^{٣} \times ٠.٥}{٢٠}$ ⇐ **ف$_{ص}$ ≈ ٥٠٠ م**

ملاحظة : يمكن إيجاد قيمة المطلوبين في هذا المثال بإستخدام العلاقات الأساسية كما هو موضح في الأمثلة السابقة تحت مسمى (حل آخر) .

يوجد في موقع الفريد في الفيزياء - ضمن القائمة الرئيسية للموقع - قسم خاص بدروس وملازم وفيديوهات خاصة بالصف الثالث الثانوي

مثال٦) قذف جسم كتلته (٠.٥) كجم ، بسرعة ابتدائية (٤٠) م/ث . فإذا كانت المحصلة الكلية لسرعته عند ذروة القذف (٢٠) م/ ث . وعجلة الجاذبية الأرضية (١٠) م/ث^{٢} ، ومقاومة الهواء مهملة فأحسب الآتي :

١ـ طاقته الحركية عند ذروة القذف ٢ـ ذروة قذفه . وزاري (٢٠١٠ ـ ٢٠١١م) (٢٠١٢ ـ ٢٠١٣م)

الحل

المعطيات : ك = ٠.٥ كجم ، ع. = ٤٠ م/ ث ، ع$_{ح}$ = ٢٠م/ ث ، د = ١٠م/ ث

١) نوجد طاقة الحركة عند ذروة القذف من العلاقة : طح = $\frac{١}{٢}$ ك ع.^{٢} ⇐ طح = $\frac{١}{٢}$ × ٠.٥ × ٢٠^{٢} ⇐ طح = ١٠٠ جول

٢) لإيجاد ذروة القذف للجسم علينا أولاً إيجاد قيمة الزاوية (هـ) بدلالة السرعة المحصلة عند الذروة :

عند الذروة تكون قيمة ع$_{ح}$ = $\sqrt{ع^{٢}_{س} + ع^{٢}_{ص}}$ = $\sqrt{ع^{٢}_{س} + صفر}$ ⇐ ع$_{ح}$ = ع$_{س}$ = ٢٠ م/ ث

∵ ع$_{س}$ = ع. جتاهـ ⇐ ٢٠ = ٤٠ × جتاهـ ⇐ جتاهـ = $\frac{١}{٢}$ ⇐ هـ = ٦٠° بعد أن حصلنا على قيمة الزاوية هـ نوجد قيمة ف$_{ص}$

ف$_{ص}$ = $\frac{(ع. جاهـ)^{٢}}{٢ د}$ = $\frac{(٤٠ \times جا٦٠°)^{٢}}{٢ \times ١٠}$ = $\frac{(٤٠ \times \frac{\sqrt{٣}}{٢})^{٢}}{٢٠}$ ⇐ ف$_{ص}$ = ٦٠ م

نشاط١) أطلق مقذوف بزاوية (٣٠°) مع الأفق على هدف أفقي وبكمية تحرك ٢٠٠٠ نيوتن.ث فإذا كانت كتلة المقذوف ٥ كجم ، أوجد كلاً مما يلي ، علماً بأن د = ١٠م/ث^{٢} ١ـ السرعة التي أطلق بها المقذوف . ٢ ـ المسافة الأفقية التي قطعها .

وزاري (٢٠١٣/٢٠١٤م) الجواب [ع. = ٤٠٠م/ث ، ف$_{س}$= ٨٠٠٠ $\sqrt{٣}$م]

نشاط ٢) أطلقت دبابة قذيفة في اتجاه يصنع زاوية ٦٠° مع الأفق فإذا وصلت القذيفة إلى ذروة قذفها في زمن ١٠ $\sqrt{٣}$ ثانية، فكم يكون :

١ـ مداها الأفقي . ٢ـ أقصى ارتفاع تصل إليه القذيفة . وزاري (٢٠٠٤/٢٠٠٥) (مسألة مشابهه في ٢٠١٢ م)

الجواب [ف$_{س}$= ٢٠٠٠ $\sqrt{٣}$ =٣.٥×١٠^{٣} م ، ف$_{ص}$= ١٥٠٠ م]

الملاحظة الثالثة: عندما تكون كلاً من (ع. ، هـ) مجهولتين وكان لدينا معلومين آخرين في المسألة مثل (زذ ، زهـ ، ف ص ، ع$_{س}$ ، ف س ، ع$_{ح}$ ، طح ، كت) فإننا بدلالة المعلومين سوف نحصل على معادلتين ، إحداهما تحتوي على (ع. جتاهـ) والأخرى تحتوي على (ع. جاهـ) ، نقسم معادلة جاهـ على معادلة جتاهـ فنحصل على قيمة الزاوية (هـ) وبدلالتها نوجد قيمة (ع.) والأمثلة التالية توضح ذلك:

مثال ٧) مقذوف ذروة قذفه ٤٠ م ومداه الأفقي ١٦٠ $\sqrt{٣}$ م ، أحسب ١ ـ الزاوية التي قذف بها . ٢ـ سرعته الابتدائية .

ف ص = ٤٠ م
ف س = ١٦٠ $\sqrt{٣}$ م
د = ١٠ م/ث^{٢}

الحـــل (س ٨ في تقويم الوحدة)

لدينا في المسألة معلومين هما ذروة القذف (ف$_{ص}$) والمدى الأفقي (ف$_{س}$) بدلالتهما نحصل على قيم (ع. ، هـ)

أولاً : بدلالة أقصى ارتفاع نجد أن :

ف$_{ص}$ = $\frac{(ع. جاهـ)^{٢}}{٢ د}$ ⇐ ٤٠ = $\frac{(ع. \times جاهـ)^{٢}}{٢ \times ١٠}$ نضرب طرفين × وسطين ⇐ ٨٠٠ = ع.^{٢} × جا^{٢}هـ .....(١)

ملاحظة هامة / يمكن إيجاد قيمة الزاوية مباشرةً من العلاقة : ظاهـ = ٤ف$_{ص}$ / ف$_{س}$

ثانياً : بدلالة المدى الأفقي نجد أن :

ف$_{س}$ = $\frac{ع^{٢}. جا٢هـ}{د}$ ⇐ ١٦٠ $\sqrt{٣}$ = $\frac{ع^{٢}. جا٢هـ}{١٠}$ نضرب طرفين × وسطين ⇐ ع^{٢}. جا٢هـ = ١٦٠٠ $\sqrt{٣}$

∵ جا٢هـ = ٢جاهـ جتاهـ ∴ ١٦٠٠ $\sqrt{٣}$ = ع^{٢}. ٢جاهـ جتاهـ ⇐ ٨٠٠ $\sqrt{٣}$ =ع.^{٢}جاهـ جتاهـ .....(٢)

نقسم المعادلة (١) على (٢)

$\frac{٨٠٠}{٨٠٠ \sqrt{٣}}$ = $\frac{ع^{٢}. جا^{٢}هـ}{ع.^{٢} جاهـ جتاهـ}$ نختصر ⇐ $\frac{١}{\sqrt{٣}}$ = ظاهـ ⇐ هـ = ظا$^{-١}$ $\frac{١}{\sqrt{٣}}$ ⇐ هـ = ٣٠°

٢) نوجد قيمة السرعة الابتدائية بالتعويض عن قيمة هـ في العلاقة (١) أو (٢)

٨٠٠ = ع.^{٢} جا^{٢}هـ ⇐ ٨٠٠ = ع.^{٢} جا^{٢}٣٠° ⇐ ٨٠٠ = ع.^{٢} ×($\frac{١}{٢}$)^{٢} ⇐ ٨٠٠ = ع.^{٢} × $\frac{١}{٤}$ بضرب الطرفين في٤

∴ ع.^{٢} = ٣٢٠٠ بأخذ الجذر التربيعي للطرفين ⇐ ع. = ٥٦.٥٦ م/ث

يمكن حل هذا المثال باستخدام العلاقات الرئيسية ولكن الإجابة سوف تكون طويلة .

مثال ٨) أطلقت دبابة تميل مع الأفق بزاوية (هـ) قذيفة فإذا كان المدى الأفقي ٨ كم ووصلت إليه القذيفة بعد مرور ٢٠ ثانية ، أحسب
١- زاوية الهدف ٢- السرعة الابتدائية للهدف.

ع ص = صفر
ف س = ٨ كم = ٨ × ١٠^٣ م
زهـ = ٢٠ ث
زز = ١٠ ث
د = ١٠ م/ث^٢

الحـــــل

١- ∵ ع ص = (ع. جا هـ) + د زز
صفر = (ع. جا هـ) ـ ١٠ × ١٠ ∴ ع. جا هـ = ١٠٠ ..... (١)
∵ ف س = (ع. جتا هـ) × زهـ ∴ ٨٠٠٠ = ع. جتا هـ × ٢٠
∴ ع. جتا هـ = ٨٠٠٠ م / ٢٠ ث ⇦ ع. جتا هـ = ٤٠٠ ..... (٢)

بقسمة (١) على (٢) لنحصل على قيمة الزاوية (هـ)

ع.جاهـ / ع.جتا هـ = ١٠٠ / ٤٠٠ ⇦ ظا هـ = ١/٤ ⇦ ظا هـ = ٠.٢٥ ⇦ هـ = ظا^-١ (٠.٢٥) ∴ هـ = ١٤°

٢- السرعة الابتدائية : لحساب السرعة الإبتدائية نعوض في العلاقة (١) أو (٢) عن قيمة (هـ)

نعوض في العلاقة (١) ع. جا (١٤°) = ١٠٠

٠.٢٤١٩٢ ع. = ١٠٠ ⇦ ع. = ١٠٠ / ٠.٢٤١٩٢ ∴ ع. = ٤١٣ م/ث

حل آخر يمكن استخدام العلاقتين التاليتين لحل المسألة زز = ع. جاهـ / د ، ف س = ع^٢. جا٢هـ / د علماً بأن جا٢هـ = ٢ جاهـ جتاهـ

نشاط) قذف حجر بزاوية (هـ) مع الأفق ، فإذا كانت ذروة قذفه ٢٥ م وأقصى مدى أفقي لها ١٠٠ م بإهمال مقاومة الهواء واعتبار عجلة الجاذبية الأرضية = ١٠ م/ث^٢ أوجد ١- زاوية القذف ٢- السرعة الابتدائية . وزاري (٢٠٠٧/ ٢٠٠٨ م)

الإجابة [(هـ = ٤٥°) ، (ع. = ١٠√١٠ = ٣١.٦٢ م/ث)]

الملاحظة الرابعة: عندما تكون كلاً من (ع. ، هـ) مجهولتين وكان لدينا معلوم واحد في المسألة مثل (زز ، زهـ ، ف ص ، ع س ، ف س ، ع ح) فإننا بدلالته سوف نحصل على معادلة ، إما أن تحتوي على (ع. جاهـ) أو (ع. جتاهـ) ، فنعوض مباشرة عن قيمة المجهولين معاً في معادلة المطلوب والأمثلة التالية توضح ذلك:

مثال٩) أطلق مدفع يميل مع الأفق بزاوية (هـ) قذيفة فوصلت إلى الهدف بعد مرور ٢٠ ثانية ، أحسب أعلى ارتفاع تصل إليه القذيفة .

الحـــــل

المعطيات زهـ = ٢٠ ث ، د = ١٠ م/ث^٢ ، ع ص = صفر

في هذا المثال المعلوم الوحيد هو زمن الهدف من خلاله نجد أن :

زهـ = ٢ع. جاهـ / د ⇦ ٢٠ = ٢ع. جاهـ / ١٠ بضرب طرفين × وسطين نجد أن : ٢ع. جاهـ = ٢٠٠ ⇦ ع. جاهـ = ١٠٠ .....(١)

لم يطلب منا قيم (ع. ، هـ) و سوف نعوض من العلاقة (١) مباشرةً في العلاقة التالية للحصول على المطلوب (ف ص) كما يلي :

ف ص = (ع. جاهـ)^٢ / ٢ د = (١٠٠)^٢ / ١٠ × ٢ = ١٠٠٠٠ / ٢٠ ⇦ ف ص = ٥٠٠ م

مثال١٠) رمى شخص رمحاً في اتجاه يصنع زاوية (هـ) ، فعاد الرمح إلى الأرض بعد ٥ ثواني من بداية رميه ، فإذا كانت ذروة قذفه تساوي ربع مداه الأفقي ، علماً بأن عجلة الجاذبية = ١٠ م/ث^٢ ، أحسب. وزاري(٢٠٠٧/٢٠٠٨م)
١- مداه الأفقي . ٢- زاوية القذف (اعتبر أن مقاومة الهواء مهملة).

الحـــــل

المعطيات: ع ص = صفر ، زهـ = ٥ث ، زز = ٢.٥ ث ، د = ـ ١٠ م/ث^٢ ، ف ص = ١/٤ ف س ⇦ ف س = ٤ ف ص

١) عندما نمعن النظر في المسألة سنجد أن قيمة ف ص = ١/٤ ف س ولن نستطيع إيجاد قيمة المطلوب (ف س) إلا عن طريق إيجاد قيمة (ف ص)

ع ص = (ع. جا هـ) + د ز ⇦ صفر = (ع. جا هـ) ـ ١٠ × ٢.٥ ⇦ ع. جا هـ = ٢٥ ..... (١)

لإيجاد المدى الأفقي لا بد أن نوجد أقصى ارتفاع من المعادلة التالية مع التعويض عن ع. جا هـ من (١)

ف ص = (ع. جا هـ) × ز + ١/٢ د ز^٢ ⇦ ف ص = ٢٥ × ٢.٥ ـ ١/٢ × ١٠ × (٢.٥)^٢ ⇦ ف ص = ٦٢.٥ ـ ٣١.٢٥ ∴ ف ص = ٣١.٢٥ م

∵ ف ص = ١/٤ ف س ⇐ ف س = ٤ ف ص ⇦ ف س = ٤ × ٣١.٢٥ ∴ ف س = ١٢٥ م

٢) لإيجاد الزاوية نعوض في العلاقة التالية :

ف س = ع. جتا هـ × زهـ ⇦ ١٢٥م = ع. جتا هـ × ٥ ⇦ ع. جتا هـ = $\frac{١٢٥}{٥}$ ⇦ ع. جتا هـ = ٢٥ م/ث..... (٢)

بقسمة (١) على (٢)

$\frac{ع٠جاهـ}{ع٠جتا هـ} = \frac{٢٥}{٢٥}$ ⇦ ظا هـ = ١ هـ = ظا$^{-١}$ (١) ∴ **هـ = ٤٥°**

ملاحظة : يمكن استخدام العلاقات الخاصة لحل هذا المثال .

نشاط) قذف جسم بزاوية هـ مع الأفق ، فإذا كان أقصى ارتفاع وصل إليه الجسم هو ٢٠ متر ، بإهمال مقاومة الهواء واعتبار عجلة الجاذبية الأرضية ١٠ م/ ث^{٢} أوجد زمن وصول الجسم إلى الذروة . الإجابة [(زذ=٢ث)]

الملاحظة الخامسة : عندما تطلق القذيفة بشكل أفقي من قمة جبل أو من طائرة فإننا نستخدم العلاقات الرئيسية فقط (ولا نستخدم العلاقات الخاصة لأنها تعطي النتيجة بصفر) ونأخذ في الاعتبار أن كلاً من (هـ = صفر ، زمن الذروة = زمن الهدف ، د : تكون بقيمة موجبة)

مثال١١) مدفع على قمة جبل أطلق قذيفة على مستوى أفقي بسرعة ٥٠٠ م/ث فإذا وصلت القذيفة على بعد ٢كم من قاعدة الجبل ، أحسب

١- زمن وصول القذيفة إلى الهدف . ٢ ـ ارتفاع الجبل . ٣ ـ السرعة العمودية للقذيفة .

ـ الحـــــل ـ

ع. = ٥٠٠ م/ث
ف س = ٢كم = ٢٠٠٠ م
زهـ = زذ
د = ١٠ م/ث^{٢}
هـ = صفر

١) ف س = (ع. جتا هـ) × زهـ جتا (صفر) = ١

٢٠٠٠ = ٥٠٠ × ١ × زهـ ∴ زهـ = $\frac{٢٠٠٠}{٥٠٠}$ ∴ **زهـ = ٤ ث**

٢) ف ص = (ع. جا هـ) × ز + $\frac{١}{٢}$ د ز^{٢} ، جا (صفر) = صفر ، زذ = زهـ = ٤ ث

ف ص = ٥٠٠ × صفر × ٤ + $\frac{١}{٢}$ × ١٠ × ١٦ ث = صفر + ٨٠ م ∴ **ف ص = ٨٠ م**

٣) ع ص = (ع. جا هـ) + د ز جا صفر = صفر

ع ص = ٥٠٠ × صفر + ١٠×٤ ∴ **ع ص = ٤٠ م/ث**

ملاحظة هامة / قد يذكر في المسألة الكتلة ويكون الهدف من ذلك هو إيجاد مطلوب متعلق بدرس الدفع أو كمية التحرك أو طاقة الحركة .

مثال١٢) انطلق صاروخ كتلته ٥٠ كجم أفقياً من طائرة هيلوكبتر بسرعة ٢٠٠م/ث نحو هدف يبعد عن المسقط الرأسي للطائرة مسافة ٢ كم علماً بأن د = ١٠ م/ث^{٢} ، أحسب ما يلي :- ١ـ زمن الوصول إلى الهدف . ٢ـ ارتفاع الطائرة لحظة إطلاق الصاروخ منها. ٣ـ طاقة حركة الصاروخ أثناء انطلاقه مباشرة وزاري(٢٠٠٢ /٢٠٠٣م)

الحـــــل

ك = ٥٠ كجم ، ع. = ٢٠٠ م/ث ، ف س = ٢كم = ٢×١٠٠٠م = ٢٠٠٠م ، د = ١٠ م/ث^{٢} ، هـ = صفر ، جتا صفر = ١

١) ف س = ع. جتاهـ × زهـ ⇦ ٢٠٠٠ = ٢٠٠ × ١ × زهـ ⇦ زهـ = $\frac{٢٠٠٠}{٢٠٠}$ ∴ **زهـ = ١٠ ث**

٢) ف ص = (ع. جاهـ) × زذ + $\frac{١}{٢}$ د زذ^{٢} ، جا (صفر) = صفر ، زذ = زهـ = ١٠ث

ف ص = ٢٠٠ × صفر × ١٠ + $\frac{١}{٢}$ × ١٠ × ١٠٠ ⇦ ف ص = صفر + ٥٠٠ ∴ **ف ص = ٥٠٠ م**

٣) طح = $\frac{١}{٢}$ ك ع.^{٢} ⇦ طح = $\frac{١}{٢}$ × ٥٠ × ٤٠٠٠٠ جول ∴ **طح = ١ × ١٠^{٦} جول**

مثال ١٣) مدفع كتلته ١٠٠٠ كجم أطلق قذيفة كتلتها ٥٠ كجم بسرعة ٥٠٠ م/ث على هدف محدد فإذا كان المدفع يصنع زاوية مع سطح الأرض مقدارها ٣٠° ، أحسب. وزاري(٩٥ /٩٦ م)

١ـ الزمن الذي تستغرقه القذيفة للوصول إلى أقصى ارتفاع. ٢ـ الزمن الذي تستغرقه القذيفة للوصول إلى الهدف .

٣ـ المسافة التي تصل إليها القذيفة لأقصى ارتفاع. ٤ـ السرعة التي يرتد بها المدفع بعد القذف . ٥ـ طاقة حركة ارتداد المدفع.

الحـــــل

ك المدفع = ١٠٠٠ كجم ، ك القذيفة = ٥٠ كجم ، ع =٥٠٠ م/ث ، هـ = ٣٠° ع ص = صفر

١) ع ص = (ع. جا هـ) + د زذ ⇦ صفر = (٥٠٠ م/ث × $\frac{١}{٢}$) ـ ١٠ زذ ⇦ ١٠ زذ = ٢٥٠ م/ث بالقسمة على ١٠ ∴ **زذ = ٢٥ ث**

٢) زمن الوصول إلى الهدف: زهـ = ٢ زذ ∴ **زهـ =٥٠ ث**

٣) ف ص = (ع. جا هـ) × زذ + $\frac{١}{٢}$ د زذ^{٢} ⇦ ف ص = (٥٠٠ × $\frac{١}{٢}$) × ٢٥ ث ـ $\frac{١}{٢}$ × ١٠ × ٦٢٥

ف ص = ٦٢٥٠ م ـ ٣١٢٥ م ⇦ ∴ **ف ص = ٣١٢٥ م**

٤) كت المدفع = ـ كت القذيفة ⇦ ك١ ع١ = ـ ك٢ ع٢ ⇦ ١٠٠٠ × ع١ = ـ ٥٠ × ٥٠٠

ع١ = ـ ٢٥٠٠٠ كجم . م/ث / ١٠٠٠ كجم ∴ ع١ = ٢٥ م/ث

٥) طح = ½ ك ع٢ ⇦ طح = ٠.٥ × ١٠٠٠ × ٦٢٥ ∴ طح = ٣١٢٥٠٠ جول

نشاط) طائرة هيلوكبتر محلقة على ارتفاع معين أطلقت صاروخ بشكل أفقي وبسرعة مقدارها ٤٠٠ م/ث فإذا كانت المسافة بين المسقط العمودي للطائرة والهدف ٢٠٠٠م ، أحسب أ) زمن وصول الصاروخ إلى الهدف ب) ارتفاع الطائرة لحظة إطلاق الصاروخ .

الإجابة [(زهـ = ٥ ث) ، (ف ص = ١٢٥ م)]

إجابة أسئلة تقويم الوحدة

السؤال الأول في تقويم الوحدة :-

ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (X) أمام العبارة الخطأ فيما يأتي :-

١- تظل الطاقة الحركية لأي تصادم ثابت (X)
التصحيح تظل الطاقة الحركية ثابتة في التصادم المرن فقط .

٢- تعمل الصواريخ ذاتية الدفع وفق مبدأ حفظ كمية التحرك (√).

٣- تعمل البالونة المنفوخة والمتروكة حرة ومفتوحة بمبدأ الفعل ورد الفعل (√)

٤- مبدأ الفعل ورد الفعل لا ينطبق خارج الغلاف الجوي للأرض (X)
التصحيح مبدأ الفعل ورد الفعل ينطبق خارج الغلاف الجوي للأرض داخل الصاروخ النفاث حيث لا يؤثر على الصاروخ أي قوة خارجية فيعمل الصاروخ بطريقة أفضل على مبدأ (الفعل ورد الفعل).

٥- ٨ كم /ث هي سرعة إفلات الأجسام من الجاذبية الأرضية . (X)
التصحيح ١١.٢ كم /ث هي سرعة إفلات الأجسام من الجاذبية الأرضية.

٦- في حالة إفلات الجسم من الجاذبية الأرضية فإن طاقته الحركية تقل عن طاقة الوضع. (X)
التصحيح في حالة إفلات الجسم من الجاذبية الأرضية فإن طاقته الحركية تساوي طاقة الوضع.

٧- تزداد السرعة المدارية للقمر الصناعي في حالة قربه من الأرض . (√)

٨- يسير القمر الصناعي موازياً لجاذبية الأرض . (X)
التصحيح : يسير القمر الصناعي عمـــــوديا على جاذبية الأرض .

٩- تعتمد السرعة المدارية للقمر الصناعي على نصف قطر مداره. (√)

١٠- كمية التحرك الزاوي كمية متجهة (√)

١١- السرعة الزاوية لجسم = كمية التحرك الزاوي / عزم القصور الذاتي الدوراني (√)

١٢- تظل كمية التحرك الزاوي لجسم ثابتة ما لم تؤثر عليها عزوم دوران خارجية . (√)

بقية أسئلة تقويم الوحدة تم الإجابة عنها مع الدروس

أسئلة وزارية على الوحدة الأولى لأكثر من ٤٠ نموذج وزارى،مع عدم تكرار الأسئلة المتشابهة والمذكورة مع الدروس

***أسئلة وزارية خاصة بدروس (كمية التحرك الخطي ، التصادم في بعد ، التصادم في بعدين)**

س١) ضع علامة صح أمام العبارة الصحيحة وعلامة خطأ أمام العبارة الخطاطئة ، لكل مما يأتي :

١) كمية التحرك الخطي لجسم تتناسب طرديا مع كتلته وسرعته الخطية .

٢) تتغير كمية التحرك الخطي للجسم وفقاً لتغير كتلته . ( ) هذه الفقرة مع تصحيح الخطأ إن وجد

٣) في التصادم المرن الفرق بين مجموع طاقة الحركة قبل وبعد التصادم يساوي واحد صحيح . ( )

٤) يكون مجموع طاقات الحركة للجسام المتصادمة بعد التصادم أكبر من مجموعها قبل التصادم في التصادم غير المرن ( ).

٥) إذا تصادما جسمان كانا يتحركان في الاتجاه نفسه وسكن أحدهما بعد التصادم ، فإن هذا التصادم يعتبر تصادماً مرناً ( ).

٦) يعد التصادم بين جزيئات الأكسجين تصادماً مرناً ( )

٧) في التصادم غير المرن تكون كمية التحرك الكلية للأجسام المتصادمة بعد التصادم أقل من كمية التحرك الكلية لها قبل التصادم ( )

٨) يمكن تطبيق قانون حفظ كمية التحرك الخطي في التصادم المرن وغير المرن .

٩) يكون مجموع كميتي التحرك للجسمين المتصادمين بعد التصادم أقل عنها قبل التصادم في حالة التصادمات اللا مرنة. ( ).

١٠) يطبق قانون حفظ الطاقة الحركية على جميع أنواع التصادمات. التصحيح. ( ).

س٢) ضع دائرة حول الإجابة الصحيحة من بين القوسين لكل فقرة من الفقرات التالية :

١) جسم كتلته (٢٥٠٠) جم ، يتحرك بسرعة خطية مقدارها (٧٢) كم / ساعة ، فإن كمية تحركه الخطي تساوي .....
(٢٠ ، ٣٠ ، ٤٠ ، ٥٠) نيوتن . ث .

٢) ينطبق قانون حفظ كمية التحرك الخطي على التصادم .....
(المرن فقط ، غير مرن فقط ، المرن وغير المرن ، المرن في بعدين فقط)

٣)جسم كتلته (٥٠٠٠) جم ، يتحرك بسرعة خطية مقدارها (٧٢) كم / ساعة ، فإن كمية تحركه الخطي تساوي .....
(٢٥ ، ٥٠ ، ٧٥ ، ١٠٠) نيوتن . ث

٤)إذا كانت كمية التحرك الخطي لجسم (٥٠) كجم . م / ث وسرعته الخطية (٧٢) كم / ساعة فإن كتلته تساوي .....
(٢٥ ، ٢٥٠ ، ٢٥٠٠ ، ٢٥٠٠٠) جم

٥)كمية التحرك الخطي لجسم تساوي ٤٠ كجم .م/ث ، عندما يتحرك بسرعة (٢) م/ث ، فإن كتلته تساوي ..... (١٠ ، ١٥ ، ٢٠ ، ٢٥) كجم .

٦)يتحرك جسم بسرعة ٢ م/ث نحو جسم آخر ساكن مماثل له بالكتلة فإذا التحما بعد التصادم فإن سرعة الجسم المتكون (٣ ، ٢ ، ١ ، صفر) م/ث

٧)جسمان كتلتاهما (١٥٠ ، ١٠٠) كجم على الترتيب ، يتحركان في اتجاه واحد بسرعة (١٥ ، ٢٠) م/ث على الترتيب ، وبعد التصادم كونا جسماً واحداً سرعته .... (١٤ ، ١٦ ، ١٨ ، ٢٠) م/ث .

س٣) اكمل الفراغات بما يناسبها:

١) في التصادم غير المرن تكون الطاقة الحركية للأجسام المتصادمة قبل التصادم ..... طاقتها بعد التصادم . وزاري(٢٠١٠ـ ٢٠١١م)

٢) عندما يصطدم جسمان متساويان بالكتلة فالتغير بكمية التحرك الكلي يساوي ..... وزاري(٢٠١٠ـ ٢٠١١م)

٣) جسم كتلته (١) كجم ، يتحرك بسرعة (٢) م / ث ، صدم جسماً آخر كتلته (٢) كجم يتحرك في اتجاه معاكس للأول ؛ فإذا التحما وكونا جسماً واحداً ساكناً ، فإن سرعة الجسم الثاني قبل التصادم كانت .....م / ث . وزاري(٢٠١١ـ ٢٠١٢م)

٤)وحدة قياس كمية التحرك الخطي في النظام العالمي هي .....

٥)مقدار كمية التحرك الخطي لجسم كتلته (٥) كجم يتحرك بسرعة (١٠.٨) كم / ساعة يساوي ..... كجم . م / ث .

٦)كمية التحرك الخطي لجسم = ... × .....

٧)يتحرك القمر الصناعي .....على اتجاه قوة الجاذبية الأرضية و..... ثابتة .

س٤) ما المقصود بـ : ١. التصادم المرن .

س٥: قارن بين التصادم المرن والغير مرن من حيث كمية التحرك ؟ وزاري (٢٠١٠ ـ ٢٠١١م)

س ٦: في التصادم في بعدين اذكر كلاً من: ١. معادلة كمية التحرك في اتجاه محور السينات ٢. معادلة كمية التحرك في اتجاه محور الصادات. ٢٠١٢م

س٧: مستخدماً وحدات القياس أثبت أن الكميات التالية متساوية :

١) ك ع^{٢} = ك د نق ٢) ق × ز = ك × ع ٣) ق ، ك × د
٤) ق × نق^{٢} ، ج × ك^{٢} ٥) ك × د × ف ، ك ع^{٢} ٦) ق × ز = ك ع
٧) ك × د × ف ، ك ع^{٢} ٨) ق × نق ، ك × ع^{٢}

حيث (ق) القوة ، (ز) الزمن ، (ك) الكتلة ، (ع) السرعة ، (نق) نصف القطر

س٨ : جسم كتله (٥) كجم يتحرك بسرعة (١٠) م/ث يصطدم في طريقه بجسم آخر متحركاً في نفس اتجاه الأول كتلته (١٠) وسرعته (٤)م/ث وكونا جسماً واحداً بعد التصادم . احسب سرعة الجسم المتكون بعد التصادم .

أسئلة وزارية خاصة بدروس (الصواريخ ذاتية الدفع ، سرعة الإفلات ، حركة الأقمار الصناعية ، السرعة المدارية)

س١) ضع علامة صح أمام العبارة الصحيحة وعلامة خطأ أمام العبارة الخطأ ، لكل مما يأتي :

١- تعمل الصواريخ ذاتية الدفع طبقاً لقانون حفظ كمية التحرك الخطي ( ) وزاري (٢٠١١ ـ ٢٠١٢ م)
٢- يعرف الدفع بأنه التغير في كمية التحرك الخطي . ( )
٣- القوة التي يصعد بها الصاروخ دائماً تساوي قوة محركه. ( )
٤- صاروخ كتلته (١٠٠٠٠) كجم ، ينفث غازات بمعدل (١٥٠٠) كجم في الثانية ، فإذا كانت سرعة الغازات (٦ × ١٠^{٤}) م/ث ، فإن سرعة الصاروخ (٩٠٠٠٠) م/ث. ( )
٥- يرتد المدفع بنفس السرعة التي تنطلق بها القذيفة ( ) وزاري (٢٠١٠ـ ٢٠١١م) (٢٠١٣/٢٠١٤م)
٦- لإفلات أي جسم من الجاذبية الأرضية ، يعطى سرعة مقدارها ١١٢.٠ × ١٠^{٧} سم / ث . ( )
٧- سرعة الإفلات من الجاذبية الأرضية لا تعتمد على كتلة الجسم . ( )
٨- سرعة إفلات جسم من الجاذبية الأرضية = ٧.٨ كم /ث . ( )
٩- تزداد سرعة القمر الصناعي كلما ابتعد عن سطح الأرض. ( )
١٠- تتناسب السرعة المدارية للقمر الصناعي عكسياً مع الجذر التربيعي لنصف قطر مداره حول الأرض.( ) وزاري(٢٠٠٧ـ٢٠٠٨م)
١١- لكي يدور القمر حول الأرض لا بد وأن تكون قوة جذب القمر مساوية لقوة دفعه. ( ) .
١٢- يدور القمر الصناعي بسرعة ثابتة لا تتأثر بالجاذبية الأرضية ( ) وزاري(٢٠١٠ ـ ٢٠١١م)
١٣- كلما كان مدار القمر الصناعي بعيداً عن سطح الأرض قلت سرعته ( ) وزاري (٢٠١٠ـ ٢٠١١م)
١٤- يتحرك القمر الصناعي حول الأرض بصورة موازية لسطحها ، وبسرعة متغيرة ( ) (٢٠١٠ ـ ٢٠١١م) وزاري(٢٠١١ ـ ٢٠١٢ م)
١٥- السرعة المدارية للقمر الصناعي حول الأرض ثابتة ومنتظمة مهما تغير نصف القطر . ( ) هذه الفقرة مع تصحيح الخطأ إن وجد (٢٠١٢م)
١٦- كلما اقترب القمر الصناعي من سطح الأرض فإن سرعته المدارية تزداد . ( )
١٧- لحساب ارتفاع القمر الصناعي عن سطح الأرض نستخدم العلاقة ل = نق م – نق ر ( )
١٨- جميع الأجسام تصعد بنفس القوة المؤثرة عليها . ( )

س٢: اكمل الفراغات بما يناسبها:

١) اعند وضع قمر صناعي يدور حول الأرض باستخدام صاروخ فإنه يجب أن يوضع في الاعتبار كل من ..... و ..... الصاروخ
٢) لكي يفلت جسم من نطاق الجاذبية الأرضية لا بد من إعطائه سرعة تساوي ..... وتسمى .....

٣) يستمد الصاروخ ذاتي الدفع قوة دفعة من ..... الناتج عن إطلاق كمية كبيرة من الغازات الساخنة عالية السرعة . (وزاري ٢٠١٠- ٢٠١١م)
٤) تتوقف سرعة الإفلات على ..... و ..... (وزاري ٢٠١١- ٢٠١٢م)
٥) عندما يراد وضع قمر صناعي يدور حول الأرض يجب الأخذ في الاعتبار كل من ..... و ..... الصاروخ .
٦) صاروخ ينطلق رأسياً ويقذف (٩٠٠) كجم من الغازات في الثانية لحظة انطلاقة بسرعة (٢) كم / ث بالنسبة للصاروخ ، فإن قوة دفع محرك الصاروخ = ...
٧) عند انطلاق الصاروخ إلى الفضاء ينبغي أن تكون طاقة ..... مساوية لطاقة .....
٨) تعرف السرعة الزاوي بأنها عبارة عن معدل تغير.....بالنسبة للزمن .
٩) يحتاج أقرب قمر صناعي لكي يكمل دورة كاملة إلى ..... دقيقة .

س٣: ضع دائرة حول الإجابة الصحيحة من بين القوسين لكل فقرة من الفقرات التالية :

١) إذا أردنا لجسم الإفلات من نطاق الجاذبية الأرضية فلا بد من إعطائه سرعة رأسية تساوي .....
(١١.٢ م/ث ، ٨٠٢ كم/ث ، ٦٧٢ كم/دقيقة ، ٦٨٠كم/دقيقة)
٢) إذا كانت كمية التحرك لصاروخ (١٥ × ١٠^{٦}) م/ث وكانت كتلته (٣ × ١٠^{٣}) كجم فإن سرعته تساوي .....
(٥ × ١٠^{٣}) ، (١٥ × ١٠^{٣}) ، (٢٥ × ١٠^{٣}) (٣٥ × ١٠^{٣}) م/ ث
٣) الدفع اللازم لإيقاف سيارة كتلتها ١٢٠٠ كجم ـ تسير بسرعة ٤٠ م / ثانية هو ....
(٤٢٠٠٠ ـ ٤٤٠٠٠ ـ ٤٦٠٠٠ ـ ٤٨٠٠٠) نيوتن . ثانية
٤) للوصول إلى مدار حول الأرض ، فإن ذلك يتطلب إطلاق صاروخ بشكل أفقي وبسرعة ...
(٨ م/ ث ـ ٨ كم / ث ـ ١١ كم / ث ـ ١٢ كم / ث)
٥) تتناسب السرعة المدارية للقمر الصناعي حول الأرض تناسباً عكسياً مع .....
(نصف قطر المدار ، مربع نصف قطر المدار ، الجذر التربيعي لنصف قطر المدار ، قطر المدار) .
٦) إذا اكتسب جسم دفعاً مقداره (٦٠) نيوتن . ث في زمن قدره (٥) ثوان فإن مقدار القوة التي سببت الدفع تساوي .....
(٦ ، ٨ ، ١٠ ، ١٢) نيوتن .
٧) اتجاه السرعة المدارية للقمر الصناعي يصنع مع اتجاه قوة الجاذبية الأرضية زاوية مقدارها .....
(صفر° ، ٩٠° ، ٣٦٠° ، ١٨٠°)
٨) صاروخ يقذف غازات ساخنة من محركه بمعدل ٢٠٠ كجم في الثانية الواحدة وبسرعة ٥٠ كم/ث فإن قوة دفع محرك الصاروخ تساوي
(٢ × ١٠^{٥} ، ٥ × ١٠^{٥} ، ١٠^{٧} ، ١٠) نيوتن .
٩) سرعة إفلات الجسم من الجاذبية الأرضية تساوي (١١٢٠٠ ، ١١.٢ ، ٧.٨ ، ٨.٧) كم/ث .
١٠) قمران اصطناعيان يدوران حول الأرض على نفس الارتفاع ، وكانت كتلة الأول ضعف كتلة الثاني ؛فإن النسبة بين سرعة الأول إلى سرعة الثاني تساوي .... (١ : ٢ ، ١ : ١ ، ٢ : ١ ، ٣ : ٢) .
١١) قمر صناعي يدور حول الأرض بسرعة ٧.١ كم /ث ، ونصف قطر مداره ٨ × ١٠^{٣} كم ،فإن الزمن الدوري له يساوي .....
(٧٠٠٠.٥ ، ٧٠٨٢.٥ ، ٨٠٠٠ ، ٨٠٠٠.٥) ث .
١٢) لكي يستطيع الصاروخ الخروج من نطاق الجاذبية الأرضية يجب أن تكون طاقته الحركية .....
(نصف ، ضعف ، تساوي ، ضعفي ،) طاقته الكامنة .

س٤: علل لما يأتي :

١) بالرغم من أن كمية التحرك للصاروخ تساوي كمية التحرك للغازات إلا أن سرعة الغازات أكبر من سرعة الصاروخ.
٢) يدور القمر الصناعي حول الأرض بسرعة ثابتة لا تتأثر بالجاذبية الأرضية . (٢٠٠٩ ـ ٢٠١٠ م) (٢٠١١-٢٠١٢م)
٣) يشتعل الصاروخ على أكثر من مرحلة عند حمله للأقمار الصناعية إلى الفضاء الخارجي . (وزاري ٢٠١١- ٢٠١٢م)
٤) سرعة الصاروخ أقل من سرعة الغازات . (وزاري ٢٠١١- ٢٠١٢م)
٥) يوضع القمر الصناعي على ارتفاع ١٥٠ كم من سطح الأرض. وزاري(٢٠١٣- ٢٠١٤م)
٦) مقدار السرعة المدارية للقمر الصناعي لا تتأثر بقوة الجاذبية الأرضية . وزاري(٢٠١٣- ٢٠١٤م)
٧) مقدار السرعة المدارية للقمر الصناعي ثابتة .

س٥: اذكر تطبيقا واحدا لكل من :

١) مبدأ حفظ كمية التحرك الخطي .
٢) مبدأ حفظ كمية التحرك الزاوي.
٣) قانون الفعل ورد الفعل .

س٦: كيف تحسب السرعة المدارية لقمر صناعي ، وعلى ماذا تعتمد هذه السرعة ؟
س٧: وضح بنشاط فكرة عمل الصواريخ ذاتية الدفع .
س٨: ماذا يحدث فيما إذا : ١) تحرك القمر الصناعي في الهواء الجوي بسرعة ٨ كم/ ث.
٢) إذا أعطي الصاروخ الحامل للجسم سرعة أكبر من ١١.٢ كم /ث .
س٧: ماذا يقصد بالآتي ١) السرعة المدارية للقمر الصناعي . ٢) سرعة الإفلات) القمر الصناعي ٤) سرعة الإفلات من الجاذبية ٥) التصادم المرن
س٨: ما مقدار السرعة الخطية لسيارة ، إذا كان قطر أية عجلة من عجلاتها (٧٥ سم) وتكمل كل عجلة ١٠ دورات في الثانية .
س٩: اكتب المصطلح العلمي الدال على كل فقرة من الفقرات الآتية :١. السرعة اللازمة لهروب الجسم من نطاق الجاذبية الأرضية .
س١٠: اشرح باختصار مع الرسم نشاطاً يوضح المبدأ الذي تقوم عليه حركة الصواريخ .
س١١: اشرح نشاطاً تبين فيه فكرة عمل الصواريخ ذاتية الدفع .
س١٢: ما الشرط الأساسي لاتزان القمر الصناعي أثناء دورانه حول الأرض ؟ ثم اكتب العلاقة الرياضية المستخدمة لحساب السرعة المدارية لقمر صناعي .
س١٣: مسـائـل من نماذج وزارية :
١ـ اذكر القوى التي تبقي القمر الصناعي في مدار ثابت ، ثم احسب السرعة الزاوية (w) لقمر صناعي يدور حول الأرض ، نصف قطر مداره (١٦٠٠٠) كم ، علماً بأن (ك أرض = ٦ × ١٠^{٢٤}) كجم ، (ج = ٦.٦٧ × ١٠$^{-١١}$) نيوتن . م^{٢}/كجم^{٢}

٢ـ قمر صناعي يدور حول الأرض في مدار دائري نصف قطره (٨٠٠٠) كم ، احسب :
١) بعده عن سطح الأرض . ٢) سرعته المدارية ، علماً بأن :
(ك أرض = ٦ × ١٠^٢٤ كجم ، نق الأرض = ٦٤٠٠ كم ، ج = ٦.٦٧ × ١٠^-١١ نيوتن .م^٢/ كجم^٢)

٣ـ قمر صناعي يدور حول الأرض على ارتفاع ٢٥٠ كم فوق سطح الأرض ، أحسب السرعة المدارية للقمر.
الجواب : [ع= ٧٧٥٨ م/ث =٧.٨ كم/ث]

٤ـ قمر صناعي نصف قطر مداره (١١.٥ × ١٠^٦) متر وكمية تحركه الخطية (١.٧٧ × ١٠^٦) كجم .م/ث ، أحسب كلاً مما يأتي :
أ- السرعة المدارية للقمر. ب- كمية التحرك الزاوي .
الجواب : [أ) ٥٨٩٩.٢ م/ث ، ب) ٢.٠٤ × ١٠^١٣ كجم.م^٢/ث]

٥ـ قمر صناعي يدور حول الأرض ، علماً بأن طول محيطه الدائري (٤٦ × ١٠^٣) كم و زمنه الدوري (١.٧) ساعة . أوجد كلاً مما يلي :
سرعته المدارية. ب – نصف قطر مداره .
الجواب :[أ) ٧٥١٦.٣ م/ث ، ب) ٧٣١٨١٤٣ م]

أسئلة وزارية خاصة بدروس (كمية التحرك الزاوي ، حركة المقذوفات المنحنية)

س١) ضع علامة صح أمام العبارة الصحيحة وعلامة خطأ أمام العبارة الخطأ ، لكل مما يأتى :

١) تظل كمية التحرك الزاوي لجسم ثابتة عندما تؤثر عليها عزوم دوران خارجية . ( )
٢) كمية التحرك الزاوي كمية قياسية . ( )
٣) تظل كمية التحرك الزاوي لجسم متحرك ثابتة حتى وإن أثرت عليها عزوم دوران خارجية . ( )
٤) تنعدم عجلة الجاذبية الأرضية لحركة المقذوفات على كل من المحورين السيني والصادي . ( )
٥) يصل الجسم المقذوف إلى أقصى مدى أفقي له إذا قذف بزاوية (٤٥) ( )
٦) عند قذف جسم بسرعة ابتدائية مقدارها ٢٠ م/ث في اتجاه يصنع مع الأفق زاوية ٣٠° فإن زمن الذروة = ٢ ثانية . ( )
٧) وجد أن مقدار المركبة الأفقية للسرعة الابتدائية للجسم المقذوف لا تتأثر بقوة جذب الأرض .( )
٨) تنعدم السرعة الأفقية للمقذوف عندما يصل إلى أقصى ارتفاع له . ( )
٩) عجلة الجسم المقذوف رأسياً تساوي صفر . ( )
١٠) تعتبر حركة المقذوفات من الأمثلة على الحركة في بعدين . ( )
١١) إذا قذف جسم بسرعة ٤٠٠ م/ث وبزاوية ٣٠° مع الأفق ، فإن سرعته الرأسية بعد ٤ث من انطلاقه تساوي ٢٠٠ م/ث . ( )
١٢) مقدار المركبة الأفقية للسرعة الإبتدائية للجسم المقذوف مقدار ثابت . ( )
١٣) حركة المقذوفات عبارة عن محصلة حركتين رأسية وأفقية ( )
١٤) يتناسب عزم القصور الذاتي الدوراني عكسياً مع كتلة الجسم المتحرك ( )

س٢: ضع دائرة حول الإجابة الصحيحة من بين القوسين لكل فقرة من الفقرات التالية :

١) دوران الأرض حول الشمس يعمل بمبدأ .....
(الفعل ورد الفعل ، كمية التحرك الخطي ، الدفع ، كمية التحرك الزاوي)
٢) القصور الذاتي الدوراني هو عبارة عن مقاومة الجسم لعزم القوة التي تحاول إحداث تغير في ....
(شكله - طوله - كمية حركته - حالته الدورانية) وزاري(٢٠١١ - ٢٠١٢ م)
٣) جسم كتلته (١٠٠٠) جم وعزم قصوره الدوراني (١٠٠) كجم.م^٢ ، يتحرك في مسار دائري فإن نصف قطر مداره يساوي .....
[١٠ ، ٢٠ ، ١٠٠ ، ٢٠٠] م.
٤) العجلة التي يتحرك بها الجسم المقذوف على المحور الأفقي تساوي .. [+ ٩.٨ ، - ٩.٨ ، - ١٠ ، صفر] م/ث .
٥) السرعة الكلية (المحصلة) للمقذوف عند ذروة القذف تساوي..... [صفر ، ع س ، ع ص ، ع س + ع ص].
٦) يصل المقذوف إلى أقصى مدى أفقي عندما يقذف بزاوية .... [٤٥ ، ٦٠ ، ٩٠]. وزاري (٢٠١٧م)
٧) تدور الشمس حول الأرض وفق مبدأ .. (الفعل ورد الفعل ، كمية التحرك الخطي ، الدفع ، كمية التحرك الزاوي)

س٣: إكمل الفراغات التالية بما يناسبها :

١) تظل كمية التحرك الزاوي لجسم .....
٢) كمية التحرك الزاوي = ... × .....
٣) يكتسب جسم كتلته (١٠) كجم يدور حول محور ثابت يبعد عنه (٥٠) سم بسرعة (٣.٥) م/ ث كمية تحرك زاوي مقدرها .....
٤) قذف جسم بسرعة ١٠ م/ث في اتجاه يصنع ٣٠° مع المستوى الأفقي فإن ذروة القذف تساوي.....

س٤: كيف تفسر اندفاع البالونة المطاطية المملوءة بالهواء عند تركها مفتوحة وحرة الحركة ؟
س٥: أطلق صاروخ كتلته (١٠٠٠ كجم) رأسياً إلى أعلى وبعد ثلاث دقائق من انطلاقه كانت سرعته ٩.٤ كم/ث ، فإذا افترضنا أن عجلة الجاذبية الأرضية ١٠ م/ث^٢ . أحسب :
أ) سرعته التي انطلق بها. ب) طاقته الحركية التي انطلق بها . جـ) هل يفلت من نطاق الجاذبية الأرضية ، ولماذا ؟

س٦: علل لما يأتي :

١) السرعة الأفقية للجسم المقذوف ثابتة.
٢) تتركز الكتلة في الحركة الدورانية في الإطار البعيد عن مركز الدوران .
٣) العجلة التي يتحرك بها الجسم المقذوف على المحور الأفقي تساوي صفراً (بإهمال مقاومة الهواء).

س٧: وضح بنشاط مبدأ قانون حفظ كمية التحرك الزاوي .
س٨: ما المقصود بكل مما يلي ؟ ٢. السرعة الزاوية .

س٩: عند قيامك بإدارة عجلة حول محورها :
ماذا تجد عند بداية إدارتك للعجلة ؟ ٢. ماذا تجد عند بداية إيقافك لها وهي تدور بسرعة كبيرة ؟ ٣. سم هذه الخاصية التي تمتلكها العجلة ؟
س١٠: اشرح نشاطاً يوضح خاصية القصور الذاتي وعزم القصور الذاتي الدوراني لجسم يدور حول محور ثابت .
س١١: ما المقصود بكل من ؟ ١. خاصية القصور الذاتي الدوراني .
س١٢:مسائل

١ـ أطلق جسم بزاوية (٣٠°) مع الأفق بسرعة (٢٠٠ م / ث) ، أوجد :
١) ذروة القذف . ٢) المدى الأفقي علماً بأن (د = ١٠ م / ث^{٢}) الجواب [ف$_{ص}$ = ٥٠٠ م ، ف$_{س}$ = ٣٤٦٤.١ م]

٢ـ قذف جسم بسرعة ابتدائية مقدارها (١٠٠) م / ث ، وبزاوية (٣٠°) مع الأفق ، فإذا علمت أن (د = ١٠ م / ث^{٢}) ، احسب المركبة الرأسية للسرعة الابتدائية ، وكذلك السرعة المحصلة بعد أربع ثوان من قذفه .

٣ـ قذف جسم كتلته (١) كجم بسرعة ابتدائية (٨٠) م/ث ، فإذا كانت المحصلة الكلية لسرعته عند ذروة القذف (٤٠) م/ ث ، د = (١٠) م / ث^{٢} ، احسب ما يلي : ١. طاقة حركته عند ذروة القذف . ، ٢. زاوية القذف .
الجواب [طح = ٨٠٠ جول ، هـ = ٣٠°]

٤ـ أطلقت قذيفة كتلتها (٢٠٠٠) جم في اتجاه يصنع (٣٠°) مع الأفق فوصلت أقصى ارتفاع لها (٢٨.٨) متر ، اعتبر (د) = ١٠ م / ث^{٢}
واحسب الآتي : ١. السرعة الابتدائية للقذيفة . ٢. كمية تحركها الخطي عند بدء حركتها .
الجواب [ع.= ٤٨م/ ث ، كت = ٩٦كجم.م/ ث]

٥ـ طائرة تطير في اتجاه أفقي بسرعة ١٠ كم/ث ألقت بصاروخ على هدف أرضي عندما كانت على ارتفاع (٨٠٠٠م) أحسب :
أ) زمن طيران الصاروخ . ب) مداه الأفقي .
الجواب : [أ) زم = ٤٠ م ، ب) ف$_{س}$ = ٤×١٠°م]

٦ـ إذا قذف حجر بسرعة ابتدائية مقدارها (٥٠) م/ث بزاوية (٣٧°) فوق الأفق ، فأحسب ما يأتي :
١ـ أقصى ارتفاع يصل إليه الحجر . ٢ ـ سرعة الحجر عند وصولة إلى الأرض علماً بأن عجلة الجاذبية = ١٠م/ث^{٢} .
الجواب [ف$_{ص}$ = ٤٥ م ، ع$_{ح}$ = ٥٠ م/ث]

٧ـ أطلق مقذوف بزاوية ٣٠° مع الأفق على هدف أفقي وبكمية تحرك ٢٠٠٠ نيوتن.ث ، فإذا كانت كتلة المقذوف ٥ كجم ، أوجد كلاً مما يلي
أ- السرعة التي أطلق بها المقذوف. ب – المسافة الأفقية التي قطعها .
الجواب : [أ)ع.= ٤٠٠م/ث ، ب) ف$_{س}$ = ٨٠٠٠√٣ م]

٨ـ قذف جسم بسرعة ابتدائية مقدارها ١٥ م/ث في اتجاه يصنع زاوية ٣٠° مع المستوى الأفقي ،أحسب كلاً مما يلي
أ- ذروة قذف الجسم . ب – المدى الأفقي .
الجواب : [أ) ف$_{ص}$ = ٣ م ، ب) ف$_{س}$ = ١٩.٥ م]

٩ـ أطلق مدفع قذيفة بسرعة ابتدائية مقدارها ١٠٠√٢ م/ث باتجاه يصنع زاوية مقدارها ٤٥° مع الاتجاه الأفقي ن بإهمال مقاومة الهواء ، أوجد كلاً مما يلي : أ- ذروة القذف. ب – المدى الأفقي .
الجواب : [أ) ف$_{ص}$ = ٥٠٠ م ، ب) ف$_{س}$ = ٢٠٠٠ م]

١٠ـ أطلقت قذيفة من مدفع بسرعة ابتدائية مقدارها ٤٠√٢ م/ث باتجاه يصنع زاوية مقدارها ٤٥° مع المستوى الأفقي ن بإهمال مقاومة الهواء ، أوجد كلاً مما يلي : أ- أقصى ارتفاع تصل إليه القذيفة . ب – المدى الأفقي .
الجواب : [أ) ٨٠ م ، ب) ٣٢٠ م]

١١ـ أطلقت قذيفة في اتجاه يصنع زاوية (٤٥°) مع المستوى الأفقي ؛ فإذا وصلت القذيفة للذروة في زمن ١٠ث فكم يكون :
أ- مداها الأفقي . ب - أقصى ارتفاع تصل إليه القذيفة ، ثم احسب المحصلة الكلية لسرعته عند الذروة .
الجواب : [أ) ٢٠٠٠ م ، ب) ٥٠٠ م ، ١٠٠ م/ث]

١٢ـ قذفت قذيفة بزاوية مائلة عن المستوى الأفقي فوصلت إلى ذروتها بعد ١٠√٢ ثانية وبسرعة مقدارها ١٠٠√٢ م/ث أحسب كلا مما يأتي :
أ- زاوية القذف. ب - ذروة القذف .
الجواب : [أ) ٩٠° ، ب) ١٠٠٠ م]

يمكنكم متابعة دروس الدورات المجانية لجميع وحدات الكتاب المدرسي ، من موقع الفريد في الفيزياء ، قسم : دروس فيزياء ثالث ثانوي

صفحتنا على الفيس بوك (الفريد في الفيزياء) www.facebook.com/alfreed.ph
موقعنا على شبكة الإنترنت (الفريد في الفيزياء) www.alfreed-ph.com
قناتنا على اليوتيوب (الفريد في الفيزياء) www.youtube.com/user/alfreedph

هدفنا الأسمى نشر العلم والمعرفة