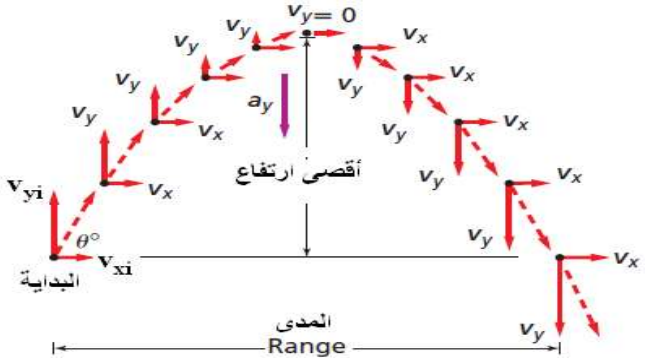
الفصل الثانى : الحركة فى بعدين

2-1 : حركة المقذوف

- **المقذوف**: جسم يطلق في الهواء ويخضع لتأثير قوة الجاذبية فقط (مع إهمال مقاومة الهواء).
- **مسار المقذوفات**: هو المسار الذي يسلكه الجسم المقذوف في الهواء ويكون على شكل قطع مكافئ.
  ويعتمد مسار المقذوفات على السرعة الابتدائية وزاوية القذف فقط.



- **وصف حركة المقذوف**

1- عندما يطلق المقذوف بسرعة ابتدائية وزاوية معينة تكون للسرعة الابتدائية مركبتان رأسية وأفقية.
2- تقل المركبة الرأسية للسرعة تدريجيا كلما اتجه الجسم لأعلى، حتى تصبح صفرا عند أقصى ارتفاع .
3- عندما يهبط الجسم تزداد المركبة الرأسية للسرعة تدريجيا ليتساوى مقدارها في أثناء الصعود والهبوط عند نفس الارتفاع.
4- تبقى المركبة الأفقية للسرعة ثابتة المقدار والاتجاه طوال الحركة.

- **ملاحظات هامة جدا**:

1- زمن صعود الجسم إلى أقصى ارتفاع يساوي زمن الهبوط دائما.
2- السرعة التي يقذف بها الجسم تساوي السرعة التي يهبط بها الجسم عند نفس المستوى (الارتفاع)
3- عند أقصى ارتفاع تكون المركبة الرأسية للسرعة تساوي صفرا ، ولذا تكون السرعة الكلية مساوية للمركبة الأفقية.
4- السرعة في الاتجاه الأفقي ثابتة دائما....علل
بسبب عدم وجود قوة أفقية تؤثر في الكرة في هذا الاتجاه على عكس الاتجاه الرأسي الذي يتأثر بقوة الجاذبية الارضية.
5- عندما يقذف الجسم أفقيا تكون المركبة الرأسية للسرعة مساوية للصفر.
6- المدى الأفقي متساوي للأجسام المقذوفة بزاويتان مجموعها 90 (زوايتان متتامتان) عندما تكون لها نفس السرعة الابتدائية.

- **مصطلحات مهمة**:

1- **المدى الأفقي (R):** هي المسافة الأفقية القصوى التي يقطعها المقذوف.
2- **زمن التحليق** : هو الزمن الذي يقضيه المقذوف في الهواء.

- **خطوات حل مسائل المقذوفات**:

1- نحلل السرعة الابتدائية للمقذوف إلى مركبتين أفقية ورأسية.

$$v_{iy} = v_i \sin\theta \quad v_{ix} = v_i \cos\theta$$

2- نستخدم معادلة الحركة المناسبة على المستوى الأفقي والرأسي لإيجاد الكمية المجهولة.

معادلات الحركة في المستوى الأفقي	معادلات الحركة في المستوى الرأسي
$d_x = v_{ix}\, t$ (1)	$v_{fy} = v_{iy} + g\, t$ (1)
	$d_y = v_{iy}\, t + \frac{1}{2} g\, t^2$ (2)
	$v^2_{fy} = v^2_{iy} + 2 g d_y$ (3)

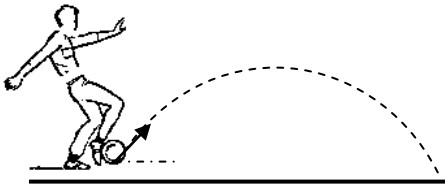
3- عندما يكون المطلوب إيجاد زمن التحليق فان زمن التحليق يساوي ضعف زمن الصعود أي: زمن التحليق = 2t

4- السرعة الكلية (المحصلة) عند أي نقطة تساوي محصلة مركبتي السرعة الرأسية والأفقية عند تلك النقطة.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_y}{v_x}\right) \qquad v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

تدريبات متنوعة على حركة المقذوفات

تدريب1: قذف لاعب كرة من مستوى الأرض بسرعة ابتدائية 27 m/s وفى اتجاه يميل على المستوى الأفقي بزاوية 30 درجة مهملا مقاومة الهواء احسب كلا مما يلي :



1- زمن الوصول لأقصى ارتفاع.

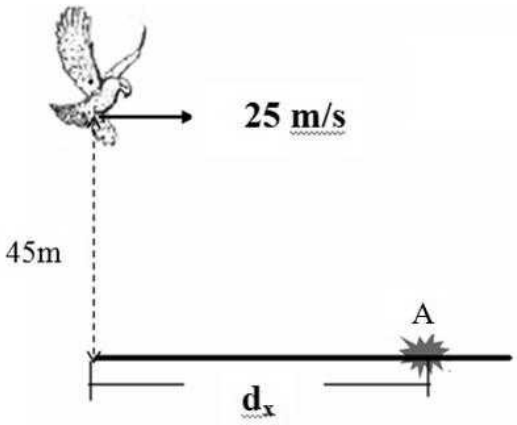
2- الزمن الكلى لتحليق الكرة.

3- أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة

4- المدى الأفقي لحركة الكرة .

5- سرعة الكرة لحظة اصطدامها بالأرض.

تدريب2: يطير صقر على ارتفاع 45m سقط منه أرنب فاصطدم بالأرض عند (A)



1- احسب الزمن اللازم ليرتطم الأرنب بالأرض.

2- المدى الأفقي (أكبر مسافة أفقية).

3- سرعة الجسم لحظة ارتطامه بالأرض (مقدارا واتجاها)

تدريب3: قذف حجر أفقيا من فوق بناية ارتفاعها $78.4m$ **بسرعة** $5m/s$

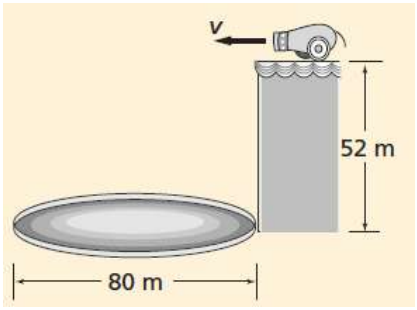
1- احسب الزمن الذي يستغرقه للوصول إلى سطح الأرض ؟

2-على أي بعد من قاعدة البناية يرتطم الحجر بالأرض؟

3- ما مقدار كل من مركبتي السرعة الأفقية والرأسية لحظة اصطدام الحجر بالأرض؟

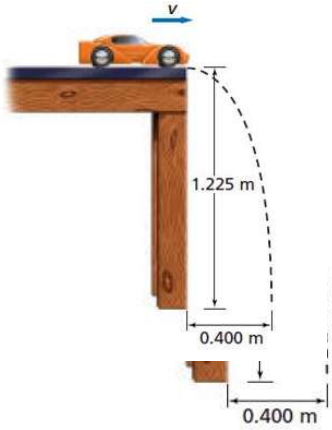
تدريب4: تنطلق قذيفة بسرعة أفقية من مدفع بسرعة أفقية $25m/s$

لتسقط في حلقة قطرها $80m$ **هل تسقط الكرة داخل الحلقة أم تتجاوزها ؟**

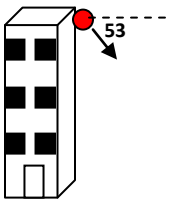


تدريب5: في الشكل المقابل تسقط سيارة لعبة من حافة الطاولة لتصطدم بالأرض. احسب ما يلي:

1- **الزمن الذي استغرقته السيارة في الهواء.**
2- **سرعة السيارة لحظة مغادرتها حافة الطاولة.**



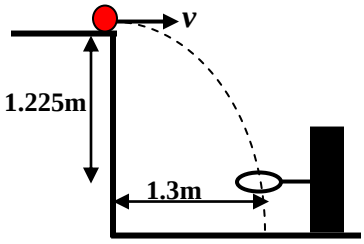
تدريب6: قذفت كرة من أعلى بناية ارتفاعها $78.4m$ **بسرعة ابتدائية** $7m/s$ **في اتجاه يصنع زاوية** 53 **درجة تحت الأفقي. أوجد مقدار واتجاه سرعة الكرة لحظة اصطدامها بالأرض.**



تدريب7 إذا قذفت قلما من فوق سطح بناية ارتفاعها $64m$ **بسرعة أفقية** $8m/s$ **فعلى أى بعد من قاعدة البناية ستبحث عنه.**

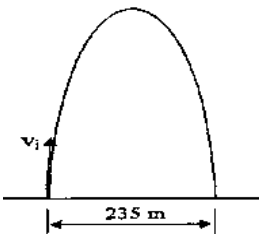
تدريب 8: اطلق جسمين متماثلين بنفس السرعة v_i **من نقطة على سطح أفقي ، الأول بزاوية 60 مع الأفقي ، والثاني بزاوية 30 مع الأفقي . قارن بين الجسمين من حيث : 1- المدى الأفقي 2- أقصى ارتفاع**

تدريب 9: استخدم البيانات الموضحة على الشكل المجاور لحساب السرعة الأفقية (v) التي يجب أن تقذف بها الكرة كي تعبر الحلقة.



تدريب10: أطلق مقذوف بزاوية في الهواء ، وكان المدى الأفقي الذي قطعه قبل أن يصطدم بالأرض 235m ، وزمن تحليقه في الهواء 47s، احسب:

1- المركبة الأفقية لسرعة اطلاق المقذوف.



2- **المركبة الرأسية لسرعة اطلاق المقذوف.**

3- **أقصى ارتفاع يصل اليه المقذوف.**

تدريب11: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يلي:

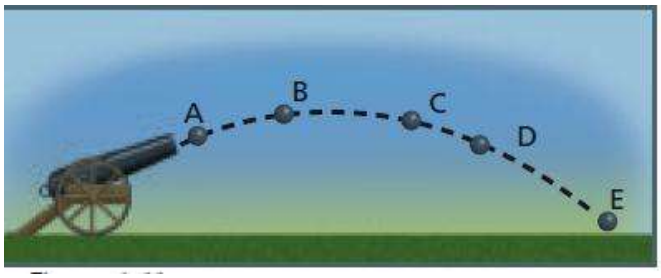
1- **عندما نقذف جسما لأعلى بسرعة ابتدائية 20m/ s بزاوية 60 درجة تكون سرعته الكلية عند أقصى ارتفاع**
أ- صفرا ب- 5m/ s ج-10m/ s د-20m/ s

2- **أقصى ارتفاع يصل إليه جسم قذف لأعلى بسرعة $40m/s$ بزاوية 30 درجة**
أ - 5m ب- 10m ج - 15m د- 20m

3- **إذا كان زمن وصول قذيفة مدفع لأقصى ارتفاع $8s$ وكانت السرعة الابتدائية لها $160m/s$ تكون الزاوية التي انطلقت بها**
أ - 15 درجة ب- 30 درجة ج - 45 درجة د- 60 درجة

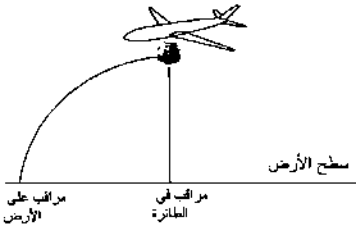
أسئلة مفاهيمية على حركة المقذوفات

تدريب1: الشكل المقابل يمثل مسار قذيفة مدفع



1- **عند أي نقطة يكون مقدار المركبة الرأسية للسرعة أكبر ما يمكن(.....)**
2- **عند أي نقطة يكون مقدار المركبة الأفقية للسرعة أكبر ما يمكن (.....)**
متساوية عند كل النقاط بإهمال مقاومة الهواء
3- **عند أي نقطة يكون التسارع أقل ما يمكن**
متساوي عند كل النقاط
4- **عند أي نقطة يكون مقدار السرعة الرأسية أقل ما يمكن(.....)**

تدريب2: أسقطت طائرة تحلق بسرعة أفقية كيسا للمساعدات فوق منطقة ما. ارسم على الشكل مسار الكيس كما يبدو بالنسبة:
1- **مراقب في الطائرة.**
2- **مراقب على الأرض.**



تدريب3:أجب عما يلي:

1- **إذا كنت داخل سيارة تتحرك بسرعة منتظمة وقمت بقذف كرة رأسيا إلى أعلى هل تسقط الكرة أمامك أم خلفك أم في يدك؟**
تسقط الكرة في يدك لأنك أنت والسيارة والكرة تتحركون بالسرعة الأفقية نفسها

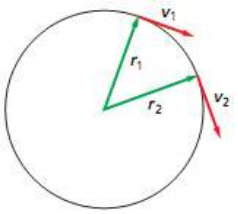
2- **علل- حركة المقذوفات في الاتجاه الأفقي تكون بسرعة منتظمة (a=0)؟**
بسبب عدم وجود قوة أفقية تؤثر في الكرة في هذا الاتجاه على عكس الاتجاه الرأسي الذي يتأثر بقوة الجاذبية الارضية.

3- **أطلقت دبابة قذيفة أفقية من نقطة معينة ، في اللحظة التي سقطت فيها قذيفة ثانية من نفس النقطة نحو الأرض، فاذا كان مستوى الأرض أفقيا، أي القذيفتين تصل الأرض أولا؟ ولماذا؟**
تصل القذيفتان في نفس اللحظة ، لأن السرعة الابتدائية الرأسية للقذيفتين صفرا.

4- **علل- اذا أطلقت كرة بسرعة أفقية عن سطح طاولة، وأسقطت عن سطح الطاولة في نفس اللحظة كرة أخرى سقوطا حرا فان الكرتين تصطدمان بالأرض معا.**
لأن المركبة الأفقية للسرعة غير مرتبطة بالمركبة الرأسية ، وكلا الكرتين بدأت بسرعة رأسية تساوي صفر، وكلاهما تعرض لنفس تسارع الجاذبية الأرضية.

2-2 :الحركة الدائرية

- **الحركة الدائرية المنتظمة**: هي حركة جسم بسرعة منتظمة حول دائرة نصف قطرها ثابت.



- **متجه الموقع والسرعة والتسارع في الحركة الدائرية المنتظمة**

1- متجه الموقع عند لحظة معينة هو متجه إزاحة ذيله عند نقطة الأصل ورأسه يشير لموقع الجسم عند تلك اللحظة.

2- متجه السرعة عند لحظة معينة يكون على شكل مماس لمحيط الدائرة ، ويكون دائما عمودي على متجه الموقع.
وفي الحركة الدائرية يبقى مقدار متجه السرعة ثابتا، ولكن اتجاهه يتغير.

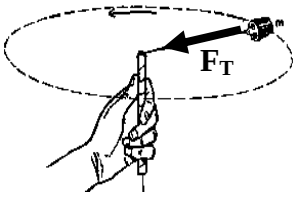
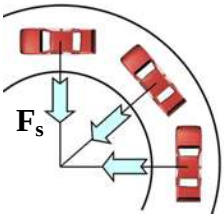
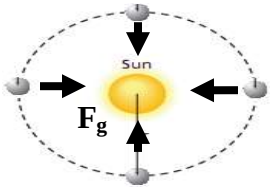
3- متجه التسارع يشير دائما إلى مركز الدائرة ولذا يسمى بـ" التسارع المركزي".

علل: **في الحركة الدائرية المنتظمة يكون للجسم تسارعا باتجاه المركز على الرغم من أن مقدار سرعته لا يتغير.**

ج: وذلك بسبب تغير اتجاه الجسم المتحرك لحظيا مما يؤدي لتغير السرعة المتجهة للجسم، وحيث أن التسارع هو التغير في السرعة المتجهة (المقدار والاتجاه) لذا فان الجسم يتسارع.

- **القوة المركزية**: هي محصلة القوى التي تؤثر نحو مركز دائرة ، والتي تسبب التسارع المركزي للجسم.

- **أمثلة على القوى المركزية**

المثال	جسم مربوط في خيط يدور أفقيا	سيارة تدور في منعطف	دوران كوكب حول الشمس
القوة المركزية	قوة الشد (F_T)	قوة الاحتكاك السكوني (Fs)	قوة الجذب الكوني (F_g)
رسم توضيحي			

- **القوة الطاردة المركزية**: قوة وهمية تظهر كما لو كانت تؤثر نحو الخارج في الجسم المتحرك حركة دورا نية .

- **قوانين الحركة الدائرية**

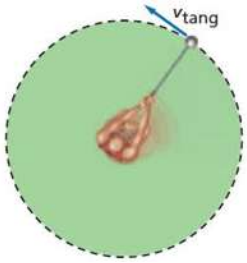
1- التسارع المركزي $a_c = \frac{v^2}{r}$

2- سرعة جسم يتحرك في مسار دائري $v = \frac{2\pi . r}{T}$

3- القانون الثاني لنيوتن في الحركة الدائرية $F_{المحصلة} = ma_c$

$$F_{المحصلة} = m\frac{v^2}{r}$$

تدريبات متنوعة على الحركة الدائرية



تدريب1: يدور لاعب مطرقة كتلتها $7kg$ وتبعد مسافة $1.8m$ عن محور الدوران وتتحرك في مسار دائري أفقي كما في الشكل المقابل ، فإذا أكملت المطرقة دورة كاملة في $1s$. فأحسب ما يلي:

1- **التسارع المركزي.**

2- **قوة الشد في السلسلة .**

تدريب 2: تسير سيارة بسرعة $22m/s$ في منعطف نصف قطره $56m$ احسب التسارع المركزي وأقل قيمة لمعامل الاحتكاك السكونى بين العجلات والأرض لمنع السيارة من الانزلاق.

تدريب3: سيارة كتلتها $615kg$ تتحرك في مضمار دائري تكمل دورة واحدة في $14.3s$، فإذا كان نصف قطر المضمار الدائري $50m$. فاحسب ما يلي: 1- تسارع السيارة. 2- القوة التي يؤثر بها الطريق في عجلات السيارة.

تدريب4: يسير متسابق بسرعة $8.8m/s$ في منعطف نصف قطره $25m$ ما مقدار التسارع المركزي – ما مصدر القوة المؤثرة فيه؟

تدريب5: تطير طائرة بسرعة مقدارها $201m/s$ عند دورانها في مسار دائري ما أقل نصف قطر لهذا المسار بوحدة Km على أن يبقى مقدار التسارع المركزي $5m/s^2$ ؟

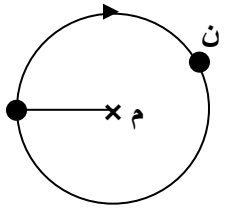
تدريب6: **يوفر الاحتكاك بين السيارة والطريق القوة اللازمة للمحافظة على حركتها في مسار دائري نصف قطره** $80m$ ، **فإذا علمت أن معامل الاحتكاك بين إطارات السيارة والطريق** 0.4 ، **فاحسب أقصى سرعة يمكن أن تتحرك بها السيارة ؟**

تدريب7: (**الحركة الرأسية**) **كرة كتلتها** $1.12kg$ **مربوطة في نهاية خيط طوله** $0.5m$ **وتتحرك حركة دائرية منتظمة في مستوى رأسي بسرعة ثابتة مقدارها** $2.4m/s$. **احسب مقدار قوة الشد في الخيط عند:**

أ- النقطة المنخفضة في المسار الدائري.

ب- أعلى نقطة في المسار الدائري.

تدريب8:(**الحركة الرأسية**) **حجر مربوط في احدى نهايتي خيط ، والنهاية الثانية للخيط مثبتة في نقطة (م) ، ويدور في مسار دائري رأسي منتظم حول النقطة (م) باتجاه عقارب الساعة كما في الشكل المجاور. عندما يصل الحجر الى النقطة (ن)، ارسم على الشكل:**



1- **اتجاه القوى المؤثرة على الحجر.**

2- **مسار الحجر اذا قطع الخيط عند تلك النقطة.**

تدريب 9: (**اختر الاجابة**) **مقدار المسافة التي يتحركها جسم يتحرك حركة دورانية منتظمة في دورة واحدة تساوي:**

أ- $2\pi r$ ب- $2\pi\sqrt{r/a_c}$ ج- v^2/r د- πr

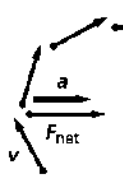
أسئلة مفاهيمية على الحركة الدائرية

تدريب1: **ما اتجاه القوة المؤثرة فى الملابس الموجودة فى مجفف الغسالة أثناء دورانها ؟ وما الذى يولد هذه القوة؟**

ج: اتجاه القوة فى اتجاه مركز المجفف .

جدران المجفف تؤثر بقوة على الملابس – مما يؤدى إلى أن قطرات الماء الموجودة فى الملابس تخرج من فتحات المجفف بدلا من اتجاهها ناحية المركز .

تدريب2: **إذا كنت تجلس فى المقعد الخلفى لسيارة تنعطف ناحية اليمين ،فارسم مخطط الحركة ومخطط الجسم الحر للاجابة عن الأسئلة التالية: أ- ما اتجاه تسارعك ؟ ب- ما اتجاه القوة المحصلة المؤثرة فيك ؟ وما مصدرها؟**



ج: اتجاه السرعة يكون فى اتجاه المماس للمسار الدائرى ، أما اتجاه التسارع هو نفس اتجاه القوة ناحية المركز (ناحية اليمين) مصدر القوة هو مقعد السيارة

تدريب3: **ذكر مقال فى صحيفة أنه عندم تتحرك سيارة فى منعطف فإن على السائق أن يوازن بين القوة المركزية وقوة الطرد المركزى اكتب رسالة للصحيفة تنقد فيها هذا المقال**.

يوجد تسارع فى اتجاه المركز لأن اتجاه السرعة متغير لذلك لابد من وجود قوة محصلة (مركزية)فى اتجاه مركز الدائرة التى يشكلها المنعطف يولد الإحتكاك بين الطريق والعجلات هذه القوة ،وتؤثر المقعد بقوة على السائق فيجعله يتسارع بقوة فى اتجاه مركز الدائرة ، مع ملاحظة أن قوة الطرد المركزى هى قوة غير حقيقية.

تدريب4: **نتيجة لدوران الأرض اليومى أنت تتحرك حركة دائرية منتظمة ما المصدر الذى يولد هذه القوة التى تؤدى إلى تسارعك ؟ وكيف تؤثر هذه الحركة فى وزنك الظاهرى؟**

الذى يولد هذه القوة هو جاذبية الأرض الذى يؤدى إلى تسارعك الدائرى المنتظم وتسارعك الدائرى المنتظم يقلل من وزنك الظاهرى

تدريب5: **إذا كنت داخل سيارة تتحرك فى منعطف بسرعة منتظمة وقمت بقذف كرة رأسيا إلى أعلى هل تسقط الكرة أمامك أم خلفك أم فى يدك؟**

تسقط الكرة بجانبك فى اتجاه خارخ المنعطف ،ويبين منظر علوى أن الكرة تتحرك فى خط مستقيم بينما أنت والسيارة تتحركان فى اتجاه الخارج من تحت الكرة.

تدريب6:**هل يمكنك الدوران حول منعطف بالتسارعين الأتيين ؟**

1- تسارع =صفر

2- تسارع منتظم

1- لا لأنه أثناء التحرك فى منعطف يتغير اتجاه السرعة وبالتالى لايمكن للتسارع أن يساوى صفرا

2- لا لأن التسارع يكون مقداره ثابت لكن اتجاهه متغير

2-3 :السرعة النسبية

- **السرعة النسبية**: هي سرعة جسم بالنسبة لجسم آخر بمرور الزمن أو هي السرعة التي يغير فيها جسم وضعه بالنسبة إلى جسم آخر.
- **قانون السرعة النسبية**: سرعة الجسم a بالنسبة للجسم c هى حاصل الجمع ألاتجاهي لسرعة الجسم a بالنسبة للجسم b وسرعة الجسم b بالنسبة للجسم c .

$$v_{a/b} + v_{b/c} = v_{a/c}$$

- **خطوات حل مسائل السرعة النسبية**

1- نرسم متجهات لتمثيل السرعات النسبية.
2- نختار القانون المناسب لإيجاد محصلة المتجهات واتجاهها.

تدريبات متنوعة على السرعة النسبية

تدريب (1) : **يركب أحمد قطار يتحرك نحو الشرق بسرعة** 15m/s **بالنسبة للأرض. احسب سرعة أحمد بالنسبة لراصد على الأرض في الحالات التالية**:

1- **إذا كان أحمد ساكنا بالنسبة للقطار.**

2- **إذا تحرك أحمد نحو مقدمة القطار (شرقا) بسرعة** 3m/s **بالنسبة للقطار** .

3- **إذا تحرك أحمد نحو مؤخرة القطار (غربا) بسرعة** 3m/s **بالنسبة للقطار.**

4- **إذا تحرك أحمد نحو الشمال بسرعة** 3m/s (**عموديا على جانب القطار) بالنسبة للقطار.**

5- **إذا تحرك أحمد في اتجاه الشمال الشرقي بسرعة** 3m/s **بالنسبة للقطار.**

تدريب (2): **يركب أحمد قارب يتجه ناحية الشرق بسرعة** 4m / s ، **دحرج احمد كرة من القارب ناحية الشمال بسرعة** 0.75m / s **ما سرعة الكرة بالنسبة للماء.**

تدريب (3): **تطير طائرة نحو الشمال بسرعة** 150km / h **وتهب عليها رياح ناحية الشرق بسرعة** 75km / h **ما سرعة الطائرة بالنسبة للأرض**.

تدريب (4) : **يسير قارب سريع في اتجاه الشمال الشرقي بسرعة** 13m/ s **بالنسبة إلى ماء نهر يتجه ناحية الشمال بسرعة** 5m / s **بالنسبة للضفة احسب سرعة القارب بالنسبة إلى الضفة واتجاهها** .

تدريب(5): **تتحرك سيارتان على الخط السريع بنفس السرعة والاتجاه بالنسبة لمراقب على الأرض، فاذا كانت سرعة كل منهما** (v)، **فاحسب السرعة النسبية للسيارة الأمامية بالنسبة لمراقب في السيارة الخلفية**.

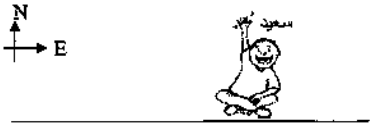
تدريب(6): **تطير طائرة بسرعة**320m/s **بالنسبة للأرض** ، **فاذا أطلقت قذيفة بسرعة** 550m/s **بالنسبة للطائرة، احسب سرعة القذيفة بالنسبة للأرض في كل من الحالتين** :

1- **اذا أطلقت القذيفة نحو الأمام**.

2- **اذا أطلقت القذيفة نحو الخلف**.

تدريب (7): **اذا كنت تركب سيارة نحو الشرق بسرعة** 80 Km/h **بالنسبة لمشاهد على الطريق** ، **وكان صديقك يركب سيارة تتجه نحو سيارتك بسرعة** 100Km/h، **بالنسبة لنفس المشاهد** ، **فكم تكون سرعتك بالنسبة لصديقك؟**

تدريب(8): **يقود أحمد دراجته على أحد جانبي طريق أفقي بسرعة** 3.5 m/s **شرقا** ، **ويجلس سعيد على الجانب الآخر للطريق كما في الشكل المجاور، وعندما وصل أحمد الى النقطة المقابلة لسعيد تماما، قذف اليه كرة بسرعة** 0.76 m/s **شمالا. أجب عن الأسئلة التالية**:



1- **هل يتمكن سعيد من التقاط الكرة اذا بقي ثابتا في مكانه؟ ولماذا؟**

2- **احسب سرعة الكرة بالنسبة لسعيد** (**مقدارا واتجاها**).

أسئلة مفاهيمية على السرعة النسبية

تدريب1: علل تبدو سرعة السيارة المتحركة على الخط السريع وفى اتجاه معاكس لسيارتك أكبر من السرعة المحددة

لأن السرعة النسبية لتلك السيارة بالنسبة إلى سيارتك يساوى مجموع سرعتى السيارتين ، لذا السرعة النسبية أكبر من السرعة المحددة.

تدريب2:إذا تجاوزت سيارة سيارة أخرى على الطريق السريع وكانت السيارتان تسيران فى الإتجاه نفسه فسوف تستغرق زمنا أطول مما لو كانت السيارتان تسيران فى اتجاهين متعاكسين.

السرعة النسبية لسيارتين تتحركان فى الإتجاه نفسه أقل من السرعة النسبية لهما عندما تتحركان فى اتجاهين متعاكسين وبالتالى فإن تجاوز السيارتين لبعضهما البعض بسرعة نسبية أقل يستغرق زمنا أطول.

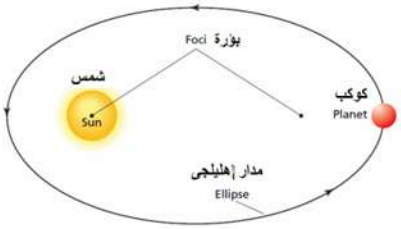
تدريب3: اذا كنت رجل سير، وتتحرك بسيارتك على طريق سريع ، وصادفتك سيارة تتحرك نحوك على نفس الطريق، فكيف يمكنك الحكم على هذه السيارة ان كانت تتحرك بسرعة تفوق الحد الأقصى المسموح به للسرعة أم لا؟

أحدد السرعة النسبية للسيارة بالنسبة لي ، ثم أطرح من هذه السرعة سرعة سيارتي ، فأحصل على سرعة السيارة بالنسبة لمراقب ثابت على الأرض.

الفصل الثالث : الجاذبية

3-1 : حركة الكواكب والجاذبية

قوانين كبلر

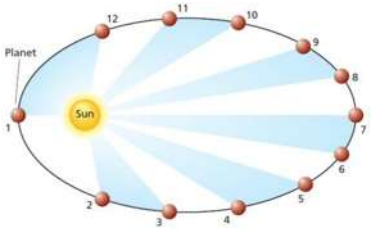


1-القانون الأول لكبلر: الكواكب تتحرك في مدارات إهليلجية وتكون الشمس في إحدى البؤرتين.

كما وتسير المذنبات أيضا في مدارات إهليلجية مثل الكواكب والنجوم وتقسم اعتمادا على الزمن الدوري لها إلى مجموعتين:

أ- **المجموعة الأولى :** مذنبات لها زمن دوري كبير(أكبر من 200 سنة) مثل مذنب هال-بوب الزمن الدوري له 2400 سنة.

ب- **المجموعة الثانية:** مذنبات لها زمن دوري قصير(أقل من 200 سنة) مثل مذنب هالى الزمن الدوري له 76 سنة



2-القانون الثاني لكبلر: الخط الوهمي من الشمس إلى الكواكب يقطع مساحات متساوية فى أزمنة متساوية.

ونستنتج من هذا القانون أن الكواكب تتحرك بسرعة أكبر عندما تكون قريبة من الشمس، بينما تتحرك بسرعة أبطأ عندما تكون بعيدة عنها.

3- القانون الثالث لكبلر:مربع النسبة بين الزمن الدوري لأي كوكبين يساوى مكعب النسبة بين بعديهما عن الشمس . أي أن:

$$\frac{(T_A)^2}{(T_B)^2} = \frac{(r_A)^3}{(r_B)^3}$$

T_A : الزمن الدوري للكوكب (A)
r_A : نصف قطر الكوكب (A)
T_B : الزمن الدوري للكوكب (B)
r_B : نصف قطر الكوكب (B)

ويستخدم قانون كبلر الثالث فيما يلى:

1- مقارنة الأبعاد والأزمان الدورية للكواكب حول الشمس.
2- مقارنة الأبعاد والأزمان الدورية للقمر والأقمار الصناعية حول الأرض.

ملاحظة مهمة: يطبق القانون الأول والثاني على حركة أي كوكب أو قمر على حده، أما القانون الثالث فيربط بين حركة عدة أجسام حول جسم واحد.

تدريبات متنوعة على قوانين كبلر

تدريب1: **إذا كان الزمن الدوري لأقرب قمر للمشترى** 1.8day **وكان على بعد** 4.2u **من مركز المشترى والزمن الدوري للقمر الرابع** 16.7day **احسب بعد القمر الرابع عن مركز المشترى بنفس الوحدات**.

تدريب2: **إذا كان الزمن الدوري لدوران القمر حول الأرض** 27.3 **يوما** ، **ومتوسط بعد القمر عن مركز الأرض** 3.9×10^5 km، **أجب عما يلي**:

1- **احسب الزمن الدوري لقمر اصطناعي موضوع في مدار يبعد** 6.70×10^3 km **عن مركز الأرض**.

2- **كم يبعد القمر الاصطناعي عن سطح الأرض؟ علما بأن نصف قطر الأرض** 6.38×10^6 m .

تدريب3: **يدور كويكب حول الشمس في مدار متوسط نصف قطره ضعفا متوسط نصف قطر مدار الأرض**. **احسب زمنه الدوري بالسنوات الأرضية**.

تدريب4: **يحتاج أورانوس إلى** 84 **سنة ليدور حول الشمس**. **أوجد نصف قطر مدار أورانوس بدلالة نصف قطر مدار الأرض**.

تدريب5:**الجدول المجاور يقدم معلومات حول مدارات ثلاثة كواكب تدور حول الشمس** ، **استخدم هذه المعلومات لحساب**:

1- **الزمن الدوري للكوكب** A

2- **متوسط بعد الكوكب** C**عن الشمس**.

الكوكب	متوسط البعد عن الشمس (AU)	الزمن الدوري (Y)
A	0.39	؟
B	1.0	1.0
C	؟	1.88

تدريب6: أكتب في الفراغ المخصص على يمين كل عبارة قانون كبلر الذي ينطبق على العبارة (الأول- الثاني- الثالث)

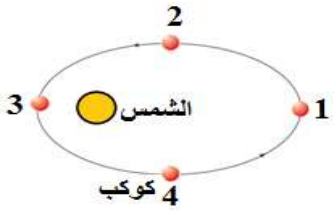
1- ..... القمر والأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض ترتبط حركتها معا بعلاقة محددة.
2- ..... الكوكب يدور في مدار اهليجي حول الشمس.
3- ..... الشمس تقع في احدى بؤرتي مسار الكوكب.
4- ..... الخط الوهمي المرسوم بين الكوكب والشمس ، يمسح مساحات متساوية في فترات زمنية متساوية.

أسئلة مفاهيمية على قوانين كبلر

تدريب1: تتحرك الأرض في مدارها خلال الصيف ببطء في نصفها الشمالي أكبر مما هي عليه في الشتاء فهل هي أقرب إلى الشمس في الصيف أم الشتاء؟

ج:عندما تتحرك الأرض ببطء تكون أبعد عن الشمس فى فصل الصيف ، أما عندما تتحرك الأرض بسرعة تكون أقرب إلى الشمس فى فصل الشتاء

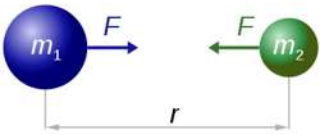
تدريب 2: يوضح الشكل المجاور حركة كوكب حول الشمس في مواقع مختلفة. عند أي من هذه المواقع تكون سرعة الكوكب أكبر ما يمكن:



أ- 1 ب- 2 ج- 3 د- 4

3-2 :قانون نيوتن في الجذب الكوني واستخداماته

قانون نيوتن فى الجذب الكونى



الجاذبية تساوي ثابت الجذب الكوني مضروبا في كتلة الجسمين الأول والثاني ، ومقسوما على مربع المسافة بين مركزي الجسمين.

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

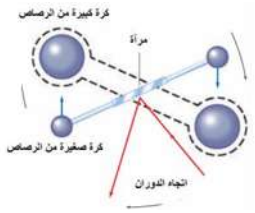
حيث:

m_1 ,m_2: كتلة كلا من الجسمين (Kg)

r: المسافة بين مركزي الجسمين (m)

G: ثابت الجذب الكوني ويساوي $6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2$

تجربة كافندش لقياس ثابت الجذب الكوني



عند تساوي قوة اللي في السلك وقوة التجاذب المادي بين كتل الرصاص ، تتوقف الذراع عن الدوران ، وبمساواة قوة اللي في السلك بقوة التجاذب بين الكرات والتعويض عن مقدار الكتل والمسافة بين مراكز الكرات أمكن تعيين ثابت الجذب الكوني حيث وجد : $G = 6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2$

أهمية تجربة كافندش:

1- تحديد قيمة الثابت G 2- أثبتت وجود قوة تجاذب بين أي جسمين 3-حساب كتلة الأرض

العوامل التي تعتمد عليها قوة الجذب الكوني بين جسمين:

1- كتلة كلا من الجسمين 2- المسافة بين مركزي الكتلتين

س: ماذا يحدث لقوة الجذب الكوني في الحالات التالية:

أ- اذا زادت المسافة 3 مرات. .....

ب- اذا قلت المسافة للنصف.....

حساب السرعة المدارية لجسم يدور حول جسم مركزى

سرعة الجسم الذي يدور حول جسم مركزي يساوي الجذر التربيعي لثابت الجذب الكوني مضروبا في كتلة الجسم المركزي ومقسوما على نصف قطر المدار.

$$v = \sqrt{\frac{Gm_c}{r}}$$

حيث:

v : السرعة المدارية للجسم (m/s)

m_c: كتلة الجسم المركزي (Kg)

r: نصف قطر المدار (m) ويساوي $r = h + r_c$

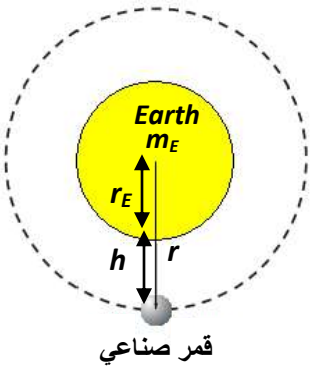
G: ثابت الجذب الكوني ويساوي $6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2$

ملاحظات هامة:

1- يمكن تطبيق القانون السابق على أي جسم يدور حول جسم مركزي آخر كحركة الكواكب حول الشمس، أو حركة القمر و الأقمار الصناعية حول الأرض وغيرها.

2- نصف قطر مدار القمر يساوي نصف قطر الكوكب مضافا اليه ارتفاع القمر عن سطح الكوكب .

أي أن: $r = h + r_E$



العوامل التي تعتمد عليها السرعة المدارية لجسم يدور حول جسم مركزي :

1- كتلة الجسم المركزي 2- نصف قطر المدار

الاثبات الرياضي للقانون:

$$F_{المحصلة} = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow \quad \frac{Gm_c m}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{Gm_c}{r}}$$

الشروط اللازم توفرها لكي يتمكن الجسم (القذيفة) من الدوران في مدار ثابت حول الأرض

1- يجب أن تكون المركبة الأفقية لسرعة الجسم كبيرة بحيث أن الجسم يسقط نحو الأرض بنفس المعدل الذي ينحني فيه سطح الأرض بعيدا عن الجسم.
2- يجب أن يكون على ارتفاع يزيد عن من سطح الأرض ، بحيث أن مقاومة الهواء لا تقلل من المركبة الأفقية لسرعته.

حساب الزمن الدورى لجسم يدور حول جسم

الزمن الدوري لجسم يدور حول جسم مركزي يساوي 2π مضروبا في الجذر التربيعي لمكعب نصف القطر ومقسوما على ثابت الجذب الكوني وكتلة الجسم المركزي.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_c}}$$

حيث:
T: الزمن الدوري (s)
m_c: كتلة الجسم المركزي (Kg)
r: نصف قطر المدار (m) ويساوي $r = h + r_c$
G: ثابت الجذب الكوني ويساوي $6.67\times10^{-11} N.m^2/kg^2$

العوامل التي يعتمد عليها الزمن الدوري لجسم يدور حول جسم مركزي :
1- كتلة الجسم المركزي 2- نصف قطر المدار

الاثبات الرياضي للقانون

$$F_{المحصلة} = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow \quad \frac{Gm_c m}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow \quad \frac{Gm_c m}{r^2} = \frac{m(\frac{2\pi r}{T})^2}{r}$$

$$T^2 = (\frac{4\pi^2}{Gm_c})r^3 \Rightarrow \quad T = \sqrt{(\frac{4\pi^2}{Gm_c})r^3} \Rightarrow \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_c}}$$

حساب تسارع الجاذبية

- **حساب تسارع الجاذبية الأرضية على سطح الأرض.**

$$g = G\frac{M_E}{r_E^2} \qquad g = \frac{GM_E}{r_E^2} = \frac{6.67\times10^{-11}\times5.98\times10^{24}}{(6.38\times10^6)^2} = 9.8 m/s^2 \qquad F_g = \frac{GM_E m}{r_E^2} = mg \Rightarrow$$

ملاحظة: يمكن تعميم القانون السابق لحساب تسارع الجاذبية لأي كوكب من الكواكب.

- **حساب تسارع الجاذبية الأرضية عند ارتفاعات مختلفة.**

$$a = g(\frac{r_E}{r})^2$$

ملاحظة: نستنتج من العلاقة أنه كلما ابتعدنا عن الأرض فان التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية يقل.

علل لما يلي: يشعر رواد الفضاء بانعدام وزنهم عند دوران المكوك الفضائي حول الأرض على الرغم من وجود قوة للجاذبية الأرضية تؤثر عليهم.

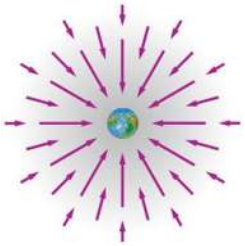
لأن المكوك وما يحمله من رواد وأرضية وكراسي يتسارعون بالكيفية نفسها نحو الأرض لذا تنعدم قوة التماس المؤثرة في الرواد فيصبح الوزن الظاهري للرواد صفرا ، ويولد ذلك الشعور بانعدام الوزن.

تطبيق عملي: عند احداث ثقبين أحدهما في قاع الكأس والآخر في جانبها ، ثم أغلق الثقبان بلاصق وملئت الكأس بالماء ، فاذا أزيل اللاصق عن الثقبين أثناء إسقاط الكأس سقوطا حرا نحو الأرض ، فان الماء يبقى في الكأس ولا يندفع من أي من الثقبين.

مجال الجاذبية

نظرية المجال الجاذبي: كل جسم له كتلة محاط بمجال جاذبي يؤثر من خلاله في أي جسم آخر يوجد في ذلك المجال نتيجة التفاعل المتبادل بين كتلته والمجال الجاذبي g.

تمثيل المجال الجاذبي: يمكن تمثيل المجال الجاذبي بمجموعة من المتجهات طولها g تحيط بالكتلة وتشير الى مركزها، و تقل طولها كلما ابتعدنا عن مركز الجسم ، حيث يتناسب المجال عكسيا مع مربع البعد عن مركز الجسم.



حساب المجال الجاذبي

المجال الجاذبي يساوي ثابت الجذب الكوني مضروبا في كتلة الجسم ، مقسوما على مربع البعد عن مركز الجسم. ويكون اتجاهه في اتجاه مركز كتلة الجسم.

$$g = G\frac{M}{r^2}$$

يعتمد المجال الجاذبي للكوكب على:

1- كتلة الكوكب 2- البعد عن مركز الكوكب.

الكتلة القصورية وكتلة الجاذبية

وجه المقارنة	الكتلة القصورية	الكتلة التثاقلية (كتلة الجاذبية)
المفهوم	مقياس لممانعة أو مقاومة الجسم لأي نوع من القوى المؤثرة عليه.	مقياس لقوة الجاذبية بين جسمين.
القانون	الكتلة القصورية تساوي مقدار القوة المحصلة المؤثرة في الجسم مقسومة على مقدار تسارعه. $m_{القصور} = \frac{F_{المحصلة}}{a}$	كتلة الجاذبية لجسم ما تساوي مربع المسافة بين الجسمين مقسومة على حاصل ضرب ثابت الجذب الكوني في كتلة الجسم الثاني. $m_{الجاذبية} = \frac{r^2 F_{الجاذبية}}{Gm}$

ملاحظة مهمة: الكتلة القصورية وكتلة الجاذبية تختلفان مفاهيميا ، ولكنهما متساويان من حيث المقدار.

تدريب1: فسر ما يلي في ضوء دراستك للكتلة القصورية وكتلة الجاذبية:

1- **عند تسارع سيارة نحو الأمام، فان بطيخة موضوعة في صندوق السيارة تتدحرج نحو الخلف.**
بسبب الكتلة القصورية للبطيخة والتي تقاوم التسارع.

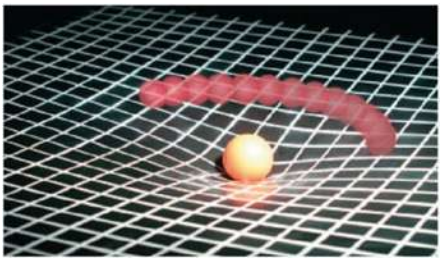
2- **عند صعود سيارة لمنحدر ، فان بطيخة موضوعة في صندوق السيارة تتدحرج للخلف.**
بسبب كتلة الجاذبية نحو الأسفل في اتجاه الأرض.

تدريب2: حدد نوع الكتلة (قصورية أم جاذبية) والتي تلائم العبارات التالية:

الرقم	العبارة	نوع الكتلة
1	التأثير بقوة أفقية على جسم مما يسبب تسارعه.	قصورية
2	تدحرج كرة في صندوق سيارة الى الخلف عند تسارع السيارة نحو الأمام.	قصورية
3	تدحرج كرة في صندوق سيارة الى الخلف عندما تبدأ بصعود منحدر.	جاذبية
4	ممانعة الجسم لقوة مؤثرة عليه.	قصورية
5	كتلة يستخدم الميزان ذو الكفتين في قياسها.	جاذبية

نظرية اينشتاين فى الجاذبية

النظرية النسبية العامة : الجاذبية ليست مجرد قوة بل هي تأثير من الفضاء نفسه . فالكتل تغير الفضاء المحيط بها ، فتجعله منحنيا ، وتتسارع الأجسام الأخرى بسبب الطريقة التي تسير بها في هذا الفضاء الخارجي.



تنبؤات النظرية النسبية العامة

1- تؤثر الكتل الكبيرة في بعضها البعض بسبب انحناء الفضاء الناتج عن الجسمين.
2- ينحرف الضوء عند مروره حول الأجسام ذات الكتل الكبيرة جدا حيث يتبع الضوء الفضاء المنحني حول تلك الأجسام.
3- تؤثر الأجسام ذات الكتل والكثافة الكبيرة جدا (كالثقوب السوداء) في الضوء ، حيث يرتد الضوء الخارج منها بشكل كامل ولا يستطيع الخروج منها.

الثقوب السوداء: أجسام ذات كتل وكثافات كبيرة جدا ، لدرجة أن الضوء الخارج منها يرتد اليها بشكل كامل، وبذلك لا يستطيع الضوء الخروج منها أبدا.

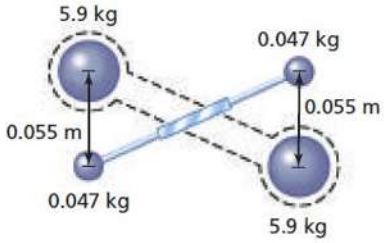
تدريبات متنوعة على الجاذبية

ملاحظة مهمة: في المسائل التالية استخدم $G = 6.67\times10^{-11} N.m^2/kg^2$ **حيثما لزم.**

تدريب1: اذا كانت كتلة الشمس $m_s = 1.99\times10^{30} kg$ **، وكتلة الأرض** $m_E = 5.98\times10^{24} kg$ **والبعد بين الأرض والشمس** $r = 1.5\times10^{11} m$ **. فاحسب: 1- قوة الجذب الكوني بين الشمس والأرض. 2- الزمن الدوري لدوران الأرض حول الشمس.**

تدريب2: إذا كانت كتلة القمر $m_m = 7.34\times10^{22} kg$ **، وكتلة الأرض** $m_E = 5.98\times10^{24} kg$ **والبعد بين القمر والأرض** $r = 3.9\times10^{8} m$ **. فاحسب : 1- قوة الجذب الكوني بين الأرض والقمر. 2- الزمن الدوري للقمر.**

تدريب3: فى تجربة كافندش الموضحة بالشكل كانت قوة اللى فى السلك = $F = 6.11435\times10^{-9} N$ **. احسب ثابت الجذب الكونى**



تدريب4: إذا كان قمرا إصطناعيا يدور حول الأرض على ارتفاع 225km **من سطح الأرض ، فاذا علمت أن كتلة الارض** $5.98\times10^{24} kg$ **ونصف قطر الأرض** $6.38\times10^{6} m$ **. فاحسب ما يلي: 1- السرعة المدارية للقمر. 2- الزمن الدوري للقمر.**

تدريب5: يدور قمر اصطناعى نصف قطر مداره $6.7\times10^{4} km$ **بسرعة** $2\times10^{5} m/s$ **حول كوكب . احسب كتلة الكوكب .**

تدريب6: **احسب تسارع الجاذبية الأرضية على ارتفاع** 400 **كم من سطح الارض إذا علمت أن نصف قطر الأرض** $6.38\times10^{6}m$ **وتسارع الجاذبية على سطح الأرض** $9.8m/s^{2}$

تدريب7: **احسب تسارع جاذبية القمر إذا كانت كتلة القمر** $m_m = 7.34\times10^{22}kg$ **ونصف قطره** $1785km$ **في الحالات التالية**:

أ- على سطح القمر.

ب- على ارتفاع 215Km **من السطح**.

تدريب8:**كرتان المسافة بين مركزيهما** 2.6m **وقوة الجاذبية بينهما** $2.75\times10^{-12}N$ **ما كتلة كل منهما إذا كانت كتلة إحداهما ضعف كتلة الأخرى**.

تدريب9: **كتاب كتلته** 1.25kg **ووزنه فى الفضاء** 8.35N **مامقدار المجال الجاذبى له فى هذا المكان** ؟

تدريب10: **يدور قمر حول كوكب بسرعة** $9\times10^{3}m/s$ **فإذا كانت المسافة بين مركزى الكوكب والقمر** $5.4\times10^{6}m$. **فما الزمن الدورى للقمر** .

تدريب11 :**إذا كان البعد بين الأرض والشمس** $r=1.5\times10^{11}m$ ، **فمامعدل المساحة التى تقطعها الأرض حول الشمس** ؟

تدريب12: **إذا كان البعد بين الأرض والقمر** $r=3.9\times10^{8}m$ ، **فما معدل المساحة التى يقطعها القمر حول الأرض ،علما بأن القمر يدور دورة كاملة حول الأرض كل** 27.33day

تدريب13: احسب مجال جاذبية الأرض على سطح القمر إذا كان البعد بين الأرض والقمر $r = 3.9\times10^{8}m$ **وكتلة الأرض** $5.98\times10^{24}kg$

تدريب14:إذا افترض أنه وضع كوكب بحجم الأرض وكتلتها عند خط الاستواء للارض وهذ الكوكب يبدو للأرض عديم الوزن ماسرعة هذا الكوكب لكى يكون عديم الوزن بالنسبة للأرض – وما زمنه الدورى-علما بأن كتلة الأرض $5.98\times10^{24}kg$ **ونصف قطر الارض** $6.38\times10^{6}m$.

تدريب15:إذا كانت كتلة رائد فضاء 80kg **وفقد** 25% **من وزنه عند نقطة فى الفضاء . فمامقدار المجال الجاذبى له فى هذا المكان ؟**

تدريب 16: يراد وضع مركبة فضائية على ارتفاع 1000Km **من سطح الأرض ، فاذا علمت أن كتلة الأرض** (m_E) **تساوي** 5.97×10^{24} Kg ، **ونصف قطرها** (r_E) **يساوي** 6.38×10^{6} m. **فاحسب**:

1- **سرعتها المدارية على هذا الارتفاع**.

2- **التسارع الناتج عن الجاذبية الأرضية في موقع المركبة**.

تدريب17: اختر الاجابة الصحيحة:

1- **قدمت النظرية النسبية لآينشتاين تفسيرا**:

أ- لأصل الكتلة ب- لكيفية عمل الكتل على تحدب الفضاء

ج- للجاذبية د- لانحراف ضوء النجوم عند مرورها بالقرب من الشمس

2- **أي مما يلي يؤثر عليك بقوة جاذبية أكبر**؟

أ- كتاب كتلته 1.2 Kg يبتعد عنك مسافة 0.2m ب- دراجة كتلتها 15Kg تبتعد عنك مسافة1m

ج- حجر كتلته20Kg يبتعد عنك مسافة 2m د- ثلاجة كتلتها70Kg تبتعد عنك مسافة10m

3- **قوة التجاذب بين كتلتين تتناسب عكسيا مع**:

أ- مربع المسافة بين مركزيهما ب-حاصل ضرب كتلتيهما

ح- الجذر التربيعي للمسافة بين مركزيهما د- تسارع الجاذبية الأرضية

4- **سرعة قمر صناعي يدور حول الأرض تتناسب طرديا مع**:
أ- كتلة الأرض ب- الجذر التربيعي لكتلة القمر ج-كتلة القمر د- الجذر التربيعي لكتلة الأرض

5- **مربع الزمن الدوري لكوكب يتناسب طرديا مع مكعب**:
أ-كتلته ب- سرعته المدارية ج- تسارعه د- نصف قطر مدار

تدريب 18: **علل لكل مما يلى**:

1- **تظهر قوة الجاذبية بين الشمس والارض ولاتظهر بين كرتى قدم** .
.....
.....

2- **رغم أن التفاحة تجذب الكرة الأرضية بنفس القوة التي تجذب بها الأرض التفاحة، فإن التفاحة لا تكسب الأرض تسارع يمكن قياسه**.
.....
.....

3- **إذا سقطت كرة تنس وكرة قدم من نفس الإرتفاع إلى سطح الأرض فإنهما تصلان إلى الأرض فى نفس الوقت** (**بإهمال مقاومة الهواء**).
.....
.....

4- **يحتاج رفع صخرة على سطح القمر إلى قوة أقل من التى من يحتاج إليها على سطح الأرض**.
.....
.....

5- **يحدث مد الماء فى البحار على سطح الأرض**
ج:بسبب الفرق فى قوة جذب القمر للماء القريب منه على سطح الأرض والماء البعيد عنه

6- **تكون المقاعد داخل مركبة الفضاء عديمة الوزن رغم ذلك تشعر بالألم إذا ركلت كرسيا داخل المركبة**؟
ج:تشعر بالألم لأن الكرسى عديم الوزن وليس عديم الكتلة فالكرسى له قصورذاتى ويمكنه توليد قوة تماس مع قدمك

7- **إذا سقط حجر على قدم شخص عند سطح القمر وسقط من نفس الإرتفاع على قدم الشخص عند سطح الأرض فإنه سيؤذيه أكثر سيؤذيه أكثر يكون الأذى على سطح الأرض أكبر**.
ج: لأن تسارع الجاذبية g على سطح الأرض أكبر منها على سطح القمر

8- **إطلاق قمر إصطناعى من الأرض ليدور فى مدار حول الأرض نحو الشرق أسهل من اطلاقه ليدور نحو الغرب**؟
ج: لأن الأرض تدور فى اتجاه الشرق وتضاف سرعتها إلى سرعة القمر الإصطناعى الناتجة عن الصاروخ ،وبذلك تقلل السرعة التى يتعين على الصاروخ تزويدها له.

9- **المساحة التى تقطعها الأرض عند دوراها حول الشمس لاتساوى المساحة التى يقطعها كوكب المريخ فى نفس الزمن**
ج: لأن تساوى المساحات المقطوعة فى وحدة الزمن ينطبق على كل كوكب على حدة (ينطبق غلى كوكب واحد فقط)

10- **يبدو القمر الإصطناعى لمراقب على الأرض وكأنه على بقعة معينة على خط الإستواء ، ولذلك يوجه الطبق على الأرض فى اتجاه معين ولايحتاج إلى تغيير لإلتقاط الإشارات**.
ج: لأن الزمن الدورى لدوران القمر الإصطناعى يساوى 24h

11- **تؤثر قوة الجاذبية على سطح القمر فى مسار حجر قذف على سطحه بطريق غير التى تؤثر بها قوة الجاذبية على سطح الأرض على نفس الحجر إذا قذف بنفس الكيفية**

ج: يأخذ مسار الحجر شكل جزء من قطع مكافىء مثل شكل المسار على سطح الأرض لكن المدى الأفقى للمسار على سطح القمر أكبر منه على سطح الأرض حيث أن g على سطح الأرض أكبر منها على سطح القمر.

12- **يزداد الزمن الدورى لمكوك الفضاء إذا أرتفع إلى مدار أبعد عن مداره؟**

.....

.....

تدريب 19: **هل يتغير المجال الجاذبي للأرض بتغير كتلة الجسم الواقعة في المجال؟ وضح اجابتك**.

ج: لا . لأن المجال الجاذبي للأرض لا يعتمد على كتلة الأجسام الواقعة فيه وذلك وفقا لمعادلة المجال الجاذبي $g = G\frac{m_E}{r^2}$

الفصل الرابع: الحركة الدورانية

4-1 :وصف الحركة الدورانية

الحركة الدائرية والحركة الدورانية

- **الحركة الدائرية**: حركة جسم بأكمله في مسار دائري على محيط دائرة. مثل حركة جسم مربوط في خيط في مسار دائري.
- **الحركة الدورانية**:دوران الجسم حول محور دوران . مثل دوران اطار سيارة حول محوره – دوران قرص دائري حول محوره - دوران الباب. دوران الأرض حول محورها.

وحدات قياس زوايا الدوران

1- **الدرجة** : وتعادل $\frac{1}{360}$ من الدورة الكاملة. أي أن الدورة الكاملة= 360درجة.

2- **الراديان**(Rad): وتعادل $\frac{1}{2\pi}$ من الدورة الكاملة. أي أن الدورة الكاملة = 2π راديان.

3- **الدورات**(Rev) : حيث الدورة الواحدة = $2\pi \text{ rad} = 360^{o}$

وللتحويل من الدرجات الى وحدة الراديان نستخدم العلاقة:

$$1rad = 57.3\deg ree$$

الزاوية بالدرجات $\xleftarrow[\times \frac{360}{2\pi}]{\times \frac{2\pi}{360}}$ الزاوية بالراديان

الزاوية بالدرجات $\xleftarrow[\times 57.3]{\div 57.3}$ الزاوية بالراديان

تدريب : **يدور جسم بزاوية** 120° . **احسب الزاوية بوحدة الراديان** . **كم عدد الدورات التي يعملها الجسم**؟

الازاحة الزاوية ($\Delta\theta$)

الازاحة الزاوية: هي التغير في الزاوية أثناء دوران الجسم. $\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$

وتكون الإزاحة الزاوية (+) عندما يكون اتجاه الدوران فى اتجاه عكس عقارب الساعة

وتكون الإزاحة الزاوية (-) عندما يكون اتجاه الدوران فى اتجاه مع عقارب الساعة

السرعة الزاوية المتجهة (ω):

- **السرعة الزاوية** : تساوى الإزاحة الزاوية مقسومة على الزمن الذى يتطلبه حدوث الدوران.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \qquad rad/s$$

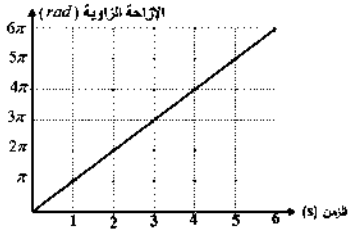
وتكون السرعة الزاوية (+) عندما يكون اتجاه الدوران فى اتجاه عكس عقارب الساعة

وتكون السرعة الزاوية (-) عندما يكون اتجاه الدوران فى اتجاه مع عقارب الساعة

ملاحظة مهمة: في الأجسام الصلبة التي تتحرك حركة دورانية تتحرك جميع النقاط الواقعة عليه بنفس السرعة الزاوية لأنها تقطع زوايا متساوية خلال أزمنة، أما سرعتها الخطية فهي مختلفة نظرا لاختلاف المسافات التي تقطعها (أو نظرا لاختلاف انصاف الأقطار)

- **حساب السرعة الزاوية المتوسطة واللحظية من منحنى (الازاحة الزاوية- الزمن)**

1- السرعة الزاوية المتوسطة

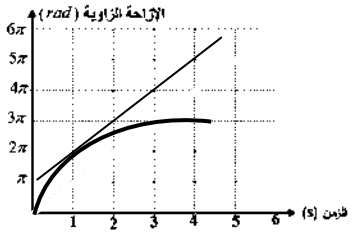


السرعة الزاوية تساوى ميل الخط المستقيم لمنحنى (الموقع الزاوي- الزمن) عندما تكون السرعة الزاوية منتظمة (ثابتة).

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \qquad rad/s$$

تدريب: يمثل الشكل المجاور منحنى (الازاحة الزاوية – الزمن) لجسم يتحرك حركة دورانية منتظمة. احسب السرعة الزاوية المتجهة للجسم.

2- السرعة الزاوية اللحظية



السرعة الزاوية تساوي ميل المماس لمنحنى (الموقع الزاوي- الزمن) عندما تكون السرعة الزاوية متغيرة.

تدريب: يمثل الشكل المجاور منحنى (الازاحة الزاوية – الزمن) لجسم يتحرك حركة دورانية متسارعة. احسب السرعة الزاوية عند اللحظة t=1s.

- **التردد الزاوى** f : هو عدد الدورات الكاملة التى يدورها الجسم فى الثانية الواحدة

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \qquad rev/s$$

$$f = \frac{\text{عدد الدورات}}{\text{الزمن الكلى}} \qquad rev/s$$

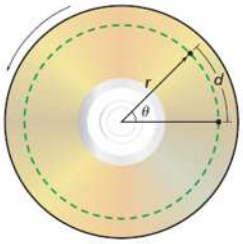
التسارع الزاوى α

التسارع الزاوى: يساوى التغير فى السرعة المتجهة المتوسطة مقسوما على الفترة الزمنية التى حدث فيها التغير

$$\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t} \qquad rad/s^2$$

ويحسب التسارع الزاوى اللحظى من ميل المماس للمنحنى بين السرعة الزاوية المتجهة والزمن .

العلاقة بين الحركة الدائرية الخطية والحركة الدورانية



إذا كان الجسم على المسار الدائرى يقطع مسافة خطية **d** بسرعة **v** وتسارع مركزى **a** وذلك أثناء قطعه إزاحة زاوية θ بسرعة زاوية ω وتسارع زاوى α.

العلاقة	الزاوية	الخطية	الكمية
$d = r\theta$	θ (rad)	d (m)	الإزاحة
$v = r\omega$	ω (rad/s)	v (m/s)	السرعة
$a = r\alpha$	α (rad/s^2)	a (m/s^2)	التسارع

تدريبات متنوعة على الحركة الدوروانية

تدريب1: **احسب الإزاحة الزاوية لعقارب ساعة يد خلال** 1 h .

أ- **عقرب الثوانى**

ب- عقرب الدقائق

جـ -عقرب الساعات

تدريب2:**إذا كان التسارع الخطى لعربة نقل** $1.85\ m/s^2$ **والتسارع الزاوى لإطاراتها** $5.23\ rad/s^2$.**فما قطر الإطار الواحد**؟

تدريب3 : **يدور القمر حول محوره دورة كاملة خلال** 27.3day **إذا كان نصف قطر القمر** $1.74\times10^6 m$

أ- **احسب زمن دوران القمر بوحدة الثانية**

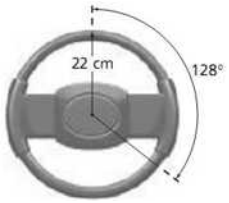
ب- **احسب تردد القمر بوحدة** rad/s

ج- احسب السرعة الخطية لصخرة على خط الإستواء للقمر الناتجة فقط عن دوران القمر

تدريب4:**إذا كان قطر الكرة المستخدمة فى فأرة الحاسوب** 2cm **وحركت الفأرة** 12cm **فما الإزاحة الزاوية للكرة**

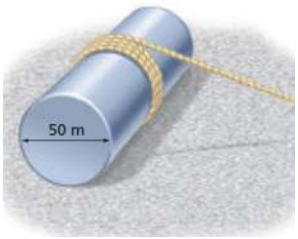
تدريب5:**يدور الملف الإسطوانى فى محرك غسالة الملابس بمعدل** $635 rev/\min$ **وعند فتح غطاء الغسالة يتوقف المحرك عن الدوران خلال** 8s **فما التسارع الزاوى للمحرك الإسطوانى؟**

تدريب6 : **يدور مقود سيارة خلال زاوية** 128 **درجة فإذا كان نصف قطره** 22cm **فما المسافة التى تتحركها نقطة على الطرف الخارجى لعجلة القيادة؟**



تدريب7: **تدور مروحة بمعدل** $1880 rad/\min$ **احسب الإزاحة الزاوية خلال** 2.5s

تدريب8: **يدور قرص صلب فى حاسوب** 7200 rpm (**دورة فى الدقيقة**) **إذا صمم القرص على أن يبدأ الدوران من السكون ليصل إلى سرعته الفعالة خلال** 1.5s **فما التسارع الزاوى للقرص؟**



تدريب9: **فى الشكل إسطوانة قطرها** 50m **فى حالة سكون على سطح أفقى إذا لف حولها حبل ثم سحب فأصبحت تدور دون أن تنزلق. أجب عن الأسئلة التالية:**

1- **مالمسافة التى يتحركها مركز الكتلة عند سحب الحبل** 2.5m **بسرعة منتظمة.**

2- **احسب سرعة مركز الكتلة إذا سحب الحبل مسافة**2.5m **خلال زمن** 1.25 s **بسرعة منتظمة.**

3- **احسب السرعة الزاوية المتجهة للإسطوانة.**

تدريب10: **اطار سيارة نصف قطره** 9cm **يدور بمعدل** 2.5 rad/s ، **احسب السرعة المتجهة الخطية لنقطة تقع على مسافة** 7cm **من المركز**.

أسئلة مفاهيمية على الحركة الدورانية

تدريب1:**قارن بين السرعة الزاوية المتجهة والسرعة الخطية لسنين (ترسين) متصلين معا أحدهما كبير والآخر صغير**

الترسان متساويان فى السرعة الخطية ومختلفان فى السرعة الزاوية لإختلاف نصف القطر لأن $w = \frac{v}{r}$

تدريب2:**اشرح كيف تعمل الغسالة على تجفيف الملابس**؟

عندما يدور المجفف حركة دورانية يكون له تسارع مركزى كبير فتؤثر اسطوانة الدوران بقوة فى الملابس لكن عندما يصل الماء للثقوب في اسطوانة الدوران لاتوجد قوة داخلية تؤثر فيه لذلك يتحرك فى خط مستقيم للخارج بعيدا عن اسطوانة الدوران.

تدريب3: **علل لما يلي**:**تزداد سرعة شريط الفيديو فى نهاية الدوران**.

لزيادة نصف القطر مع نهاية الدوران و السرعة الخطية تتناسب طرديا مع نصف قطر الدوران $v = \omega r$ ، أما السرعة الزاوية فتبقى ثابتة.

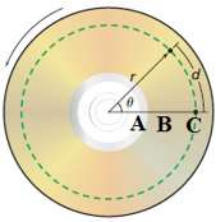
تدريب4: **هل تدور جميع أجزاء الارض بالمعدل نفسه** ؟

نعم ، لأن أجزاء الجسم الصلب المتماسك تدور بالمعدل نفسه.

تدريب5: **هل لكل أجزاء عقرب الدقائق الإزاحة الزاوية نفسها** ؟ **وهل لها نفس الازاحة الخطية**؟

تدريب6: **تدور اسطوانة** CD **حول محور رأسي مثبت في المركز** . (**أ، ب،ج**) **ثلاث نقاط تقع على الاسطوانة**CD . **قارن بين النقاط من حيث** :

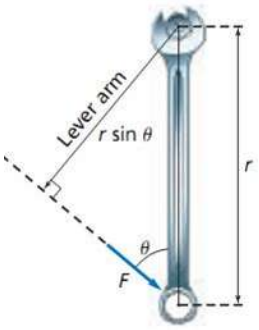
الموضع / الكمية	A	B	C
الازاحة الزاوية θ			
السرعة المتجهة الزاوية ω			
التسارع الزاوي α			
الازاحة الخطية d			
السرعة المتجهة الخطية v			
التسارع الخطي a			



4-2 :ديناميكا الحركة الدورانية

عزم القوة

- **عزم القوة** (τ): **هو مقياس لمقدرة القوة في احداث الدوران.** وتساوي حاصل ضرب القوة في طول ذراعها.



$$\tau = F \times L = Fr\sin\theta \qquad N.m$$

حيث :

F : مقدار القوة المؤثرة (N)

L : ذراع القوة (m) ويساوي $L=r\sin\theta$

r : المسافة بين محمور الدوران ونقطة تأثير القوة (m)

θ : الزاوية بين القوة المؤثرة ونصف القطر من محور الدوران الى نقطة التأثير.

- **اشارة العزم**: عزم القوة تعتبر كمية متجهة ، وله اتجاهان موجب وسالب.
  (+) اذا كان الدوران عكس عقارب الساعة.
  (-) اذا كان الدوران مع عقارب الساعة.

$$\sin\theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}} = \frac{L}{r}$$

$$L = r\sin\theta$$

- **العوامل التي يعتمد عليها عزم القوة**:

1- مقدار القوة المؤثرة. 2- المسافة بين مركز الدوران ونقطة تأثير القوة 3- الزاوية بين القوة ونصف قطر الدوران.

- **س: كيف يمكنك الحصول على تأثير دوراني أكبر عند فتح الباب بقوة معينة؟**

1- نجعل المسافة بين محور الدوران ونقطة تأثير القوة أكبر ما يمكن، أي نؤثر على الباب عند الطرف الخارجي (المقبض).
2- نؤثر بزاوية قائمة على الباب.

- **مصطلحات تهمك**:

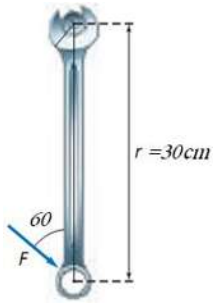
1- **ذراع القوة(L):** المسافة العمودية بين محور الدوران ونقطة تأثير القوة. حيث : $L=r\sin\theta$
2- **محور الدوران**: خط وهمي يدور حوله الجسم.
3- **نقطة تأثير القوة**: هي النقطة التي تؤثر فيها القوة على الجسم.

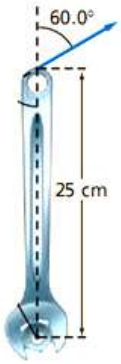
- **ملاحظة مهمة جدا**: عندما تمر القوة أو امتدادها بمركز الدوران فان عزم القوة تساوي صفرا، لأن ذراع العزم يكوم منعدما.

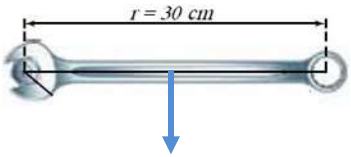
مسائل متنوعة على عزم القوة

تدريب1: في الأشكال الموضحة أدناه تؤثر قوة مقدارها 5N في مفك براغي. أجب عما يلي:

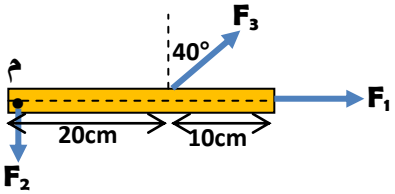
أ- احسب ذراع القوة وعزم القوة . **ب- ارسم ذراع القوة لكل من القوى المبينة.**



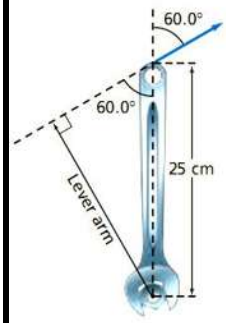




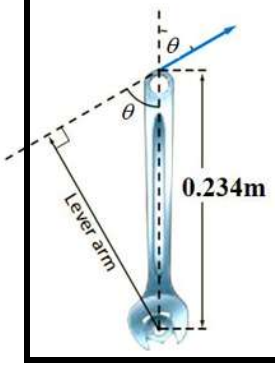
تدريب2: احسب ذراع القوة وعزم القوة لكل من القوى F_1 , F_2 , F_3 .



تدريب3: يتطلب شد برغى فى محرك سيارة عزما مقداره 35N.m بإستخدام مفتاح شد طوله 25cm وذلك يسحب المفتاح من نهايته بزاوية 60 درجة احسب كل من القوة - طول ذراعها.



تدريب4:إذا كان مفتاح طوله 0.234m نريد أن نستخدمه فى مهمة تتطلب عزما 32.4N بقوة مقدارها 232N احسب أقل زاوية تصنعها القوة المؤثرة بالنسبة للرأسى



تدريب5: **اذا كان لديك عزم مقداره** 55N.m **لتدوير جسم، في حين كانت أكبر قوة يمكن التأثير بها** 135N، **فما طول ذراع القوة الذي يمكن استخدامه؟**

تدريب6: **يقف شخص كتلته** 65Kg **على بدالة دراجة هوائية تبعد مسافة** 18cm **عن مركز حلقة السلسلة. احسب مقدار العزم الذي يؤثر به الشخص في الحالات التالية:**

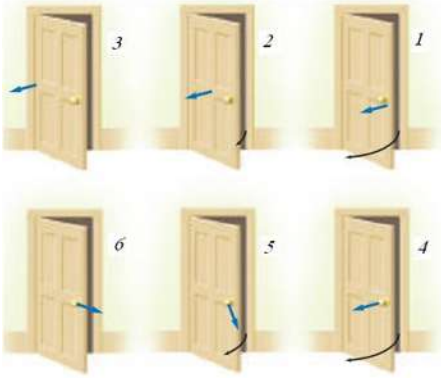
أ- عندما تكون البدالات أفقية.

ب- عندما تكون البدالات رأسية.

ت- عندما تصنع البدالة زاوية مقدارها 35° **على الأفقي.**

أسئلة مفاهيمية على عزم القوة

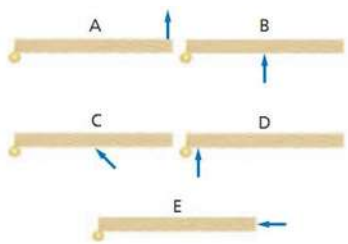
تدريب1 : **في الشكل الموضح بالرسم . أثرت قوة في باب بأوضاع مختلفة.**



1- **أي من هذه الأوضاع ينتج عنه عزم القوة الأكبر؟**

2- **أي من هذه الأوضاع ينعدم فيه عزم القوة ؟**

تدريب2: **رتب العزوم المؤثر فى الابواب الخمسة من الأصغر للأكبر.**



تدريب3: **اذا أردت فك صامولة البراغي لاطار سيارة باستخدام مقبض مفتاح الشد (المفك) . اذكر ثلاث طرق لزيادة العزم المؤثر لفكها.**

1- نستخدم انبوب اطالة للمفك لزيادة ذراع القوة.
2- نجعل القوة تؤثر بزاوية عمودية.
3- زيادة القوة المؤثرة كالوقوف على نهاية المفك مثلا.

إيجاد محصلة العزم

عندما يخضع الجسم تحت تأثير مجموعة من القوى . فان محصلة العزم المؤثر على الجسم يساوي حاصل الجمع الاتجاهي لعزوم القوى المؤثرة على الجسم.

$$\tau_{\text{المحصلة}} = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \dots$$

الاتزان الدوراني: هي حالة تكون فيها محصلة العزوم المؤثرة على الجسم صفرا أي أن ($\tau_{\text{المحصلة}} = 0$)

شروط الاتزان الاستاتيكي

الاتزان الاستاتيكي: هي حالة تكون فيها السرعة المتجهة والسرعة الزاوية للجسم صفرا أو ثابتين.

شرطا الاتزان الاستاتيكي:

1- محصلة القوى المؤثرة في الجسم تساوي صفرا ($F_{\text{المحصلة}} = 0$) ويسمى " الاتزان الانتقالي"

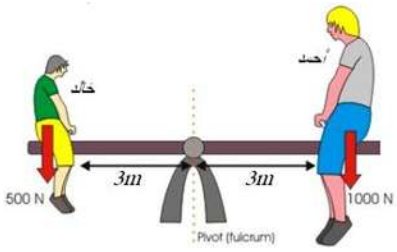
2- محصلة العزوم المؤثرة في الجسم يساوي صفرا ($\tau_{\text{المحصلة}} = 0$) ويسمى " الاتزان الدوراني"

مسائل متنوعة على محصلة العزم والاتزان الاستاتيكى

تدريب1: **يتأرجح أحمد وخالد على لعبة الميزان** (**السيسو**) ، **فاذا كان طول اللوح** 6m.

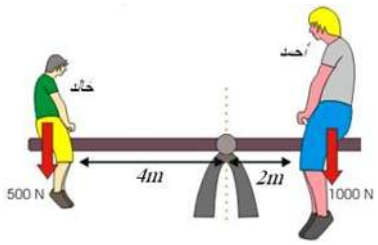
فأجب عن الأسئلة التالية.(**أهمل وزن لوح لعبة الميزان**).

أ- **احسب محصلة العزوم حول نقطة الارتكاز**.



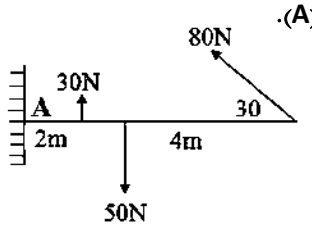
ب- **اذا غير أحمد وخالد مواضعهما كما بالشكل. فاحسب محصلة العزوم في الوضع الجديد.**

هل يكون الشخصان في وضع اتزان دوراني ؟ ولماذا؟



تدريب2: **يبين الشكل صندوقين عند نهايتي لوح خشبي طوله** 3m، **مدعوم عند منتصفه بواسطة رافعة ، فاذا كانت كتلة الصندوقين** m_1=25kg , m_2=15kg، **فما بعد النقطة التي يجب وضع الرافعة عندها عن الطرف الأيسر ليتزن اللوح الخشبي والصندوقان أفقيا**.

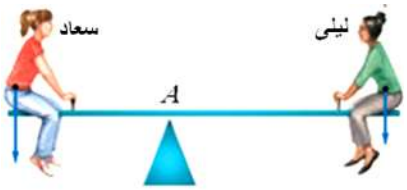
تدريب3: لوح خشبى طوله 7m تؤثر به مجموعة قوى كما بالشكل. احسب محصلة عزوم القوى حول (A).



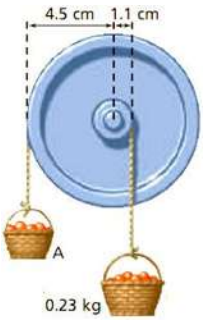
تدريب4: تلعب سعاد وليلى على لعبة الميزان (السيسو) منتظمة طولها 1.75m حيث تحافظان على وضع الاتزان للعبة، فاذا كانت كتلة سعاد 56Kg، وكتلة ليلى43Kg (أهمل وزن لوح لعبة الميزان)، أجب عما يلي:

أ- أوجد موضع نقطة الارتكاز عن كل منهما؟

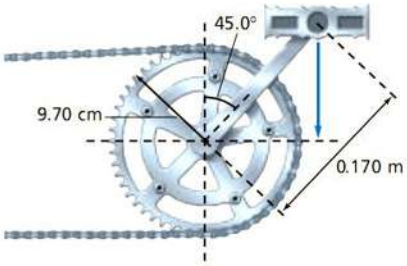
ب- احسب القوة التي يؤثر بها الحامل في اللوح.



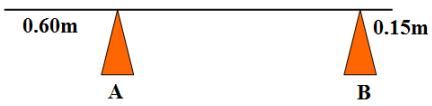
تدريب5: علقت سلتا فواكه بحبلين يمران على بكرتين قطراهما مختلفان كما بالشكل احسب كتلة السلة A إذا كانت المجموعة متزنة احسب كتلة السلة A .

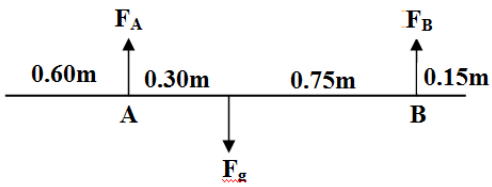


تدريب6 : يقف شخص كتلته 65Kg على بدالة دراجة هوائية إذا كان طول ذراع التدوير 0.170m ويصنع زاوية 45 درجة بالنسبة للرأسى مامقدار القوة التى يجب أن تؤثر بها السلسلة لمنع الإطار من الدوران علما بأن نصف قطر الإطار 9.70cm



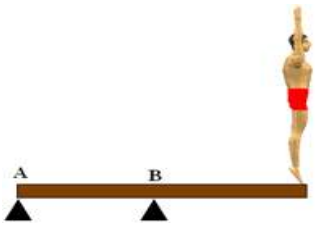
تدريب7 : سلم خشبى كتلته 5.8Kg وطوله 1.80m يستر أفقيا على حاملين داعمين يبعد الحامل الأول A مسافة 0.60m عن طرف السلم ويبعد الحامل الثانى B مسافة 0.15m عن الطرف الأخر مامقدار القوة التى يؤثر بها كل من الحاملين فى السلم (g=9.8m / s2)



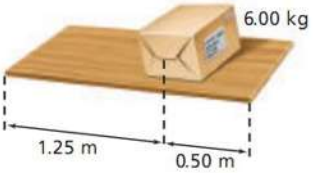


تدريب8: لوح خشبي مستقر كتلته24Kg وطوله 4.5m مثبت على حاملين ، أحدهما تحت مركز اللوح مباشرة ، والثاني عند الطرف . ما مقدار القوتين اللتين يؤثر فيهما كل من الحاملين الرأسيين؟

تدريب9: يتحرك قطاس كتلته 85Kg نحو الطرف الحر للوح القفز، فاذا كان طول اللوح 3.5m وكتلته 14Kg، وثبت بواسطة داعمين، أحدهما عند مركز الكتلة، والآخر عند أحد طرفي اللوح، فما مقدار القوة المؤثرة في كل داعم؟



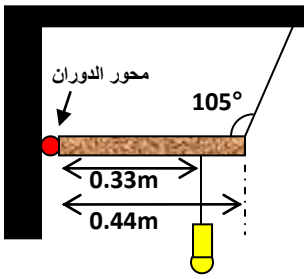
تدريب10:لوح كتلته 4.25Kg وطوله 1.75m وضع عليه صندوق كتلته 6.00Kg ويرفع اللوح شخصان من طرفيه فما مقدار كل من القوتين اللتان يؤثر بهما الشخصان فى اللوح؟



تدريب11: مصباح وزنه 64N معلق كما بالشكل بقضيب وزنه 27N احد طرفى القضيب مثبت فى الحائط والطرف الآخر مربوط بحبل فى السقف .

أ- احسب عزم كل قوة حول محور الدوران.

ب- احسب قوة الشد فى الحبل.



أسئلة مفاهيمية على محصلة العزوم والاتزان

تدريب1: علل لما يلي:

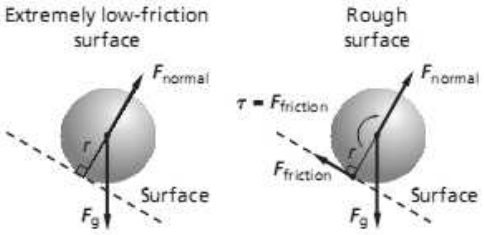
أ- ينخفض الجزء الأمامي للسيارة الى أسفل عند الضغط على كوابح السيارة.

بسبب وجود محصلة عزوم تؤثر على السيارة وتحاول تدويرها في الاتجاه الذي يجعل مقدمتها تنخفض للأسفل.

ب- عندما تنطلق كرة البولنج من يد اللاعب لاتدور ولكن بعد أن تقطع نصف طول المسار تبدأ فى الدوران

عند انطلاق الكرة لا يوجد تغير في السرعة المتجهة للكرة وبالتالي لا يوجد قوة احتكاك مما يجعل العزم يساوي صفرا فلا تدور الكرة. وعندما تبدأ قوة الاحتكاك بالتأثير ، يعمل العزم الناتج عنها بزيادة معدل دوران الكرة.

ث- أثناء حركة كرة من أعلى مستوى مائل أملس فانها تنزلق الى أسفل دون دوران ، بينما تدور الكرة أثناء انزلاقها بوجود الاحتكاك



تدور الكرة في عند وجود الاحتكاك لأن عزم قوة الاحتكاك تعمل على دوران الكرة مع عقارب الساعة . أما في حالة المستوى الأملس فلا يوجد قوة موازية للسطح ، وبالتالي فان العزم يساوي صفر وينعدم دوران الكرة. (لاحظ بأن العزم الناتج عن الوزن في مركز الدوران يساوي صفر وبالتالي ليس له أثر دوراني).

ج- عند حل مسائل الاتزان ، نختار محور الدوران عند نقطة تؤثر بها قوة أو أكثر في الجسم.

لأن عزم تلك القوة يساوي صفرا، وبالتالي نقلل عدد القوى التي يتطلب حساب عزومها.

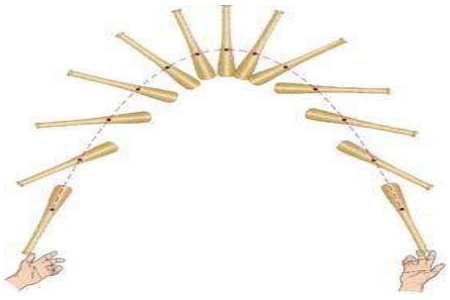
تدريب2: أذكر مثالا واحدا على جسم في الحالات التالية:

1- **جسم متزن دورانيا ، وغير متزن انتقاليا:** سقوط كتاب دون دوران.

2- **جسم متزن انتقاليا ، وغير متزن دورانيا:** دوران لعبة السيسو غير المتزن حتى تضرب القدم الأرض.

4-3 :الاتزان والاستقرار

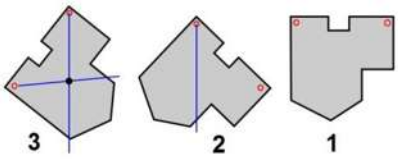
مركز الكتلة



مركز الكتلة: مركز الكتلة لجسم هو نقطة على الجسم تتحرك بالطريقة نفسها التى تتحرك فيها النقطة المادية (الجسيم النقطى).

س: كيف يمكن تعيين مركز كتلة الجسم عمليا؟

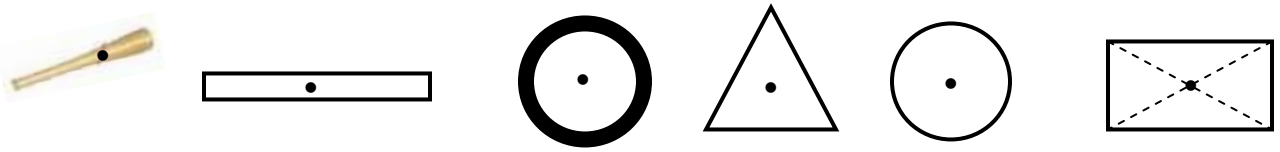
1- نعلق الجسم من أي نقطة ، ونرسم الخط الرأسي المار بنقطة التعليق عندما يستقر الجسم ويتوقف عن الحركة.
2- نختار نقطة تعليق أخرى ونكرر الخطوة الأولى.
3- نحدد نقطة تقاطع الخطين ، فتمثل مركز كتلة الجسم.



ملاحظات مهمة جدا:

1- في الأجسام المنتظمة الشكل والكثافة يكون مركز الكتلة هو نفسه المركز الهندسي للأجسام.
2- ليس من الضروري أن يكون مركز الكتلة في مادة الجسم، فقد يكون موجودا في الفراغ. مثال: الحلقة المعدنية الفارغة- لفة الشريط اللاصق.
3- عند تعليق الجسم من مركز كتلته فانه يكون في حالة اتزان تام دون أي حركة.
فكر: كيف يمكنك أن تجعل مسطرة أو كرة قدم تتزن على اصبع اليد؟

مركز الكتلة لبعض الأجسام:

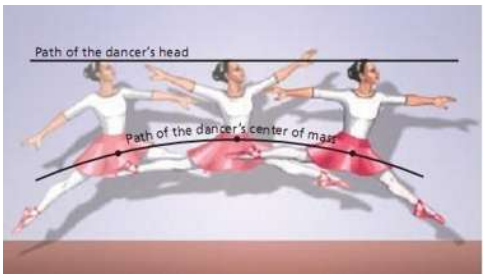


مركز الكتلة لجسم الانسان

مركز الكتلة لجسم الانسان غير ثابت لأن جسم الانسان مرن ويتغير بتغير موقع الأعضاء كاليدين والرجلين.

مثال:

أ- **شخص بالغ يداه مسبلتان للجانبين:** مركز الكتلة أسفل السرة بسنتمترات في منتصف الجسم.
ب- **الطفل:** مركز الكتلة يكون أعلى بقليل ، لأن حجم الرأس يكون كبير نسبيا بالمقارنة بالجسم.
ت- **شخص يرفع يداه ورجلاه للأعلى:** مركز الكتلة يرتفع من 6-10 cm عن الوضع الطبيعي.



علل: يبقى رأس لاعب الجمباز على الارتفاع نفسه لوقت طويل.
عند القفز في الهواء يرفع اللاعب ذراعيه ورجليه فيرتفع مركز الكتلة ، ويقترب من الرأس ، ويكون مسار مركز الكتلة على شكل قطع مكافيء ، لذا يبقى رأس اللاعب على الارتفاع نفسه لوقت طويل.

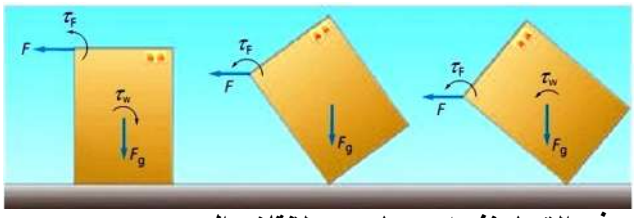
مركز الكتلة والاستقرار

العوامل التي تعتمد عليها استقرار الاجسام وانقلابها:

1- **ارتفاع مركز الكتلة:** كلما كان مركز الكتلة منخفضا أصبح الجسم أكثر استقرار.
2- **مساحة القاعدة:** كلما كانت قاعدة الجسم أعرض كان الجسم أكثر استقرارا.

لماذا تنقلب الأجسام عند التأثير عليها بقوة؟

لدراسة ذلك تخيل أن لديك صندوق تحاول قلبه بواسطة قوة F . فانه:



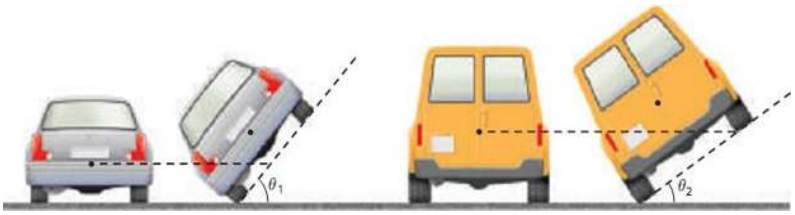
أ- يؤثر على الجسم عزمان ، عزم القوة المؤثرة τ_F وعزم الوزن τ_w ، ونظرا لأن المحور الرأسي المار في مركز الكتلة يمر بالقاعدة يبقى الجسم مستقرا.
ب- عند دوران الجسم يتحرك مركز الكتلة حتى يصبح فوق النقطة الداعمة مباشرة ، وعندها يكون الجسم على وشك الانقلاب.
ت- بدوران الجسم أكثر يتحرك مركز الكتلة ليخرج من القاعدة ، فيكون العزمان في الاتجاه نفسه ، مما يؤدي لانقلاب الجسم.

الاستنتاج:

1- تنقلب الأجسام اذا خرج خط عمل مركز الثقل (المحور الرأسي المار في مركز الكتلة) عن القاعدة.
2- تكون الأجسام أكثر استقرارا كلما كانت القاعدة أعرض وكان مركز الكتلة منخفضا.

تطبيقات عملية:

1- **علل: السيارات الرياضية تكون أكثر استقرارا.**
لأنها تتميز بقاعدة عريضة ومركز كتلة منخفض وبالتالي فأنها تحتاج لميل أكبر (زوايا أكبر) حتى يتحرك مركز الكتلة خارج القاعدة ، لذا تكون أكثر استقرارا.



2- **علل: عندما تقف فى حافلة وتتمايل الحافلة أثناء سيرها فإنك تباعد بين قدميك.**
لأنه عندما تباعد قدميك ، فانك تزيد من عرض القاعدة وبالتالي تكون أكثر استقرارا.

3- **فى لعبة الجودو وألعاب الدفاع عن النفس يستخدم اللاعب العزم لتدوير خصمه وجعله فى وضع أقل استقرارا عن طريق جعل مركز كتلته غير واقع فوق قدميه.**

القوة الظاهرية الوهمية (القوة الطاردة المركزية)

إذا ربط جسم بنابض فى نهاية القرص الدوار فإن الشخص الثابت فوق القرص الدوار يشعر أن قوة تسحب الجسم فى اتجاه الخارج تحت تاثير قوة وهمية تسمى قوة الطرد المركزية – أم الشخص الواقف على الأرض فإنه يشاهد الجسم وكأنه يتحرك حركة دائرية وأن تسارعه فى اتجاه المركز .

أسئلة مفاهيمية على الاتزان والاستقرار

تدريب: علل لكل مما يلي:

1- **يمكنك أن تتزن عندما تقف على أطراف أصابعك ولاتستطيع الإتزان إذا وقفت فى مواجهة الجدار وأصابع قدميك تلامسه.**
لكي يحدث الاتزان يجب أن يكون مركز كتلتك فوق نقطة الدعم ، ويتحقق ذلك بأن تجعل نصف جسمك أمام نقطة الدعم والآخر خلفها. أما عندما تلامس رؤوس الأصابع الحائط، فلا يمكن أن يكون أي جزء من جسمك أمام نقطة الدعم.

2- **يظهر لاعب الجمباز وكأنه يطير فى الهواء عندما يرفع ذراعيه فوق رأسه أثناء القفز .**
لأن مركز الكتلة يرتفع إلى أعلى مقتربا من الرأس

3- **يكون احتمال انقلاب سيارة لها عجلات أقطارها كبيرة، أكبر من احتمال انقلاب سيارة ذات عجلات أقطارها صغيرة.**
لأن مركز الكتلة للمركبات كبيرة العجلات تكون عن نقطة أعلى، لذلك تكون زاوية انقلابها صغيرة.

الفصل السادس: الشغل والطاقة وحفظها

6-1 :الطاقة والشغل

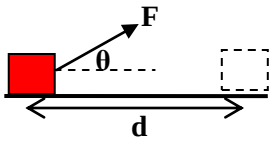
الشغل

- **الشغل (W)**:هو تحول (انتقال) الطاقة بالمعنى الميكانيكي . وهي كمية عددية تقاس بوحدة الجول **(J)** ($J = N.m = kgm^2/s^2$)
  الجول : هو الشغل المبذول عندما تؤثر قوة مقدارها $1N$ في جسم خلال مسافة $1m$ فى نفس اتجاه الحركة.

- **طريقة حساب الشغل**

أولا: اذا كانت القوة المؤثرة في الجسم ثابتة.

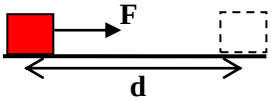
الشغل يساوى حاصل ضرب القوة الثابتة F والإزاحة d فى جيب تمام الزاوية المحصورة بين القوة واتجاه الإزاحة.



$$W = Fd\cos\theta$$

واذا كانت القوة المؤثرة في نفس اتجاه الحركة للجسم (θ=0)، فان الشغل يساوي حاصل ضرب القوة في ازاحة الجسم.

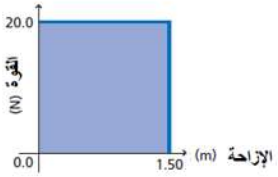
$$W = Fd$$

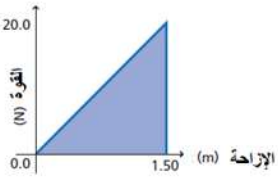


ثانيا: اذا كانت القوة المؤثرة متغيرة وغير ثابتة.

الشغل يساوي المساحة تحت منحنى (القوة – الازاحة)

W= المساحة تحت منحنى (القوة- الازاحة)

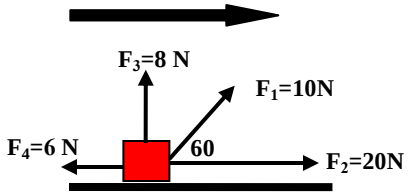




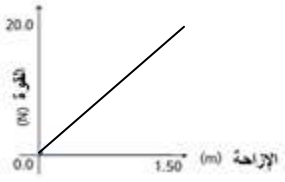
مثال1: تؤثر مجموعة من القوى على جسم كما هو موضح بالشكل فتحركه مسافة 5m.

أ- احسب الشغل المبذول لكل من القوى الموضحة.

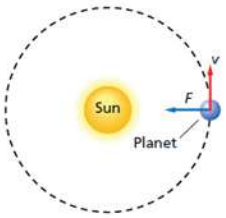
ب- احسب الشغل المبذول الكلي.



مثال2: تؤثر قوة نابض متغيرة كما بالشكل. احسب الشغل المبذول لانضغاط النابض 1.5m.



- **ملاحظة مهمة**: عندما يكون اتجاه القوة عموديا على اتجاه الحركة ($\theta = 90$) فان الشغل = صفرا .



علل: **الشغل المبذول على جسم يتحرك حركة دائرية منتظمة يساوى صفرا؟**
لأن في الحركة الدائرية يكون اتجاه القوة عموديا على اتجاه الحركة

الطاقة الحركية

- **الطاقة** (E) : قدرة الجسم على احداث التغيير في ذاته أو فيما يحيط به.
- **الطاقة الحركية** (KE) : هى الطاقة الناتجة عن حركة الجسم وتساوى حاصل ضرب نصف كتلة الجسم $\frac{1}{2}m$ فى مربع مقدار سرعته (v^2)

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

ملاحظة:الطاقة كمية عددية وحدة قياسها هى نفس وحدة قياس الشغل $J = N.m = kgm^2/s^2$

علل: **المركبة الثقيلة التي تتحرك بسرعة كبيرة تستطيع تدمير الأجسام من حولها**.

نظرية الشغل -الطاقة

إذا كان هناك جسم يتحرك على مستوى أفقى فإن :الشغل يساوى التغير فى الطاقة الحركية $W = \Delta KE$

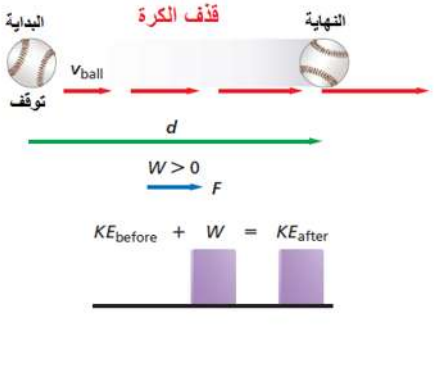
$$W = \frac{1}{2}m(v_f{}^2 - v_i{}^2)$$

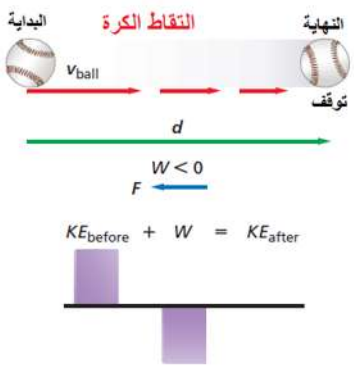
اشارات الشغل

يكون الشغل (+) عندما يبذل المحيط الخارجي شغل على نظام معين فتزداد طاقة النظام
يكون الشغل (-) عندما يبذل النظام شغلا على المحيط الخارجي فتقل طاقة النظام

مثال على الشغل الموجب والسالب

يمكن أن نمثل للمحيط الخارجى(الإنسان) والنظام (الجسم مثل الكرة).





أ- **قذف الكرة**: عندما نؤثر بقوة F على الكرة لتتحرك إزاحة d يكون الشغل (+) ،لأن اتجاه القوة فى نفس اتجاه الحركة كما أن طاقة الكرة ازدادت بمقدار W أى أن الكرة اكتسبت طاقة حركة نتيجة لتأثير القوة.

ب- **التقاط الكرة**: عندما تلتقط الكرة فإنك نؤثرفيها بقوة F فى الإتجاه المعاكس لحركتها لذلك فإنك بذلت عليها شغلا (-) لأن اتجاه القوة فى عكس اتجاه الحركة مما جعلها تتوقف فتصبح طاقتها الحركية =صفر

القدرة

- **القدرة (P)**:هي معدل بذل الشغل . وتساوى الشغل المبذول W مقسوما على الزمن اللازم لإنجاز هذا الشغل (t)

$$P = \frac{W}{t}$$

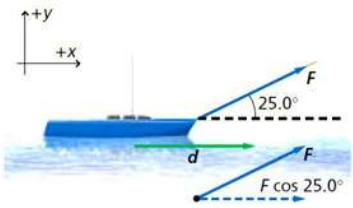
ملاحظة:القدرة كمية عددية وحدة قياسها الواط (W) $(W = J/S = Nm/s)$

صيغة أخرى لقانون القدرة: $P = \frac{w}{t} = \frac{Fd}{t} \Rightarrow \quad p = Fv$

الواط(W):هو وحدة قياس القدرة ، ويساوي **1** جول من الطاقة المنقولة في الثانية الواحدة.

تدريبات متنوعة

تدريب1:**يسحب بحار قاربا مسافة** $50m$ **فى اتجاه رصيف الميناء بحبل يصنع زاوية 25 درجة فوق الأفقى**



1- احسب الشغل الذى بذله البحار إذا أثر بقوة $255N$ **فى الحبل.**

2- احسب التغير فى الطاقة الحركية.

3- إذا بدأ القارب حركته من سكون ماسرعته لحظة نهاية المسافة إذا كانت كتلته $100kg$.

تدريب2: **يرفع شخصان صندوقا ثقيلا مسافة** $15m$ **بحبلين يصنع كل منهما زاوية 15 درجة مع الرأسى ويؤثر كل من الشخصين بقوة** $225N$ **مامقدار الشغل الذى يبذلانه؟**

تدريب3:**يحمل مسافر حقيبة سفر وزنها** $215N$ **إلى أعلى سلم وكانت الإزاحة فى الإتجاه الرأسى** $4.2m$ **وفى الإتجاه الأفقى** $4.6m$

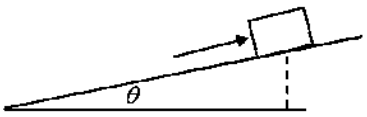
1-الشغل الذى بذله المسافر

2-الشغل الذى يبذله المسافر إذا نزل إلى أسفل السلم

$$W = Fd\cos\theta = 215\times 4.2\cos 0 = 903J$$

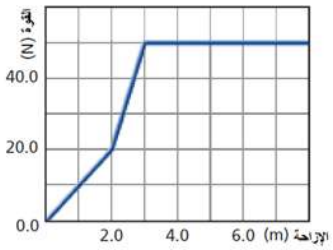
$$W = Fd\cos\theta = 215\times 4.2\cos 180 = -903J$$

تدريب4: **وضع رجل ثلاجة كتلتها** $185kg$ **على عربة نقل متحركة ودفعها لأعلى مستوى مائل أملس بزاوية 11 درجة مسافة** $10m$ **مامقدار الشغل الذى بذله العامل ؟**



$$W = Fd = (mg\sin\theta)d = mgh = 185\times 9.8\times 10\sin 11 = 3.459\times 10^3 J$$

تدريب5:فى الشكل المقابل علاقة بيانية بين القوة المؤثرة على جسم والإزاحة التى حدثت له.



أ- احسب الشغل المبذول لإزاحة الجسم $7m$

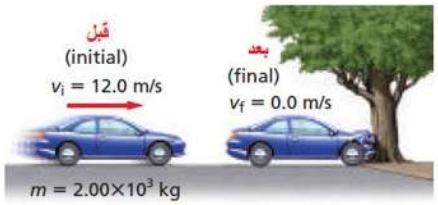
ب- احسب القدرة إذ تم هذا الشغل خلال زمن $2s$

تدريب6:قطار كتلته $2.5\times10^4 kg$ **يتحرك فى مسار مستو بإستخدام محرك قوته** $5\times10^5 N$ **مسافة** $509m$

1- احسب الشغل المبذول على القطار 2- التغير فى الطاقة الحركية للقطار

3-الطاقة الحركية النهائية للقطار إذا بدأ حركته من سكون 4- السرعة النهائية للقطار إذا أهملنا قوى الإحتكاك

تدريب7: اصطدمت سيارة كما بالشكل بالشجرة فتوقفت السيارة. احسب:

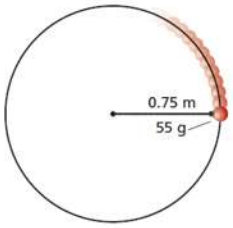


1- التغير فى الطاقة الحركية للسيارة.

2-الشغل المبذول عندما تحطمت مقدمة السيارة نتيجة اصطدامها القوة التى دفعت السيارة لمسافة50cm عند التصادم.

تدريب8:إذا دورت جسما كتلته 55g فى نهاية خيط طوله 0.75m فوق رأسك فى مستوى دائرى أفقى

مامقدار الشغل المبذول على الجسم من قوة الشد فى دورة واحدة؟



لاتبذل قوة الشد أى شغل لأنها عمودية على اتجاه حركة الكتلة

تدريب7 : مامقدار القدرة التى تولدها مضخة فى رفع $35L$ **من الماء كل دقيقة من عمق** $110m$ **(كل** $1L$ **كتلته** $1kg$ **)**

(استخدم g= $9.8m/s^2$**)**

$$P=\frac{W}{t}=\frac{Fd}{t}=\frac{35\times9.8\times110}{60}=628.833W$$

تدريب8:يرفع مصعد كتلة مقدارها $1.1\times10^3 kg$ **مسافة** $40m$ **خلال زمن** $12.5s$ **مامقدار قدرة المصعد ؟ (استخدم g =** $9.8m/s^2$**)**

$$P=\frac{W}{t}=\frac{Fd}{t}=\frac{1.1\times10^3\times9.8\times40}{12.5}=3.4496\times10^4W$$

أسئلة مفاهيمية

تدريب1: هل يعتمد الشغل اللازم لرفع كتاب إلى رف عال على مقدار سرعة رفعه؟ هل تعتمد القدرة اللازمة لرفع كتاب إلى رف عال على مقدار سرعة رفعه؟

لا ، لأن الشغل المبذول لا يتوقف على السرعة . بينما تتوقف القدرة على سرعة الانجاز .

تدريب2: إذا بذل شغل على جسم فتضاعفت طاقة حركته هل تتضاعف سرعته؟

لا ، تزداد السرعة بمقدار $\sqrt{2}$ = 1.4 من سرعته الابتدائية.

6-2 :اشكال الطاقة المتعددة

أولا: طاقة الوضع الجاذبية

- **الشغل المبذول من قوة الجاذبية**

أ- **الشغل المبذول من قوة الجاذبية عندما يرتفع الجسم رأسيا إلى أعلى مبتعدا عن مستوى الإسناد.** $\boxed{w_g = -mgh}$

الاشارة السالبة لأن قوة الجاذبية (للاسفل) والازاحة (للاعلى) تكونا متعاكستان في الاتجاه.

ب- **الشغل المبذول من قوة الجاذبية عندما يهبط الجسم رأسيا إلى أسفل مقتربا من مستوى الإسناد** . $\boxed{w_g = mgh}$

الاشارة الموجبة لأن قوة الجاذبية والازاحة تكونان في الاتجاه نفسه.

- **طاقة وضع الجاذبية** (PE):طاقة وضع الجاذبية لجسم هى حاصل ضرب كتلته m فى تسارع الجاذبية الأرضية g فى ارتفاعه عن مستوى الأرض h

$$\boxed{PE = mgh}$$

مستوى الإسناد : هو المستوى الذى تكون طاقة الوضع عنده = صفرا.

- **الطاقة الحركية وطاقة الوضع للنظام**

لأى نظام معزول (محصلة القوى الخارجية على هذا النظام = صفرا)
مجموع الطاقة الحركية وطاقة وضع الجاذبية لأى جسم مقدار ثابت مهما اختلف مستوى الإسناد.

مثال توضيحي

فى الشكل (a):

فى البداية: نفرض أن الجسم إكتسب طاقة حركية (50J) عند مستوى الإسناد فيكون (PE=0 ، KE=50J)
ويكون (KE+ PE =50J)

فى الوسط: عند أقصى إرتفاع (PE=50J ، KE= 0) ويكون (KE+ PE =50J)

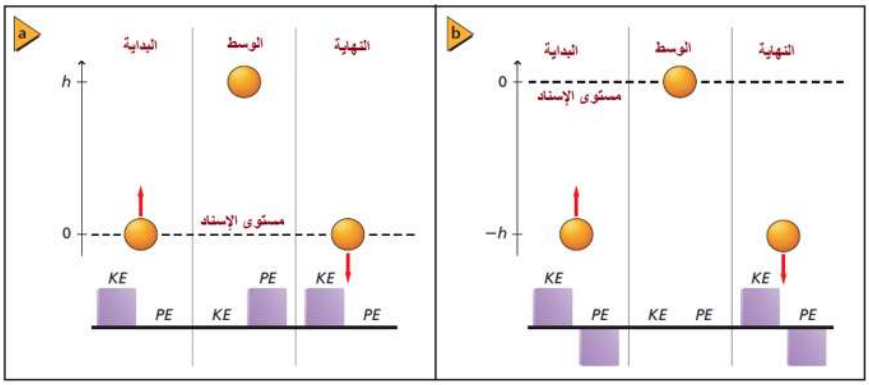
فى النهاية: عند العودة إلى مستوى الإسنلد مرة أخرى (PE=0 ، KE=50J) ويكون (KE+ PE =50J)

فى الشكل (b):

فى البداية: نفرض أن الجسم إكتسب طاقة حركية (50J) عند النقطة (h–) أسفل مستوى الإسناد فيكون
(PE=-50J ، KE=50J) ويكون (KE+ PE =0)

فى الوسط: عند أقصى إرتفاع (PE=0 ، KE= 0) ويكون (KE+ PE =0)

فى النهاية: عند العودة إلى النقطة (h–) أسفل مستوى مرة أخرى (PE=-50J ، KE=50J)
ويكون (KE+ PE =0)



نستنتج مما سبق أن:

1- مجموع الطاقة الكلي للنظام يختلف باختلاف مستوى الاسناد.
2- مجموع الطاقة الكلي للنظام يبقى ثابتا في كل الأوضاع لنفس مستوى الاسناد.

- **تخزين الطاقة**: الطاقة التى يكتسبها الجسم نتيجة وضعه (مثل طاقة وضع الجاذبية) أو طبيعته (النابض) وهذا النوع من الطاقة يمكن تخزينه ثم يتحول بعد ذلك إلى طاقة حركية، وأيضا هنك طاقة يمكن تخزينها فى الجسم نتيجة تركيبه الكيميائى (مثل البنزين)يمكن أن تتحول إلى طاقة حرارية وتتحول هذه الطاقة الحرارية إلى طاقة حركية وكهربائية وصوتية .

ثانيا: طاقة الوضع المرونية

- **طاقة الوضع المرونية**: هى طاقة مخزنة فى جسم مرن نتيجة تغير شكله . مثل الطاقة المخزنة فى جسم مطاطى أو زنبرك.

- **أمثلة على طاقة الوضع المرونية وتحولات الطاقة** :

أ- **قوس الرماية**: عند سحب الخيط المربوط بالقوس فإننا نبذل شغلا عليه يتحول إلى طاقة وضع مرونية مخزنة فى هذا الخيط المرن وعند إفلات الخيط تتحول الطاقة المخزنة فيه إلى طاقة حركية.

ب- **عصا الزانة**: عندما يركض لاعب الوثب العالى حاملا عصا مرنة (الزانة) ويغرسها في تراب الملعب ،تنثني العصا ويتحول جزءا من الطاقة الحركية للاعب إلى طاقة وضع مرونية ،وعندما تعتدل العصا تتحول طاقة الوضع المرونية إلى طاقة وضع جاذبية وطاقة حركية .

علل: تصنع عصا الزانة من قضبان الألياف الزجاجية.
ج: لأن لها قدرة كبيرة على تخزين طاقة الوضع المرونية، وبالتالي تساعد على تحقيق قفزات عالية.

ثالثا: الطاقة السكونية

- **الطاقة السكونية (E_0)**: هى طاقة وضع مخزنة فى الكتلة نفسها حيث تتحول الكتلة إلى طاقة .

والطاقة السكونية لجسم تساوى كتلة الجسم m مضروبة فى مربع سرعة الضوء c^2

$$E_0 = mc^2$$

تدريبات متنوعة

تدريب1: إذا رفعت كرة البولنج التى كتلتها $7.3kg$ من سلة الكرات إلى مستوى كتفك وكان ارتفاع سلة الكرة عن مستوى الأرض $0.61m$ وإرتفاع كتفك $1.12m$ عن مستوى الأرض (اعتبر g = $9.8m/s^2$)

1- احسب طاقة وضع الجاذبية للكرة وهى على كتفك بالنسبة للأرض

2- احسب طاقة وضع الجاذبية للكرة وهى على كتفك بالنسبة لسلة الكرات.

3- شغل الجاذبية عندما ترتفع الكرة من السلة إلى مستوى كتفك.

1- مستوى الإسناد هو سطح الأرض ونحسب طاقة وضع الجاذبية للكرة عند مستوى الكتف

$$PE_1 = mgh = 7.3\times 9.8\times 1.12 = 80.1248J$$

2- مستوى الإسناد هو سلة الكرة ونحسب طاقة وضع الجاذبية للكرة عند مستوى الكتف

$$PE_2 = mgh = 7.3\times 9.8\times (1.12-0.61) = 36.4854J$$

3- مستوى الإسناد هو سلة الكرة ونحسب الشغل المبذول من الجاذبية

$$W = Fd = -mgh = -7.3\times 9.8\times (1.12-0.61) = -36.4854J$$

تدريب2: يرفع عامل صندوقا كتلته $10kg$ إلى سطح طاولة ارتفاعها $1.1m$ من سطح الأرض ثم دفع الصندوق على سطح الطاولة مسافة $0.5m$ ثم أسقط على الأرض . ما التغيرات فى طاقة الصندوق – ومامقدار التغير فى طاقته الكلية مع إهمال الإحتكاك (g= $9.8m/s^2$)

1- التغير في طاقة الصندوق عند رفعه

$$\Delta PE_1 = PE_f - PE_i = mgh - 0 = 10.1\times 9.8\times 1.1 = 1.1\times 10^2\ J$$

2- التغير فى الطاقة للصندوق على المستوى الأفقى = صفر لأن الإرتفاع لم يتغير وأهملنا قوى الإحتكاك

$$\Delta PE_2 = 0$$

3- التغير في طاقة الصندوق عند انزاله

$$\Delta PE_3 = PE_f - PE_i = 0 - 10\times 9.8\times 1.1 = -107.8J$$

التغير الكلى للطاقة $\Delta PE = \Delta PE_1 + \Delta PE_2 + \Delta PE_3 = 107.8 + 0 + (-107.8) = 0J$

تدريب3: اطلقت قذيفة كتلتها $25kg$ من مدفع على سطح الأرض فاذا كان مستوى الإسناد هو سطح الارض فما مقدار طاقة وضع الجاذبية عندما تصبح القذيفة على إرتفاع $425m$ والتغير فى طاقة الوضع عندما تصبح القذيفة على إرتفاع $225m$ (g= $9.8m/s^2$)

طاقة وضع الجاذبية على إرتفاع $425m$ ($PE = mgh = 25\times 9.8\times 425 = 1.04125\times 10^5\ J$)

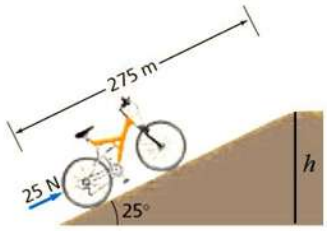
طاقة وضع الجاذبية على إرتفاع $225m$ ($PE = mgh = 25\times 9.8\times 225 = 5.5125\times 10^4\ J$)

التغير فى الطاقة = ($1.04125\times 10^5 - 5.5125\times 10^4 = 4.9\times 10^4\ J$)

تدريب4: سقطت قطعة قرميد كتلتها $1.8kg$ عل الأرض من مدخنة ارتفاعها $6.7m$ فما مقدار التغير فى طاقة وضعها؟

$$\Delta PE = PE_f - PE_i = 0 - mgh = 0 - 1.8\times 9.8\times 6.7 = -118.188J$$

تدريب5:يدفع شخص دراجة كتلتها $13kg$ إلى أعلى طريق مائل بزاوية 25 درجة وطول الطريق $275m$ والقوة التى يدفع بها الشخص الدراجة هى $25N$ وموازية للسطح المائل



1 - الشغل الذى يبذله الشخص

2 - الشغل المبذول بواسطة قوة الجاذبية على الدراجة ($g = 9.8m/s^2$)

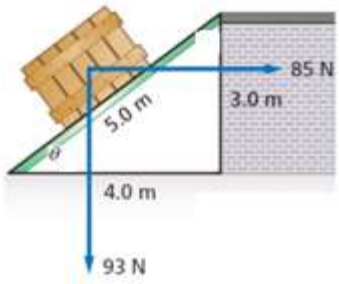
$$W = Fd\cos\theta = 25\times 275\cos 0 = 6.785\times 10^3 J$$
$$W = -mgh = -13\times 9.8\times 275\sin 25 = -1.48\times 10^3 J$$

تدريب6:يدفع عامل صندوق يزن $93N$ إلى أعلى مستوى مائل بحيث يدفعه فى اتجاه أفقى يوازى سطح الأرض كما فى الشكل .

1-إذا أثر العامل بقوة مقدارها $85N$ فما الشغل الذى يبذله من أسفل المستوى المائل إلى أعلاه؟

2-مامقدار الشغل الذى تبذله قوة الجاذبية الأرضية؟

3- مامقدار الشغل المبذول بواسطة قوى الإحتكاك إذا كان معامل الإحتكاك الحركى بين الجسم والسطح 0.2 ؟



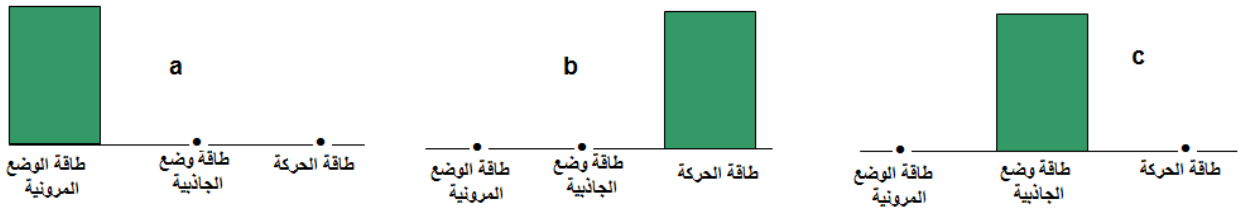
$$(1)\quad W = Fd = 85\times 4 = 340J$$
$$(2\quad W = -mgh = -93\times 3 = -279J$$
$$(3)\quad F_N = mg\cos\theta + F\sin\theta$$
$$= 93\times(\frac{4}{5}) + 85\times(\frac{3}{5}) = 125.4N$$
$$F_k = \mu_k F_N = 0.2\times 125.4 = 25.08N$$
$$W_k = F_k \times d\cos 180 = -25.08\times 5 = -125.4J$$

تدريب7: لديك مسدس ألعاب بداخله نابض يطلق خرزات سريعة نتيجة انضغاط النابض وتعمل طاقة الوضع المرونية للنابض على دفع الخرزات المطاطية لأعلى ارسم مخططا بيانيا بالاعمدة يصف أشكال الطاقة في الحالات التالية:

a-لحظة دفع الخرزات داخل ماسورة النابض(انضغاط النابض)

b-لحظة تمدد النابض وخروج الخرزات بعد سحب الزناد

c- لحظة وصول الخرزات إلى أقصى ارتفاع



6-3 : حفظ الطاقة

قانون حفظ الطاقة

- **قانون حفظ الطاقة** : المجموع الكلى للطاقة فى أى نظام مغلق ومعزول يبقى ثابتا
  أي أن: فى النظام المغلق والمعزول لاتفنى الطاقة ولاتستحدث ولكنها تتحول من صورة إلى أخرى
- **الطاقة الميكانيكية** (E): الطاقة الميكانيكية للنظام هى مجموع الطاقة الحركية KE وطاقة الوضع PE اذا لم يكن هناك أنواع أخرى من الطاقة.

$$E = KE + PE$$

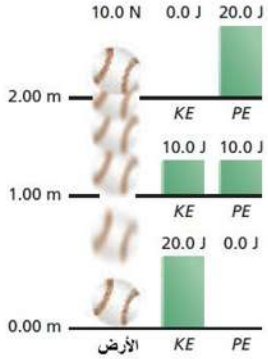
- **قانون حفظ الطاقة الميكانيكية** :مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع فى النظام قبل وقوع الحدث تساوى مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع فى النظام بعد وقوع الحدث.

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$$

مثال توضيحي (1) على قانون حفظ الطاقة:

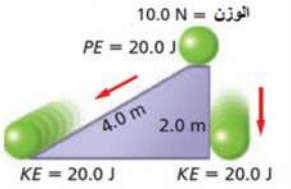
تخيل أن كرة وزنها $10N$ **سقطت من ارتفاع** $2m$

1- عند ارتفاع $2m$ (PE=20J ، KE=0) ويكون (KE+ PE =20J)
2- عند ارتفاع $1m$ (PE=10J ، KE=10J) ويكون (KE+ PE =20J)
3- عند سطح الأرض (PE=0 ، KE=20J) ويكون (KE+ PE =20J)



مثال توضيحي (2) على حفظ الطاقة:

إذا تدحرجت الكرة على مستوى مائل مهمل الإحتكاك ولم تؤثر قوى خارجية فى النظام وسقطت الكرة من مسافة رأسية $2m$ فسوف تفقد طاقة وضع قدرها $20J$ ولايؤثر المسار الذى تسلكه الكرة لأن السطح أملس

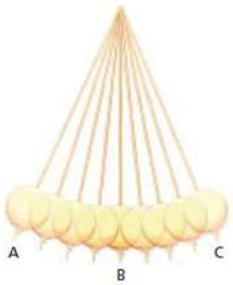


مثال توضيحي (3) على قانون حفظ الطاقة (حركة البندول)

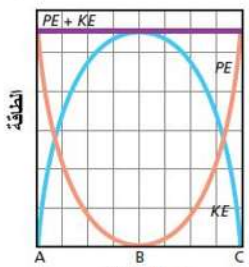
عند حركة البندول البسيط تتغير الطاقة مع الموقع كما بالشكل:

1-**عند النقطة** (A) تكون (PE) أكبر مايمكن ، وتكون (KE=0) .
2-**عند النقطة** (B) تكون (PE=0) ، وتكون (KE) أكبر مايمكن .
3-**عند النقطة** (C) تكون (PE) أكبر مايمكن ، وتكون (KE=0) .

وتبقى الطاقة الميكانيكية الكلية في النظام ثابتة عند أي نقطة.



حركة البندول البسيط



الموقع الأفقي

فقدان الطاقة

- **اذا لم يكن النظام معزولا ومغلقا فان جزء من الطاقة الميكانيكية تضيع بسبب:**

1- وجود قوى خارجية تؤثر في النظام كقوى الاحتكاك ومقاومة الهواء.
2- تحول جزء من الطاقة الى أشكال أخرى من الطاقة كالطاقة الحرارية والصوتية وغيرها.

- **علل لما يلي:**

أ- يقف البندول البسيط عن التذبذب بعد فترة زمنية من سحبه بواسطة قوة خارجية.

.....

ب- تتوقف الكرة الساقطة على سطح الأرض عن الارتداد بعد فترة زمنية.

.....

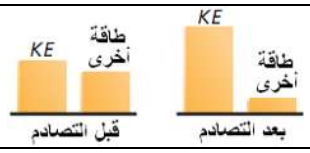
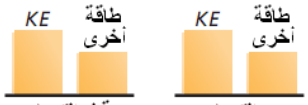
ت- يقل الارتفاع الذي تصل اليه عربة التزلج تدريجيا حتى تتوقف.

.....

تحليل التصادمات

- **تقسم التصادمات بين الأجسام بناءا على الطاقة الحركية للأجسام بعد التصادم الى ثلاثة أنواع.**

أ-التصادم فوق المرن ب- التصادم المرن ج- التصادم عديم المرونة.

وجه المقارنة	فوق المرن	المرن	عديم المرونة
التغير في الطاقة الحركية للنظام .	تزداد $KE_f \rangle KE_i$	لا تتغير . أي أنها ثابتة(محفوظة) $KE_f = KE_i$	تقل $KE_f \langle KE_i$
التغير في الزخم	لايتغير . الزخم ثابت (محفوظ)	لايتغير . الزخم ثابت (محفوظ)	لايتغير . الزخم ثابت (محفوظ)
التمثيل البياني بالأعمدة			

ملاحظات مهمة:

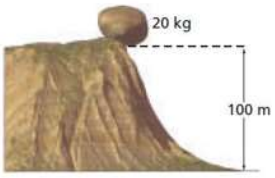
1- **يمكن تطبيق قانون حفظ الزخم سواء كان التصادم مرنا أم لا، أما قانون حفظ الطاقة فلا يطبق الا في حالة التصادمات المرنة.**

2- **لحساب الطاقة المفقودة (ΔKE) في حالة التصادمات غير المرنة.**

$$\Delta KE = KE_f - KE_i = (\frac{1}{2}m_1v_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2f}^2) - (\frac{1}{2}m_1v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2i}^2)$$

تدريبات متنوعة

تدريب1:تستقر صخرة كتلتها $20kg$ **على حافة تل إرتفاعه** $100m$



(تسارع الجاذبية الأرضية - $9.8m/s^2$ **)**

1- احسب طاقة وضعها بالنسبة لقاعدة التل

2-الطاقة الحركية للصخرة لحظة ارتطامها بالأرض

3- سرعة الصخرة لحظة ارتطامها بالأرض

1- $PE = mgh = 20\times 9.8\times 100 = 1.96\times 10^4\ J$

2- طاقة الحركة عند سطح الأرض = طاقة وضع الجاذبية عند أقصى ارتفاع

الطاقة الحركية عند سطح الأرض = $1.96\times 10^4\ J$

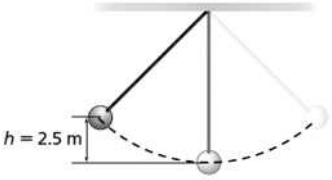
3- سرعة الصخرة لحظة ارتطامها بالأرض $KE = \frac{1}{2}mv^2$

$$1.96\times 10^4 = \frac{1}{2}\times 20\times v^2$$

$$v^2 = 1.96\times 10^3 \qquad v = 44.27m/s$$

تدريب2:يبين الشكل المقابل كرة معلقة بخيط يدور حرا فى المستوى الرأسى

إذا كانت كتلة الكرة $4kg$ **ومقاومة الهواء مهملة .**

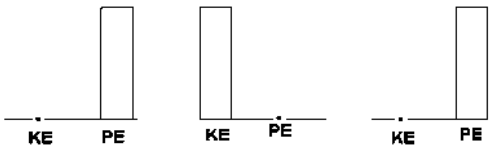


أ- **احسب الطاقة الحركية العظمى للكرة.** (**اعتبر g -** $9.8m/s^2$)

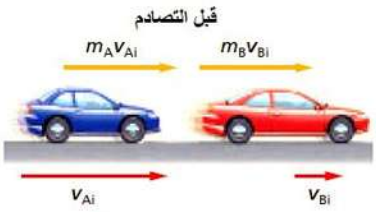
$$PE = mgh = 4\times 9.8\times 2.5 = 98\ J$$

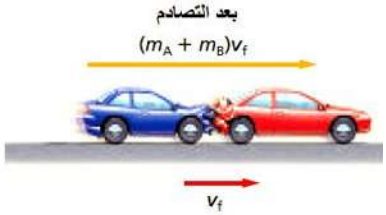
الطاقة الحركية العظمى = طاقة وضع الجاذبية عند أقصى إزاحة= 98J

ب- **ارسم مخططا بيانيا بالاعمدة يصف أشكال الطاقة.**



تدريب3: تحركت سيارة كتلتها $575kg$ **بسرعة** $15m/s$ **ثم اصطدمت بسيارة أخرى كتلتها** $1575kg$ **تتحرك بسرعة** $5m/s$ **فى الإتجاه نفسه.**





1- السرعة النهائية للسيارتين معا بعد التصادم

2-مقدار الطاقة الحركية المفقودة نتيجة التصادم

3- نسبة الطاقة المفقودة إلى الطاقة الأصلية

1- السرعة النهائية للسيارتين بعد التصادم

$$m1v_{1i} + m_2v_{2i} = (m_1 + m_2)v_f$$

$$575\times 15 + 1575\times 5 = (575 + 1575)v_f$$

$$v_f = 7.6744m/s$$

2- الطاقة الحركية المفقودة نتيجة التصادم

$$\Delta KE = KE_f - KE_i$$

$$\frac{1}{2}(m_1+m_2){v_f}^2 - (\frac{1}{2}\,m_1{v_{1i}}^2 + \frac{1}{2}m_2{v_{2i}}^2)$$

$$= \frac{1}{2}(575+1575)7.6744^2 - (\frac{1}{2}\times 575\times 15^2 + \frac{1}{2}\times 1575\times 5^2)$$

$$= -2.15619\times 10^4\, J$$

3- نسبة الطاقة المفقودة إلى الطاقة الأصلية

$$\frac{\Delta KE}{KE_i} = \frac{-2.106\times 10^4}{(0.5\times 575\times 15^2 + 0.5\times 1575\times 5^2)} = -0.249$$

تدريب4: يتزلج لاعب كتلته $91kg$ **على الجليد بسرعة** $5.5m/s$ **ويتحرك لاعب آخر له الكتلة نفسها بسرعة** $8.1m/s$ **فى الإتجاه نفسه ليضرب اللاعب الأول من الخلف فينزلقا معا احسب:**

1- المجموع الكلى للطاقة والزخم فى النظام قبل التصادم.

2-سرعة اللاعبين بعد التصادم.

3- الطاقة المفقودة فى التصادم

تدريب5: انزلق طفل كتلته 36Kg الى أسفل منزلق ارتفاعه 2.5m ، كما بالشكل . وتحرك أسفل المنزلق بسرعة 3m/s . احسب:

أ- الطاقة الكلية للطفل في أعلى المنزلق.

ب- الطاقة الكلية للطفل أسفل المنزلق.

ت- الطاقة المفقودة خلال انزلاقه.

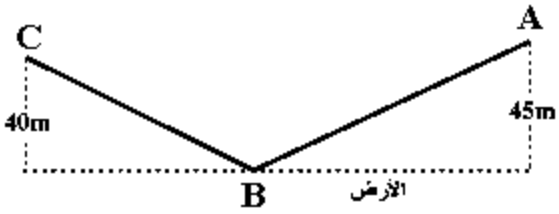
تدريب6:بدأ متسلق الإنزلاق فوق تل ارتفاعه $45m$ **، وكان التل يميل بزاوية** 30 **درجة على الافقى عند أسفل الوادى واستمر فى الحركة حتى وصل إلى التل الأخرالذى يبلغ ارتفاعه** $40m$ **حيث يقاس ارتفاع التلين من سطح الوادى.**

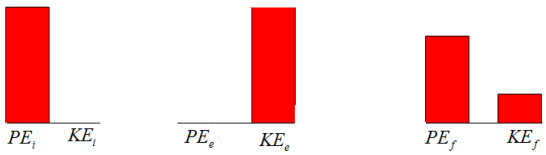
أ- مامقدار سرعة المتزلج عند أسفل الوادى (مع إهمال الإحتكاك وتأثير أعمدة الزلاجة)؟

ب- مامقدار سرعة المتزلج عند أعلى التل الثانى؟

ج- هل لزاوية ميل التل آى تأثير فى الجواب؟

د-ارسم مخطط الطاقة بالأعمدة.





$$PE_A + KE_A = PE_B + KE_B$$

$$m \times 9.8 \times 45 + 0 = 0 + \frac{1}{2} m v_B{}^2$$

$$m \times 9.8 \times 45 = \frac{1}{2} m v_B{}^2$$

$$v_B{}^2 = 882$$

$$v_B = 29.698 m/s$$

$$PE_A + KE_A = PE_c + KE_c$$

$$m \times 9.8 \times 45 = m \times 9.8 \times 40 + \frac{1}{2} m v_c{}^2$$

$$v_c{}^2 = 2(441 - 392) = 98$$

$$v_c = 9.899 m/s$$

ج- زاوية ميل التل ليس لها أى تأثير.