

# الميكانيكا

اسم الطالب : .....

المذكرة مقدمة من  
مؤسسة موهبة  
المملكة العربية السعودية





# قائمة المحتويات

5	الفصل الاول : الفيزياء و الوحدات و الأبعاد ( Units and Dimensions )
6	الوحدات و الأبعاد ( Units and Dimensions )
7	الكميات الفيزيائية ( Physical Quantities )
8	نظرية الأبعاد و تطبيقاتها
11	تدريبات على الوحدات و نظرية الابعاد
16	الفصل الثاني: الكميات القياسية ( Scalar quantities ) و الكميات المتجهة ( Vector quantities )
17	الكميات القياسية (Scalar quantities)
18	الكميات المتجهة ( Vector quantities )
20	بعض خصائص المتجهات ( some properties of vectors )
34	تدريبات على تحليل المتجهات
39	متجهات الوحدة ( Unit Vectors )
41	تدريبات على متجهات الوحدة
42	ضرب المتجهات ( product vectors )
45	الفصل الثالث : الحركة في بعد واحد ( motion in one Dimension )
47	السرعة ( speed )
50	التسارع ( Acceleration )
54	معادلات الحركة بتسارع ثابت ( Equations of motion with constant acceleration )
45	تدريبات على معادلات الحركة بتسارع ثابت
59	السقوط الحر ( Free Fall )
61	تدريبات على السقوط الحر
66	الفصل الرابع : الحركة ثنائية الأبعاد ( Motion in Two Dimensions )
68	تدريبات على الحركة ثنائية الأبعاد
70	حركة المقذوفات ( Projectile Motion )
73	تدريبات على المقذوفات المنحنية
79	الفصل الخامس : قوانين نيوتن في الحركة ( Newton s Laws )
84	قوة الجاذبية والوزن ( Weight , Force of gravity )
85	القوة العمودية ( Normal Force )
88	قوة الشد في الخيوط ( Tension )

89	قوى الاحتكاك ( Forces of Friction )
91	أمثلة و تدريبات على قوانين نيوتن
104	التسارع المركزي ( Centripetal Acceleration )
109	الحركة في الإطارات المتسارعة ( Motion in Accelerated frames )
111	<b>الفصل السادس : الشغل والطاقة والقدرة ( Work , energy and power )</b>
112	الشغل ( Work )
116	الطاقة ( Energy )
123	القدرة ( Power )
124	قانون حفظ الطاقة بصورة جديدة
129	تدريبات على الشغل والطاقة والقدرة
139	<b>الفصل السابع : الزخم الخطي ( Linear momentum )</b>
141	الدفع والزخم ( Impulse and Momentum )
146	حفظ كمية الحركة ( Conservation of Linear Momentum )
149	التصادم في بعدين ( Two - Dimensional Collisions )
150	تدريبات على الزخم
161	<b>الفصل الثامن : الجاذبية Gravity</b>
162	قانون نيوتن للجذب الكوني ( Newton's Law of Universal Gravitation )
163	تسارع الجاذبية الأرضية ( Acceleration Due to Gravity )
164	قوانين كبلر ( Keplers Laws )
166	ظاهرة انعدام الوزن : ( Weight Lessness )
168	طاقة الوضع في مجال الجاذبية ( Gravitational Potential Energy )
169	سرعة الإفلات من الجاذبية الأرضية ( Escape Speed )
170	تدريبات على الجاذبية
176	<b>المراجع العربية و الاجنبية</b>

# الوحدات الفيزيائية و نظرية الأبعاد

**الفيزياء ( physics ) :** هو ذلك العلم الذي يدرس الطاقة و المادة و العلاقة بينهما .

**الفيزياء و الرياضيات :** تستخدم الفيزياء الرياضيات باعتبارها لغة قادرة على التعبير عن القوانين و الظواهر الفيزيائية بشكل واضح و مفهوم .

### الوحدات و الأبعاد ( Units and Dimensions )

الفيزياء و القياس : القياس هو مقارنة كمية مجهولة بأخرى معيارية . و يعتمد علم الفيزياء على قياس الكميات الفيزيائية بشكل كبير حيث تتحدد أي كمية طبيعية بعاملين اثنين هما :

العدد و وحدة القياس

أي أنه لا يمكن ذكر أعداد أو أرقام مجردة دون تحديد الوحدة التي تقاس بها تلك الكمية .

**مثال ١ : A )** ماذا تعني لك الأرقام التالية :

5	10	4	20	16
---	----	---	----	----

الإجابة : هي مجرد أرقام ليس لها أي دلالة .

**B )** ماذا تعني لك الأرقام الآتية :

5 m	10 Kg	4 s	20 m/s	16 m <sup>2</sup>
-----	-------	-----	--------	-------------------

**الإجابة :** لكل رقم دلالة حسب وحدة القياس المقترنة به و الجدول التالي يوضح ذلك :

5 m	تعني طول شيء ما	طول غرفة الصف
10 Kg	تعني كتلة شيء ما	كتلة صندوق العصير
4 s	تعني فترة زمنية ما	زمن الاهتزازة للبندول
20 m/s	تعني سرعة شيء ما	سرعة سيارة
16 m <sup>2</sup>	تعني مساحة شيء ما	مساحة غرفتي

-لاحظ كيف أن وحدة القياس أعطت مدلولاً واضحاً للرقم و حددت الكمية الفيزيائية التي قمنا بقياسها ، لذلك نؤكد مره أخرى على أهمية معرفة وحدات القياس و أجزائها ومضاعفاتها لأي كمية فيزيائية

**الكميات الفيزيائية ( Physical Quantities ) :** هي التي تبني هيكل الفيزياء ، و بها نكتب القوانين الفيزيائية و تنقسم الكميات الفيزيائية إلى أساسية و مشتقة .

**الكميات الأساسية :** في الميكانيكا هناك ثلاث كميات أساسية موضحة في الجدول الآتي :

الكميات الأساسية و وحدات قياسها في النظام الدولي ISU		
الكمية الأساسية	الوحدة الأساسية	رمز الوحدة الأساسية
الطول ( L )	Meter	M
الكتلة ( m )	Kilogram	Kg
الزمن ( T )	Second	S

**ملاحظة :** يسمى النظام الدولي أحيانا النظام الفرنسي عند استخدام cm للطول ، و g للكتلة و s للزمن و يختصر النظام الفرنسي ( CGS ) ، و هناك النظام البريطاني للوحدات ( FBS ) حيث تستخدم وحدة القدم للطول ، و حدة الباوند للكتلة ، و وحدة الثانية للزمن .

-أما باقي الكميات في الميكانيكا فتدعى **كميات مشتقة** لأنه يمكن أن نعبر عنها بدلالة الكميات الأساسية الثلاث .  
مثال : أعط أمثلة على كميات فيزيائية مشتقة :

السرعة  $v$  التسارع  $a$  القوة  $F$  الزخم  $p$  الطاقة  $E$

**أبعاد الكميات الفيزيائية : ( Dimensions of Physical quantities )**

كلمة بعد ( **dimension** ) لها معنى خاص في الفيزياء . إنها تدل دائما على طبيعة الكميات ، و الرموز التي نستخدمها لأبعاد الطول [ L ] ، و الكتلة [ M ] ، و الزمن [ T ] .

و سوف نستخدم الأقواس [ ] لنعبر عن أبعاد أي كمية فيزيائية .

**مثال ٢ :** عبر عن بعد السرعة و التسارع و المساحة و القوة و الشغل و القدرة .

$$\text{الحل : } [V] = \frac{[L]}{[T]}$$

**نظرية الأبعاد و تطبيقاتها :** من خلال استخدام طريقة التحليل البعدي في حل مسائل الفيزياء ، و سوف تساعدك هذه الطريقة في التقليل من حفظ المعادلات الرياضية و تجعلك تتحقق من صحة القوانين الفيزيائية و اشتقاق وحدات الثوابت في العلاقات الرياضية .

**مثال ٣ :** تأكد من صحة معادلة الطاقة و الكتلة لاينشتاين :  $E = mc^2$

الشق الأيسر للمعادلة  $E$  أبعاده هي :

الشق الأيمن للمعادلة  $mc^2$  أبعاده هي :

**تدريب ١ :** بين صحة المعادلات الآتية مستخدما نظرية الأبعاد :

١ :  $v = v + 2 a \Delta x$  السرعة  $v$  ، التسارع  $a$  ، الازاحة  $\Delta x$

٢ :  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$  الزمن الدوري  $T$  ، طول خيط البندول  $L$  ، تسارع الجاذبية الأرضية  $g$



**تدريب ٢ :** افرض أننا اخبرنا أن التسارع  $a$  لجسيم يتحرك بسرعة منتظمة  $v$  في دائرة نصف قطرها  $r$  ، تتناسب مع  $r$  مرفوعاً لأس ما و ليكن  $r^n$  و  $v$  مرفوعة لأس ما و ليكن  $v^m$  ، مستخدماً نظرية الأبعاد ، أوجد قيمة كلا من  $m, n$

إضاءة : استخدم المعادلة التالية في حلك  $a = k r^n v^m$  : حيث  $k$  عدد ثابت لا أبعاد له .

**سؤال :** هل نظرية الأبعاد تعطينا صورة كاملة عن القوانين الفيزيائية ؟ وضح إجابتك ؟

.....  
.....

تحويل الوحدات : *Conversion of Units*

من الضروري في بعض الأحيان أن نحول الوحدات من نظام إلى آخر و من المهم جداً عند التحويل معرفة عامل التحويل ، فمثلاً عند تحويل 100 دولار إلى الريال السعودي لن نستطيع إجراء التحويل دون معرفة عامل التحويل ، أما إن أعطيت عامل التحويل ( كل 1 دولار = 3.7 ريال ) فيصبح من السهل تحويل المبلغ و يكون الناتج =  $3.7 \times 100 = 370$  ريال

**تدريب ٣ :** حول ما يلي :

١ ( 50 cm إلى m :

٢ ( 3 Kg إلى g :

٣ ( 60 g إلى Kg :

٤ ( 300 cm<sup>2</sup> إلى m<sup>2</sup> :

٥ ( 10 mm إلى m :

٦ ( 450 cm<sup>3</sup> إلى m<sup>3</sup> :

٧ ( 20km/h إلى m/s :

**سؤال :** مكعب من الصلب كتلته 856 g و طول ضلعه 5.32 cm عين كثافته ( $\rho$ ) بوحدة النظام SIU )  
**إضاءة :** ( الكثافة تساوي الكتلة تقسيم الحجم )

إن التحويل بين وحدات النظام الدولي يعتبر سهلاً لأننا نضرب أو نقسم على رقم 10 مرفوعاً إلى قوة ملائمة و هناك مجموعة **بادئات** تستخدم في تحويل وحدات النظام الدولي باستخدام قوة مناسبة للرقم كما هو موضح بالجدول التالي :

Table 1-2				
Prefixes Used with SI Units				
Prefix	Symbol	Multiplier	Scientific Notation	Example
femto-	f	0.000000000000001	$10^{-15}$	femtosecond (fs)
pico-	p	0.000000000001	$10^{-12}$	picometer (pm)
nano-	n	0.000000001	$10^{-9}$	nanometer (nm)
micro-	$\mu$	0.000001	$10^{-6}$	microgram ( $\mu\text{g}$ )
milli-	m	0.001	$10^{-3}$	milliamps (mA)
centi-	c	0.01	$10^{-2}$	centimeter (cm)
deci-	d	0.1	$10^{-1}$	deciliter (dL)
kilo-	k	1000	$10^3$	kilometer (km)
mega-	M	1,000,000	$10^6$	megagram (Mg)
giga-	G	1,000,000,000	$10^9$	gigameter (Gm)
tera-	T	1,000,000,000,000	$10^{12}$	terahertz (THz)

ويجب عليك التمييز بين الكمية و وحدة القياس و البادئة إن وجدت ، و ذلك بالحفظ الدقيق لها

**مثال ٤ :** ماذا يعني كل رمز و رقم في ما يأتي :

$$m = 7 \text{ mg}$$

تدريب ٤ : اذكر معنى حرف (  $m$  ) في كل مما يأتي :

أ :  $m \leftarrow m = 4 \text{ Kg}$  : .....

ب :  $m \leftarrow L = 6 \text{ m}$  : .....

ج :  $m \leftarrow t = 3 \text{ ms}$  : .....

تدريب ٥ : ماذا يعني كل رمز و رقم فيما يأتي :

..... :  $t = 0.3 \mu\text{s}$

..... :  $p = 4 \text{ Gw}$

### تدريبات إضافية

١ ( كم ثانية في السنة الكبيسة =  $366 \text{ day}$  )

٢ ( صندوق طوله  $19.2 \text{ cm}$  و عرضه  $18.1 \text{ cm}$  و ارتفاعه  $20.3 \text{ cm}$  اوجد حجم الصندوق بوحدة  $m^3$  ؟ )

٣ ( ماذا يطلق على القيم المترية التالية :

٤) وعاء ماء كتلته فارغا  $2.33 \text{ Kg}$  إذا أصبحت كتلته بعد ملئه بالماء  $34.72 \text{ Kg}$  ، فما كتلته الماء بالوعاء ؟

٥) احسب كتلة الماء بوحدة  $\text{Kg}$  اللازمة لملء وعاء طوله  $1.4 \text{ m}$  و عرضه  $0.60 \text{ m}$  و عمقه  $0.34 \text{ m}$  علما أن كثافة الماء  $= 1.0 \text{ g/cm}^3$  ؟

٦) اثبت أن التعبير  $v = at$  صحيح بعديا حيث  $v$  تمثل السرعة ،  $a$  تمثل التسارع ،  $t$  تمثل الزمن

٧) افرض أن الكميتين  $A, B$  لهما وحدات مختلفة اذكر أي من العمليات الحسابية التالية يكون لها معنى فيزيائي

$$B - A$$

$$A/B$$

$$A + B$$

٨) سرعة الأمواج في وتر مشدود  $u$  تعتمد على طوله  $L$  و كتلته  $m$  و قوة الشد بالوتر  $F$  إذا أعطيت التعبير الرياضي التالي الذي يربط المتغيرات السابقة معا

$u = c F^x L^y m^z$  ، حيث  $c$  ثابت لا أبعاد له ، مستخدما نظرية الأبعاد احسب قيمة كلا من  $x, y, z$  ثم اعد كتابة المعادلة الأصلية لسرعة الأمواج في الوتر .

٩) ما هي أبعاد الكثافة  $\rho$  ؟

١٠) أكمل الجدول التالي بما يناسبه من تحويلات :

كم مترا من المسافة في :	كم ثانية من الزمن في :	كم جولا من الطاقة في
$m \leftarrow 5.356 \text{ mm}$	$s \leftarrow 4.67 \text{ ns}$	$J \leftarrow 4.834 \text{ MJ}$
$m \leftarrow 1.2 \text{ fm}$	$s \leftarrow 24.0 \text{ ms}$	$J \leftarrow 2.23 \text{ pJ}$
$m \leftarrow 3.4 \text{ nm}$	$s \leftarrow 8.5 \text{ } \mu\text{s}$	$J \leftarrow 46.5 \text{ GJ}$

١١) ما هي سرعة إلكترون قطع مسافة قدرها  $15.68 \text{ mm}$  خلال  $87.50 \text{ ns}$  ؟ ( السرعة = المسافة تقسيم الزمن )

١٢) ما طول ضلع مكعب بوحدة  $m$  إذا كان حجمه  $588 \text{ mm}^3$

١٣) قانون الجذب العام لنيوتن يمثل بالعلاقة

حيث  $F$  قوة الجذب ،  $m, M$  كتلتا الجسمين ،  $r$  المسافة بين مركزي الجسمين ، ما هي وحدة ثابت التناسب  $G$  بالوحدات الأساسية . ( القوة = الكتلة  $\times$  التسارع )

١٤) افترض أن  $\rho_{\text{Al}}$  كثافة الألمنيوم و  $\rho_{\text{Fe}}$  كثافة الحديد ، اوجد تعبير رياضي لنصف قطر كره الألمنيوم  $r_{\text{Fe}}$  التي تتزن مع كره من الحديد نصف قطرها  $r_{\text{Fe}}$  على ذراع الميزان .

١٥) القوة  $F$  المؤثرة على قطرة من الزيت تعطى بالعلاقة  $F = 6 \pi \eta r v$  حيث  $v$  سرعة القطرة ،  $r$  نصف قطرها ،  $\eta$  معامل اللزوجة ، أوجد أبعاد معامل اللزوجة و من ثم اذكر وحدة قياسها .

١٦) كم كيلو غرام ( Kg ) يلزم لعمل كره مجوفة من الحديد نصف قطرها الداخلي 10 cm و نصف قطرها الخارجي 25 cm علما أن كثافة الحديد  $\rho = 7.86 \text{ g/cm}^3$

١٧) تردد الاهتزازة (  $f$  ) تقاس بوحدة (  $s^{-1}$  ) لكتله  $m$  تهتز بنابض ثابتة  $k$  يقاس بوحدة القوة على وحدة الطول ، و العلاقة بينهم تكتب كالأتي :  $f = c m^x k^y$  ، اثبت مستخدما نظرية الأبعاد أن العلاقة الرياضية لهم هي ،  $f = c \sqrt{\frac{k}{m}}$  ، حيث  $c$  ثابت لا أبعاد له .

الكميات القياسية

( Scalar quantities )

و

الكميات المتجهة

( Vector quantities )



## الكميات القياسية ( Scalar quantities ) والكميات المتجهة ( Vector quantities )

أولاً : الكميات القياسية (Scalar quantities): كميات فيزيائية يكفي لتحديدّها ذكر مقدارها فقط ( العدد )

- يتم التعامل مع الكميات القياسية من خلال العمليات الحسابية ( جمع ، طرح ، ضرب ، قسمة ) بالطرق الجبرية المعتادة و من أمثلة الكميات القياسية : الطول ، الكتلة ، الزمن ، الكثافة ، الحجم ، الشغل ، الطاقة .

مثال ١: اشترى احمد 5Kg من التفاح ، ثم قرر شراء 3Kg أخرى من التفاح كم اشترى احمد من التفاح ؟

مثال ٢ : إذا كانت كتلة جسم 16 Kg و حجمه  $0.002 \text{ m}^3$  احسب كثافته بوحدة  $\text{Kg/m}^3$

نلاحظ سهولة العمليات الحسابية على الكميات القياسية لأننا نتعامل مع الأعداد فقط

**ثانياً : الكميات المتجهة ( Vector quantities ) :** الكميات الفيزيائية التي تحدد بالمقدار و الاتجاه معا

- التعامل مع الكميات المتجهة في العمليات الحسابية ( **الجمع ، الطرح ، الضرب** ) ليس بنفس الطريقة التي تعودنا عليها ( الطريقة الجبرية ) في الكميات القياسية ، و من أمثلة الكميات المتجهة : السرعة المتجهة velocity ، التسارع ، القوة ، الوزن ، الزخم ، العزم ، ...

### ملاحظة : لتمييز الكميات المتجهة سنرمز لها بأحرف غامقة **Bold**

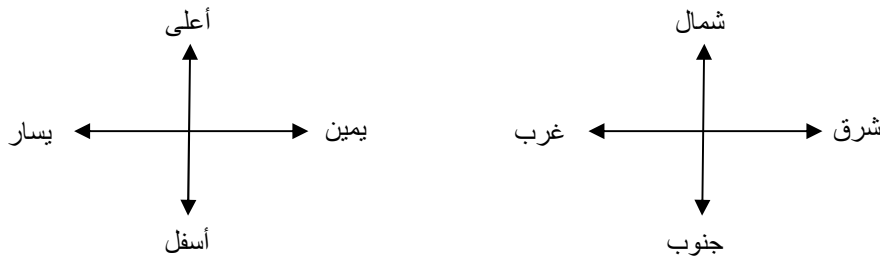
**مثال ٣ :** لو ذكر لك صديقك أن تلاقيه في مكان يبعد عن برج المملكة 10 km فأين ستذهب ؟

**الإجابة :** سيكون هناك عدد لانهائي من الأماكن التي يحتمل وجود صديقك بها و هي محيط الدائرة التي نصف قطرها 10km و مركزها برج المملكة ، لأنه يلزمك للوصول إلى زميلك الاتجاه بالإضافة إلى المقدار الذي أعطي لك ، لذلك لن تصل بدون الاتجاه .

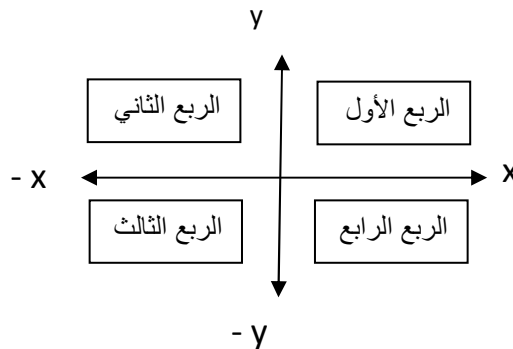
-الآن لو أن زميلك ذكر لك أنه متواجد شرق برج المملكة و على بعد 10 km ، في هذه الحالة سيكون من السهل عليك الوصول إليه لأنه أعطى لك المقدار ( 10km ) و الاتجاه ( شرق برج المملكة ) ، لذلك تعتبر الإزاحة من الكميات المتجه .

### أنظمة الإحداثيات ( Coordinate Systems )

يمكن أن نستخدم الاتجاهات المعروفة لدينا :



- ولكن يفضل دوما استخدام المحاور المتعامدة  $x, y$



من المهم في حلول مسائل الفيزياء استخدام المراجعيات الصحيحة

**تمثيل المتجهات :** يلزم لتمثيل المتجهات على المحاور  $x, y$  معرفة المقدار و الاتجاه و نقطة التأثير ، حيث يتم

اعتماد مقياس رسم مناسب لتمثيل المتجهات

**مثال ٤ :** مثل كل من المتجهات التالية على مجاور الإحداثيات :

أ ( المتجه  $A$  مقداره  $5 \text{ unit}$  و اتجاهه شرقا .

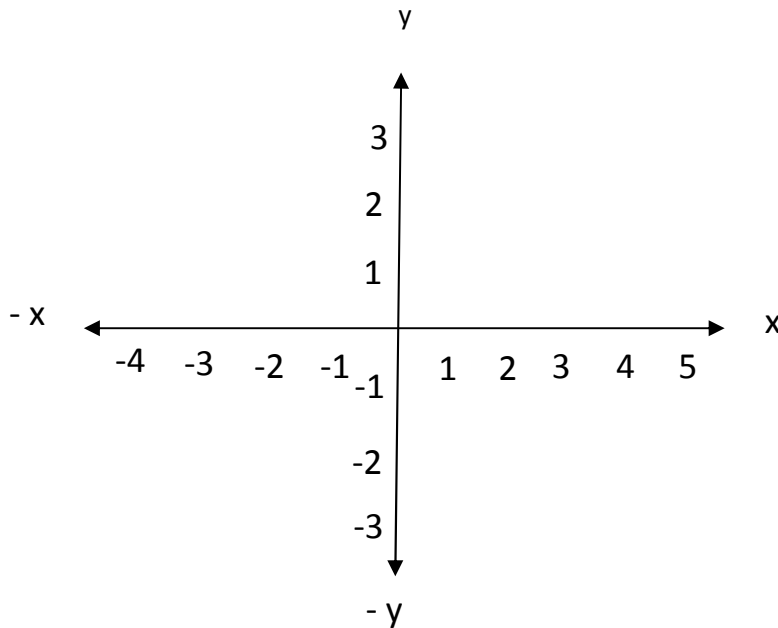
ب ( المتجه  $B$  مقداره  $3 \text{ unit}$  و اتجاهه غربا .

ج ( المتجه  $C$  مقداره  $6 \text{ unit}$  و اتجاهه بزاوية  $30^\circ$  عن محور  $x$  عكس عقارب الساعة

( يعبر عنها بـ  $\theta = 30^\circ$  )

د ( المتجه  $D$  مقداره  $2 \text{ unit}$  و اتجاهه بزاوية  $60^\circ$  عن محور  $x$  مع عقارب الساعة

( يعبر عنها بـ  $\theta = -60^\circ$  )



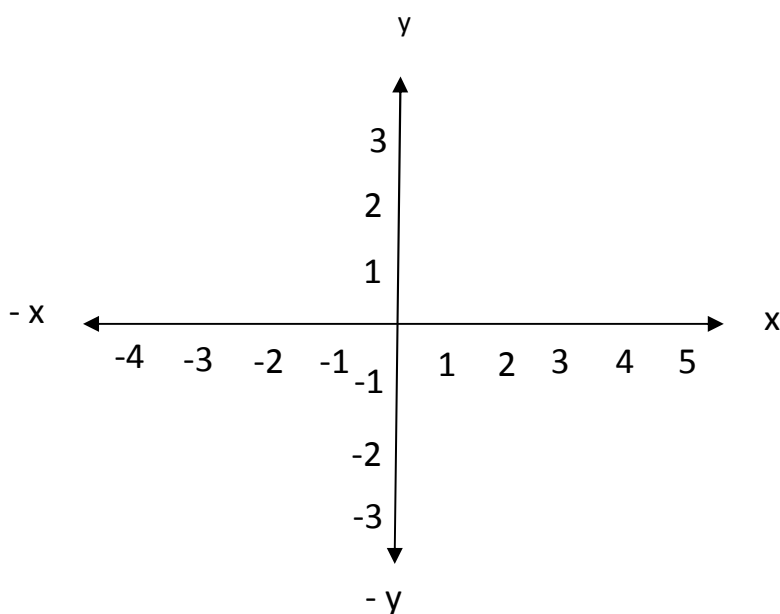
**تدريب ١ :** مثل المتجهات الآتية على محور الإحداثيات المتعامدة :

أ ( المتجه  $A$  مقداره  $4 \text{ unit}$  و اتجاهه شمالا .

ب ( المتجه  $B$  مقداره  $2 \text{ unit}$  و اتجاهه  $\theta = 130^\circ$  .

ج ( المتجه  $C$  مقداره  $5 \text{ unit}$  و اتجاهه  $\theta = -150^\circ$

د ( المتجه  $D$  مقداره  $1 \text{ unit}$  و منطبق على محور  $-y$



**بعض خصائص المتجهات ( some properties of vectors )**

**أولاً :** تساوي متجهين ( *Equality of Two Vectors* )

- نقول أن المتجه  $A$  يساوي المتجه  $B$  ، إذا كان مقدار  $A$  يساوي مقدار  $B$  و كلاهما في نفس الاتجاه ، و من هذه القاعدة يمكننا نقل المتجه من مكان إلى آخر بشرط المحافظة على المقدار و الاتجاه

**ثانياً :** ضرب المتجه بكمية قياسية ( *Multiplying a Vector by Scalar* )

- عند ضرب المتجه بعدد موجب يحافظ المتجه على اتجاهه .
- عند ضرب المتجه بعدد سالب يعكس المتجه اتجاهه .

### ثالثا : جمع المتجهات ( Adding Vectors )

- يحقق جمع المتجهات الخاصية الابدالية :  $A+B = B+A$

- يحقق جمع المتجهات الخاصية التجميعية :  $(A+B)+C = A+(B+C)$

**a ( جمع المتجهات على استقامة واحدة ) :** و هو ابسط وضع لجمع المتجهات عندما تكون في استقامة

واحدة : ١ ) إن كانت بنفس الاتجاه (  $\theta = 0^\circ$  ) تجمع جبريا و يكون اتجاه المحصلة بنفس اتجاه المتجهات .

٢ ) إن كانت متعاكسة بالاتجاه (  $\theta = 180^\circ$  ) تطرح جبريا و يكون اتجاه المحصلة  $R$  باتجاه الأكبر

**مثال ه :** من الشكل المجاور اوجد محصلة المتجهات  $R$  ( مقدارا و اتجاها ) :

الإجابة : لاحظ ان  $F_1$  و  $F_2$  بنفس الاتجاه فنقوم بجمعها  $17N = 5 + 12$

ناتج جمع  $F_1$  و  $F_2$  مع  $F_3$  متعاكسان بالاتجاه فنقوم بطرحهما

$$R = 17 - 4 = 13N$$

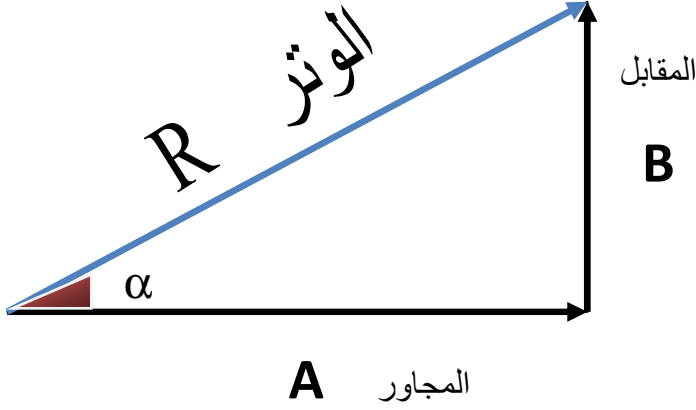
اتجاه المحصلة نحو محور السينات الموجب ( نحو اليمين )

**تدريب ٢ :** أوجد المحصلة  $R$  للمتجهات في الرسم المجاور

$A = 6 \text{ unit}$
$B = 7 \text{ unit}$
$C = 15 \text{ unit}$

## ( b ) جمع المتجهات المتعامدة ( الزاوية بين المتجهين $\theta = 90^\circ$ )

المتجهين المتعامدين  $A, B$  و محصلتهما  $R$  يشكلون دوماً مثلث قائم الزاوية و تكون المحصلة دوماً هي وتر هذا المثلث ، و حسب نظرية فيثاغورس يمكننا حساب مقدار المحصلة  $R$  من العلاقة الرياضية التالية :



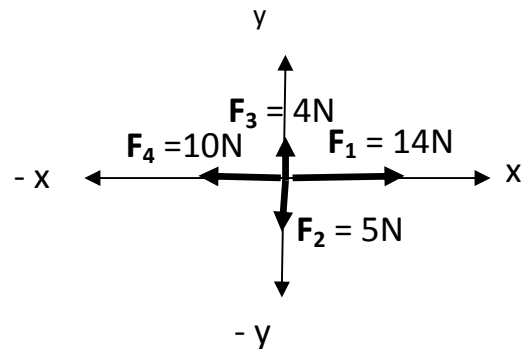
$$R = \sqrt{A^2 + B^2}$$

كما يمكن حساب اتجاه المحصلة  $\alpha$  من العلاقة الرياضية التالية

- لإيجاد قيمة  $\alpha$  مباشرة نكتب في الآلة الحاسبة العلاقة التالية :  $\text{shift tan} ( B \div A )$  ، و يكون الناتج يمثل اتجاه المحصلة عن المتجه  $A$

**مثال ٦ :** تحرك احمد 8m باتجاه الشرق ثم تحرك 6m باتجاه الشمال ، اوجد إزاحة احمد مقداراً و اتجاهها ( محصلة الحركة لأحمد تمثل الإزاحة ) .

**تدريب ٣ :** احسب محصلة المتجهات في الشكل التالي :



**تدريب ٤ :** تحرك احمد بسيارته 30 km شرقا ثم انعطف نحو الشمال 70 km ثم قام بالانعطاف شرقا مرة أخرى و قطع 20 km ثم اتجه جنوبا مسافة 25 km ، مثل حركة احمد على محاور الإحداثيات ، ثم احسب إزاحة احمد عن نقطة انطلاقته ( مقداراً و اتجاهها )

**تدريب ٥ :** إذا علمت أن المسافة ( distance ) كمية قياسية ، و الإزاحة ( displacement ) كمية متجهة ، فأجب عما يأتي :

١ ) دار أحمد حول ملعب مستطيل الشكل طوله 120 m و عرضه 60 m احسب المسافة و الإزاحة لأحمد

ب ) تدخل سيارة دواراً نصف قطره 50 m و تدور دورة كاملة احسب المسافة و الإزاحة للسيارة

ج ) أعد حل فقرة ب في حالة دورتين ، نصف دورة ، ربع دورة

**تدريب ٦ :** حتى يصل الطالب من منزله إلى مدرسته وجب عليه أن يتحرك أربع بلكات جنوبا ثم خمس بلكات غربا ثم أربع بلكات جنوبا فكم تكون المسافة التي قطعها من بيته إلى مدرسته و ما مقدار إزاحته .

**تدريب ٧ :** سيارة تتحرك 4km شمالا ثم 3km شمالا ، اوجد مقدار المسافة و الإزاحة لها .

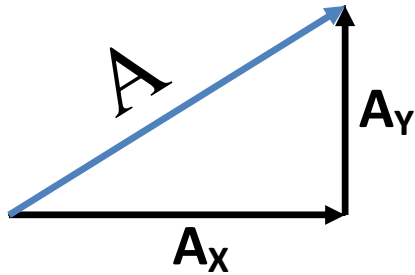
**تدريب ٨ :** متى تكون المسافة و الإزاحة متساويتان ؟



### c ( جمع المتجهات بشكل عام :

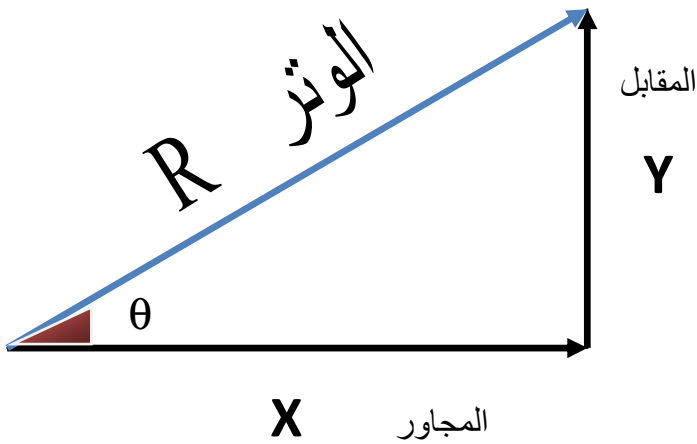
- من أفضل الطرق للتعامل مع جمع المتجهات التي بينها زوايا مختلفة طريقة ( تحليل المتجه إلى مركباته ) و ذلك لتبسيطها و تسهيل التعامل معها

- يمكننا دوما كتابة أي متجه بواسطة مركباته على محوري x,y بحيث تحقق دوما العلاقة التالية:

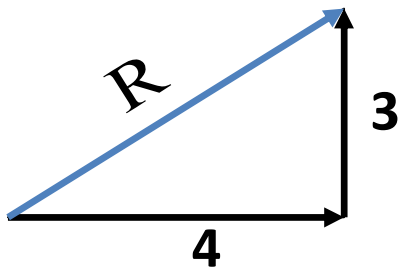


$$A = A_x + A_y$$

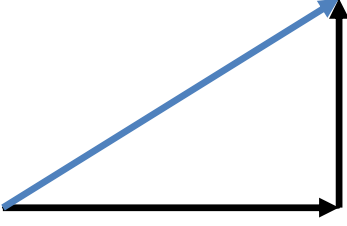
- لتحليل المتجه إلى مركباته وجب علينا التعرف على الدوال المثلثية (  $\sin \theta$  ،  $\cos \theta$  ،  $\tan \theta$  )



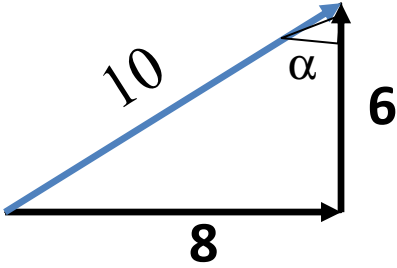
مثال ٧ : اوجد قيمة R ثم احسب  $\sin \theta$  ،  $\cos \theta$  ،  $\tan \theta$  في الشكل المقابل :



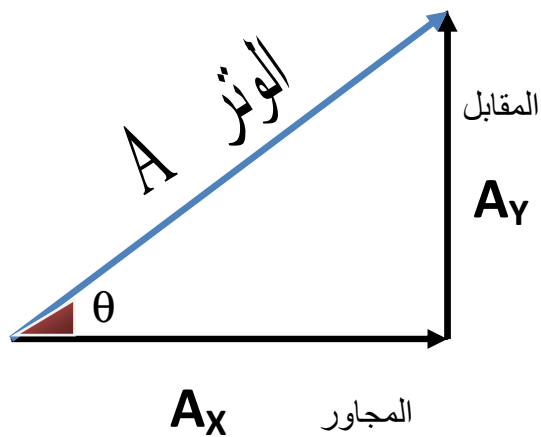
تدريب ٨ : من الشكل المقابل احسب  $\sin \theta$  ،  $\cos \theta$  ،  $\tan \theta$  ؟



تدريب ٩ : اوجد قيمة R ثم احسب  $\sin \theta$  ،  $\cos \theta$  ،  $\tan \theta$  ثم احسب  $\sin \alpha$  ،  $\cos \alpha$  ،  $\tan \alpha$  في الشكل المقابل و ماذا تلاحظ ؟



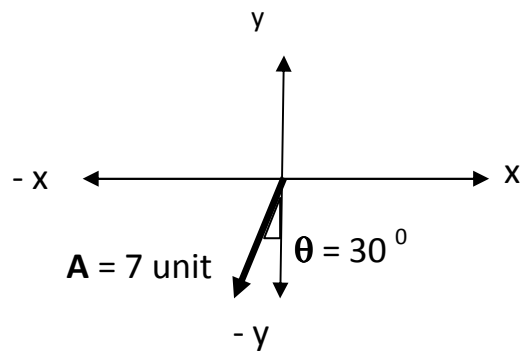
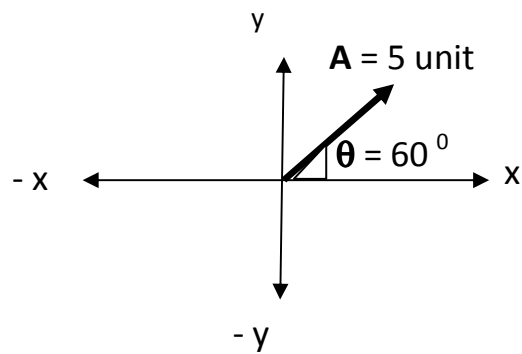
تدريب ١٠ : إذا كان  $\sin \theta = \frac{5}{13}$  ، فاولد قيمة  $\cos \theta$  ،  $\tan \theta$  ؟



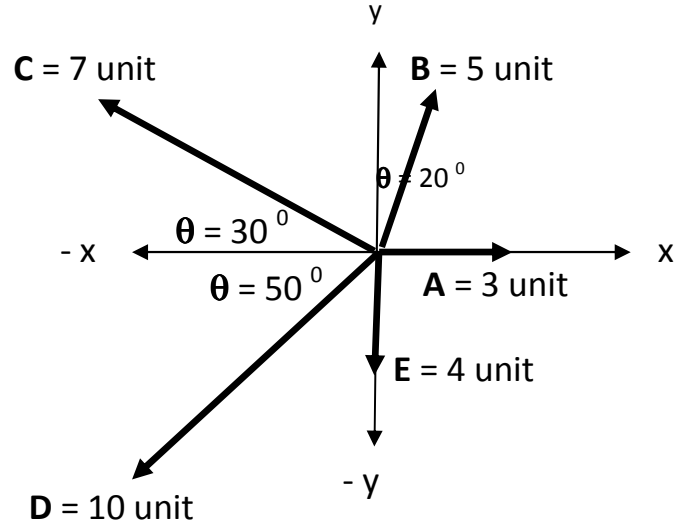
تحليل المتجه  $A$  إلى مركباته  $A_x, A_y$  :

**إضاءة:** دوماً المجاور للزاوية يأخذ  $A \cos \theta$  ، و يأخذ المقابل للزاوية  $A \sin \theta$

**مثال ٨ :** أوجد المركبة  $A_x$  و المركبة  $A_y$  لكل من المتجهات التالية :

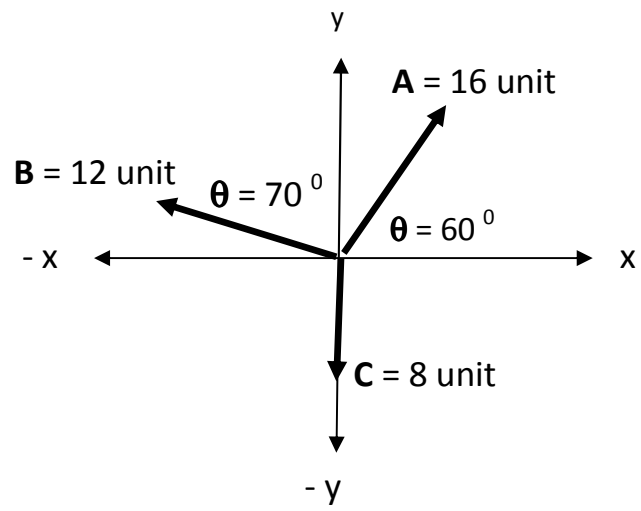


تدريب ١١ : أوجد المركبة  $A_x$  و المركبة  $A_y$  لكل من المتجهات التالية :



**عزيزي الطالب :** لا تنتقل إلى النقطة التي تليها قبل أن تتقن عملية التحليل ، و تذكر دوماً أن المحور المجاور للزاوية يأخذ الدالة المثلثية  $\cos \theta$

مثال ٩ : أوجد حاصل جمع المتجهات A , B , C في الشكل المجاور :



**مثال ١٠ :** تحرك أسامة 10 m نحو الشرق ، ثم انحرف نحو الشمال بزاوية  $30^0$  و سار مسافة 8m ثم تحرك باتجاه الجنوب الشرقي 12 m بزاوية  $60^0$  أوجد المسافة و الإزاحة لحركة أسامة .

توجيهات للحل : ارسم حركة أسامة ، انقل متجهات الإزاحة بحيث تنطلق من نقطة الأصل ، حلل متجهات الإزاحة ، اوجد المحصلة ( الإزاحة ) مقدارا و اتجاها كما مر معك سابقا .

الحالة A , B	الزاوية بين A , B	مقدار المحصلة	اتجاه المحصلة
بنفس الاتجاه	$\theta = 0^0$	جمع جبري $R = A + B$	بنفس اتجاه المتجهين
متعاكسان بالاتجاه	$\theta = 180^0$	طرح جبري $R = A - B$	باتجاه الأكبر A
متعامدان	$\theta = 90^0$	$R = \sqrt{A^2 + B^2}$	$\tan \theta = \frac{B}{A}$
غير ذلك ( الحالة العامة )	نحلل المتجهات إلى مركباتها X , Y و نجد محصلة $R_x , R_y$ و من ثم نعاملها معاملة المتجهين المتعامدين لإيجاد المحصلة مقدارا R و اتجاها $\alpha$		

## إضاءة : كيف نحسب اتجاه المحصلة $\alpha$ :

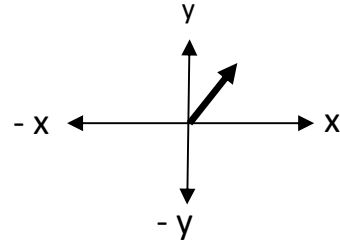
١: يجب تحديد الربع الذي تقع فيه المحصلة :

٢ : نستخدم العلاقة  $\tan \alpha = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \frac{B}{A}$  لإيجاد قيمة  $\alpha$

٣ : نجد الزاوية الموجهة  $\phi$  : و هي زاوية مع محور X الموجب و عكس عقارب الساعة ، و نحسبها حسب الربع الذي تقع فيه المحصلة كما يلي :

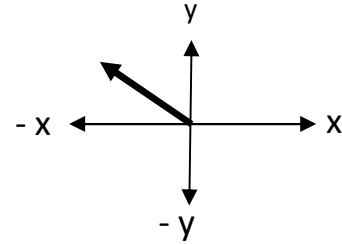
( a ) إذا كانت  $R_x$  موجبة ،  $R_y$  موجبة ( المحصلة في الربع الأول )

$$\phi = \alpha$$



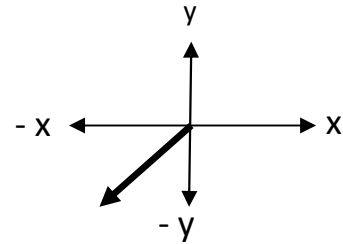
( b ) إذا كانت  $R_x$  سالبة ،  $R_y$  موجبة ( المحصلة في الربع الثاني )

$$\phi = 180 - \alpha$$



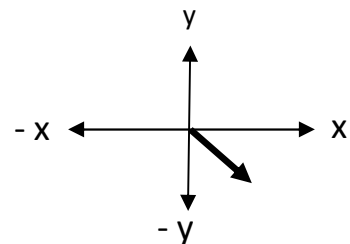
( c ) إذا كانت  $R_x$  سالبة ،  $R_y$  سالبة ( المحصلة في الربع الثالث )

$$\phi = 180 + \alpha$$



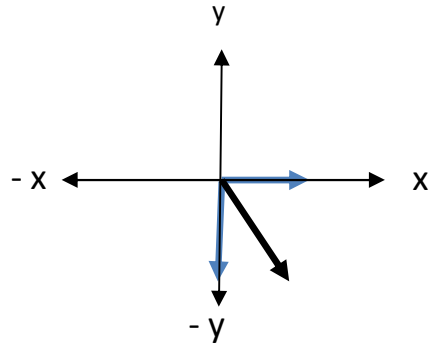
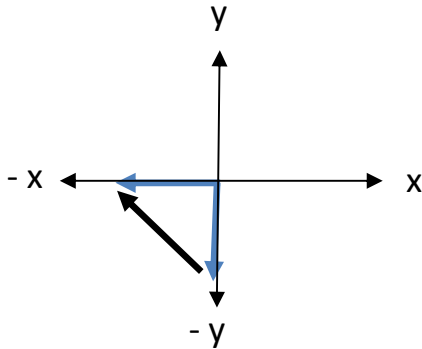
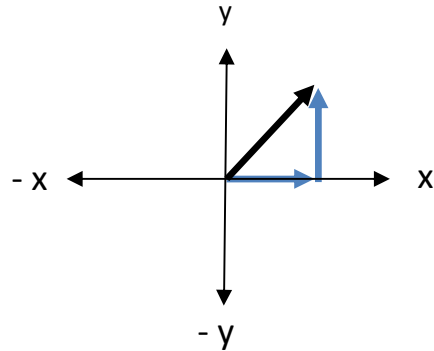
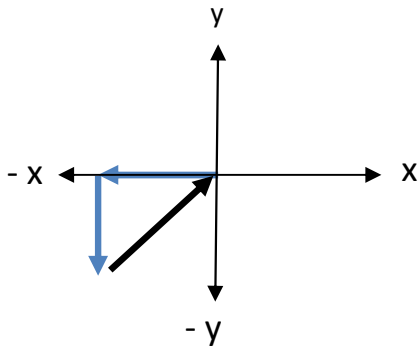
( d ) إذا كانت  $R_x$  موجبة ،  $R_y$  سالبة ( المحصلة في الربع الرابع )

$$\phi = 360 - \alpha$$



### اختبر فهمك :

( ١ ) أي من الحالات التالية تعبر المركبات السينية  $X$  و المركبات الصادية  $Y$  عن المتجه تعبيرا صحيحا :



( ٢ ) هل تستطيع قوة متجهة إلى الشرق أن تتزن مع قوة متجهة إلى الشمال ( تتزن أي أن المحصلة لهما  $= 0$  )



٣ ( أي من الكميات التالية يمكن أن تمثل بمتجه :

أ : قوة الجاذبية الأرضية :

ب : عدد السكان في مدينة الرياض

ج : سرعة الرياح

د : حركة القارب

هـ : عدد الكتب على رف مكتبك

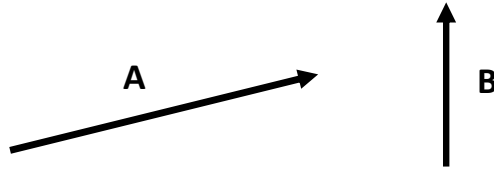
٤ ( هل المسافة التي تمشيها تساوي مقدار إزاحتك ؟ أعط مثالا يدعم استنتاجك .

٥ ( هل يمكن لمتجه أن يكون اقصر من إحدى مركبتيه أو مساويا لطولها ؟ وضح إجابتك .

٦ ( في النظام الإحداثي الذي يشير فيه محور السينات  $X$  إلى اتجاه الشرق ، ما مدى الزاوية التي تكون فيها المركبة السينية  $X$  موجبة ، و ما المجال الذي تكون فيه سالبة .

## تدريبات على تحليل المتجهات :

( ١ ) أعطيت المتجهين  $A$  ,  $B$  كما في الشكل التالي ، اوجد بالرسم المتجهة  $C = A - B$



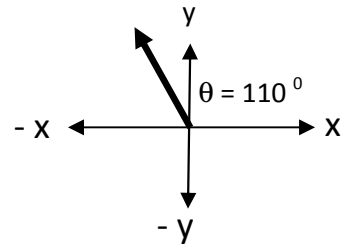
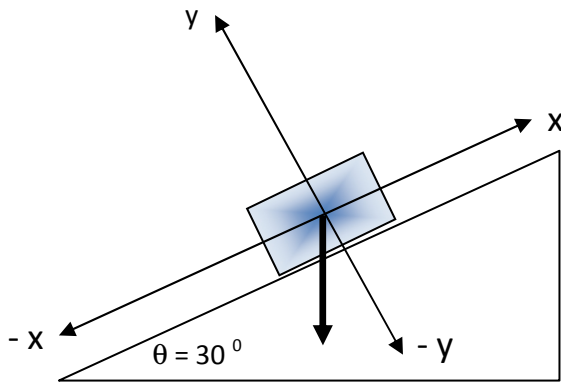
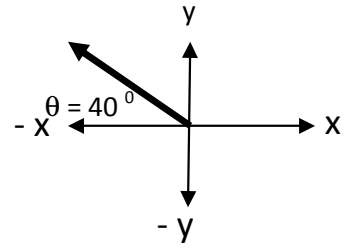
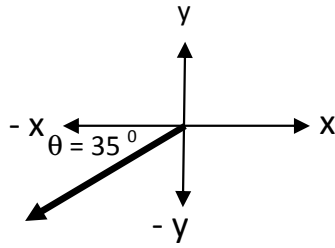
( ٢ ) اوجد مقدار و اتجاه المتجه  $A$  الذي مركباته السينية و الصادية كما يأتي :

$A_x$	$A_y$	$A$	$\theta$
- 4.0	- 4.0		
8.0	0.0		

( ٣ ) أعطيت مركبات المتجهين  $A$  ,  $B$  كما يلي  $A_x = 2.0$  ،  $A_y = 3.0$  ،  $B_x = - 2.0$  ،  $B_y = 5.0$

اوجد مقدار و اتجاه كل من العلاقات التالية :  $A$  ،  $A - B$  ،  $2A + B$

٤ ) اوجد مقدار المركبات للمتجهات في الرسومات التالية ، معتبرا قيمة كل متجه منها يساوي 10 unit



٥ ) يتحرك رجل على قدميه مسافة 6.0 km باتجاه الشرق ، ثم 13.0 km باتجاه الشمال اوجد مقدار و اتجاه متجه الإزاحة الناتجة .

٦ ( أزيح صندوق إزاحة ما ، ثم أزيح إزاحة أخرى يختلف مقدارها عن مقدار الإزاحة الأولى ، فهل يمكن أن يكون للازاحتين اتجاهان بحيث يجعلان الإزاحة المحصلة تساوي صفرا ، افترض أن الصندوق حرك خلال ثلاث إزاحات مقاديرها غير متساوية فهل يمكننا أن تكون المحصلة تساوي صفرا ؟ ادمع استنتاجك برسم تخطيطي .

٧ ( لديك المتجه  $R$  الذي يصنع زاوية قدرها  $30^0$  على محور السينات الموجب و قيمة المركبة السينية له 2 اوجد قيمة المركبة الصادية و قيمة المتجه  $R$

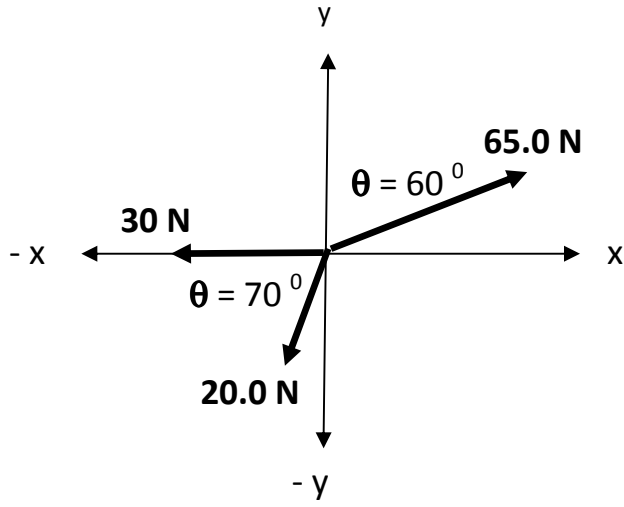
٨ ( يمشي رجل بزاوية  $25^0$  جهة الشمال الشرقي لمسافة 25 km كم يجب عليه أن يمشي باتجاه الشمال و من ثم باتجاه الشرق ليصل إلى نفس الموضع .

٩ ( يسبح حوت نحو الشرق مسافة 6.9 km ثم يدور و يسبح نحو الغرب مسافة 1.8 km و بعدها يدور نحو الشرق ليقطع مسافة 7.3km ما مقدار المسافة ( كمية قياسية ) و الإزاحة ( كمية متجهة ) للحوت أثناء سباحته .

١٠ ( سيارة تتحرك بسرعة 40 m/s إذا كانت المركبة السينية للسرعة 30 m/s فاوجد قيمة المركبة الصادية للسرعة السيارة .

١١ ( تستقر حشرة على لوح خشبي طافي على سطح مجرى مائي يتحرك في خط مستقيم مع التيار باتجاه الجنوب بسرعة 5 cm/s ، فإذا تحركت الحشرة على اللوح في عكس اتجاه التيار شمالا بسرعة 3 cm/s فما هي سرعة الحشرة بالنسبة لصفة المجرى المائي .

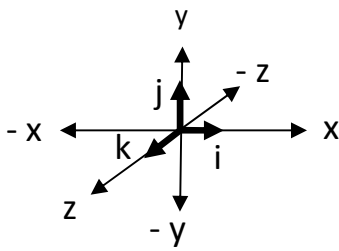
١٢ ) لديك ثلاث قوى ( كمية متجهة ) تؤثر على جسم موضوع في نقطة الأصل ، احسب مقدار و اتجاه محصلة القوى على الجسم .



## متجهات الوحدة ( Unit Vectors )

تذكر أن الفيزيائيين دوماً يسعون إلى تبسيط الأمور

- لسهولة التعامل مع المتجهات تكتب كتعبير بمتجهات الوحدة ، لذلك تعرف متجهات الوحدة بأنها متجهات مقدارها واحد ( 1 unit ) و باتجاه احد المحاور المتعامدة حيث اصطلح على أن :



- متجه الوحدة الذي يشير إلى محور X هو  $\hat{i}$

- متجه الوحدة الذي يشير إلى محور Y هو  $\hat{j}$

- متجه الوحدة الذي يشير إلى محور Z هو  $\hat{k}$

مثال ١ : متجه  $\mathbf{A}$  مقداره 10 unit و اتجاهه  $30^\circ$  ، اوجد مركبات المتجه  $\mathbf{A}$  ثم اكتبه بدلالة متجهات الوحدة

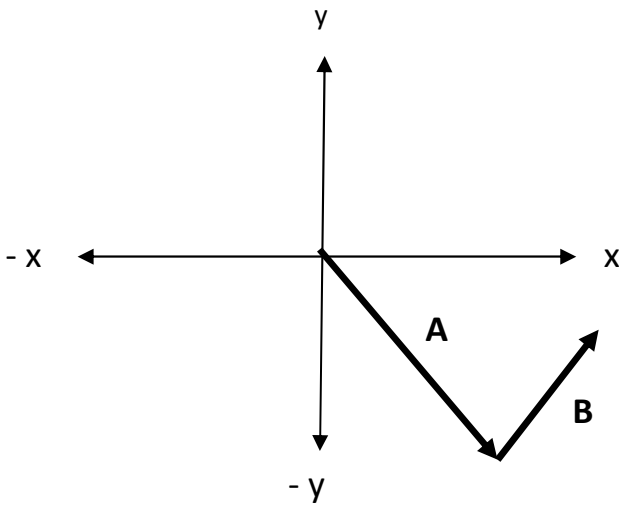
مثال ٢ : إذا علمت أن  $\mathbf{A} = 3\hat{i} + 5\hat{j}$  ،  $\mathbf{B} = 4\hat{i} - 2\hat{j}$  ، اوجد مقدار و اتجاه المتجه  $\mathbf{C} = 2\mathbf{B} - \mathbf{A}$

## اختبر فهمك :

١ : لديك المتجه  $A = 5i - 4j$  ، في أي ربع يقع المتجه ، مقدار المتجه ، اتجاه المتجه مع محور السينات

٢ : متجه  $B$  مركبته السينية -3- و مركبته الصادية 3 اكتب المتجه  $B$  بدلالة متجهات الوحدة  
ثم اوجد مقداره و اتجاهه .

٣ : لديك متجهين  $A, B$  كما في الرسم ما هي إشارة المركبة السينية و الصادية لكل منهما و لحاصل جمعهما





٤ : اوجد مجموع المتجهين  $A, B$  في المستوى  $x, y$  علما أن  $B = 2i - 4j$  و  $A = 2i + 2j$  ، ثم احسب مقدار و اتجاه ناتج جمعهما ؟

٥ ( اعد حل السؤال السابق و اوجد حاصل طرحهما  $A - B$  ؟

### تدريبات على متجهات الوحدة :

١ ( إذا كانت  $A = 6i - 8j$  ، و  $B = -8i + 3j$  ، و  $C = 26i + 19j$  ، احسب قيمة  $a, b$  التي تحقق المعادلة  $aA + bB + C = 0$

٢ ( أعطيت المتجه  $R = 2i + j + 3k$  ، اوجد مقدار المتجه  $R$  )

٣ ( اوجد مركبات الإزاحة لو أضيفت إلى الإزاحة  $m(7i - 4j)$  لكانت الإزاحة المحصلة  $m(5i - 3j)$  )

٤ ( اوجد الزاوية بين المتجهين  $A = 3i + 3j$  و المتجه  $B = -4i + 2j$  )

٥ ( إذا كان  $B = 5i + 3j - k$  و  $C = 2i + j - 7k$  فاحسب مقدار المتجه  $A = 3B - C$  )

٦ ( إذا كان  $A = 14i + 4j$  ،  $B = 4i + 6j$  فما هو اتجاه المتجه  $C = A - 2B$  )

## ضرب المتجهات ( product vectors )

**أولاً:** الضرب القياسي للمتجهات ( scalar product ) :

خصائصه: الناتج كمية قياسية ، عملية إبدالية .

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = |\mathbf{a}| |\mathbf{b}| \cos \theta$$

- يمكن حساب الناتج من الضرب القياسي حسب المعادلة

- حيث  $\theta$  الزاوية المحصورة بين المتجهين .

- من الأمثلة على الضرب القياسي : الشغل ( work )  $w = \mathbf{F} \cdot \mathbf{d}$  و ينتج عن الضرب القياسي لمتجهي القوة و الإزاحة .

مثال: إذا كانت  $\mathbf{A} = 4\mathbf{i} + 5\mathbf{j}$  ،  $\mathbf{B} = 3\mathbf{i} - 2\mathbf{j}$  ، احسب حاصل الضرب القياسي للمتجهين  $\mathbf{A} , \mathbf{B}$

تدريب: من المعلومات الواردة في السؤال السابق احسب الزاوية بين المتجهين مستخدماً العلاقة الرياضية للضرب القياسي .

**اختبر نفسك :**

١ : عند أي زاوية يكون  $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$  أكبر ما يمكن :

٢ : عند أي زاوية يكون  $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$  يساوي صفراً :

## ثانياً: الضرب المتجه للمتجهات ( Vector product ) :

خصائصه: الناتج يكون كمية متجهة ( يكون اتجاه الناتج متعامد على المستوى الذي يحوي المتجهين ) ، عملية غير إبدالية .

- يمكن حساب الناتج من الضرب الاتجاهي من العلاقة التالية :  $c = |a \times b| = |a| |b| \cos \theta$

- حيث  $\theta$  الزاوية المحصورة بين المتجهين .

- من الأمثلة على الضرب الإتجاهي : العزم ( torque )  $\tau = \mathbf{F} \times \mathbf{d}$  و ينتج عن الضرب الاتجاهي لمتجهي القوة و الإزاحة .

مثال : إذا كانت  $\mathbf{A} = 4\mathbf{i} + 5\mathbf{j}$  ،  $\mathbf{B} = 3\mathbf{i} - 2\mathbf{j}$  ، احسب حاصل الضرب الاتجاهي للمتجهين  $\mathbf{A}$  ,  $\mathbf{B}$

## اختبر نفسك :

١ : عند أي زاوية يكون  $\mathbf{B} \times \mathbf{A}$  أكبر ما يمكن :

٢ : عند أي زاوية يكون  $\mathbf{B} \times \mathbf{A}$  يساوي صفراً :

تدريب : لديك المتجهان  $\mathbf{A} = 2\mathbf{i} - 3\mathbf{j}$  و  $\mathbf{B} = -\mathbf{i} + \beta\mathbf{j}$  ، احسب قيمة الثابت  $\beta$  ليكون المتجهين متعامدين .

الحركة في بعد واحد

( motion in one Dimension )

## الحركة في بعد واحد ( motion in one Dimension )

- العالم جاليليو أول من فكر في تكميم الحركة و إعطاء السرعة قيمة و هو أول من فكر في القصور الذاتي

الميكانيكا : تدرس حركة الأجسام ( mechanics ; study of objects in motion )	
دايناميك ( Dynamics )	كينماتيكا ( Kinematics )
لماذا تتحرك الأجسام ( Why objects move )	تصف حركة الأجسام ( Description of how objects move )

- لوصف حركة الجسم يجب علينا أن نتعرف على المسافة ( Distance ) و هي كمية قياسية ، و الإزاحة ( Displacement ) و هي كمية متجهة .

مثال ١ : تحرك خالد 3m غربا ثم 4m شرقا ، اوجد المسافة و الإزاحة لحركة خالد

( افترض أن رمز المسافة d و رمز الإزاحة  $\Delta x$  )

مثال ٢ : سيارة تحركت 5km شمالا ، ثم 4km شرقا ، اوجد المسافة d و الإزاحة  $\Delta x$  ( مقدارا و اتجاها )

$$v = \frac{d}{t}$$

السرعة ( speed ) : مقدار المسافة المقطوعة خلال وحدة الزمن

$$Average\ speed = \frac{\text{total distance}}{\text{total time}}$$

$$\frac{\text{المسافة الكلية}}{\text{الزمن الكلي}} = \text{السرعة المتوسطة}$$

- ملاحظات على السرعة ( speed ) : وحدة قياسها m/s ، السرعة دوما موجبة أو صفر

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

السرعة المتجهة ( Velocity ) : الإزاحة خلال وحدة الزمن .

$$Average\ Velocity = \frac{\text{total Displacement}}{\text{total time}}$$

$$\frac{\text{الإزاحة}}{\text{الزمن}} = \text{السرعة المتوسطة المتجهة}$$

ملاحظات على السرعة المتجهة ( Velocity ) : وحدة قياسها m/s ، تأخذ قيم موجبة أو صفر أو سالبة .

مثال ٣ : ما المسافة التي قطعها خالد في 1.5h و هو يركض بسرعة متوسطة 2m/s

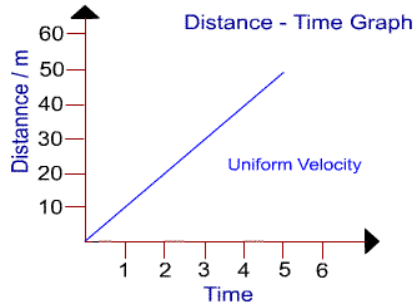
مثال ٤ : تحركت سيارة 7km شمالا ثم 3km غربا خلال 15 min أوجد السرعة المتوسطة ( Average speed ) ثم احسب السرعة المتجهة المتوسطة ( Average Velocity )

( اتجاه السرعة المتجهة دوما باتجاه الإزاحة )

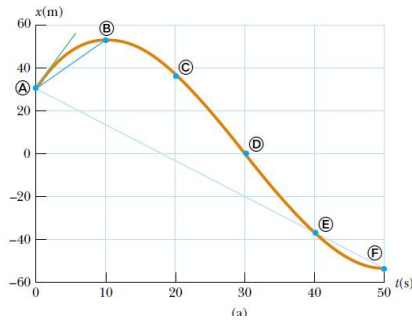
**مثال ٥ :** سافر زياد بسيارته من القرية إلى المدينة بسرعة ثابتة قدرها 70km/h ، وكانت سرعته في أثناء العودة 100km/h ، احسب السرعة المتوسطة ( speed ) لسيارة زياد خلال الرحلة .

منحنى المسافة و الزمن ( Distance vs time ) :

- يمكننا حساب السرعة ( speed ) من ميل منحنى ( d - t )



**مثال ٦ :** احسب السرعة من الرسم البياني المجاور ؟



منحنى الموقع و الزمن ( Position vs time )

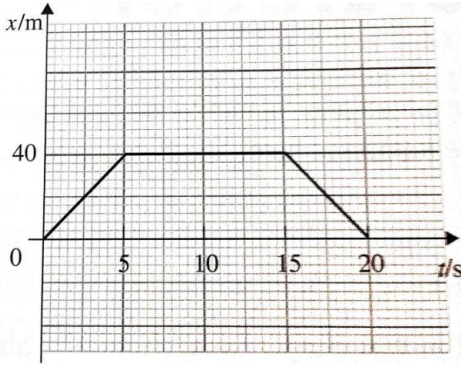
- يمكن حساب الإزاحة لأي فترة زمنية من خلال العلاقة الرياضية :

$$\Delta x = x_f - x_i$$

- يمكن حساب السرعة المتجهة ( velocity ) من ميل منحنى ( الموقع - الزمن )



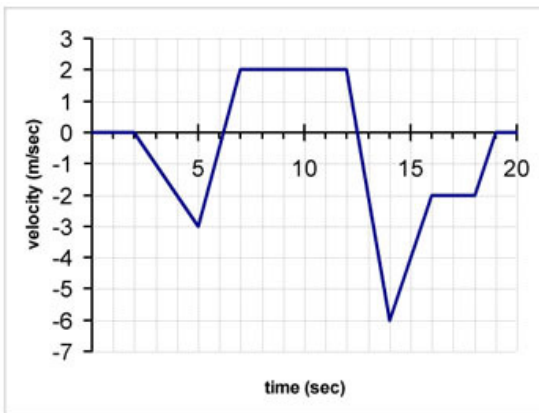
**مثال ٧ :** الرسم البياني يمثل حركة جسيم نقطي بخط مستقيم بالنسبة للزمن ، احسب متوسط السرعة و السرعة المتجهة المتوسطة خلال 20s ؟



### إيجاد الإزاحة من منحنى السرعة و الزمن ( velocity - time )

المساحة تحت منحنى السرعة و الزمن تمثل الإزاحة المقطوعة خلال الفترة الزمنية

**مثال ٨ :** الرسم البياني لمنحنى (  $v-t$  ) يصف سرعة جسم يسير بخط مستقيم على محور السينات مع مرور الزمن ، اوجد المسافة التي قطعها الجسم خلال 20s ، اوجد الإزاحة التي قطعها الجسم خلال 20 s ، ناقش الإجابتين .



التسارع ( Acceleration ) : هو معدل تغير السرعة المتجهة بالنسبة للزمن .

$$\text{Average Acceleration} = \frac{\text{change in velocity}}{\text{time interval}}$$

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_i}{t - t_i}$$

- ملاحظات على التسارع : وحدة التسارع  $m/s^2$  ، التسارع كمية متجهة .

**مثال ٨ :** تبلغ سرعة سيارة على قمة تلة  $10m/s$  و بعد مرور  $2s$  أصبحت سرعة السيارة  $26m/s$  باتجاه أسفل التلة ، احسب تسارع السيارة .

ماذا تعني لك الإجابة ؟ .....

**اختبر فهمك :** متى يكون التسارع موجبا و متى يكون صفرا و متى يكون سالبا .

حالات التسارع	الحالة الأولى	الحالة الثانية
التسارع موجب		
التسارع صفرا		
التسارع سالبا		

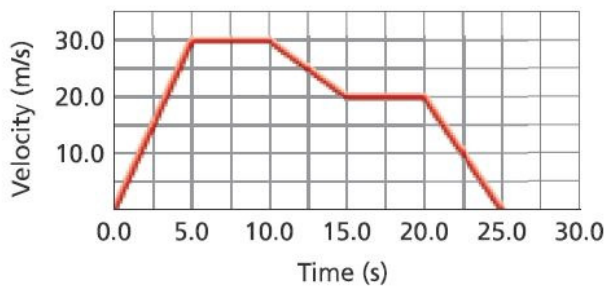
**تدريب ١ :** سيارة فراري 348 تستطيع أن تنطلق من السكون إلى سرعة  $100km/h$  خلال  $5.6s$  ،

احسب متوسط تسارعها

**تدريب ٢ :** يتحرك جسم نحو الشرق بسرعة  $5\text{m/s}$  ، فإذا غير اتجاهه إلى الغرب بنفس السرعة خلال  $5\text{s}$  احسب متوسط التسارع لهذا الجسم ؟

### حساب التسارع المتوسط من منحنى السرعة مع الزمن ( $av - t$ ) :

يمكننا حساب التسارع في فترة زمنية ما بحساب ميل منحنى السرعة مع الزمن



**مثال ٩ :** استعن بالشكل الآتي و احسب

١ : تسارع الجسم المتحرك في الأزمنة التالية :

أ ( خلال أول  $5\text{s}$  من الرحلة

ب) بين  $10\text{s}$  و  $15\text{s}$  من الرحلة

ج) بين  $15\text{s}$  و  $20\text{s}$  من الرحلة

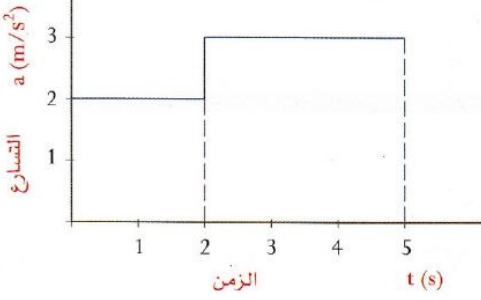
٢ : إزاحة الجسم في أول  $20\text{s}$  من الرحلة .

## حساب السرعة من منحنى التسارع مع الزمن ( a-t )

- المساحة تحت منحنى التسارع مع الزمن تمثل التغير في السرعة (  $\Delta v$  ) .

مثال ١٠ : يمثل الرسم تسارع جسم خلال حركته عند  $t=0s$  كانت سرعة الجسم  $1m/s$  ، ما هي سرعته

عند  $t=4s$  ؟



**اختبر فهمك :**

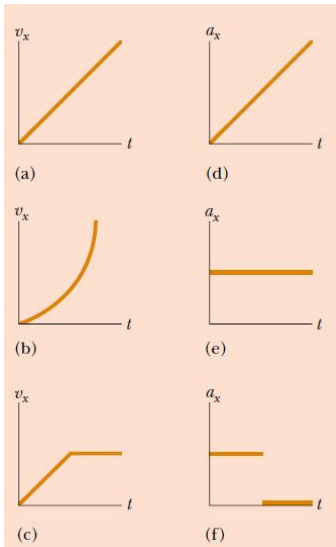
( ١ ) هل السرعة المتجهة و التسارع دائما بنفس الاتجاه ؟ وضح إجابتك ؟

( ٢ ) هل من الممكن أن يكون تسارع الجسم يساوي صفرا و سرعته المتجهة لا تساوي صفرا ؟ وضح إجابتك ؟

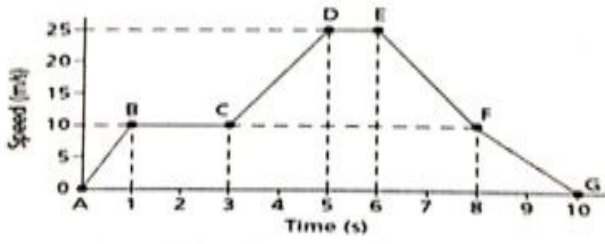
( ٣ ) في الشكل المقابل صل منحنى السرعة مع الزمن في العمود

الأيسر بالرسم البياني المناسب لمنحنى التسارع مع الزمن في

العمود الأيمن :



٤ ( استخدم الرسم البياني المجاور الذي يمثل سرعة جسيم بالنسبة للزمن للإجابة عن الأسئلة التي تليه :



a ( احسب التسارع في الفترة الزمنية من 3s إلى 5s

b ( السرعة المتوسطة خلال الفترة الزمنية من 6s إلى 8s

c ( المسافة المقطوعة خلال أول 3s من الرحلة

d ( في أي مراحل الحركة كان للجسم أكبر تسارع

e ( خلال الفترة الزمنية من 8s إلى 10s ماذا حصل لسرعة الجسم

f ( ما هي أعلى سرعة وصل إليها الجسم أثناء حركته

**تعميق المفاهيم :** أكمل الجدول التالي من خلال دراستك للموضوع السابق :

الاستفادة من المنحنى	منحنى الرسم البياني
	الموقع - الزمن
	السرعة - الزمن
	التسارع - الزمن

## معادلات الحركة بتسارع ثابت ( Equations of motion with constant acceleration )

- تستخدم هذه المعادلات لحل المسائل التي تكون فيها حركة الجسم بخط مستقيم بتسارع ثابت مقداراً و اتجاهها

$v = v_0 + at$	السرعة الابتدائية $v_0$	<p>نلاحظ أن كل معادلة تحتوي على أربع كميات من الكميات الخمس ( <math>v, v_0, a, t, \Delta x</math> )</p> <p>و هذا يعني أن كل معادلة ينقصها إحدى الكميات لذلك لا بد من اختيار المعادلة المناسبة حسب معطيات المسألة</p>
$\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$	السرعة النهائية $v$	
$\Delta x = v t - \frac{1}{2}at^2$	الإزاحة $\Delta x = x - x_0$	
$v^2 = v_0^2 + \frac{1}{2} a \Delta x$	التسارع $a$	
$\Delta x = \frac{1}{2}(v_0 + v)t$	الزمن $t$	

**مثال ١١ :** يتحرك متزلج على لوح تزلج بسرعة منتظمة 1.75 m/s وعندما بدأ يصعد مستوى مائلاً تباطأت حركته بتسارع ثابت  $0.2 \text{ m/s}^2$  احسب الزمن اللازم حتى يتوقف؟

## تدريبات على معادلات الحركة بتسارع ثابت :

١ : - تتزايد سرعة جسم من 8.0 m/s إلى 16.0 m/s خلال 10s كم المسافة التي يكون قد قطعها الجسم خلال تلك المدة ؟

٢- هبطت طائرة على المدرج بسرعة 63m/s في الموقع  $x = 0$  وبعد 2s توقفت احسب الموقع النهائي للطائرة على المدرج ؟

٣- دراجة تسير بتسارع ثابت  $2.5\text{m/s}^2$  ، احسب الزمن اللازم لها لتغير سرعتها من 21m/s إلى 31m/s

٤- سيارة رياضية تتسارع من الصفر إلى 40 km/h خلال 2 s ما الزمن اللازم لتتسارع :  
من صفر إلى 80 km/h اعتبر قدرة المحرك لا تعتمد على السرعة وأهمل مقاومة الهواء

٥- بدأ جسم حركته من سكون بتسارع ثابت المقدار والاتجاه فقطع مسافة 3m خلال 2 s من بدء حركته ، تكون سرعته عندما قطع نصف هذه المسافة هي ...

٦- انطلقت سيارة من السكون وتسارع ثابت وبعد ثانية واحدة أصبحت سرعتها 25 m/ s ثم استمرت بسرعة ثابتة بقية الطريق ، احسب المسافة التي قطعتها السيارة بعد 1min



٧ - يتدرب خالد على ركوب الدراجة الهوائية حيث يدفعه والده فيكتسب تسارعا منتظما قدره  $0.50\text{m/s}^2$  لمدة  $6.0\text{s}$  ثم يقود بعد ذلك خالد الدراجة بمفرده بسرعة  $3.0\text{m/s}$  مدة  $6.0\text{s}$  قبل أن يسقط أرضا . ما مقدار إزاحة خالد ؟

حاول أن تحل هذه المسألة بطريقتين : ١- بمعادلات الحركة ٢- بالرسم البياني لمنحنى ( v-t )

٨ - تسير سيارة بسرعة ثابتة  $45.0\text{m/s}$  تمر على رجل مرور مختبئ خلف لوحة إعلانات وبعد  $1\text{s}$  من مرور السيارة على لوحة الإعلانات يخرج رجل المرور من وراء اللوحة ليلحق بها ويبدأ في السير بتسارع ثابت  $3\text{m/s}^2$  ، ما هي المسافة التي يقطعها ليلحق بالسيارة ويوقفها

٩- سيارة تقطع منتصف المسافة بين مدينتين بسرعة  $v_1$  ثم تسير بسرعة  $v_2$  خلال نصف الوقت المتبقي من تلك النقطة بينما تسير بسرعة  $v_3$  فيما تبقى من الزمن احسب متوسط السرعة للسيارة ؟

١٠ - تتجه سيارتان نحو بعضهما البعض على مسار مستقيم ولكل منهما مقدار السرعة  $v$  بالنسبة لسطح الأرض . تطير نحلة بسرعة  $u$  بالنسبة لسطح الأرض منطلقاً من إحدى السيارتين عندما كانت المسافة بين السيارتين  $d$  وتتجه مباشرة نحو السيارة الأخرى وعند وصول النحلة إلى السيارة الأخرى تعود مباشرة نحو السيارة الأولى وهكذا ، تعطى المسافة الكلية  $d$  التي قطعتها النحلة قبل أن تصطدم السيارتان بالصيغة ؟

## السقوط الحر ( Free Fall )

- متى نسمي الحركة سقوطا حرا ؟ إذا كان الجسم يتحرك بتأثير قوة الجاذبية فقط ، وقريبا من سطح الأرض

( جسم سقط من السكون - قذف جسم إلى الأعلى - قذف جسم إلى الأسفل ) جميعها حالات للسقوط الحر

تسارع الجاذبية الأرضية  $g = -9.8 \text{ m/s}^2$

المقدار  $9.8 \text{ m/s}^2$  والاتجاه دوما للأسفل نحو مركز الأرض ( إشارة السالب )

- تصل الأجسام الثقيلة والخفيفة في نفس الوقت إذا سقطت في الفراغ

$v = v_i + gt$	معادلات السقوط الحر نفس المعادلات السابق للحركة ولكن نعوض دائما بدل التسارع بتسارع الجاذبية الأرضية $g = -9.8 \text{ m/s}^2$
$\Delta y = v_i t + \frac{1}{2}gt^2$	
$\Delta y = v t - \frac{1}{2}gt^2$	
$v^2 = v_i^2 + \frac{1}{2}g \Delta y$	
$\Delta y = \frac{1}{2}(v_i + v)t$	

تذكر أن نعوض قيمة التسارع بالسالب في معادلات السقوط الحر :  $g = -9.8 \text{ m/s}^2$

## الإشارات في حلول المسائل لـ $\Delta y, v, g$

هبوط للأسفل	صعود للأعلى
$v \leftarrow$ سالبة $g \leftarrow$ سالبة $\Delta y \leftarrow$ سالبة	$v \leftarrow$ موجبة $g \leftarrow$ سالبة $\Delta y \leftarrow$ موجبة

نلاحظ أن  $g$  دوما سالبة بغض النظر الجسم صاعد للأعلى أو هابط للأسفل

سؤال : علل سبب الإشارة السالبة لـ  $g$  في الصعود والهبوط :

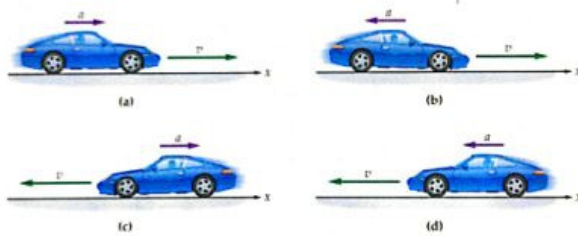
الصعود للأعلى	الهبوط للأسفل
تكون السرعة للأعلى والتسارع للأسفل وهذا يعني أن الجسم تتناقص سرعته في الاتجاه الموجب إذا التسارع سالب	تكون السرعة والتسارع للأسفل لذلك تتزايد السرعة في الاتجاه السالب إذا التسارع سالب

**تعليل آخر :** دوما التسارع باتجاه القوة و بما أن القوة الوحيدة المؤثرة على الأجسام بالسقوط الحر هي الجاذبية و اتجاهها دوما للأسفل لذلك دوما سيكون تسارع الجاذبية الأرضية باتجاه الأسفل ( الاتجاه السالب )

### اختبر فهمك :

- ١- ماذا يحصل لـ سرعة في مرحلة الصعود ..... مرحلة الهبوط .....
- ٢- ما قيمة التسارع في أ- الصعود ..... ب- الهبوط ..... ج- أقصى ارتفاع .....
- ٣- هل يقطع الجسم مسافات متساوية في أزمنة متساوية أثناء حركته في السقوط الحر .....

Acceleration (increasing speed) and deceleration (decreasing speed) should not be confused with the directions of velocity and acceleration :



٤- حدد إشارة التسارع في كل من الرسومات الأربع

- ٥ - إذا كان تسارع الجاذبية على سطح المريخ يساوي  $\frac{1}{3}$  تسارع الجاذبية على سطح الأرض فإذا قذفت كرة الى أعلى من على سطح كل من المريخ و الأرض بالسرعة نفسها ، قارن بين أقصى ارتفاع وزمن التحليق لكرة على سطح الأرض والمريخ ؟

٦ - افرض انك قذفت كرة إلى أعلى ، صف التغيرات في كل من سرعة الكرة وتسارعها ؟

٧ - أطلقت رصاصتين بسرعة 30m/s احدهما (A) إلى أعلى والأخرى (B) إلى أسفل جرف فأي تعبير يصف السرعة النهائية لكلاهما عند ارتطامهما أسفل الجرف

$$v_a = 2 v_b \quad , \quad 2v_a = v_b \quad , \quad v_a > v_b \quad , \quad v_a = v_b \quad , \quad v_a < v_b$$

### تدريبات على السقوط الحر

١- اسقط عامل بناء عرضا قطعة قرميد من سطح بناية ، فما سرعة القطعة بعد 4 s والمسافة التي قطعتها ؟

٢- قذفت كرة إلى أعلى بسرعة 40m/s احسب ما يلي

أ - أقصى ارتفاع وصلت إليه الكرة

ب- المسافة والإزاحة وسرعة الكرة بعد 7s

٣- يتدرب طالب على ركل كرة القدم راسيا إلى أعلى والكرة تعود أثر ركلها حتى اصطدامها بقدمه 3.0s فأوجد : السرعة الابتدائية للكرة وما الارتفاع التي وصلت إليه الكرة

٤- قذفت فتاة حجرا لأعلى بسرعة 20m/s من أعلى بناية ارتفاعها 40 m عن سطح الأرض فما هي سرعة الحجر عندما يصطدم بسطح الأرض والزمن الكلي لتحليق الحجر

٥- أطلق سهم لأعلى من حفرة عمقها 12 m بسرعة 38 m/s أوجد : أقصى ارتفاع يصل إليه السهم بالنسبة لسطح الأرض ثم احسب الزمن اللازم ليصل إلى مستوى الأرض

٦- قذف طالب حجرا من سطح بناية نحو الأعلى بسرعة  $4.9 \text{ m/s}$  ، الزمن اللازم لتصبح سرعة الحجر  $14.7 \text{ m/s}$  للأسفل هو

٧- في كوكب x يبلغ تسارع الجاذبية له  $2 \text{ m/s}^2$  فإذا كان باستطاعة رائد الفضاء أن يقفز  $0.5 \text{ m}$  على سطح الأرض فما هو الارتفاع الذي يستطيع رائد الفضاء أن يقفزه على كوكب x

٨- من شباك غرفة اسقط طفل كرة عاموديا من السكون نحو الأرض إذا علمت أن الزمن اللازم للكرة لتقطع نصف المسافة نحو الأرض هو  $1.2 \text{ s}$  فاحسب الزمن الذي ستأخذه الكرة لتسقط من السكون إلى سطح الأرض

٩- قذف حجر من ارتفاع 60m بشكل عامودي للأسفل بسرعة ابتدائية قدرها  $10 \text{ m/s}$  وفي نفس اللحظة قذف حجر آخر عموديا من سطح الأرض لأعلى بسرعة ابتدائية  $40 \text{ m/s}$  فأن الحجران يلتقيان على ارتفاع ؟

١٠- سقط جسم من السكون وقطع مسافة  $h$  في أول ثانية ، احسب المسافة التي سيقطعها في الثانية التالية



١١- أطلق صاروخ عاموديا للأعلى بسرعة ابتدائية  $80\text{m/s}$  وبتسارع  $4\text{ m/s}^2$  وعندما وصل إلى ارتفاع 1000 تعطل محرك الصاروخ ، احسب أقصى ارتفاع يصل إليه الصاروخ ؟

١٢- ترتفع طائرة مروحية رأسيا بسرعة  $5\text{m/s}$  إذا اسقط كيس من حمولتها حتى وصل إلى سطح الأرض خلال 2 s فاحسب

١- سرعة الكيس لحظة وصوله إلى الأرض

٢- المسافة التي قطعها الكيس .

٣- بعد الكيس عن الطائرة لحظة وصوله إلى سطح الأرض .

الحركة ثنائية الأبعاد

( Motion in Two Dimensions )

## الحركة ثنائية الأبعاد ( Motion in Two Dimensions )

- معظم أنواع الحركة في الحياة أكثر تعقيدا مما تم دراسته سابقا حيث تكون هذه الحركة في بعدين أو ثلاث أبعاد ، مثل حركة المقذوفات و الصواريخ و الطائرات ....
- لتبسيط التعامل مع الحركة ثنائية الأبعاد سنستخدم مبدأ استقلالية الحركة ( يتم معاملة كل بعد لوحده ) و هذا يعني أن الحركة على محور السينات مستقلة عن الحركة على محور الصادات ، ولا يؤثر أحدها على الآخر .
- اعد كتابة معادلات الحركة لجسم يتحرك في المستوى  $x, y$  مستخدما مبدأ استقلالية الحركة .

y- axis	x- axis
$v_y = v_{.y} + a_y t$	$v_x = v_{.x} + a_x t$
$\Delta y = v_{.y} t + \frac{1}{2} a_y t^2$	$\Delta x = v_{.x} t + \frac{1}{2} a_x t^2$
حاول أن تكمل بقية المعادلات بنفس الطريقة	

### متجه المكان ( Position Vector ) :

في الحركة ثنائية الأبعاد يمكننا التعبير عن مكان الجسم بمتجه ، فإذا انتقل الجسم من موقع ( ١ ) إلى آخر ( 2 ) لذلك تصبح إزاحة الجسم :

إزاحة الجسم النهائية	الموقع النهائي للجسم	الموقع الابتدائي للجسم
$\Delta \mathbf{r} = \Delta x_i + \Delta y_j$	$\mathbf{r}_2 = x_{2i} + y_{2j}$	$\mathbf{r}_1 = x_{1i} + y_{1j}$

متجهات السرعة و التسارع : بالمثل يمكن كتابة متجهات السرعة و التسارع في الحركة ثنائية الأبعاد حسب مركباتها في كل بعد (  $x, y$  ) كما يلي :

$\mathbf{a} = a_{xi} + a_{yj}$	$\mathbf{v} = v_{xi} + v_{yj}$
--------------------------------	--------------------------------

**مثال ١ :** تتحرك سيارة على سطح أفقي بسرعة ابتدائية متجهة  $v_i = (3i - 5j) \text{ m/s}$  على الموضع الابتدائي  $r_i = (15i - 7j) \text{ m}$  ، بالنسبة لنقطة الأصل ، إذا كان تسارع السيارة ثابتا و متجه التسارع هو

$$a = (2i + 4j) \text{ m/s}^2 \text{ فاحسب :}$$

أ : سرعة السيارة بعد مرور 10s

ب : حدد اتجاه سرعة الجسم بعد مرور 10s

ج : حدد موضع السيارة بعد مرور 10s

### تدريبات على الحركة ثنائية الأبعاد :

١ ( بدأ جسم حركته من نقطة الأصل عند  $t = 0 \text{ s}$  بسرعة ابتدائية  $(8.0j) \text{ m/s}$  و تحرك على مستوى  $x, y$  بتسارع ثابت  $(4i + 2j) \text{ m/s}^2$  في اللحظة التي يكون الاحداثي السيني للجسم  $x_f = 32 \text{ m}$  فما هي قيمة الاحداثي الصادي للجسم .

٢ ( بدأ جسيم حركته بسرعة ابتدائية  $(-2i + 4j) \text{ m/s}$  بتسارع ثابت قدرة  $3\text{m/s}^2$  باتجاه  $130^\circ$  من محور السينات الموجب ( from the positive direction of the x-axis ) فما هي السرعة المتجهة ( velocity ) للجسم بعد زمن قدرة  $t = 5\text{s}$  )

٣ ( إذا أعطيت السرعة النهائية لجسيم بالعلاقة التالية  $v_i = (6 - 2t)i + (-3 + 3t)j$  عند اللحظة  $t = 2.5\text{s}$  ، اوجد مقدار و اتجاه السرعة ( measured from the positive x-axis )

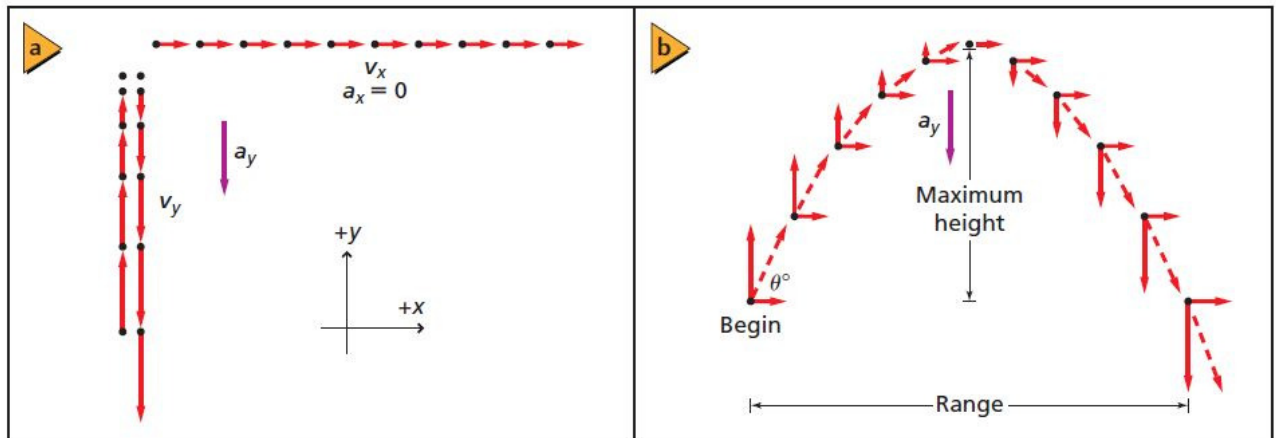
٤ ( تهب الرياح من الشرق إلى الغرب بسرعة  $10\text{m/s}$  خلال تحليق طائرة بسرعة  $20\text{m/s}$  من الجنوب إلى الشمال ، ما هي الزاوية التي يجب أن تصنعها الطائرة مع اتجاه الشمال لتعويض اثر الرياح ؟

## حركة المقذوفات ( Projectile Motion )

هي حركة ثنائية الأبعاد يكون فيها :

- السرعة على محور السينات لا تتغير لعدم وجود قوة مؤثرة في هذا الاتجاه ( x-axis )
- التسارع على محور السينات يساوي صفر
- القوة الوحيدة المؤثرة على حركة الجسم هي قوة الجاذبية و تكون دوماً على المحور العمودي ( y-axis )
- تسارع الحركة الرأسية ( y-axis ) يكون ثابت و مقداره ( g ) و اتجاهه دوماً إلى أسفل
- نطبق مبدأ استقلالية المحاور x , y في الحل
- الزمن مشترك في كلا المحورين x , y

انظر الشكل المقابل الذي يمثل جسيم قذف بزاوية و ناقش متجهات السرعة و التسارع و الموقع :



### اختبر فهمك :

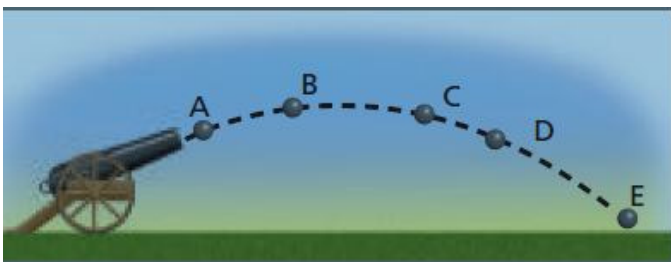
a) ادرس الشكل المجاور الذي يمثل مسار قذيفة مدفع ، ثم اجب عن الأسئلة التالية

١: أين يكون مقدار المركبة الرأسية للسرعة المتجهة اكبر ما يمكن ؟

٢: أين يكون مقدار المركبة الأفقية لسرعة المتجهة اكبر ما يمكن ؟

٣: أين تكون السرعة المتجهة الرأسية أقل ما يمكن ؟

٤: أين يكون مقدار التسارع الراسي أقل ما يمكن ؟



( b ) في لحظة ما كان متجه السرعة لكرة في الهواء  $v = 12i - 4j$

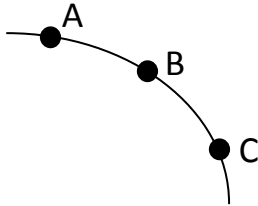
١ : الجسم صاعد أو هابط للأسفل ؟ .....

٢ : ما هي السرعة على محور  $x$  عند ارتطام الجسم بالأرض ؟ .....

( c ) في لحظة ما كان متجه السرعة لكرة مقذوفه في الهواء  $v = 10i$  :

١ : أين تكون الكرة بالنسبة لسطح الأرض ؟ .....

٢ : كم تسارع الكرة الأفقي ، الرأسى في تلك اللحظة ؟ .....



( d ) بالنسبة للقذيفة المبينة بالرسم و تتبع المسار ABC حدد اتجاه التسارع عند النقطة B

( e ) ألقى قائد طائرة تتحرك بسرعة متجهة ثابتة و على ارتفاع ثابت رزمة ثقيلة إذا أهملت مقاومة الهواء فأين تكون الطائرة بالنسبة لرزمة عندما ترتطم الرزمة بالأرض ( ارسم مسار الرزمة كما يراه مراقب على الأرض )

الجدول يبين معادلات الحركة على محور  $x$  و محور  $y$  لجسم مقذوف بزاوية  $\theta$  و بسرعة ابتدائية  $v$  :

x-axis	y-axis
$v_x = v \cdot \cos \theta$	$v_y = v \cdot \sin \theta$
$a_x = 0$	$a_y = g = -9.8 \text{ m/s}^2$
$v_x = v_x = v \cdot \cos \theta$	$v_y = v_y + gt = v \cdot \sin \theta + gt$
$\Delta x = v \cdot \cos \theta t$	$\Delta y = v \cdot \sin \theta t + \frac{1}{2} g t^2$
حاول أن تكتب باقي المعادلات على محور $y$ و محور $x$	

الاشارات في حلول المسائل لـ  $g, v, \Delta y$

هبوط للأسفل	صعود للأعلى
$v \leftarrow$ سالبة $g \leftarrow$ سالبة $\Delta y \leftarrow$ سالبة	$v \leftarrow$ موجبة $g \leftarrow$ سالبة $\Delta y \leftarrow$ موجبة

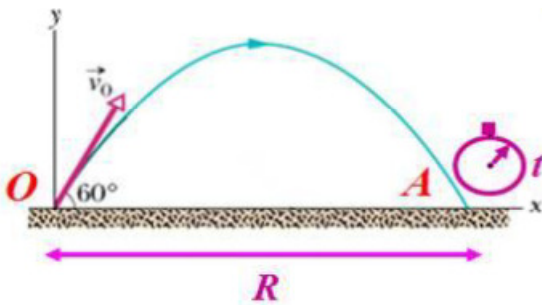
نلاحظ ان  $g$  دوما سالبة بغض النظر الجسم صاعد للأعلى أو هابط للأسفل

### اختبر فهمك :

( a ) في يوم عديم الرياح أطلق رجل يجلس في سيارة مكشوفة تسير أفقيا بسرعة ثابتة رصاصة عاموديا للأعلى ( مهملا تأثير الهواء ) صف حركة الرصاصة و هل تسقط الرصاصة ( على يسار الرجل ، على يمين الرجل ، قبل الرجل ، في فوهة المسدس ، بعد الرجل )

( b ) بإهمال مقاومة الهواء قذفت كره بواسطة لاعب بشكل منحني فأي مما يلي صحيح :

( v ثابتة ،  $v_y$  ثابتة ،  $v_x$  تزداد ،  $v_x$  ثابتة ،  $v_x$  تقل )



حالات خاصة : عند قذف كره بسرعة ابتدائية  $v$  بزاوية  $\theta$  عن

مستوى سطح الأرض و عودتها إلى نفس المستوى الأفقي فإنه

يمكننا حساب أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم ( hight ) و

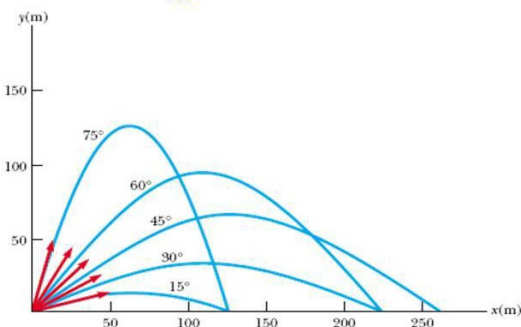
أقصى مدى أفقي ( range ) مباشرة من العلاقات الرياضية التالية :

أقصى مدى أفقي ( range )	ارتفاع يصل إليه الجسم ( hight )
$R = \frac{v^2 \sin 2\theta}{g}$	$\Delta y = \frac{v^2 \sin^2 \theta}{2g}$

### اختبر فهمك :

- أيهما يعطي مدى أبعد أن ترسل قذيفة بزاوية  $30^\circ$  أم زاوية  $60^\circ$  و بنفس السرعة الابتدائية ؟

- هل تنطبق الإجابة على  $20^\circ$  ،  $70^\circ$  ؟



- ما هي أفضل زاوية للحصول على أقصى مدى أفقي . . . . .



## تدريبات على المقذوفات المنحنية :

١- قذفت كرة سلة بسرعة ابتدائية  $8\text{ m/s}$  كما في الشكل المجاور ، إذا دخلت الكرة السلة بعد  $0.96\text{ s}$  من لحظة قذفها فاحسب مقدار المسافة  $x$  ومسافة  $y$  ؟

٢- طائرة تطير أفقيا بسرعة  $300\text{ m/s}$  على ارتفاع  $400\text{ m}$  من مستوى سطح الأرض ، ما هي المسافة الأفقية قبل الهدف التي يجب على الطيار اسقاط القذيفة عندها حتى تصيب الهدف ؟

٣- قذيفة أطلقت بسرعة قدرها  $80\text{ m/s}$  لتصيب هدف على بعد  $450\text{ m}$  على نفس مستوى إطلاق القذيفة ، ما الزمن الكلي لتحليق القذيفة ؟

٤- مقذوفان أطلقا بنفس الوقت من نفس النقطة بزوايتين مختلفتين  $\theta_1 = 30^\circ$  ،  $\theta_2 = 60^\circ$  بالتوالي ، إذا قطعت القذيفتان نفس المسافة على محور السينات ( same distance on the x-axis ) بنفس الوقت at the same time ، ما النسبة بين السرعة الابتدائية للمقذوف الأول إلى السرعة الابتدائية للمقذوف الثاني ؟

٥- أقصى مدى أفقي لمدفع يساوي 2000 m إذا أطلقت منه قذيفة عموديا لأعلى فما هو أقصى ارتفاع تصل إليه

٦- قذفت كرة من قمة بناية بسرعة ابتدائية  $30\text{m/s}$  في اتجاه الأفق إذا كان ارتفاع البناية  $30\text{ m}$  عن سطح الأرض فما هي السرعة التي سترتطم بها الكرة بالأرض ؟

٧- مقذوف أطلق بزاوية  $\theta$  فكان المدى الأفقي ( horizontal range ) له يساوي ثلاثة أضعاف أقصى ارتفاع ( maximum height ) فأوجد مقدار زاوية الانطلاق ؟

٨- يقف طفل على سطح الأرض طوله 1.5 m على بعد 7 m من جدار يحتوي نافذة ترتفع 3.5 m عن سطح الأرض ، فإذا قذف مفتاح بزاوية  $45^0$  عن الأفق ليدخل في النافذة فما هي السرعة الابتدائية التي يجب أن يقذف فيها المفتاح ؟

٩- وضع مدفع على ارتفاع 100 m عن سطح البحر واستخدم لتخطيط هدف موضوع على ارتفاع 50 m عن سطح البحر ، فإذا أطلقت القذيفة منه بزاوية  $30^0$  عن الأفق وأصابت الهدف بعد 10 s ، فما مقدار السرعة الابتدائية للقذيفة ؟

١٠- تضرب طلقة مدفع سرعتها الابتدائية  $200 \text{ m/s}$  هدف على بعد أفقي مقداره  $3 \text{ km}$  من المدفع فما الزمن الذي تستغرقه الطلقة حتى تضرب الهدف ؟

١١- ارسم منحنى  $(v_y - t)$  الذي يبين سلوك المركبة الصادية  $v_y$  لسرعة قذيفة أطلقت بزاوية  $45^\circ$  عند الأفق ؟

١٢- قذف حجر من فوق بناية ارتفاعها  $48 \text{ m}$  بزاوية  $30^\circ$  عن الأفق بسرعة ابتدائية قدرها  $25 \text{ m/s}$  احسب الفترة الزمنية التي يستغرقها الحجر في الهواء قبل أن يرتطم بالأرض وسرعة ارتطام الحجر بالأرض؟

١٣- تم القاء جسمان في نفس اللحظة من نفس النقطة احدهما رأسيا إلى الأعلى والآخر بزاوية  $60^\circ$  من الأفقي بنفس السرعة الابتدائية وقدرها  $25 \text{ m/s}$  احسب المسافة بين الجسمين بعد مرور  $1.7 \text{ s}$  من بدء الحركة ( أهمل مقاومة الهواء )

١٤- قذف حجر من ارتفاع  $H$  بسرعة ابتدائية أفقية  $V$ . فإذا ارتطم الحجر بالأرض بسرعة مقدارها ثلاثة أضعاف السرعة الابتدائية فما هي السرعة الابتدائية  $V$ . بدلالة  $H, g$  ؟

قوانين نيوتن في الحركة

( Newton`s Law )

## قوانين نيوتن في الحركة ( Newton's Law )

- القوة : مؤثر يؤثر على الجسم فيغير حالته أو شكله أو سرعته أو اتجاهه .....

- القوة كمية متجهة و وحدة قياسها نيوتن N

### قانون نيوتن الأول ( قانون القصور الذاتي ) :

( الجسم الساكن أو المتحرك بسرعة ثابتة و بخط مستقيم يبقى على حالته ما لم تؤثر عليه قوة خارجية )

- هذا يعني أن الجسم الساكن و المتحرك بسرعة ثابتة و بخط مستقيم يكون تسارعه = صفرا  $\Leftarrow$  مجموع القوى المؤثرة عليه = صفرا .

$\mathbf{a} = 0$	$\sum \mathbf{F} = 0$
------------------	-----------------------

و يوصف الجسم بأنه في حالة اتزان لذلك يمكن كتابة قانون نيوتن الأول كالآتي :

$\sum F_y = 0$	$\sum F_x = 0$
$a_y = 0$	$a_x = 0$

- يطبق الشرط السابق على الأجسام المتزنة انتقاليا و ليس دورانيا .

- يدعى قانون نيوتن الأول بقانون القصور ، و القصور يعني ممانعة الجسم لأي تغيير في حالته من السكون أو الحركة

سؤال : أيهما أسهل تحريك سيارة صغيرة أم سيارة من السكون ؟ .....



### اختبر فهمك :

- ١ : اختر : في أي الحالات التالية تكون محصلة القوى المؤثرة على الجسم لا تساوي صفرا :  
(يسير بسرعة ثابتة و بخط مستقيم ، في حالة سكون ، يتحرك بمسار دائري، في حالة اتزان سكوني أو حركي )  
من خلال إجابتك للسؤال السابق : هل القمر في حالة اتزان خلال دورانه حول الأرض ؟ وضح إجابتك ؟

- ٢ : إذا تحرك جسم بسرعة ثابتة باتجاه الشمال فان اتجاه كلا من تسارعه و محصلة القوى المؤثرة عليه تكون باتجاه .....

- ٣ : افترض أن تسارع جسم ما يساوي صفرا ، فهل يعني هذا عدم وجود أية قوى تؤثر فيه ؟

**ملاحظة :** يجب تحديد القوى المؤثرة على الجسم و تحديد اتجاهها بما يسمى مخطط الجسم الحر

**مثال ١ :** علق دلو وزنه 150N بواسطة حبل في سقف الغرفة .



حدد القوى المؤثرة في الدلو و اوجد قيمتها .

**تدريب ١ :** انظر الشكل المجاور و بين قيمة  $F_3$  التي تجعل الجسم يسير بسرعة ثابتة على السطح الأفقي الأملس .

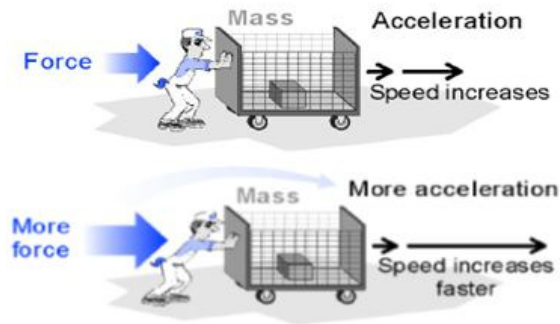


## قانون نيوتن الثاني :

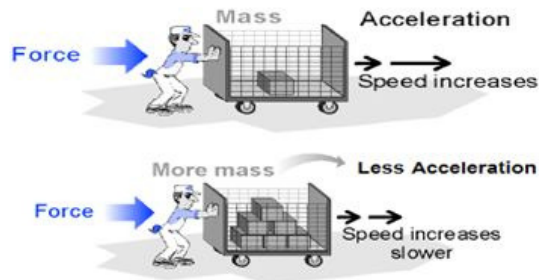
( يتناسب تسارع الجسم طرديا مع مجموع القوى المؤثرة عليه و عكسيا مع كتلته )

$\Sigma \mathbf{F} = m \mathbf{a}$	العلاقة الرياضية لقانون نيوتن الثاني
لاحظ أن هذه المعادلة تعبير اتجاهي لذلك يمكن كتابتها للمستوى $x, y$ كما يلي	
$\Sigma F_y = m a_y$	$\Sigma F_x = m a_x$

- If you apply more force to an object, it accelerates at a higher rate.



- If an object has more mass it accelerates at a lower rate because mass has inertia.



## اختبر فهمك :

١ - يكون اتجاه التسارع دائما في اتجاه ( الإزاحة ، السرعة الابتدائية ، السرعة النهائية ، محصلة القوى ) ؟

٢- من خلال الصيغة الرياضية لقانون نيوتن الثاني عرف معنى وحدة نيوتن ؟

٣- بين بالرسم أن اتجاه التسارع يكون دوما باتجاه تغير السرعة ؟

**مثال ٢ :** يتعلم أحمد التزلج على الجليد ويساعده أبوه بأن يسحبه بحيث يكسبه تسارعا مقداره  $0.80 \text{ m/s}^2$  فإذا كانت كتلة أحمد  $28\text{kg}$  فما قوة الأب التي يسحبه بها ( يهمل الاحتكاك ) ؟

**مثال ٣ :** تمسك أمل وسارة معا قطعة حبل كتلتها  $1\text{kg}$  وتشد كل منهما في الاتجاه المعاكس للأخرى فإذا سحبت أمل بقوة  $16\text{N}$  ، وتسارع الحبل بمقدار  $2\text{m/s}^2$  ، فما القوة التي تسحب بها سارة الحبل ؟

## قوة الجاذبية والوزن :

- يطلق على القوة التي تجذب الأجسام نحو الأرض بقوة الجاذبية (  $F_g$  : Force of gravity ) وتتجه هذه القوة نحو مركز الأرض ويطلق عليها وزن الجسم ( Weight ) ويمكن حساب الوزن من العلاقة الرياضية :

$F_g = mg$	m : الكتلة مقاسة بوحدة kg
	g : تسارع الجاذبية مقاس بوحدة $m/s^2$
	$F_g$ : قوة الجاذبية ( الوزن ) مقاسة بوحدة N

**اختبر فهمك:** عند قذف كرة كتلتها m نحو الأعلى بسرعة ابتدائية ، مهملًا مقاومة الهواء ما هي القوة المؤثرة على الكرة عند أقصى ارتفاع ؟

**مثال ٤ :** يبين ميزانك المنزلي أن وزنك 600N ، فما كتلتك على الأرض وكتلتك على سطح القمر ووزنك على سطح القمر علما أن تسارع الجاذبية على القمر يساوي  $1.6m/s^2$  ؟



**مثال ٥ :** يبين الشكل مكعب خشبي كتلته 1.2kg وكرة كتلتها 3.0 kg

ما قراءة كل من الميزانين ( اهمل كتلة الميزانين ) ؟

### قانون نيوتن الثالث : الفعل ورد الفعل ( Action , Reaction )

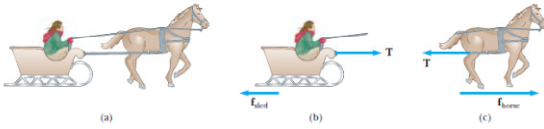
( لكل قوة فعل قوة رد فعل مساوية لها بالمقدار ومعاكسة لها بالاتجاه ، خطا عملهما على استقامة واحدة )

- هذا يعني إذا كان جسم A يؤثر بقوة نحو الشرق على الجسم B فإن الجسم B سيؤثر بقوة على الجسم A تساوي مقدار القوة للجسم A وباتجاه الغرب ؟

- يمكن كتابة تعبير رياضي للقانون الثالث لنيوتن كما يلي :

#### اختبر فهمك :

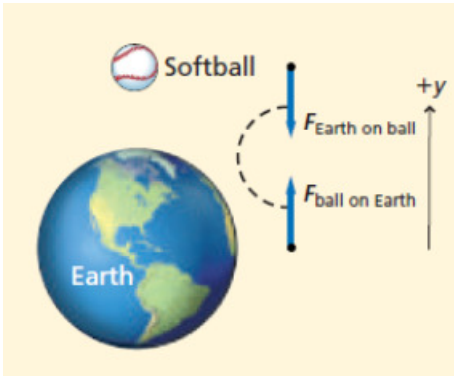
١- الحصان يجر العربة بفعل والعربة تجر الحصان بردة فعل لماذا تتحرك العربة ؟

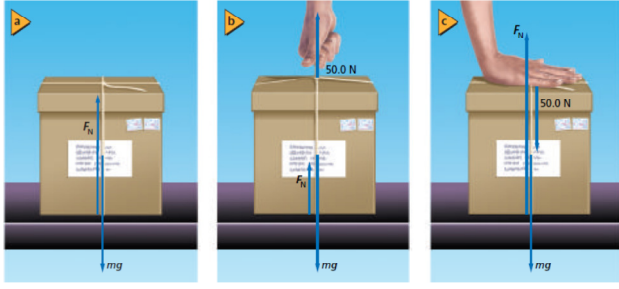


٢- عند اصطدام شاحنة بذبابة وجها لوجه أيهما أكبر قوة الشاحنة على الذبابة أم قوة الذبابة على الشاحنة ، وضح إجابتك ؟

٣- إذا كان الفعل يساوي 100N نحو الشرق ، فإن رد الفعل يساوي 100 N نحو الغرب ، فهل هذا يعني أن محصلتهما تساوي صفر وضح إجابتك ؟

مثال ٦ : عندما تسقط كرة كتلتها 0.18 kg يكون تسارعها باتجاه الأرض مساويا لتسارع الجاذبية الأرضية ، ما القوة التي تؤثر بها الكرة على الأرض وما التسارع الذي تكتسبه الأرض علما بأن كتلة الأرض  $6.0 \times 10^{24}$  kg وتسارع الجاذبية الأرضية  $9.8 \text{ m/s}^2$  ؟





## القوة العمودية ( Normal Force )

- قوة دائما عامودية على السطح
- قوة يؤثر بها السطح على الجسم الموضوع عليه أو المستند عليه
- الميزان يقيس القوة العمودية ( قوة دفع الأرض للجسم )
- يرمز للقوة العمودية بالرمز  $F_N$  أو  $N$

### اختبر فهمك :

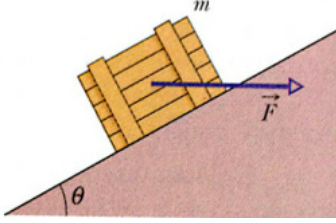
هل القوة العمودية التي يبذلها عليك المصعد الكهربائي ثابتة أم تختلف باختلاف حركته وضح ذلك بالمعادلات الرياضية في حالة :

١ - المصعد ساكن أو متحرك بسرعة ثابتة .

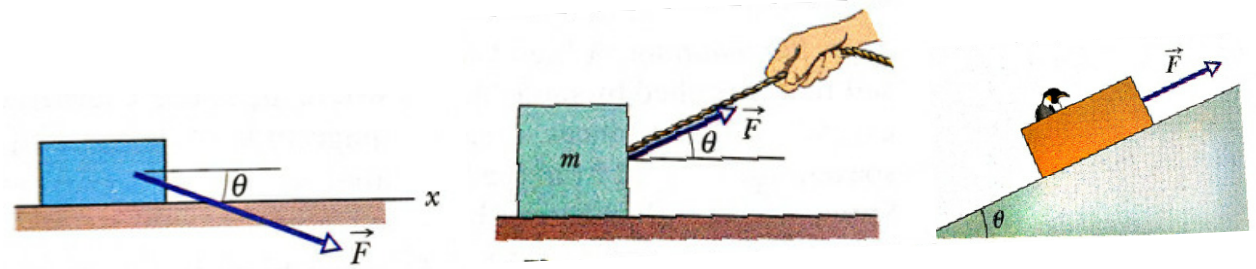
٢ - المصعد يتحرك للأعلى بتسارع  $a$  .

٣ - المصعد يتحرك للأسفل بتسارع  $a$  .

**مثال ٧:** تؤثر قوة قدرها 250N بشكل أفقي على صندوق كتلته 29kg موضوع على سطح مائل بزاوية قدرها  $27^\circ$  عن الأفق ، و يتحرك للأعلى بسرعة ثابتة ، احسب مقدار القوة العمودية المؤثرة على الصندوق .



**مثال ٨:** أوجد القوة العمودية لكل من الحالات الثلاث التالية في الرسم المجاور .



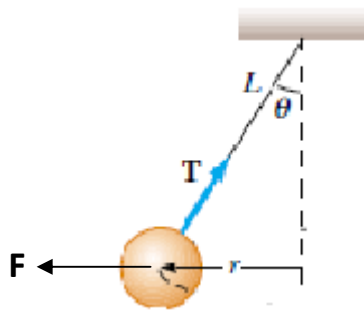


## قوة الشد في الخيوط ( Tension )

- اسم يطلق على القوة التي يؤثر بها الخيط أو الحبل على الجسم و يرمز لها بالرمز  $F_T$  أو  $T$

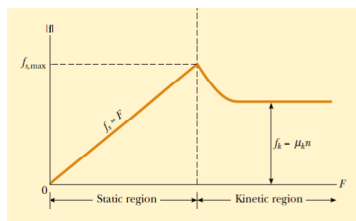
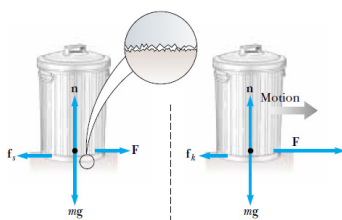
**مثال ٩ :** وضعت معدات في دلو فأصبحت كتلته  $45\text{kg}$  ، فإذا رفع الدلو إلى سطح منزل بواسطة حبل يتحمل شدا لا يتجاوز  $500\text{ N}$  فما أقصى تسارع يمكن أن يكتسبه الدلو أثناء سحبه إلى أعلي السطح ؟

**مثال ١٠ :** بندول كتلته  $0.2\text{kg}$  أثرت عليه قوة قدرها  $4.0\text{N}$  فأتزن عند الزاوية  $\theta$  كما هو مبين بالرسم . احسب قوة الشد في الخيط (  $T$  ) ؟



**تدريب ٢ :** يرفع دلو كتلته  $50.0\text{kg}$  بواسطة حبل يستطيع تحمل قوة شد قصوى مقدارها  $525\text{N}$  ، يبدأ الدلو حركته من السكون و عندما يكون على ارتفاع  $3.0\text{m}$  تكون سرعته  $3.0\text{m/s}$  فإذا كان التسارع ثابت هل هناك احتمالية لانقطاع الحبل ؟ و ضح إجابتك حسابيا .





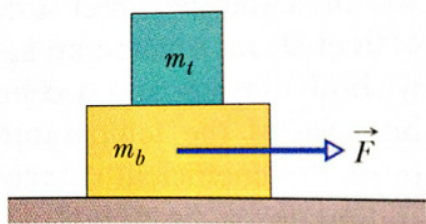
## قوى الاحتكاك ( Forces of Friction )

- هناك نوعان من الاحتكاك يمانعان الحركة

الاحتكاك الحركي Kinetic Friction	الاحتكاك السكوني Static Friction
$f_k = \mu_k F_N$	$f_s \leq \mu_s F_N$
$\mu_k$ : معامل الاحتكاك الحركي	$\mu_s$ : معامل الاحتكاك السكوني
$F_N$ : القوة العمودية	$F_N$ : القوة العمودية
$F_k$ : قوة الاحتكاك الحركي	$F_s$ : قوة الاحتكاك السكوني
يكون اتجاه الاحتكاك الحركي دوماً عكس الحركة	يكون اتجاه الاحتكاك السكوني في الاتجاه المعاكس لرغبة الجسم بالحركة

### اختبر فهمك :

- الشكل يمثل القالبين b , t يتحركان معا نحو الشرق حدد اتجاه قوة الاحتكاك الحركي بين القالب b و سطح الأرض ، ثم حدد اتجاه قوة الاحتكاك السكوني بين القالب t و القالب b ، ماذا تلاحظ من الإجابتين ؟



- أيهما أسهل تحريك الأريكة في الصورة a,b أم الاستمرار في تحريكها في الصورة c ؟



- أيهما اكبر  $\mu_s$  أم  $\mu_k$  وضح اجابتك ؟

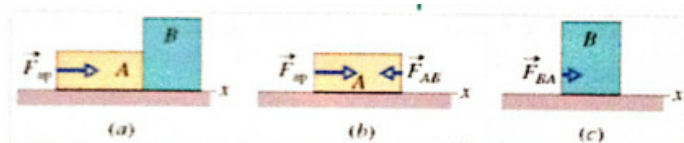
- ما هي وحدة قياس معامل الاحتكاك الحركي و السكوني ؟

مثال ١١ : a ) إذا دفعت صندوقا خشبيا كتلته 25kg على أرضية خشبية معامل الاحتكاك الحركي لها 0.2 بسرعة ثابتة مقدارها 2m/s ، فما مقدار القوة التي أثرت بها بالصندوق ؟

b ) إذا تضاعفت القوة التي تؤثر في الصندوق في الفرع a فكم يصبح تسارع الصندوق ؟

### ملاحظات على قوانين نيوتن للحركة :

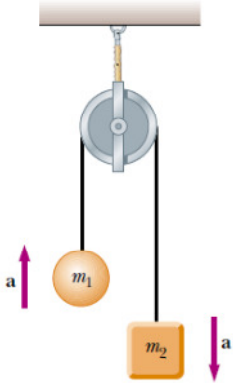
- يطبق القانون الأول  $\sum F = 0$  على الجسم الساكن و المتحرك بسرعة ثابتة ( اتزان انتقالي )
- يطبق القانون الثاني  $\sum F = ma$  على الجسم المتسارع بتسارع منتظم و في هذه الحالة يمكن تطبيق معادلات الحركة بتسارع ثابت .
- كلا القانونين الأول و الثاني تطبق على جسم واحد لذلك عند وجود أكثر من جسم نقوم برسم القوى المؤثرة على كل جسم لوحده و التسارع إن وجد ، ثم نطبق القانون المناسب مع الانتباه للإشارات الصحيحة لكل من القوة و التسارع كما في الرسم التالي.



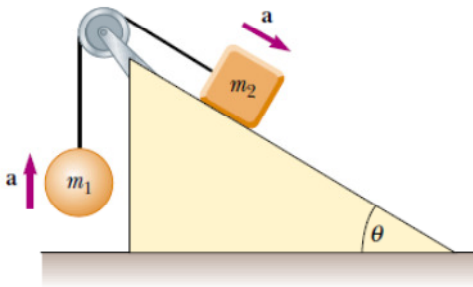
- يطبق القانون الثالث  $F_{ab} = -F_{ba}$  على جسمين مختلفين ولا يكون لقوة الفعل و قوة رد الفعل محصلة

## أمثلة على قوانين نيوتن :

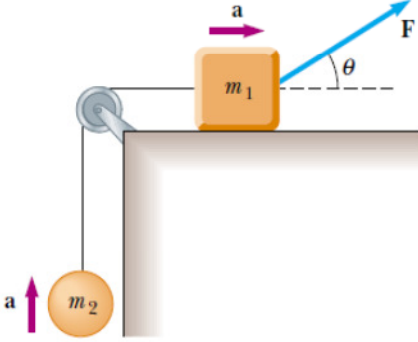
١ : عند تعليق جسمين لهما كتلتان مختلفتان راسيا على بكرة ملساء مهملة الكتلة كما هو موضح بالشكل المجاور يسمى هذا الترتيب آلة أتوود ( Atwood Machine ) يستخدم هذا الجهاز أحيانا في المعمل لقياس تسارع السقوط الحر ، عين قيمة تسارع الجسمين و الشد في الخيط الخفيف ( افترض أن  $m_1 > m_2$  )



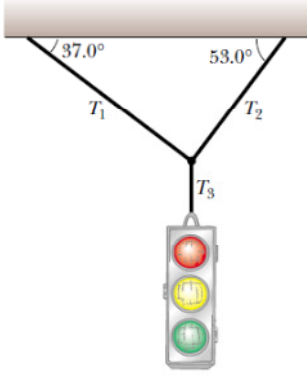
٢ : وصلت كره كتلتها  $m_1$  بمكعب كتلته  $m_2$  بحبل كتلته مهملة بحيث يمر على بكره ملساء مهملة الوزن كما في الشكل المجاور وضع المكعب على مستوى مائل أملس بزاوية  $\theta$  ، اوجد قيمة تسارع الجسمين و قوة الشد في الحبل .



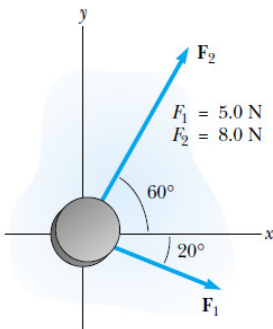
٣ : وصل مكعب كتلته  $m_1$  مع كره كتلتها  $m_2$  على سطح أفقي خشن بواسطة حبل مهمل الكتلة ، كما في الشكل المجاور ، أثّرنا على المكعب بقوة مقدارها  $F$  و تصنع زاوية  $\theta$  مع الأفق ، إذا علمت أن معامل الاحتكاك الحركي بين المكعب و السطح الأفقي الخشن  $\mu_k$  ، احسب تسارع المجموعة .



٤ : تزن إشارة مرور  $122\text{N}$  و معلقة بسلك معدني و الذي يتصل بسلكين معدنيين آخرين و المثبتين بدعامة ، كما في الشكل المجاور ، السلكين العلويين يصنعان زاويتان هي  $37^\circ$  ،  $53^\circ$  مع الأفقي ، هذان السلكان العلويان ليسا بقوة السلك الرأسي و سوف ينقطعان إذا زاد مقدار قوة الشد فيهما عن  $100\text{N}$  ، هل ستظل إشارة المرور معلقة في هذه الحالة أم أن إحدى هذين السلكين سينقطع ؟



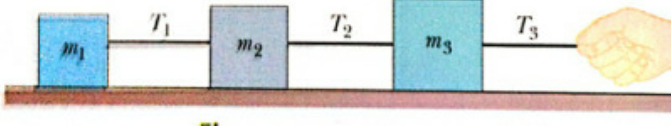
٥ : كرة هوكي الجليد لها كتلة  $0.30\text{kg}$  تتدحرج على سطح أفقي من الجليد الصناعي . تؤثر قوتان على الكرة كما هو مبين بالشكل المجاور ، حيث  $F_1 = 5.0\text{N}$  ،  $F_2 = 8.0\text{N}$  ، احسب مقدار تسارع الكرة و حدد اتجاهه ؟



## تدريبات على قوانين نيوتن في الحركة :

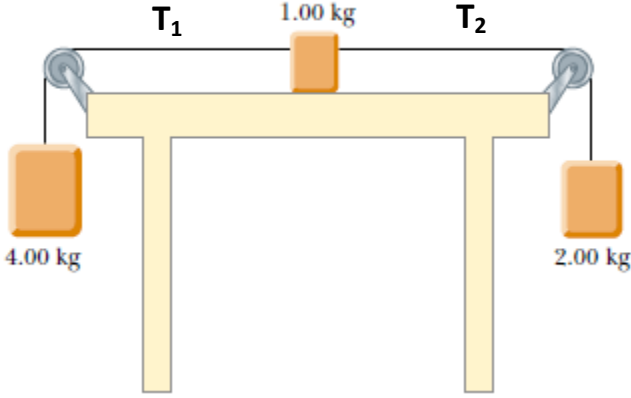
١: منظومة مكونة من ثلاث أجسام متصلة فيما بينها بواسطة خيط عديم الكتلته ، إذا تم سحب النظام في اتجاه اليمين باستعمال قوة قدرها  $T_3 = 60N$  مفترضا أن السطح أملس اوجد تسارع المجموعة و قوى الشد  $T_1$  و  $T_2$  ؟

(  $m_3 = 30kg$  ،  $m_2 = 20kg$  ،  $m_1 = 10kg$  )



٢ : تتحرك كتله مقدارها  $20kg$  بسرعة ثابتة مقدارها  $10m/s$  على سطح أفقي تحت تأثير قوة أفقية مقدارها  $15N$  ، احسب معامل الاحتكاك الحركي بين الجسم و السطح ؟

٣ : ربطت ثلاث كتل معا كما في الشكل ( أهمل كتله البكرة و الاحتكاك ) تركت المجموعة تتحرك من السكون و بعد 2s أصبحت سرعة المجموعة 4m/s ، احسب ( تسارع المجموعة ، قيمة قوى الشد  $T_1$  و  $T_2$  ، معامل الاحتكاك الحركي بين الكتلة و السطح الأفقي الخشن ؟



٤ : جسم كتلته 15kg مربوط بحبل ومستند على سطح مائل أملس بزاوية  $27^\circ$  ، أوجد الشد في الحبل ؟

٥: كتلة مقدارها 3.0kg بدأت حركتها من السكون من قمة سطح مائل بزاوية  $30^0$  عن الأفق وبعد أن قطعت مسافة 3.0m خلال 2s وصلت أسفل السطح المائل ، معتبرا أنها انزلقت بتسارع ثابت أوجد :

١- ارسم جميع القوى المؤثرة على الجسم

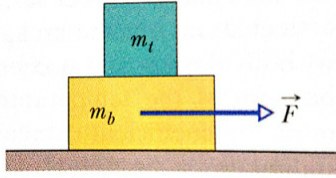
٢- تسارع الجسم

٣- قوة الاحتكاك ومعامل الاحتكاك الحركي بين الجسم والسطح المائل

٤- سرعة الجسم عند أسفل المنحدر



٦: وضع مكعبين على سطح أفقي أملس كما في الشكل ، السطح بين المكعبين خشن بحيث لا يسمح لهم بالانزلاق على بعضهم ، أثّرنا على المكعب السفلي بقوة 30N فما مقدار واتجاه قوة الاحتكاك السكوني بين المكعبين ؟

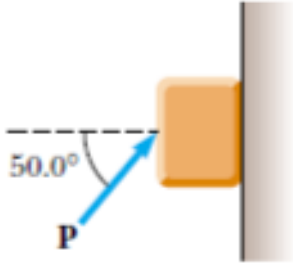


٧: مكعبين لهما الكتلتين  $m_1, m_2$  حيث  $m_1 > m_2$  وضعا متلاصقين لبعضهما البعض على سطح أفقي أملس كما في الشكل ، أوجد تسارع المجموعة ومقدار القوة بين المكعبين المتلامسين ؟



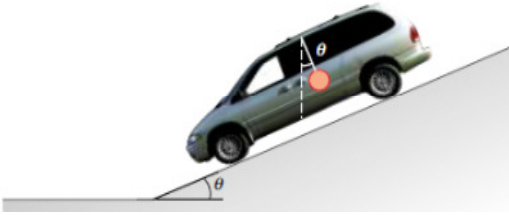
٨: يسحب طفل زلاجة على الجليد بقوة مقدارها 20N وبزاوية مقدارها  $30^\circ$  ، عن الأفقي إذا كان وزن الزلاجة 100N فما مقدار معامل الاحتكاك الحركي بين الزلاجة والجليد ؟

٩: مكعب كتلته  $3.0\text{kg}$  يدفع لأعلى على جدار عامودي بقوة قدرها  $P$  وتصنع زاوية  $50.0^\circ$  مع الأفقي كما في الشكل المجاور إذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين المكعب والجدار  $0.250$  احسب مقدار أقل قيمة للقوة  $P$  حتى لا ينزلق المكعب ؟



١٠: سيارة نقل تحمل صندوقا تصعد تلة تميل عن الأفقي بزاوية  $10^\circ$  ، إذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين الصندوق وسطح سيارة النقل تساوي  $0.350$  أوجد أقصى تسارع يمكن للسيارة إحداثه قبل أن يبدأ الصندوق بالانزلاق لأسفل سيارة النقل؟

١١: لعبة أطفال كتلتها  $0.1\text{kg}$  معلقة بسقف باص يتسارع إلى أسفل تلة بواسطة خيط مشدود بحيث يصل من السكون إلى سرعة  $30\text{m/s}$  خلال  $6.0\text{s}$ ، التسارع جعل اللعبة تصبح متعامدة مع سقف الباص كما في الشكل ، احسب قيمة الزاوية  $\theta$  وقوة الشد في الخيط  $T$  ؟

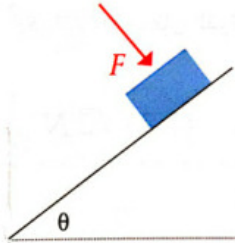


١٢: تسحب زلاجة كتلتها  $50.5\text{kg}$  على أرض منبسطة مغطاة بالثلج فإذا كان معامل الاحتكاك ألسكوني  $0.30$ ، ومعامل الاحتكاك الحركي  $0.10$  فاحسب

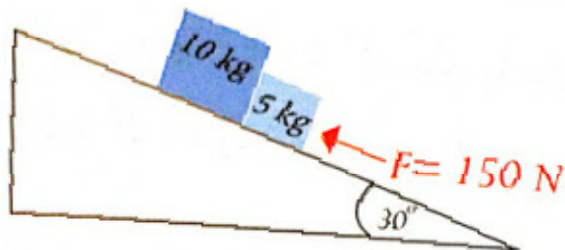
١- وزن الزلاجة ؟ ٢- القوة اللازمة لكي تبدأ الزلاجة في الحركة ؟ ٣- القوة التي تتطلبها الزلاجة لتستمر في الحركة بسرعة ثابتة ؟

٤- بعد أن تبدأ الزلاجة في الحركة ، فما القوة المحصلة التي ستحتاج إليها الزلاجة لتتسارع بمعدل  $3.0\text{m/s}^2$  ؟

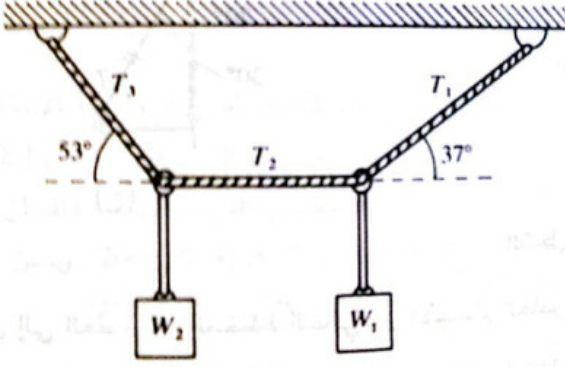
١٣: استخدمت قوة  $F$  لإبقاء قالب كتلته  $M$  واقع على مستوى مائل كما في الشكل ، يميل المستوى بزاوية  $\theta$  مع الأفقي وتؤثر القوة  $F$  عاموديا على المستوى ومعامل الاحتكاك السكوني بين القالب والمستوى المائل هو  $\mu_s$  فما هي أقل قيمة للقوة  $F$  اللازمة لإبقاء القالب ساكنا ؟



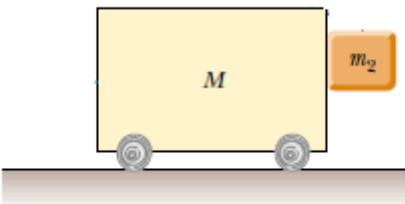
١٤: يستقر قالبان احدهما كتلته  $5\text{ kg}$  والآخر  $10\text{ kg}$  على مستوى مائل كما في الشكل ، يدفع القالب ذو الكتلة  $5\text{ kg}$  إلى أعلى مستوى بقوة  $150\text{ N}$  بافتراض إهمال الاحتكاك بين القالبين والسطح ، وافترض أن تسارع الجاذبية  $10\text{ m/s}^2$  ، فما القوة التي يؤثر بها القالب  $5\text{ kg}$  على قالب  $10\text{ kg}$  ؟



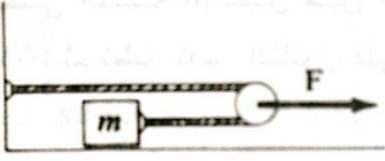
١٥: في الشكل المجاور الوزن  $W_1 = 300 \text{ N}$  ، أوجد  $T_1, T_2, T_3, W_2$  ؟



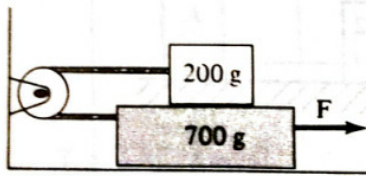
١٦: في الشكل أوجد تسارع العربة الضروري لمنع الجسم  $m_2$  من السقوط إذا كان معامل الاحتكاك ألسكوني بين العربة والجسم  $m_2$  هو  $\mu$  ؟



١٧: في الشكل المجاور افترض أن البكرة عديمة الكتلة ومهملة الاحتكاك أوجد تسارع الكتلة  $m$  بدلالة  $F$  إن لم يوجد احتكاك بين الكتلة  $m$  وبين السطح ، أعد حل المسألة إن كانت قوة الاحتكاك المفروضة بين الكتلة و سطح الأرض هي  $f$  ؟



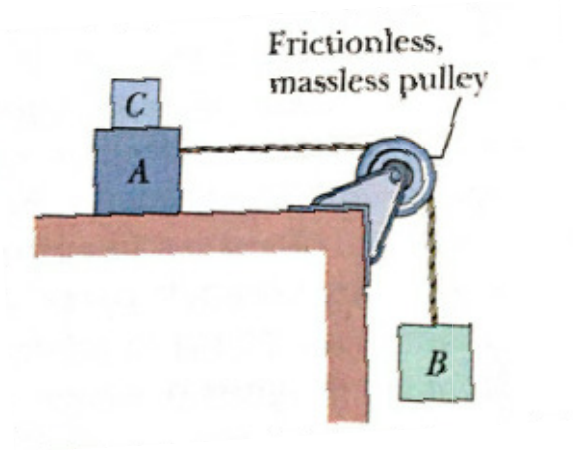
١٨: كم يجب أن تكون القوة  $F$  في الشكل المجاور ، وذلك لإكساب الجسم ذي الكتلة  $700g$  تسارعا قدره  $0.3 m/s^2$  ، علما أن معامل الاحتكاك بين الجسمين وبين السطح والطاولة يساوي  $0.15$  ؟



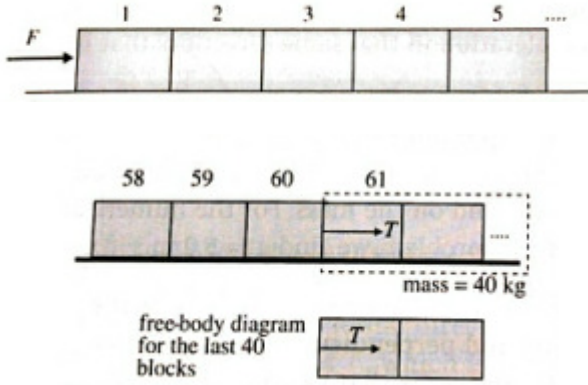
١٩: في الشكل وزن القالب A يساوي 44N بينما وزن القالب B يساوي 22N:

١- احسب اقل وزن للقالب C بحيث يبقى القالب A ساكنا إذا علمت أن معامل الاحتكاك السكوني بينه وبين السطح  $\mu_s = 0.2$  ؟

٢- إذا أبعدنا القالب C فجأة ، كم سيكون تسارع القالب A إذا علمت أن معامل الاحتكاك الحركي بينه وبين السطح  $\mu_k = 0.15$  ؟



٢٠: وضع 100 مكعب متماثل كتلة كل واحد منها  $m = 1.0 \text{ kg}$  ، متراسة بجوار بعضها البعض على سطح أفقي أملس ودفعت بقوة أفقية قدرها 100N من جهة اليسار ، ما مقدار القوة التي يؤثر بها المكعب رقم 60 على المكعب رقم 61 ؟



## التسارع المركزي ( Centripetal Acceleration )

### الحركة الدائرية المنتظمة :

- عندما يدور جسم حول مركز دائرة نصف قطرها  $r$  بسرعة ثابتة مقدارها  $v$  ومتغيرة اتجاهها ينشأ من تغير اتجاه السرعة تسارعا مركزيا يكون اتجاهه نحو المركز دوماً ويمكن حساب مقدار التسارع المركزي  $a_c$  من العلاقة الرياضية :

- تذكر أن وجود التسارع مرتبط دوماً بوجود قوة محصلة و في هذه الحالة (الحركة الدائرية) تدعى القوة المركزية و تحسب من خلال قانون نيوتن الثاني  $F = ma$  .

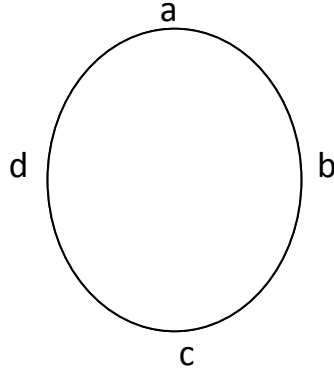
- يكون اتجاهها باتجاه التسارع المركزي نحو مركز الدائرة .

- يكون اتجاه السرعة مماساً للدائرة دوماً .

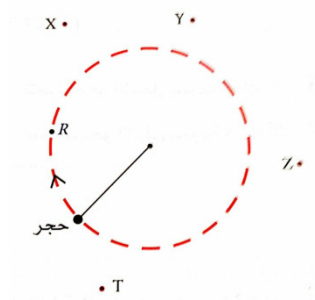
- يكون اتجاه السرعة و اتجاه التسارع المركزي دوماً متعامداً .

### اختبر فهمك:

١- جسم مربوط بخيط و يدور مع عقارب الساعة كما في الشكل ، حدد اتجاه السرعة و التسارع عند النقاط a, b, c, d



٢- يمسك صبي بمقلع (حجر مربوط بخيط) و يديره فوق رأسه. يمثل الرسم منظارا علويا لحركة المقلع الدائري إذا افلت الصبي بالخيط عندما كانت الصخرة عند النقطة R إلى أي نقطة سيتجه الحجر ؟





٣- من أين نحصل على القوة المركزية لتحريك الأجسام في مسارات دائرية .

a- سيارة في دوار (مسار دائري ) :

b- طائرة تطير في مسار دائري :

c- حجر مربوط بخيط :

d- دوران القمر حول الأرض :

e- راكب في سيارة تدور في مسار دائري :

٤- ماذا يحدث للجسم في الحالات التالية :

a- السرعة و التسارع بنفس الاتجاه

b- السرعة و التسارع متعاكسة بالاتجاه.

c- السرعة والتسارع متعامدان على بعضهما البعض

٥- ما اتجاه القوة المؤثرة في الملابس في أثناء دوران الغسالة وما الذي يولد هذه القوة ؟

**مثال ١ :** تسير سيارة سباق كتلتها 750 kg بسرعة مقدارها 22m/s في منعطف نصف قطره 56 m فاحسب ما يلي :

- ١- التسارع المركزي      ٢- القوة المركزية      ٣- قوة الاحتكاك السكوني بين العجلات والأرض لمنع السيارة من الانزلاق .      ٤- معامل الاحتكاك السكوني بين العجلات والأرض .

**مثال ٢ :** سداة مطاطية كتلتها 13g ، مثبتة عند طرف خيط طوله 0.93cm أدير السداة في مسار دائري أفقي لتكمل دورة كاملة خلال 1.18 s احسب قوة الشد التي يؤثر بها الخيط في السداة ؟

**تدريب ١:** ربط حجر كتلته 50 g بخيط ، بدأ الحجر يتحرك بدائرة عامودية نصف قطرها 80cm إذا كانت سرعته عند أعلى نقطة 4.5 m/s ، فما مقدار قوة الشد في الخيط عند تلك النقطة ؟

- أعد الحل معتبرا السرعة في أدنى نقطة ؟

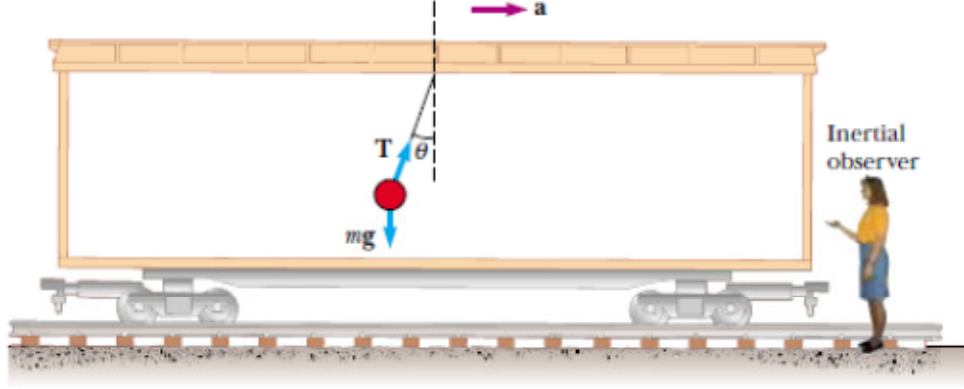
**تدريب ٢:** جسيم يتحرك في مسار دائري نصف قطره 2m بتسارع مماسي ثابت  $4\text{m/s}^2$  ، فكم يكون مقدار سرعة الجسيم عندما يكون التسارع الكلي  $6\text{m/s}^2$  ؟

**تدريب ٣:** سيارة تتحرك في دوار أفقي مستوي نصف قطره 25m ، إذا علمت أن معامل الاحتكاك السكوني للإطارات مع الطريق في اليوم الجاف يساوي 0.5 وفي اليوم الماطر يساوي 0.25، فما نسبة أقصى سرعة للسيارة في اليوم الجاف إلى اليوم الممطر بحيث تمر السيارة دون أن تعاني أي انزلاق ؟

**تدريب ٤:** في لعبة للتسلية يقوم راكب الدراجة بالقيادة في غرفة دائرية نصف قطرها 4m بشكل أفقي بحيث لا ينزلق للأسفل ويبقى في مساره الدائري ، اوجد أقل سرعة تمكنه من فعل ذلك علما أن معامل الاحتكاك السكوني بين الجدار الدائري وإطارات دراجته 0.4 ؟

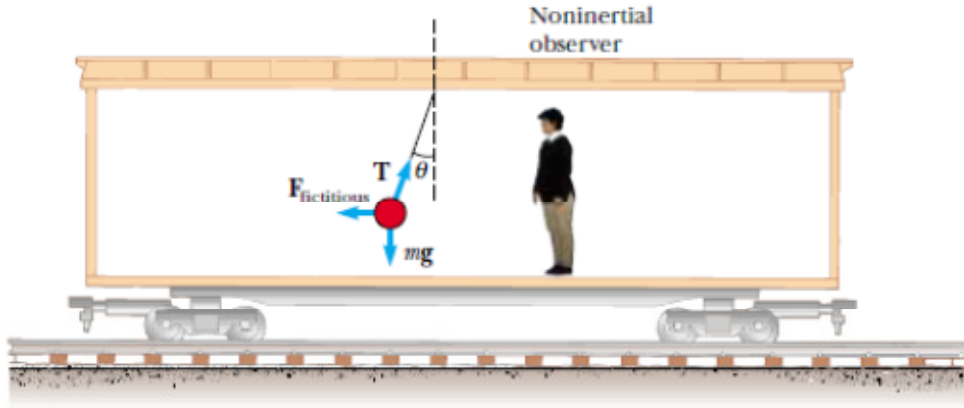
## الحركة في الإطارات المتسارعة ( Motion in Accelerated frames )

- يمكننا تطبيق قوانين نيوتن في الإطارات غير المتسارعة فقط ونطلق عليها **inertial frames** ومن أمثلتها شخص ساكن يقف على سطح الأرض



- سيلاحظ المشاهد أن الجسم يتسارع إلى اليمين فلا بد من وجود محصلة للقوى باتجاه اليمين ، لذلك يستطيع بسهولة تفسير ماذا حدث للكرة ولماذا تكونت الزاوية  $\theta$  ، دون الحاجة من المشاهد لاختراع قوة جديدة .

- لا يمكننا تطبيق قوانين نيوتن في الإطارات المتسارعة ونطلق عليه **non- inertial frames** ومن أمثلتها شخص يركب سيارة تسير في منحنى دائري .

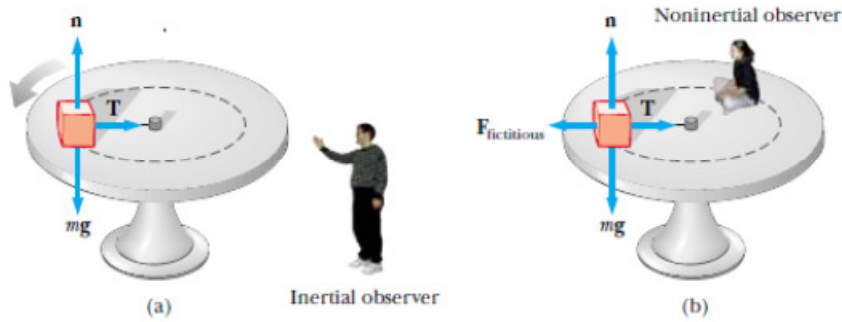


لأن المشاهد يشعر أنه والكرة في حالة سكون وأيضا يشاهدها منحرفة بزاوية  $\theta$  لذلك يقوم بافتراض وجود قوة مسببة لذلك تدعى **fictitious force** وذلك لمعادلة مركبة قوة الشد في الخيط .

- هذا الافتراض خاطئ لأنه قاصر عن تفسير الحدث بواسطة قوانين نيوتن لأنه في إطار متسارع

## اختبر فهمك :

١: انظر إلى الرسمين المجاورين وناقش مَن مِنَ المشاهدين يستطيع تفسير الحدث بواسطة قوانين نيوتن ولماذا



٢: ذكر مقال في جريدة أنه عندما تتحرك سيارة في منعطف فإن على السائق أن يوازن بين القوة المركزية وقوة الطرد المركزي فما رأيك بهذا الكلام ؟

- يمكننا بسهولة إقناع من يقولون أن هناك قوة طرد مركزي بتجربة بسيطة

خذ قطعة سدادة مطاطية واربطها بخيط خفيف واجعلها تدور بسرعة ثابتة حتى ينقطع الخيط ، هل أخذت السدادة مساراً مماسياً للحركة الدائرية أم تحركت عكس التسارع المركزي ؟

الإجابة على هذا السؤال تؤكد عدم وجود قوة طرد مركزية لأنه لو كان لهذه القوة وجود لتحركت السدادة عكس اتجاه التسارع المركزي

حاول أن ترسم الحالتين و ميز الرسم الصحيح من الخاطئ .

الشغل والطاقة والقدرة

( Work , energy and power )

## الشغل والطاقة والقدرة ( Work , energy and power )

### الشغل ( Work )

- الشغل كمية قياسية ناتجة عن الضرب القياسي لمتجه القوة في متجه الإزاحة

$W = F \cdot d = F d \cos\theta$	W : الشغل ويقاس بوحدة J
	F : القوة مقاسة بوحدة نيوتن N
	d : الإزاحة مقاسة بوحدة المتر m
	$\theta$ : الزاوية بين متجه القوة ومتجه الإزاحة

### اختبر نفسك :

١ : ما هي مقدار الشغل عندما :

a: القوة والإزاحة في نفس الاتجاه

b: القوة والإزاحة متعاكستان في الاتجاه .

c: القوة والإزاحة متعامدتان في الاتجاه .

### دلالة إشارة الشغل :

١: عندما يكون الشغل موجبا تكون القوة والإزاحة بنفس الاتجاه وهذا يدل على زيادة طاقة الجسم الحركية

( قوة تدفع جسما للأمام على سطح أفقي )

٢: عندما يكون الشغل سالبا تكون القوة والإزاحة متعاكستان بالاتجاه وهذا يدل على نقصان طاقة الجسم الحركية

( قوة الاحتكاك لجسم يتحرك على سطح أفقي )

**مثال ١:** يسحب بحار قاربا مسافة 30.0m باتجاه رصيف الميناء مستخدما حبل يصنع زاوية  $25.0^\circ$  فوق المحور الأفقي ، ما مقدار الشغل الذي يبذله البحار على القارب إذا اثر بقوة مقدارها 255N في الحبل .

اختبر فهمك : ما مقدار الشغل المبذول من القوة المركزية على جسم يدور في مسار دائري بسرعة ثابتة ؟  
وضح إجابتك



## أنواع الشغل :

**أولاً :** الشغل في مجال الجاذبية ( Work in Gravitational Field )

- تذكر أن الشغل يحسب من العلاقة  $W = F \cdot d$
- تذكر أن قوة الجاذبية الأرضية دائماً اتجاهها إلى الأسفل و تحسب من العلاقة  $F_g = mg$
- تذكر أن  $\cos 0 = 1$  ،  $\cos 180 = -1$
- شغل الجاذبية لا يعتمد على المسار للجسم وإنما يعتمد على الإزاحة الرأسية فقط .

الجسم يرتفع إلى أعلى	الجسم ينزل للأسفل
تكون الزاوية بين $F$ و $d = 180^\circ$	تكون الزاوية بين $F$ و $d = 0^\circ$
عندها يكون الشغل المبذول من قبل قوة الجاذبية	عندها يكون الشغل المبذول من قبل قوة الجاذبية
$W_g = - mgd$	$W_g = mgd$

**إضاءة :** معرفة الزاوية بين متجه القوة المراد حساب شغلها و متجه الإزاحة للجسم يبسط مفهوم

الإشارة ( + ، - ) في حل المسائل

**مثال ٢ :** تؤثر قوة في جسم كتلته 15kg لرفعه إلى مسافة عمودية قدرها 6m ، أوجد

١ : الشغل المبذول بواسطة القوة لرفع الجسم

٢ : الشغل المبذول بواسطة قوة الجاذبية الأرضية

**ثانياً :** الشغل الذي يبذله الزنبرك ( Work done by a spring ) :

- هل ضغطت نابضاً يوماً ما ؟
- ما هو برأيك اتجاه القوة التي أثر بها النابض عليك أثناء انضغاطه ؟
- هل جميع النوابض تنضغط بنفس المقدار عند التأثير عليها بنفس القوة ؟
- هل القوة تبقى ثابتة أثناء ضغط النابض أم تتغير ؟

لتوضيح هذه الأسئلة دعونا ندرس قانون هوك ( Hooke's law )

$F = - k x$	F : القوة المبذولة
	k : ثابت النابض
	x : الاستطالة أو الانضغاط

- الإشارة السالبة تشير إلى أن قوة الزنبرك هي قوة إرجاع ( اتجاهها دوماً عكس اتجاه الإزاحة )

حاول الآن أن تجيب عن الأسئلة السابقة بعد أن تعرفت على قانون هوك

**اختبر فهمك :**

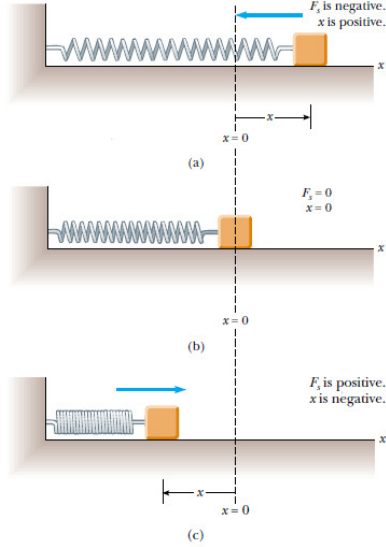
١ : ما العلاقة بين الاستطالة و القوة المبذولة على النابض

٢ : إذا كان اتجاه الإزاحة نحو الشرق فما هو اتجاه قوة النابض

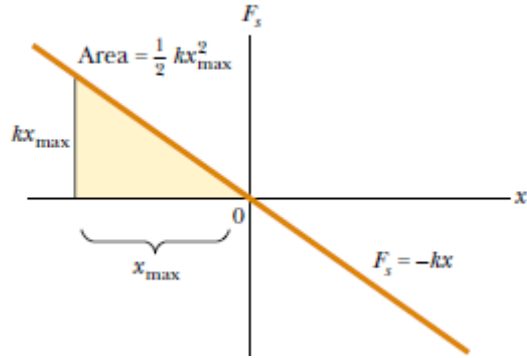
**مثال ٣ :** استطال نابض مسافة 18cm عندما علقت بنهايته كيس بطاطس وزنه 56N ، احسب مقدار ثابت النابض .

### حساب الشغل الذي يبذله النابض ( $W_s$ ) :

يمكن حساب الشغل الذي يبذله النابض من حساب المساحة تحت المنحنى (  $F, x$  ) كما في الشكل المجاور ، أو من خلال العلاقة الرياضية التالية :



$$W_s = \frac{1}{2} k x_i^2 - \frac{1}{2} k x_f^2$$



تم حساب العلاقة الرياضية من علم التكامل الذي سيمر معك فيما بعد .

### اختبر فهمك :

- لماذا بدأ القانون (  $W_s$  ) بـ  $x_i$  ثم  $x_f$  :

- متى يكون الشغل الذي يبذله النابض موجبا و متى يكون سالبا ؟

مثال : أثرت قوة قدرها 200N على نابض موضوع على سطح أفقي أملس ، فستطال النابض 10cm احسب :

١ : ثابت النابض

٢ : الشغل الذي بذله النابض

٣ : الشغل الذي بذل على النابض من القوة

### ثالثاً : شغل قوة الاحتكاك ( Work done by Friction Force )

- بما أن قوة الاحتكاك الحركي دوماً عكس الحركة ( عكس الإزاحة ) فإن الشغل الذي تبذله قوة الاحتكاك الحركي دوماً سالبة ( لأن الزاوية دوماً  $180^\circ \Leftarrow \cos 180 = -1$  )

$W_f = \mu_k \cdot d = \mu_k \cdot F_N \cdot d \cos \theta$
$W_f = - \mu_k \cdot F_N \cdot d$

### اختبر فهمك :

- ما هو الشغل الذي تبذله قوة الاحتكاك السكوني ؟

- ما هي إشارة الشغل المبذول للتغلب على قوة الاحتكاك ؟

مثال ١ : يتحرك جسم كتلته 5kg على سطح أفقي خشن ، معامل احتكاكه الحركي 0.30 ، لمسافة 3.25m ، أوجد مقدار شغل الاحتكاك

مثال ٢ : أعد حل السؤال السابق معتبراً السطح مائل بزاوية  $30^\circ$

الشغل	القانون	ملاحظات
شغل القوة	$W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{d} = F d \cos \theta$	
شغل الجاذبية	$W_g = - mgd$ $W_g = mgd$	( - ) إذا تحرك الجسم للأعلى ( + ) إذا تحرك الجسم للأسفل
شغل النابض	$W_s = \frac{1}{2} k x_i^2 - \frac{1}{2} k x_f^2$	
شغل الاحتكاك الحركي	$W_f = - \mu_k \cdot F_N \cdot d$	

## الطاقة ( Energy ) :

( القدرة على بذل شغل )

- الطاقة كمية قياسية تقاس بوحدة جول ( J ) حيث  $( J = 1N \cdot 1m = 1kg \cdot m^2 / s^2 )$
- ترتبط الطاقة بوضع الجسم و حالته .
- تأمل الطبيعة من حولك فهي إما أن تكون طاقة أو مادة .
- الطاقة تنتقل من جسم إلى آخر و تتحول من شكل إلى آخر .
- أنواع الطاقة : ميكانيكية ( حركية و كامنة ) ، كهربائية ، ضوئية ، مغناطيسية ، ....

الطاقة الميكانيكية	
الطاقة الكامنة ( potential energy )	الطاقة الحركية ( kinetic energy )
طاقة يكتسبها الجسم نتيجة لموضعه و الطاقة لأي قوة محافظة ( قوة الجاذبية و قوة الزنبرك ) $W - =$	طاقة يكتسبها الجسم نتيجة لحركته و تحسب من القانون التالي :
$\Delta U_g = - W_g = -m g d \csc \theta$	$K = \frac{1}{2} m v^2$
$\Delta U_s = - W_s = \frac{1}{2} k x_f^2 - \frac{1}{2} k x_i^2$	

**اختبر فهمك :** ما نوع الطاقة التي يمتلكها الجسم في الحالات التالية معتبرا أن سطح الأرض هو مستوى الإسناد .

١ : جسم يتحرك على سطح الأرض بسرعة قدرها  $v$  :

٢ : جسم ساكن على ارتفاع 3m عن سطح الأرض :

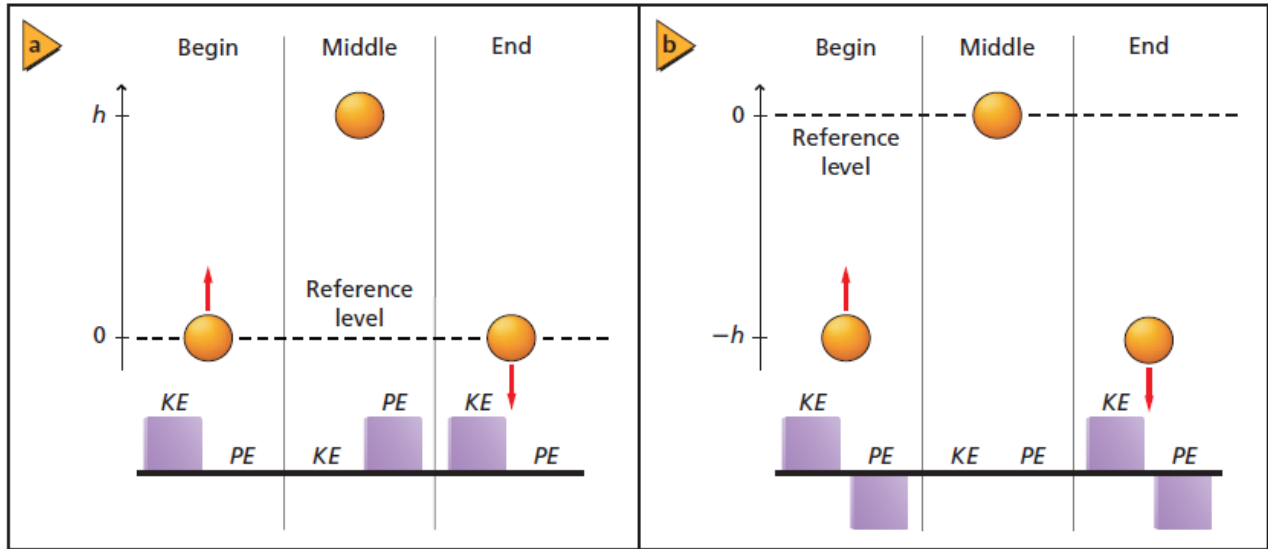
٣ : جسم يسقط من ارتفاع 5m بسرعة ابتدائية 3m/s :

٤ : نابض مضغوط بمقدار 10cm :

**مستوى الإسناد :** هو المستوى الذي يقاس منه ارتفاع الجسم

**اختبر فهمك :**

- انظر الشكلين a , b و حدد مقدار طاقة الوضع و الحركة في ( بداية ، وسط ، نهاية ) الحركة . بحيث يشير السهم على الكرة إلى إتجاه الكرة .



- هل يتغير المجموع الكلي للطاقة الميكانيكية أثناء مراحل التحريك بتغير مستوى الإسناد وضح أجابتك .

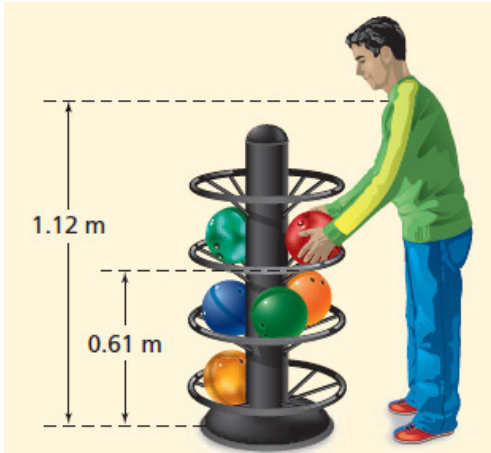
**مثال ٣ :** إذا رفعت كرة بولنج كتلتها  $7.3\text{kg}$  من سلة الكرات إلى مستوى كتفك ، و كان ارتفاع سلة الكرات عن سطح الأرض  $0.61\text{m}$  و ارتفاع كتفك  $1.12\text{m}$  عن نفس المستوى فما مقدار

١: طاقة الوضع لكره البولنج و هي على كتفك بالنسبة للأرض

٢: طاقة وضع لكره البولنج على كتفك بالنسبة إلى سلة الكرات

٣: شغل الذي تبذله الجاذبية عندما ترتفع الكرة من السلة إلى مستوى كتفك .

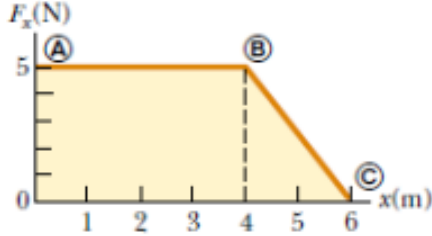
٤: ما مقدار طاقة الوضع لكره البولنج عندما تكون على سطح الأرض على اعتبار مستوى الإسناد عند سلة الكرات



## حساب الشغل من منحنى $F, x$ :

- يحسب الشغل من منحنى القوة - الإزاحة من خلال حساب المساحة تحت المنحنى  $F, x$

مثال ٤ : انظر الشكل المجاور و احسب الشغل المبذول من القوة  $F$  لتحريك الجسم من  $x_i = 0m$  إلى  $x_f = 6m$



نظرية الشغل - الطاقة الحركية ( work - kinetic energy theorem )

$$\sum W = \Delta K \rightarrow W_{app} + W_g + W_s + W_f = \Delta K$$

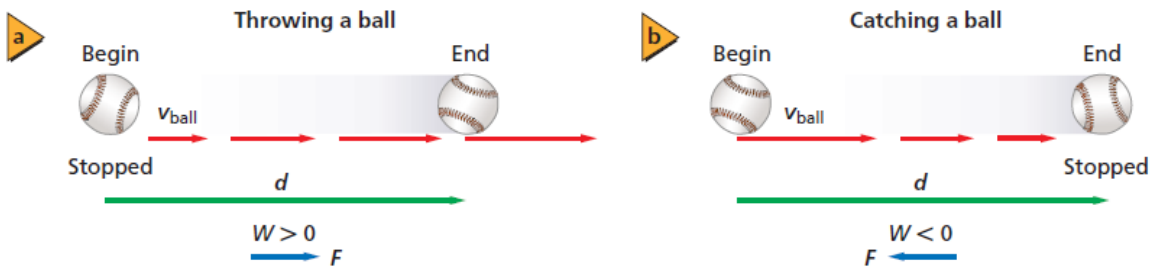
مجموع الشغل المبذول على الجسم = تغير الطاقة الحركية للجسم ( وهذا تعبير عن قانون حفظ الطاقة )	$\sum W$ : مجموع الأشغال على الجسم
	$W_{app}$ : شغل القوة المبذولة
	$W_g$ : شغل الجاذبية
	$W_s$ : شغل النابض
	$W_f$ : شغل الاحتكاك

**اختبر فهمك :**

١: عدد أنواع الأشغال التي يمكن تطبيقها على الجسم مع ذكر رمز كل شغل منها ؟

٢: فسر : يمكن أن تصرف طاقة دون انجاز شغل ؟

٣: تأمل الشكل المجاور وناقش ماذا حدث في كلا من ( a,b ) معتمدا بتفسيرك على نظرية الشغل - الطاقة الحركية .





**مثال ٥:** يتحرك متزلج كتلته  $52,0 \text{ kg}$  وبسرعة  $2.5 \text{ m/s}$  ويتوقف خلال مسافة  $24.0 \text{ m}$  ما مقدار الشغل بفعل الاحتكاك مع الجليد لجعل المتزلج يتوقف ؟

**مثال ٦:** سيارة كتلتها  $800 \text{ kg}$  زادت سرعتها من  $20 \text{ m/s}$  إلى  $30 \text{ m/s}$  عندما تجاوزت سيارة أخرى أوجد :

أ- طاقة حركتها الابتدائية ؟

ب - طاقة حركتها النهائية ؟

ج - مقدار الشغل المبذول على السيارة لزيادة سرعتها ؟

**مثال ٧:** أطلقت رصاصة كتلتها 10g باتجاه لوح خشبي مثبت رأسيًا سمكه 8 mm فصدته بسرعة أفقية 600 m/s واخترقته وخرجت منه أفقياً بسرعة 400m/s احسب :

- ١- التغير في الطاقة الحركية للرصاصة .
- ٢- الشغل الذي بذلته قوة مقاومة الخشب المؤثرة في الرصاصة .
- ٣- متوسط قوة مقاومة الخشب للرصاصة على افتراض أنها ثابتة في المقدار أثناء اختراق لوح الخشب .

## القدرة ( Power )

متوسط القدرة : هي الشغل المبذول خلال وحدة الزمن	القدرة اللحظية : حاصل ضرب القوة في سرعة الجسم عند تلك اللحظة
$P_{avg} = \frac{W}{\Delta t}$	$P = F \cdot v$
$P_{avg}$ : متوسط القدرة	F : القوة
W : الشغل المبذول على الجسم	v : السرعة اللحظية
$\Delta t$ : الفترة الزمنية	
عندما تكون السرعة ثابتة ( التسارع يساوي صفرا ) فإن متوسط القدرة يساوي القدرة اللحظية	
يمكن حساب متوسط القدرة من العلاقة $P_{avg} = F \cdot v_{avg}$ بشرط أن تكون v هي متوسط السرعة .	

**مثال ٨:** يتحرك جسم كتلته 10kg من السكون على سطح مائل خشن باتجاه أعلى السطح تحت تأثير قوة مقدارها 96N موازية للسطح المائل إلى أعلى ، فإذا كانت قوة الاحتكاك بين الجسم والسطح 16N وطول السطح المائل 25m وزاوية ميله  $37^\circ$  وبفرض أن تسارع السقوط الحر  $10 \text{ m/s}^2$  احسب:

- ١- الشغل الذي تبذله القوة
- ٢- الشغل الذي تبذله قوة الاحتكاك
- ٣- الزيادة في الطاقة الحركية للجسم
- ٤- قدرة القوة ( F ) عند نهاية المستوى المائل ( قدرة لحظية ) .
- ٥- متوسط قدرة القوة ( F ) خلال فترة تأثيرها .

مثال ٩: تدفع قوة أفقية قدرها 200N جسم على سطح أفقي بسرعة ثابتة قدرها 5m/s ، اوجد قدرة هذه القوة ؟

## قانون حفظ الطاقة بصورة جديدة :

تذكر أن قانون حفظ الطاقة (  $\Sigma W = \Delta K_E$  ) ينص على

$$\Sigma W = \Delta K \rightarrow W_{app} + W_g + W_s + W_f = \Delta K$$

وتعلمنا سابقا أن :

$$\Delta U_g = - W_g \quad \text{تغير الطاقة الكامنة بسبب تغير الارتفاع} = \text{سالب شغل الجاذبية}$$

$$\Delta U_s = - W_g \quad \text{تغير الطاقة المخزنة بالنابض} = \text{سالب شغل النابض}$$

### حالات تطبيق قانون حفظ الطاقة بصورته الجديدة

وجود قوى خارجية ( دفع ، احتكاك ، ..... )	عدم وجود قوى خارجية
نظام غير محافظ	نظام محافظ
$\Sigma W = \Delta E$	$\Sigma W = 0 \Rightarrow 0 = \Delta E \Rightarrow E_i = E_f$
تغير الطاقة للجسم تساوي مجموع الشغل المبذول عليه	الطاقة النهائية تساوي الطاقة البدائية

## كيفية حل المسائل :

- أفهم جيدا : السؤال يتكلم عن نظام محافظ أم غير محافظ لاختيار القانون المناسب .
- تحديد نقطة البداية حسب المطلوب في السؤال وحساب مجموع الطاقة الابتدائية عندها  $E_i$
- تذكر أن الطاقة التي نحسبها هي مجموع الطاقة الحركية والكامنة بفعل الجاذبية والمخزنة في النابض إن وجد عند الحالة الابتدائية للسؤال .
- تحديد نقطة النهاية حسب المطلوب في السؤال وحساب الطاقة النهائية عندها (  $E_f$  )
- إذا كان السؤال لنظام غير محافظ نقوم بحساب شغل القوة المطبقة وحساب شغل قوة معيقة إن وجدت أو إيجاد محصلة القوى ( المطبقة على الجسم والمعيقة ) و حساب شغل محصلة القوى .
- نطبق القانون المناسب لنظام محافظ  $\Leftarrow E_i = E_f$  ، نظام غير محافظ  $\Leftarrow \Sigma W = \Delta E$

## ونحسب المطلوب من السؤال

### اختبر فهمك :

١: أيهما أسهل حل المسائل على قوانين نيوتن والحركة أم على قوانين الشغل والطاقة ؟ ولماذا ؟

٢: هل يعتمد الشغل اللازم لرفع كتاب إلى رف عال على مقدار سرعة رفعه ؟ وهل تعتمد القدرة على رفع الكتاب على مقدار سرعة رفعه ؟ وضح إجابتك ؟

٣: إذا تضاعفت الطاقة الحركية لجسم بفعل شغل مبذول عليه فهل تتضاعف سرعة الجسم ؟  
إذا كان الجواب بالنفي فما النسبة التي تتغير بها سرعة الجسم ؟

٤- وضح كيفية إيجاد التغير في طاقة نظام إذا أثرت فيه ثلاث قوى في آن واحد ؟

مثال ١٠: يتم سحب عربة عن طريق التأثير في مقبضها بقوة مقدارها  $38.0\text{N}$  وتصنع زاوية  $42.0^\circ$  مع خط الأفق فإذا سحبت العربة بحيث أكملت مساراً دائرياً نصف قطره  $25.0\text{m}$  ، فما مقدار الشغل المبذول ؟

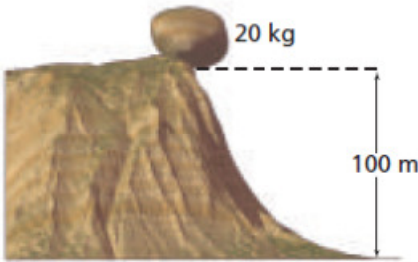
مثال ١١: يحمل عامل ثلاجة كتلتها 185kg على عربة نقل متحركة ، وذلك بدفعها بسرعة ثابتة إلى اعلي مسافة 10.0m على لوح مائل عديم الاحتكاك يميل بزاوية  $11.0^0$  على الأفقي .ما مقدار الشغل الذي يبذله العامل ؟

مثال ١٢: تستقر صخرة كتلتها 20kg على حافة جرف ارتفاعه 100m كما في الشكل المجاور ، احسب

أ : مقدار طاقة وضعها بالنسبة لقاعدة الجرف

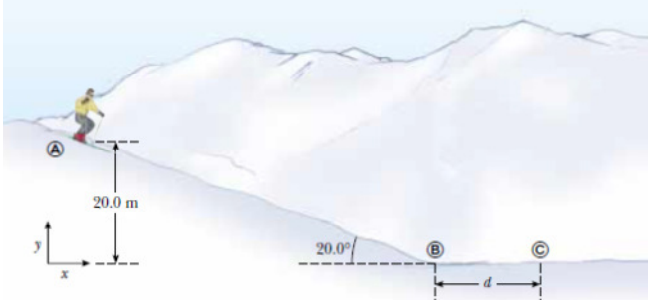
ب: إذا سقطت الصخرة فما مقدار الطاقة الحركية للصخرة لحظة ارتطامها بالأرض

ج- مقدار سرعة الصخرة لحظة ارتطامها بالأرض ؟



مثال ١٣: السجل العالمي للقفز بالزانة للرجال 2.45m ، فما أقل مقدار من الشغل يجب أن يبذل لدفع لاعب كتلته 73kg عن سطح الأرض حتى يصل إلى هذا الارتفاع ؟

مثال ١٤ : تبدأ متزلجة من السكون عند قمة منحدر أملس ارتفاعه عن سطح الأرض 20.0m ثم تبدأ المتزلجة الحركة من عند قاع المنحدر على سطح أفقي خشن حيث يكون معامل الاحتكاك الحركي بين المزلج والجليد 0.210 ، فما المسافة التي تقطعها على السطح الأفقي قبل أن تتوقف ؟

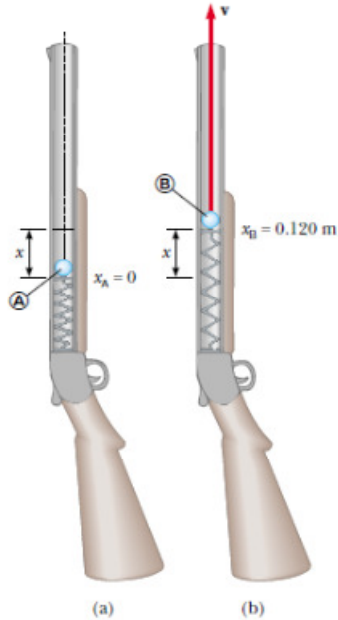


مثال ١٥ : لعبة تتكون من زنبرك ثابت الزنبرك له غير معلوم عند ضغط الزنبرك مسافة 12cm فإن البندقية عند الانطلاق رأسيا تكون قادرة على قذف قذيفة كتلتها 35g لأقصى ارتفاع 20 m فوق موضع القذيفة قبل إطلاقها بإهمال جميع قوى الاحتكاك ، احسب :

أ - ثابت النابض ( الزنبرك ) ؟

ب : سرعة القذيفة عندما تتحرك حول موضع اتزان الزنبرك ؟

( استعين بالشكل المجاور لحل المثال )





## تدريبات على الشغل والطاقة والقدرة :

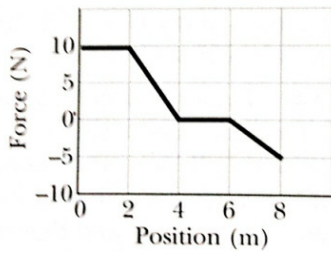
١: يتحرك جسيم في المستوى  $xy$  ويقطع إزاحة  $\Delta r = 2.0i + 3.0j$  تحت تأثير قوة ثابتة  $F = 5.0i + 2.0j$

أ- احسب الشغل الذي تبذله القوة

ب- الزاوية بين القوة والإزاحة

٢: تحرك صندوق كتلته  $5\text{kg}$  بخط مستقيم على سطح أفقي أملس تحت تأثير قوة متغيرة مع الموقع حسب الشكل المجاور ،

اوجد مقدار الشغل الذي أنجزته القوة لتحريك الجسم من نقطة الأصل (  $x_i = 0$  ) إلى الموقع (  $x_f = 8\text{m}$  ) ؟



٣: يلزم بذل شغل مقداره  $1210\text{J}$  لسحب قفص كتلته  $7.0\text{kg}$  ، مسافة  $20.0\text{m}$  فإذا تم انجاز الشغل بربط القفص بحبل و سحبه بقوة مقدارها  $75.0\text{N}$  ، فما مقدار زاوية ربط الحبل بالنسبة للمحور الأفقي .

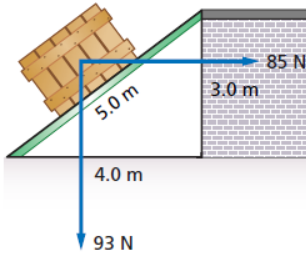
٤ : يدفع عامل صندوق يزن 93N إلى أعلى مستوى مائل ، لكن اتجاه دفع العامل أفقي يوازي سطح الأرض  
انظر الشكل و أوجد :

( a ) إذا أثر العامل بقوة مقدارها 85N فما مقدار الشغل الذي يبذله ؟

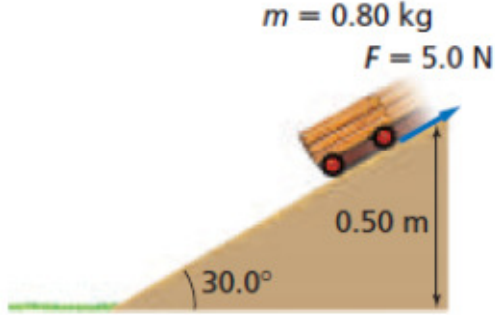
( b ) ما مقدار الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية الأرضية ؟

( c ) إذا كان معامل الاحتكاك الحركي 0.20 فما مقدار الشغل المبذول بواسطة قوة الاحتكاك ؟

( d ) مجموع الأشغال المبذولة على الجسم و مقدار تغير الطاقة الحركية للصندوق ؟



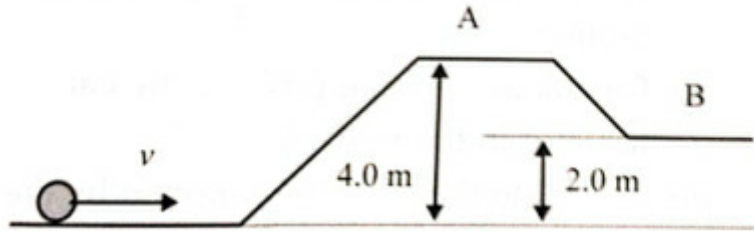
٥ : سقطت عربة كتلتها  $0.8\text{kg}$  من أعلى مسار مائل يرتفع  $0.50\text{ m}$  عن سطح الأرض و يميل عن الأفقي بزاوية  $30^\circ$  كما في الشكل ، فإذا أثرت قوة احتكاك السطح على العربة بقوة  $5\text{N}$  فهل تصل العربة إلى أسفل المسار ؟ وضح إجابتك رياضيا ؟



٦ : يتحرك صندوق كتلته  $10\text{kg}$  بسرعة أفقية  $5\text{m/s}$  فما مقدار الشغل اللازم لتغيير سرعته إلى  $8\text{m/s}$  ؟

٧ : مكعب كتلته 2kg متصل بنابض ثابتته 500N/s ، عندما يمر المكعب بموضع الاتزان ( النابض بطوله الأصلي بدون استطالة أو انضغاط ) تكون سرعة الجسم 4m/s ، فما مقدار أقصى انضغاط للنابض ؟

٨ : بالنظر إلى الشكل المجاور احسب أقل سرعة للكرة حتى تصل إلى الموقع B ثم احسب قيمة سرعة الجسم عند B ؟

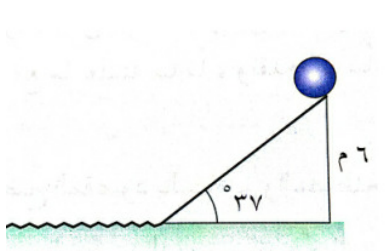


٩ : تسلق قرد كتلته 15kg سلما ارتفاعه 6m ( وضع عاموديا للوصول إلى سطح غرفة ) خلال زمن قدرة 3s ثم تابع حركته لمسافة 10m أفقيا ، على السطح الأفقي للغرفة ، اوجد الشغل الذي بذله القرد ضد الجاذبية و قدرة القرد .

١٠: قفز مظلي كتلته 40kg من طائرة على ارتفاع 690m ووصل مستوى الأرض بسرعة 13 m/s ، ما مقدار الطاقة المفقودة لمقاومة الهواء ؟

١١- إذا احتجنا شغلا قدره 9 لضغط نابض مسافة 15cm ، كم سنحتاج شغلا لضغط نفس النابض 15cm إضافية .

١٢ : ترك جسما ينزلق من السكون تحت تأثير وزنه على سطح مائل أملس كما في الشكل ، احسب المسافة التي يقطعها الجسم على السطح الأفقي الخشن قبل أن يتوقف ، إذا كانت قوة الاحتكاك بين الجسم و السطح الأفقي الخشن تساوي نصف وزنه

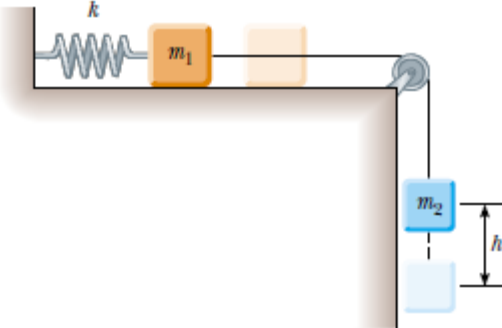


١٣ : اوجد سرعة كتلة البندول في أسفل نقطه لاهتزازة إذا كان طول البندول 1.0m و بدأ حركته من السكون بحيث كان يصنع زاوية قدرها  $10^0$  ؟

١٤ : ضغط جسما كتلته 0.4kg نابضا ثابتة 250N/m لمسافة 12cm إذا كان النابض حر الحركة من طرف واحد و موضوع على سطح أفقي أملس ، ترك الجسم يتحرك بحرية على السطح الأفقي و من ثم يصعد مستوى مائل أملس يميل عن الأفقي  $30^0$  مسافة قدرها 40cm ، احسب سرعة الجسم عند تلك اللحظة .



١٥ : جسمان متصلان ببعضهما البعض بحبل يمر على بكره ملساء كما في الشكل ، يوضع الجسم  $m_1$  على السطح الأفقي و متصل بنابض ثابتته  $k$  تركت المجموعة تتحرك من السكون عندما كان النابض مضغوطا ، فإذا هبط الجسم المعلق  $m_2$  مسافة  $h$  قبل أن يصل إلى السكون احسب معامل الاحتكاك الحركي بين الجسم  $m_1$  و السطح الأفقي .



١٦ : نابض ثابتته  $5000\text{N/m}$  مثبت في أسفل سطح مائل خشن يميل بزاوية  $30^\circ$  ، تم ضغط النابض مسافة  $10\text{cm}$  و وضع إمامه مكعب كتلته  $20\text{kg}$  ، ترك النابض حر الحركة فدفع المكعب لمسافة  $2\text{m}$  على السطح المائل قبل أن يتوقف ، أوجد ؟

أ ( الطاقة المخزنة في النابض .

ب ( شغل قوة الاحتكاك .

ج ( شغل قوة الجاذبية الأرضية

د ( معامل الاحتكاك الحركي بين المكعب و السطح المائل الخشن .



١٧ : يتحرك جسم كتلته 2.0kg من الموقع  $m(2i + 5j)$  إلى الموقع  $m(6i - 2j)$  تحت تأثير قوة ثابتة تساوي  $N(4i - 3j)$  ، إذا علمت أن سرعة الجسم في الموقع الابتدائي 4m/s فما مقدار الطاقة الحركية للجسم عند الموقع النهائي ؟

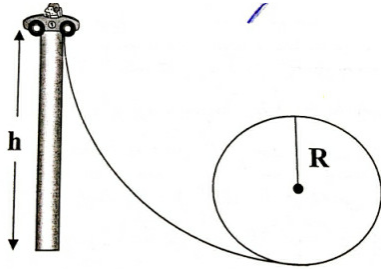
١٨ : وقف فتى على ميزان فظهرت القراءة 710N نتيجة انضغاط زنبرك الميزان بمقدار 0.6mm ، ما قراءة الميزان العظمى عندما يقفز الفتى نفسه من ارتفاع 1m على الميزان ؟

١٩ : يقفز لاعب كتلته 65kg إلى أعلى من منصة قفز بسرعة قدرها 5m/s

أ ( ما سرعة اللاعب لحظة وصوله إلى النطاق الموجود على مسافة 3m أسفل المنصة ؟

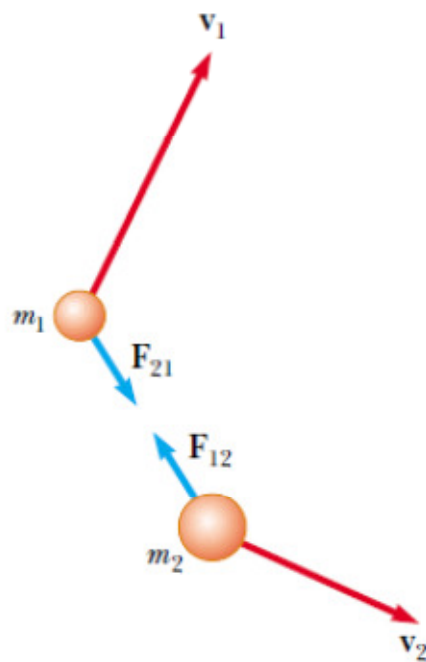
ب ( ما مقدار انضغاط النطاق إلى أسفل مع اعتباره زنبركا ثابت صلابته يساوي  $6.2 \times 10^4 \text{N/m}$  ؟

٢٠ : في مدينة العاب يوجد قطار سريع كما في الشكل المقابل ، ما هو اقل ارتفاع  $h$  يجب إفلات عربة القطار منه بحيث تصنع بأمان لفة كاملة نصف قطرها  $R$  ؟



## الزخم الخطي

( Linear momentum )



## الزخم الخطي ( Linear momentum )

( الزخم ( كمية الحركة ) لجسم ما يساوي حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته المتجهة )

$p = m \cdot v$	$p$ : زخم الجسم kg.m/s
	$m$ : كتلة الجسم kg
	$v$ : سرعة الجسم المتجه m/s

- الزخم كمية متجهة ويكون اتجاه الزخم دوماً باتجاه سرعة الجسم .

### اختبر فهمك :

١: هل يختلف زخم سيارة تتحرك جنوباً عن زخم السيارة نفسها عندما تتحرك شمالاً ، إذا كان مقدار السرعة في الحالتين متساوياً ؟ ارسم متجهات الزخم لتدعم إجابتك ؟

٢: أيهما له زخم أكبر ، باص مدرسة يقف عند إشارة مرور أم ذبابة تطير في المكان ؟

مثال ١ : كرة بيسبول كتلتها 0.175kg وسرعتها 40m/s احسب زخمها ؟

## الزخم الخطي لمجموعة من الجسيمات ( The Linear Momentum of a System of Particles )

- بما أن الزخم كمية متجهة لذلك يمكننا حساب الزخم لمجموعة من الجسيمات عددها ( n ) بإيجاد زخم كل جسم لوحده ومن ثم نجمعها جمعا متجهي .

$$\Sigma \mathbf{p} = \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 + \mathbf{p}_3 + \dots + \mathbf{p}_n$$

$$\Sigma \mathbf{p} = m_1 \mathbf{v}_1 + m_2 \mathbf{v}_2 + m_3 \mathbf{v}_3 + \dots + m_n \mathbf{v}_n$$

## الدفع والزخم ( Impulse and Momentum )

- يمكننا إعادة كتابة القانون الثاني لنيوتن (  $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$  ) باستخدام تعريف التسارع ( تغير السرعة على الزمن ) ويمكن تمثيلها بالمعادلة :



$$\mathbf{F} = m \mathbf{a} \rightarrow \mathbf{F} = m \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}$$

$$\mathbf{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \mathbf{v}$$



- يمثل المقدار (  $\mathbf{F} \cdot \Delta t$  ) الدفع (  $\mathbf{I}$  ) هو كمية متجهة .
- ويمثل المقدار (  $m \cdot \Delta \mathbf{v}$  ) تغير الزخم (  $\Delta \mathbf{p}$  ) هو كمية متجهة .
- لذلك يمكن إعادة كتابة قانون نيوتن الثاني (  $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$  ) ليصبح (  $\mathbf{I} = \Delta \mathbf{p}$  )

**الدفع = تغير الزخم**

**اختبر فهمك :**

١: وحدة قياس الزخم ( kg.m/s ) ووحدة قياس الدفع ( N.s ) فهل هما متساويتان ؟ وضح إجابتك ؟

٢: معتمدا على نظرية ( الدفع = تغير الزخم ) فسر مبدأ عمل الوسائد الهوائية في السيارات ، مبينا فائدتها .

٣: أيهما أسلم وأكثر أمانا إيقاف الشاحنة باصطدامها بكومة الرمل أم اصطدامها بالجدار .

٤: بين متى يكون اتجاه الدفع مع اتجاه تغير الزخم .

٥: بين متى يكون اتجاه الدفع مع اتجاه الزخم .

مثال ٢ : تتحرك سيارة صغيرة كتلتها 750kg بسرعة 30m/s في اتجاه الشرق ، عبر عن حركة السيارة برسم تخطيطي واحسب :

١- مقدار زخمها وحدد اتجاهه وارسم سهمها على السيارة يعبر عن الزخم

٢- إذا ضغط السائق على الكابح بشدة لإبطاء السيارة خلال 2.0s وكان متوسط القوة المؤثرة في السيارة لإبطائها يساوي 5000N فما التغير في زخم السيارة ، أي ما مقدار واتجاه الدفع على السيارة .

٣- أكمل الرسمين قبل الضغط على الكابح وبعده ثم حدد الزخم والسرعة المتجهة للسيارة بعد الانتهاء من الضغط على الكابح .

**مثال ٣:** قذفت كرة بيسبول كتلتها  $0.174\text{kg}$  أفقيا بسرعة  $26\text{m/s}$  وبعد أن ضربت الكرة بالمضرب تحركت في الاتجاه المعاكس بسرعة  $38\text{m/s}$  :

- ١- ارسم متجات الزخم للكرة قبل ضربها بالمضرب وبعده
- ٢- ما التغير في زخم الكرة
- ٣- ما الدفع الناتج عن الكرة .
- ٤- إذا بقي المضرب متصلا بالكرة مدة  $0.80\text{ms}$  فما متوسط القوة التي أثر بها المضرب في الكرة .

**تدريب ١:** سرّ ع سابق عربة ثلج كتلتها 240.0kg وذلك بالتأثير بقوة أدت إلى زيادة سرعتها من 6.0m/s إلى 28.0m/s خلال فترة زمنية مقدارها 60.0s :

١- ارسم مخططا يمثل الوضعين الابتدائي والنهائي للعربة .

٢- ما التغير في زخم العربة ، الدفع على العربة

٣- ما مقدار متوسط القوة التي أثرت في العربة .

٤- ما مقدار التغير في الطاقة الحركية للعربة .

٥- المسافة التي احتاجتها العربة لتغيير سرعتها .



**اختبر فهمك :** يعتقد بعض الأشخاص أن بإمكانهم أن يوقفوا اندفاع أجسامهم إلى الأمام في مركبة ما عندما تتوقف فجأة من سرعة  $100\text{km/h}$  وذلك بوضع أيديهم على لوحة العدادات ، صمم تجربة مبنية على نظرية ( الدفع = تغير الزخم ) في دحض مثل هذه الادعاءات ؟

**اختبر فهمك :** يصوب رام سهامه في اتجاه هدف فتتغرز بعضها ويرتد البعض عن الهدف ، إذا فترضنا أن كتلة وسرعة السهام المتجهة متساوية فأياها ينتج دفعا اكبر على الهدف .

لمعلوماتك دوما ما يكون
اتجاه السرعة باتجاه - الزخم - دوما .
اتجاه تغير السرعة باتجاه : ١- التسارع ٢- القوة ٣- تغير الزخم ٤- الدفع

**اختبر فهمك :** لديك سيارة كتلتها  $m$  وسرعتها  $v$  تسير في خط مستقيم إذا ضاعفنا سرعتها بنفس الاتجاه فكم تصبح طاقتها الحركية وزخمها مقارنة بالحالة الابتدائية وأيهما كمية قياسية وأيهما كمية متجهة .

## حفظ كمية الحركة ( Conservation of Linear Momentum )

- حتى يكون زخم النظام محفوظ لا بد من توافر شرطين هما :

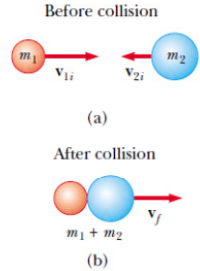
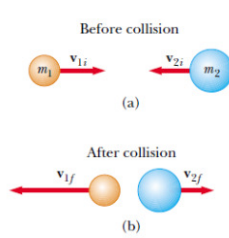
- ١- أن يكون النظام مغلق ( the system is closed ) وهو نظام لا يفقد ولا يكتسب كتلة .
- ٢- أن يكون النظام معزول ( the system is isolated ) وهو نظام تكون فيه القوى المؤثرة عليه قوى داخلية أي لا تؤثر في النظام قوى من أجسام موجودة خارجه.

وعندما يكون النظام مغلقا معزولا ( closed isolated system ) فإن مجموع الزخم يساوي مقدارا ثابتا

$$p = \text{constant} , \text{ وتدعى هذه الصيغة قانون حفظ الزخم الخطي } p_i = p_f$$

### الزخم الكلي قبل التصادم = الزخم الكلي بعد التصادم

- من أهم التطبيقات لقانون حفظ الزخم الخطي هي التصادمات ، الالتحام عند التصادم ، التفكك عند التصادم .
- من أهم التطبيقات لقانون حفظ الزخم الخطي أنه قادرا على الربط بين ظروف النظام قبل التفاعل وبعده ، دون الحاجة إلى معرفة تفاصيل هذا التفاعل .
- ناقش الرسومات التالية و اكتب قانون حفظ الزخم :



**اختبر نفسك :** مبتدئا بالصيغة الرياضية لقانون نيوتن الثالث أثبت أن :  $p_i = p_f$

أنواع التصادمات Type of Collisions	
التصادم غير المرن inelastic Collision	التصادم المرن elastic Collision
الطاقة الحركية غير المحفوظة ( K )	الطاقة الحركية محفوظة ( K )
$K_{1i} + K_{2i} > K_{1f} + K_{2f}$	$K_{1i} + K_{2i} = K_{1f} + K_{2f}$
الزخم كمية محفوظة ( p )	
$p_{1i} + p_{2i} = p_{1f} + p_{2f}$	

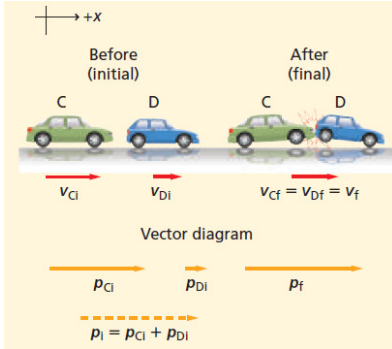
### اختبر فهمك :

١: أي التصادمات يحفظ الزخم وأيها يحفظ الطاقة الحركية .

٢: ركض لاعبان في مباراة كرة قدم من اتجاهين مختلفين فاصطدما وجها لوجه عندما حاولا ضرب الكرة برأسيهما فاستقرا في الجو ثم سقطا على الأرض ، صف زخميتهما الابتدائيتين .

٣: إذا التقطت كرة وأنت واقف على لوح تزلج فإنك ستندفع إلى الخلف أما إذا كنت تقف على الأرض فإنه يمكنك تجنب الحركة عندما تلتقط الكرة ، اشرح كلتا الحالتين باستخدام قانون حفظ الزخم موضحا أي نظام استخدمت في كلتا الحالتين .

مثال ٤: تحركت سيارة كتلتها  $1875\text{kg}$  ، فاصطدمت بمؤخرة سيارة صغيرة كتلتها  $1025\text{kg}$  تسير على الجليد بسرعة  $17\text{m/s}$  في الاتجاه نفسه فالتحمت السيارتان إحداهما بالأخرى ، ما السرعة التي تتحرك بها السيارتان معا بعد التصادم مباشرة ؟



مثال ٥: تحركت كرة كتلتها  $0.5\text{kg}$  بسرعة  $6.0\text{m/s}$  فاصطدمت بكرة أخرى كتلتها  $1.0\text{kg}$  في الاتجاه المعاكس بسرعة مقدارها  $12.0\text{m/s}$  فإذا ارتدت الكرة الأقل كتلة إلى الخلف بسرعة  $14\text{m/s}$  بعد التصادم ، وهل يكون التصادم تصادما مرنا أم غير مرنا ؟

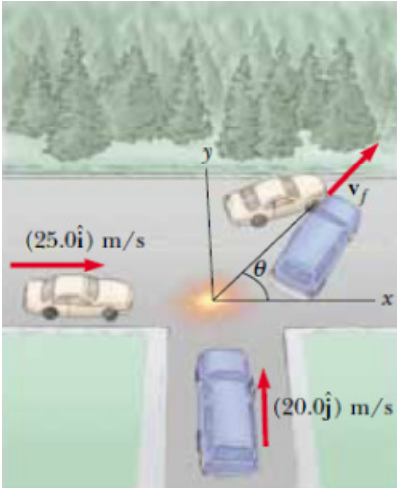
## التصادم في بعدين ( Two - Dimensional Collisions )

- إن قانون حفظ الزخم يطبق على جميع الأنظمة المغلقة والمعزولة ، بغض النظر عن اتجاهات حركة الأجسام قبل وبعد التصادم .
- فإذا حدث تصادم بين جسمين في بعدين نطبق قانون حفظ الزخم لكل بعد على حدا بحيث يكون

$$p_{ix} = p_{fx} \quad , \quad p_{iy} = p_{fy}$$

**إضاءة :** تذكر أن الزخم ( $p$ ) كمية متجهة لذلك تعامل معاملة المتجهات في الجمع ، بمعنى آخر يجب عليك تحليل الزخم ( $p$ ) إلى مركباته ( $p_x, p_y$ ) والتعامل مع كل محور على حدا كما مر معك سابقا في جمع المتجهات .

**مثال ٦:** اصطدمت سيارة كتلتها  $1500\text{kg}$  تسير في اتجاه الشرق بسرعة  $25.0\text{m/s}$  عند تقاطع مع عربة نقل كتلتها  $2500\text{kg}$  قادمة من الجنوب بسرعة  $20.0\text{m/s}$  احسب مقدار واتجاه سرعة الحطام بعد التصادم وذلك بافتراض أن السيارتين تلتحمان بعد التصادم وتتحركان معا كجسما واحدا ؟



## تدريبات على الزخم :

١: قفز شاب كتلته  $60.0\text{kg}$  إلى ارتفاع  $0.32\text{m}$

a- ما زخمه عند وصوله إلى الأرض ؟

b- ما الدفع اللازم لإيقاف الشاب ؟

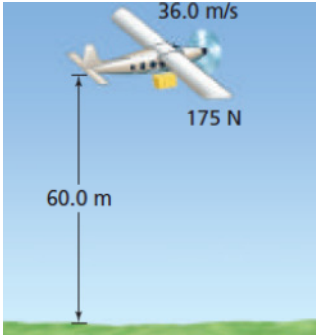
c- عندما يهبط الشاب على الأرض تنتهي ركبتيه مؤديتين إلى إطالة زمن التوقف إلى  $0.05\text{s}$  أوجد متوسط القوة المؤثرة على جسم الشاب ؟

d- قارن بين قوة إيقاف الشاب ووزنه ؟

٢: تركب فتاة كتلتها 50kg عربة ترفية كتلتها 10kg وتتحرك شرقا بسرعة 5m/s فإذا قفزت الفتاة من مقدمة العربة ووصلت إلى الأرض بسرعة 7m/s في اتجاه الشرق بالنسبة إلى الأرض ، اوجد السرعة المتجهة للعربة بعد أن قفزت منها الفتاة ( ارسم رسما يوضح الوضع قبل وبعد قفز الفتاة )

٣: تحركت رصاصة مطاطية كتلتها 12g بسرعة متجهة مقدارها 150m/s فاصطدمت بطوبة إسمنتية ساكنة كتلتها 8.5kg موضوعة على سطح عديم الاحتكاك وارتدت في الاتجاه المعاكس بسرعة 100m/s فما السرعة التي ستتحرك بها الطوبة بعد الاصطدام ؟

٤: انطلقت طائرة إنقاذ حيوانات في اتجاه الشرق بسرعة  $36\text{ m/s}$  وأسقطت رزمة علف من ارتفاع  $60\text{ m}$  ، أوجد مقدار واتجاه زخم رزمة العلف قبل اصطدامها بالأرض علماً أن وزنها  $175\text{ N}$  ؟



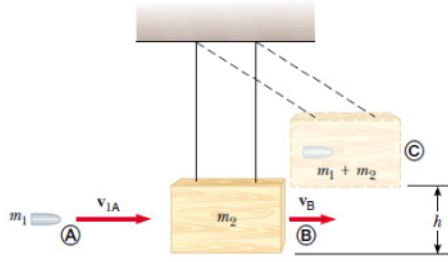
٥- إذا تحرك جزيئ نيتروجين كتلته  $4.7 \times 10^{-26}\text{ kg}$  بسرعة  $550\text{ m/s}$  واصطدم بجدار الإناء الذي يحويه مرتداً إلى الوراء بمقدار السرعة نفسها أوجد:

a- الدفع الذي أثر به الجزيء في الجدار .

b- إذا حدث  $1.5 \times 10^{23}$  تصادم كل ثانية ، فما متوسط القوة المؤثرة في الجدار .



٦: أطلقت رصاصة كتلتها 20g على كتلة خشبية كتلتها 980 كما في الشكل ، فكان اكبر ارتفاع رأسي وصلته المجموعة 20cm عن المستوى الأفقي الأصلي احسب :



a- سرعة المجموعة بعد التصادم مباشرة

b- سرعة الرصاصة .

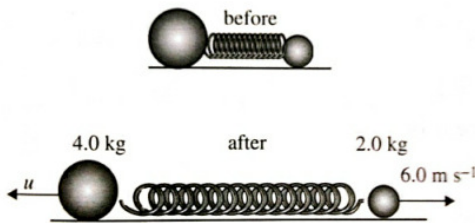
٧: تتحرك كرة كتلتها 2kg أفقيا على مستوى أملس بسرعة 10m/s فتصطدم بحائط رأسي أملس وترتد أفقيا ، فإذا أصبحت طاقتها الحركية بعد التصادم ربع طاقتها الحركية قبل التصادم احسب :

a- سرعة ارتداد الكرة عن الحائط

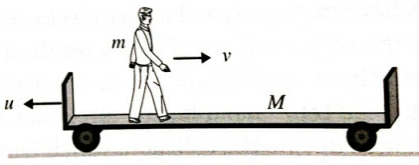
b- التغير في زخم الكرة .

٨: صندوق كتلته 6kg ينزلق بسرعة 4m/s على أرض أفقية ملساء باتجاه محور السينات الموجب ، فإذا انفجر إلى قطعتين الأولى كتلتها 2kg تحركت نحو السينات الموجب بسرعة 8m/s فما سرعة القطعة الأخرى ؟

٩: كرتان 2kg , 4kg ضغط نابض كما في الشكل إذا سمح للكرتين بالحركة على أرض ملساء من خلال دفع النابض لهما وتمدده ، فإذا تحركت الكرة الأصغر كتلة بسرعة 6m/s فما مقدار السرعة للكتلة الأكبر ، وما مقدار الطاقة المرونية التي خزنت بالنابض ؟



١٠: رجل كتلته  $m$  يقف على عربة كتلتها  $M$  ساكنة على سطح أفقي أملس إذا بدأ الرجل يمشي نحو الأمام بسرعة  $v$  ، فما هي السرعة التي ستتحرك بها العربة ، وماذا يحصل عندما يصل الرجل إلى حافة العربة ويتوقف عن المشي ؟

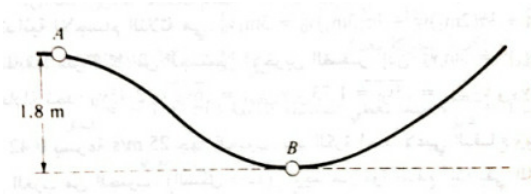


١١: كرة كتلتها  $300g$  وسرعتها  $6m/s$  اصطدمت بجدار بزاوية  $30^\circ$  وارتدت بنفس السرعة ونفس الزاوية حيث كان زمن التصادم  $10ms$

a- عبر بصيغة المتجهات عن الدفع على الجدار واحسب مقداره ؟

١٢: انطلقت رصاصة كتلتها 4g بسرعة 300m/s صوب جسم خشبي كتلته 0.8kg ساكن على سطح طاولة إذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الجسم و سطح الطاولة 0.3 ما هي المسافة التي سينزلها الجسم قبل أن يتوقف ، ما هي النسبة من طاقة الرصاصة التي فقدت أثناء الاصطدام .

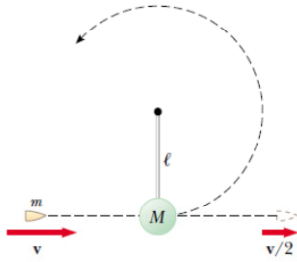
١٣: تفلت الكرة A في الشكل المجاور من الموضع المبين فتنزل على السلك الممهل الاحتكاك وتصطدم بالكرة B ، إذا كان الاصطدام مرنا بشكل كامل ، أوجد الارتفاع الذي ستندفع إليه الكرة B بعد الاصطدام ، افترض أن كتلة A نصف كتلة B ؟



١٤: تتحرك سيارة كتلتها 1200kg نحو جهة الشرق بسرعة 30m/s فتصطدم السيارة بشاحنة كتلتها 3600kg وتتحرك بسرعة 20m/s في اتجاه يصنع الزاوية  $60^0$  نحو شمال الشرق . تلتحم السيارتان وتتحركان معا أوجد سرعتهما المشتركة ؟

١٥: ينفجر جسم ساكن إلى ثلاث قطع متساوية الكتل ، تتحرك القطعة الأولى نحو الشرق بسرعة 20m/s وتتحرك الثانية نحو الجنوب الشرقي بسرعة 30m/s ما هي سرعة القطعة الثالثة المتجهة ؟

١٦: كما هو موضح في الشكل ، تمر رصاصة كتلتها  $m$  وسرعتها  $v$  خلال ثقل بندول كتلته  $M$  إذا كانت سرعة خروج الرصاصة هي  $v/2$  ما هي أقل قيمة للسرعة  $v$  بحيث يدور ثقل البندول دورة رأسية كاملة .



- ١٧: يتحرك جسم على سطح أفقي أملس بسرعة  $5.0\text{m/s}$  ويتصادم مع جسم آخر ساكن له نفس الكتلة ، فإذا تحرك الجسم الأول بعد التصادم بسرعة  $4.3\text{m/s}$  وبزاوية  $30^\circ$  بالنسبة للمسار الابتدائي قبل التصادم :
- a- فأوجد سرعة واتجاه الجسم الثاني .
- b- بين هل التصادم مرن .

١٨: تسير الكتلة  $m_1 = 2\text{kg}$  إلى جهة اليمين على سطح أفقي أملس وبسرعة  $5\text{m/s}$  لتعمل تصادم مرن مع الكتلة الساكنة  $m_2 = 8\text{kg}$  وبعد التصادم رجعت الكتلة  $m_1$  إلى اليسار وارتفعت مسافة  $h$  على السطح المنحني أما الكتلة  $m_2$  اصطدمت بنابض ثابت قوته  $160\text{N}$  وضغطته مسافة  $X$  أوجد :

a- سرعة  $m_1, m_2$  بعد التصادم مباشرة ( لا تستخدم قوانين مباشرة في الحل )

b- الارتفاع  $h$  الذي ترتفعه  $m_1$  بعد التصادم

c- المسافة  $x$  التي ينضغطها الزنبرك .

١٩: اصطدم جسم كتلته  $2\text{kg}$  يتحرك بسرعة  $5\text{m/s}$  مع جسم آخر كتلته  $8\text{kg}$  في حالة سكون و التصق به و تحركا معا ، ما هي الطاقة الحركية المفقودة نتيجة هذا التصادم ؟

٢٠: جسمان A,B كتلة كل منهما 2kg اصطدما ببعضهما البعض ، إذا علمت أن سرعتيهما قبل التصادم هي :

$$\mathbf{v}_{Ai} = (15 \mathbf{i} + 30\mathbf{j}) \text{ m/s}$$

$$\mathbf{v}_{Bi} = (-10 \mathbf{i} + 5\mathbf{j}) \text{ m/s}$$

أما بعد التصادم فإن سرعة الجسم A هي

$$\mathbf{v}_{Af} = (-5\mathbf{i} + 20 \mathbf{j}) \text{ m/s}$$

a- احسب سرعة الجسم B بعد التصادم .

b- احسب التغير في الطاقة الحركية الكلية ( بما في ذلك الإشارة )



الجاذبية

Gravity

## قانون نيوتن للجذب العام ( Newton's Law of Universal Gravitation )

قوة الجاذبية بين أي كتلتين  $m_1$  ,  $m_2$  تتناسب طرديا بين حاصل ضرب كتلتي الجسم وعكسيا مع مربع المسافة بين مركزيهما .

$F = G \frac{M_1 . M_2}{r^2}$	F : قوة التجاذب بين جسمين
	r : المسافة بين مركزي الجسمين
	m1 , m2 : كتلة الجسمين

G : ثابت الجذب الكوني  $= 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg.s}^2$  وقد تم قياسه بعد وضع نيوتن للقانون بحوالي 100 سنة من خلال تجربة كافندش

- ناقش الجدول التالي الذي يبين من خلاله العلاقة الطردية والعلاقة العكسية في قانون الجذب العام :

Direct and Inverse Relationships Newton's law of universal gravitation has both direct and inverse relationships.			
$F \propto m_1 m_2$		$F \propto \frac{1}{r^2}$	
Change	Result	Change	Result
$2m_1 m_2$	$2F$	$2r$	$\frac{1}{4}F$
$3m_1 m_2$	$3F$	$3r$	$\frac{1}{9}F$
$2m_1 \ 3m_2$	$6F$	$\frac{1}{2}r$	$4F$
$\frac{1}{2} m_1 m_2$	$\frac{1}{2}F$	$\frac{1}{3}r$	$9F$

.....

.....

.....

.....

### اختبر فهمك :

- ١- إذا تقلصت المسافة بين جسمين إلى الربع فإن قوة التجاذب بين الجسمين تصبح .....
- ٢- ماذا يحدث لقوة التجاذب إذا زادت المسافة إلى الضعف : .....
- ٣- ماذا يحدث للثابت G إذا كانت كتلة الأرض ضعف قيمتها وبقي حجمها ثابت : .....

**مثال ١:** احسب قوة التجاذب بين جسمين متماثلين كتلة كل منهما 100kg و تفصل بين مركزيهما مسافة 1m ؟

تسارع الجاذبية الأرضية ( Acceleration Due to Gravity )

- تذكر أن الوزن هو مقدار قوة جذب الأرض للجسم .

- من التعريف يمكننا أن نكتب إن : قوة التجاذب بينك وبين الأرض = وزنك على الأرض

g : تسارع الجاذبية الأرضية

G : ثابت الجذب العام  $6.67 \times 10^{-11} \text{m}^3 \text{kg.s}$

M : كتلة الأرض  $5.94 \times 10^{24} \text{kg}$

$R_e$  : نصف قطر الأرض  $6.37 \times 10^6 \text{m}$

**اختبر فهمك :** ماذا يحدث لـ g عند الارتفاع عن سطح الأرض أو النزول في أعماق الأرض .

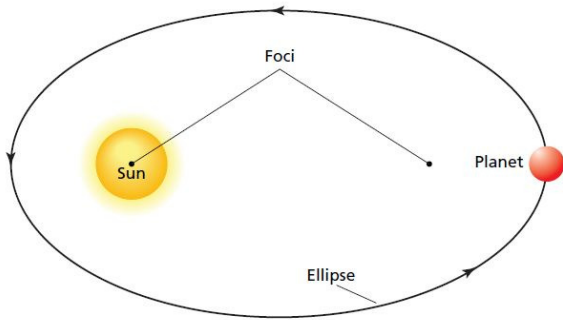
**مثال ٢:** محطة الفضاء الدولية مصممة لكي تعمل على ارتفاع 350km ، عندما تنتهي سيكون وزنها على الأرض  $4.22 \times 10^6 \text{ N}$  ، فكم يكون وزنها في مدارها ؟

## قوانين كبلر ( Keplers Laws )

**القانون الأول:** قانون المدارات ( Law of Orbits ) :

مدارات الكواكب اهليلجية ( قطع ناقص ) و تكون

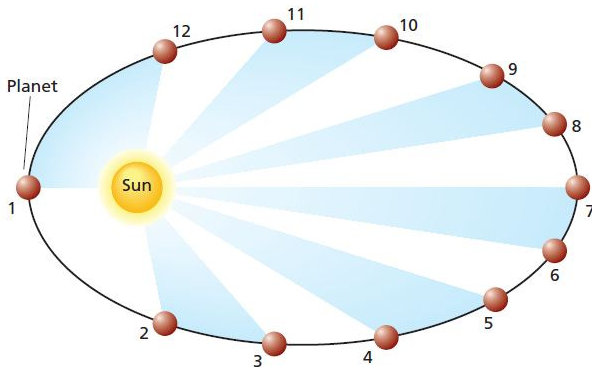
الشمس احدى بؤرتيها كما في الشكل :



**القانون الثاني:** قانون المساحات ( Law of Areas ) :

الخط الوهمي من الشمس إلى الكوكب يمسح

مساحات متساوية في أزمنة متساوية كما في الشكل .



**القانون الثالث :** قانون الزمن الدوري ( Law of Periods ) : مربع الزمن الدوري المداري لأي كوكب يتناسب مع مكعب نصف طول المحور الأكبر للمدار الذي على شكل قطع ناقص .

$T^2 = \left( \frac{4\pi^2}{GM} \right) r^3$	T : الزمن الدوري r : نصف طول المحور الأكبر للمدار ( متوسط بعد الكوكب عن الشمس )
$T^2 = k r^3$	G : ثابت الجذب العام
	M : كتلة الجسم المركزي
	k : ثابت

عندما يكون الجسم المركزي هو الشمس يكون  $k_s$  يساوي  $2.97 \times 10^{-19} \text{ s}^2/\text{m}^3$

**جدول بيانات عن الكواكب و انصاف اقطارها و بعدها عن الشمس :**

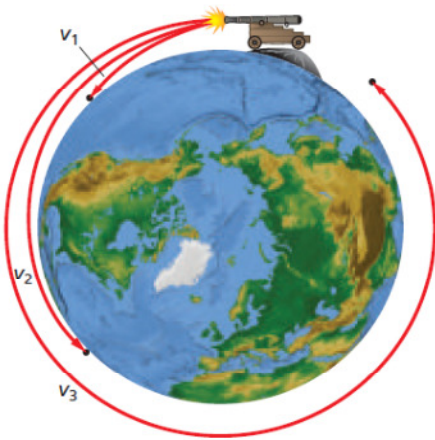
Useful Planetary Data					
Body	Mass (kg)	Mean Radius (m)	Period of Revolution (s)	Mean Distance from Sun (m)	$\frac{T^2}{r^3} (\text{s}^2/\text{m}^3)$
Mercury	$3.18 \times 10^{23}$	$2.43 \times 10^6$	$7.60 \times 10^6$	$5.79 \times 10^{10}$	$2.97 \times 10^{-19}$
Venus	$4.88 \times 10^{24}$	$6.06 \times 10^6$	$1.94 \times 10^7$	$1.08 \times 10^{11}$	$2.99 \times 10^{-19}$
Earth	$5.98 \times 10^{24}$	$6.37 \times 10^6$	$3.156 \times 10^7$	$1.496 \times 10^{11}$	$2.97 \times 10^{-19}$
Mars	$6.42 \times 10^{23}$	$3.37 \times 10^6$	$5.94 \times 10^7$	$2.28 \times 10^{11}$	$2.98 \times 10^{-19}$
Jupiter	$1.90 \times 10^{27}$	$6.99 \times 10^7$	$3.74 \times 10^8$	$7.78 \times 10^{11}$	$2.97 \times 10^{-19}$
Saturn	$5.68 \times 10^{26}$	$5.85 \times 10^7$	$9.35 \times 10^8$	$1.43 \times 10^{12}$	$2.99 \times 10^{-19}$
Uranus	$8.68 \times 10^{25}$	$2.33 \times 10^7$	$2.64 \times 10^9$	$2.87 \times 10^{12}$	$2.95 \times 10^{-19}$
Neptune	$1.03 \times 10^{26}$	$2.21 \times 10^7$	$5.22 \times 10^9$	$4.50 \times 10^{12}$	$2.99 \times 10^{-19}$
Pluto	$\approx 1.4 \times 10^{22}$	$\approx 1.5 \times 10^6$	$7.82 \times 10^9$	$5.91 \times 10^{12}$	$2.96 \times 10^{-19}$
Moon	$7.36 \times 10^{22}$	$1.74 \times 10^6$	—	—	—
Sun	$1.991 \times 10^{30}$	$6.96 \times 10^8$	—	—	—

**اختبر فهمك :** تتحرك الأرض في مدارها خلال الصيف ببطء في نصفها الشمالي أكبر مما هي عليه في الشتاء فهل هي أقرب إلى الشمس صيفا أم في الشتاء ؟

**مثال ٣:** احسب كتلة الشمس علما بأن الزمن الدوري للأرض حول الشمس  $T = 365.25 \text{ day}$  وبعدها عن الشمس  $1.496 \times 10^{11} \text{ m}$  ؟

## ظاهرة انعدام الوزن : ( Weight Lessness )

اختبر فهمك : بالرجوع إلى المثال 2 صفحة 159 نجد أن تسارع الجاذبية الأرضية على ارتفاع 350km ، يساوي  $g_1 = 8.83\text{m/s}^2$  ، لذلك كيف تفسر ما نشاهده من صور داخل المحطة الفضائية بأن راودها في حالة انعدام وزن ؟



استخدم نيوتن الرسم المجاور لتوضيح فكرة تجربة عن حركة الأقمار الاصطناعية ( ولكنها أهملت مقاومة الهواء ) لذلك إذا أطلقت قذيفة من مكان مرتفع (150km) وبسرعة مناسبة لن تواجه مقاومة الهواء ولذا فإن قذيفة أو قمر اصطناعي عند هذا الارتفاع سيدور في مدار ثابت حول الأرض ويعتبر القمر عندها كأنه يسقط سقوط حر ، ليس له وزن .

**اختبر فهمك :** ماذا يحدث لقراءة الميزان الذي تقف عليه داخل أرضية مصعد في الحالات التالية ( أهمل الاحتكاك في جميع الحالات )

- a- يرتفع إلى الأعلى بتسارع ثابت : .....
- b- ينزل إلى الأسفل بتسارع ثابت : .....
- c- في حالة سقوط المصعد سقوطاً حراً : .....

**اختبر فهمك :**

- ١- إذا ركلت كرسيًا وأنت حافي القدمين في محطة الفضاء المدارية فهل تشعر بالألم ؟
- ٢- ما مصدر القوة التي تسبب التسارع لقمر اصطناعي في مداره ؟
- ٣- لو كانت كتلة الأرض ضعف ما هي عليه مع بقاء حجمها ثابتًا ، فماذا يحدث لقيمة  $g$  ؟
- ٤- يدور قمر اصطناعي حول الأرض أي العوامل التالية تعتمد عليها سرعته :  
( كتلة القمر ، البعد عن الأرض ، كتلة الأرض )

مثال ٤ : افترض ان قمرا اصطناعيا يدور حول الأرض على ارتفاع 225km فوق سطحها ، فإذا علمت ان كتلة الأرض تساوي  $5.97 \times 10^{24}$  kg و نصف قطر الأرض  $6.38 \times 10^6$  m فما سرعة القمر المدارية و زمنه الدوري ؟

تدريب : استعمل البيانات المتعلقة بكوكب عطارد في الجدول صفحة 160 لإيجاد ما يلي :

a ( مقدار سرعة قمر اصطناعي في مدار على بعد 260km من سطح عطارد

b ( الزمن الدوري لهذا القمر .

## طاقة الوضع في مجال الجاذبية ( Gravitational Potential Energy )

- مر معك سابقا أن طاقة الوضع لجسم في مجال الجاذبية عندما يكون الجسم قريبا من سطح الأرض

$$U = mgh$$

وبما أن قيمة  $g$  تتغير حسب الارتفاع لذلك لا بد من صيغة عامة لدالة طاقة الوضع في مجال الجاذبية التي تعطى بالعلاقة التالية :

$U = - G \frac{M_1 . M_2}{r}$	U : طاقة الوضع
	$M_1 , M_2$ : كتلة الجسمين
	r : المسافة بين مركزيهما
	( - ) : تبين أن القوة قوة جذب . ( طاقة ارتباط )

- إذا انتقل جسم  $m_2$  من موضع ابتدائي إلى موضع نهائي فوق سطح الأرض (  $M_1$  ) فإنه يمكن حساب التغير في طاقة الوضع له من العلاقة :

$$\Delta U = U_f - U_i = - G M_1 m_2 \left( \frac{1}{r_f} - \frac{1}{r_i} \right)$$

هذه العلاقة تصلح فقط عندما تكون (  $r \geq R_E$  ) ولا تصلح للأجسام داخل الأرض :  $r < R_E$

**الطاقة في المدارات :** طاقة جسم ( m ) في مدار دائري نصف قطره r حول جسم مركزي M

$E = K + U$	K الطاقة الحركية للجسم m في مداره
$E = \frac{1}{2} m v^2 + - \frac{G M m}{r}$	U : طاقة الوضع للجسم m في مجال جاذبية الجسم M
	E : طاقة الجسم m في مداره
$E = \frac{-U}{2}$	تذكر ان $v^2 = \frac{G M}{r}$ حاول أن تعيد إثبات ذلك ، ومما سبق نستنتج أن :
$E = - \frac{G M m}{r} = -K$	فنصبح المعادلة لطاقة الجسم بالمدار هي :

يعطى الطلاب فرصة كافية لإعادة إثبات العلاقات السابقة بأنفسهم



## سرعة الإفلات من الجاذبية الأرضية ( Escape Speed )

إذا أردنا أن نجعل جسما يفلت من جاذبية الأرض فيجب أن يصل لسرعة الإفلات و التي تعطى حسب العلاقة الرياضية :

$$v_{esc} = \sqrt{\frac{2 G M_E}{R_E}}$$

لاحظ أن النقطة المرجعية هنا هي  $r \rightarrow \infty$  حيث تصبح الطاقة الكامنة للجاذبية تساوي صفرا فإذا أعطي الجسم سرعة ابتدائية تساوي سرعة الإفلات أصبح مجموع طاقته الكامنة والحركية تساوي صفرا .

### اختبر فهمك :

a- هل تعتمد سرعة الإفلات على كتلة الجسم المقذوف ؟

b- إذا أردنا أن نطلق جسم نحو الفضاء من سطح الأرض ويبقى متحركا فما السرعة التي يجب إطلاقها به مقارنة بسرعة الإفلات ؟

### تدريبات على الجاذبية :

١: إذا كانت كتلة القمر  $7.34 \times 10^{22} \text{ kg}$  وبعد مركزه عن مركز الأرض  $3.8 \times 10^8 \text{ m}$  وكتلة الأرض  $5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$

a - احسب مقدار قوة الجذب الكتلي بينهما .

b- احسب مقدار مجال الجاذبية للأرض على القمر .

٢: كتلة المشتري أكبر 300 مرة من كتلة الأرض ونصف قطره أكبر عشر مرات من نصف قطر الأرض احسب بالتقريب قيمة  $g$  على سطح المشتري ؟

٣: يدور قمر حول كوكب بسرعة قدرها  $9 \times 10^3 \text{ m/s}$  فإذا كانت المسافة بين مركزي القمر والكوكب تساوي ،  
 $5.4 \times 10^6 \text{ m}$  ، فما هو الزمن الدوري للقمر ؟

٤: احسب ارتفاع القمر الاصطناعي المستخدم في الاتصالات إذا أكمل دورة كاملة حول الأرض في 24h

٥: على أي ارتفاع عن سطح الأرض يصبح وزنك نصف وزنك على سطح الأرض ( أوجد الإجابة بدلالة  $R_e$  نصف قطر الأرض )

٦: احسب الطاقة اللازمة لتزويد قمر اصطناعي لينتقل من مدار دائري  $640\text{km}$  فوق سطح الأرض إلى مدار دائري  $750\text{km}$  فوق سطح الأرض ثم أوجد النسبة بين سرعة القمر الاصطناعي في الحالتين .

٧ : احسب سرعة الافلات من الأرض لمركبة فضائية كتلتها 5000kg و احسب طاقتها الحركية التي يجب أن تكتسبها عند سطح الأرض لكي تفلت من جاذبية الأرض .

٨: تزن كتلة 1kg على القمر سدس وزنها على الأرض ،

احسب كتلة القمر حيث نصف قطر القمر  $1.738 \times 10^6 \text{m}$

٩: يدور القمر حول الأرض في مسار دائري تقريبا نصف قطره  $3.8 \times 10^8 \text{m}$  و يلزم القمر حوالي 27 يوم لإكمال دورة واحدة حول الأرض مستخدما هذه المعلومات احسب كتلة القمر .

١٠ : احسب كتلة الأرض بفرض أنها كرة نصف قطرها 6370km و تسارع الجاذبية على سطحها  $9.8 \text{m/s}^2$  قارن إجابتك مع اجابة السؤال ٩ ؟

١١ : احسب حجم صخرة كروية كثافتها  $3.0\text{g/cm}^3$  ، إذا كان بإمكانك ان ترمي من سطحها كرة فولف ولا تعود إليها ، وأن افضل سرعة لرمي الكرة هي  $40\text{m/s}$  ؟

## المراجع العربية :

- ١ : المدخل الى تدريب الفيزياء الاولمبي / د : نجم الحصري و اخرون / دار عالم الكتب
- ٢ : أساسيات الفيزياء / ف . بوش / ترجمة د: سعيد الجزيري و اخرون / الدار الدولية للاستثمارات الثقافية
- ٣: سلسلة المسائل المحولة شوم ( 3000 مسألة محولة في الفيزياء ) / ألفن هالبرن / ترجمة فايز فوق العادة / اكاديميا انترناشيونال
- ٤: الفيزياء المرحلة الثانوية / بديع صالح الخطيب و اخرون / وزارة التربية و التعليم في المملكة الاردنية الهاشمية الطبعة الاولى ١٤٢٥ هـ - ٢٠٠٤ م
- ٥ : فيزياء ٢ التعليم الثانوي - نظام المقررات / وزارة التربية والتعليم في المملكة العربية السعودية / العبيكان ١٤٣٢ هـ - ٢٠١١ م
- ٦: فيزياء ١ التعليم الثانوي - نظام المقررات / وزارة التربية والتعليم في المملكة العربية السعودية / العبيكان ١٤٣١ هـ - ٢٠١٠ م
- ٧ : حقيبة الميكانيكا / اعداد د: احمد فتحي سالم / جامعة الملك فهد للبترول و المعادن
- ٨ : اسئلة الاولمبياد الوطني التاسع / مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم و التقنية / ١٤٣٢ هـ
- ٩: اسئلة قسم الفيزياء / جامعة الملك سعود - قسم الفيزياء والفلك / فيز ١٠٣ / ١٤٢٥ - ١٤٣٠ هـ

## المراجع الاجنبية :

- 1: Physics for Scientists and Engineers / Serway / 6th Edition / Thomson .
- 2: FUNDAMENTALS OF PHYSICS / HALLIDAY / 7TH EDITION / WILEY
- 3: PHYSICS for the IB Diploma / K.A. Tsokos / 5th Edition / CAMBRIDGE
- 4 : PHYSICS Principles and Problems / Mc Graw Hill / 2005



تم بحمد الله و فضله