

## ① حركة الكواكب والأقمار:

- 1- قوانين نيوتن الثلاث ← الصفحة 02
- 2- قوانين كبلر الثلاث ← الصفحة 02-03
- 3- المراجع العملية ← الصفحة 04
- 4- عبارة السرعة المدارية ← الصفحة 05
- 5- عبارة الدور ← الصفحة 06
- 6- عبارة تسارع الجاذبية  $g$  على ارتفاع  $h$  وتسارعها على سطح الأرض  $g_0$  ← الصفحة 06
- 7- بعض الأسئلة النظرية ← الصفحة 08

## ② دراسة السقوط الشاقولي :

- أ- السقوط الشاقولي الحقيقي ← الصفحة 09-13
- ب- السقوط الشاقولي الحر ← الصفحة 13-14

## ③ دراسة المستوي المائل والأفقي

← الصفحة 15-17

## ④ تذكير بالحصيلة الطاقوية

← الصفحة 18-19

● القانون الأول (مبدأ العطالة) : في معلم غاليلي (عطالي) ، إذا كان المجموع الشعاعي للقوى الخارجية المؤثرة على جملة ما

$$\sum \vec{F}_{ext} = 0$$

معدوم معناها إما أن تكون هذه الجملة ساكنة أو تتحرك بحركة مستقيمة منتظمة

● القانون الثاني (مبدأ التحريك) : في معلم غاليلي المجموع الشعاعي للقوى المؤثرة على جملة تساوي جداء كتلتها مع تسارع

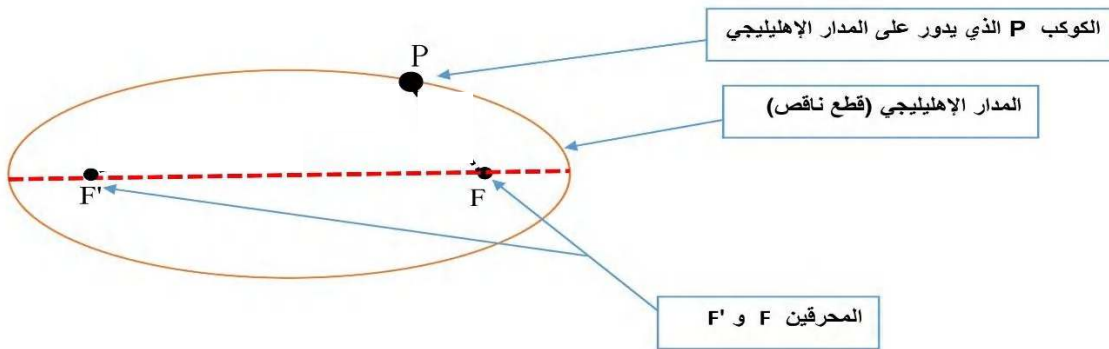
$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$$

مركز عطالتها :

● القانون الثالث (مبدأ الفعلين المتبادلين) : إذا أثرت جملة A على جملة B بقوة  $\vec{F}_{A/B}$  فإن الجملة B تقوم بالتأثير على A

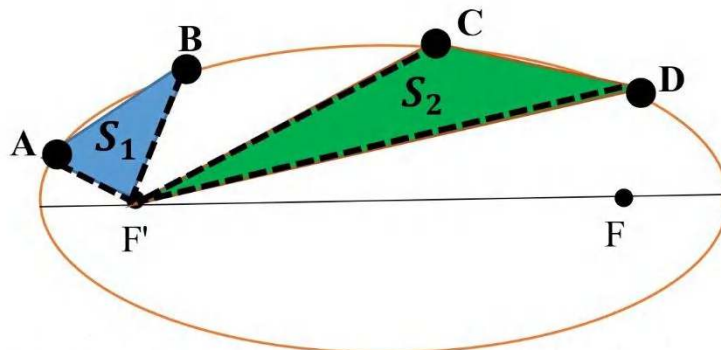
بقوة  $\vec{F}_{B/A}$  تُساويها في الشدة وتُعاكسها في الاتجاه ولهما نفس الحامل .

● القانون الأول : في مرجع هيليو مركزي تدور الكواكب حول الشمس في مدارات إهليلجية ، وتقع الشمس في أحد بؤرتيه (محرقه) F أو F' ، وهو قانون عام ( نفس الشيء بالنسبة لدوران الأقمار حول الأرض في مرجع مركزي أرضي حيث الأرض تقع في أحد محرقه أو دوران أي جسم حول جسم ) .



● القانون الثاني لكبلر ( قانون المساحات المتساوية) :

● يسمح المستقيم الواصل بين مركز الكوكب ومركز الشمس بمساحات متساوية في فترات زمنية متساوية :

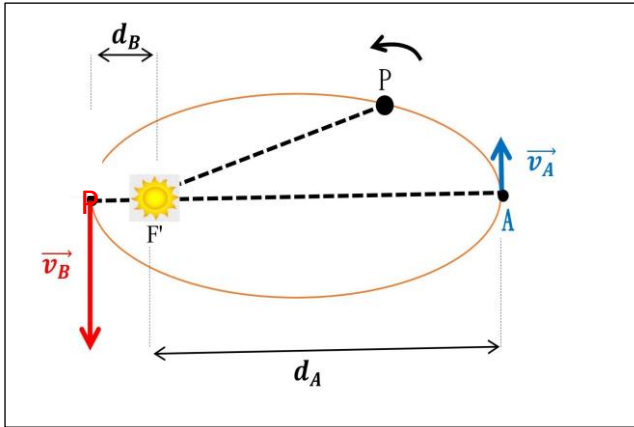


● أي عندما ينتقل الكوكب من النقطة A إلى النقطة B في مدة زمنية  $t_1$  ، فإنه إذا قطع المسافة من C إلى D في نفس المدة الزمنية  $t_1$  معناه أن المساحتين متساويتين :  $S_1 = S_2$  .

- القانون الثالث لكبلر: خلال حركة كوكب حول الشمس في المدار الإهليلجي ، تكون النسبة بين مُربع الدور  $T^2$  و مُكعب نصف المحور الأكبر  $a^3$  دائما ثابتة : ثابت  $\frac{T^2}{a^3}$  .

القيمة المتوسطة لنصف القطر المدار الإهليلجي توافق نصف طول المحور الأكبر  $a$  نكتب : ثابت  $\left( \frac{T^2}{r^3} = \frac{T^2}{(R_T+h)^3} \right)$

#### ◀ توضيح مهم حول حركة الأقمار:



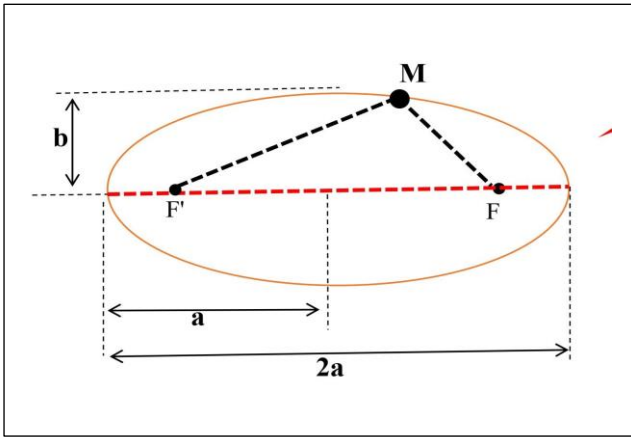
- ① يدور الكوكب P حول الشمس في مدار إهليلجي ( الشمس متموضعة في المحرق F' مثلا ) ، أقرب نقطة للكوكب من الشمس في المدار هي P وتُسمى : **نقطة الرأس الأقرب** ( أو نقطة الحضيض ) حيث تكون السرعة في أقصى قيمة لها . أما أبعد نقطة هي A وتُسمى **نقطة الرأس الأبعد** ( نقطة الأوج ) وتكون السرعة في أصغر قيمة لها .

- ② يتميز المدار الإهليلجي بمحورين أصغر وأكبر :

- $a$  : هو نصف المحور الأكبر .
- $2a$  : يمثل طول المحور الأكبر .
- $b$  : نصف المحور الأصغر .

◀ عندما يدور الكوكب حول الشمس وعندما يكون في النقطة M كيفية، فإنه يُحقق العلاقة الهندسية :

$$MF + MF' = 2a$$



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <p><b>المرجع الهيليومركزي</b> ( يُسمى كذلك : <b>المرجع المركزي الشمسي</b> أو <b>كوبرنيك</b>) : مرجع عطالي مُزود بمعلم بثلاثة محاور موجهة نحو ثلاثة نجوم نعتبرها ثابتة ، حيث :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● مبدؤهُ مركز الشمس .</li> <li>● يُستعمل في دراسة حركة الكواكب و المذنبات ....</li> <li>والتي تتم في مدة زمنية قصيرة مقارنة بمُدّة دوران الشمس في المجرة</li> </ul> <p>( ● هو المعلم الغاليلي الأكثر دقة . )</p> |                                                  |
| <p><b>المرجع الجيومركزي</b> ( يُسمى كذلك : <b>المرجع المركزي الأرضي</b> ) : مرجع م عطالي ، مزود بمعلم بثلاثة محاور موجهة نحو ثلاثة نجوم نعتبرها ثابتة ، حيث :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● مبدؤهُ مركز الأرض .</li> <li>● يُستعمل في دراسة حركة القمر و الأقمار الصناعية</li> <li>والتي تتم في مدة زمنية قصيرة مقارنة بمُدّة دوران الأرض حول الشمس</li> </ul> <p>( ● هو معلم أقل دقة من المعلم المركزي الشمسي . )</p>     | <p><b>المراجع العملية</b><br/><b>الثلاثة</b></p> |
| <p><b>المرجع السطحي الأرضي</b> : مرجع عطالي مُرتبط بسطح الأرض (أي نقطة على سطح الأرض) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● مبدؤهُ : أي نقطة علي سطح الأرض .</li> <li>● يُستعمل لدراسة مُعظم الحركات على سطح الأرض</li> <li>و التي تتم في مدة زمنية قصيرة مقارنة بمُدّة دوران الأرض حول نفسها</li> </ul> <p>( ● هو المعلم الأقل دقة بين هذه المعالم . )</p>                                                                      |                                                  |

## 4- الدراسة : نعتد في دراستنا هذه إلى 03 قوانين أساسية يجب أن نُحفظ :

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>◀ قانون القانون 03 لنيوتن :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● يُعطى قانون الجذب العام بين جسمين A و B :</li> </ul> $F_{A/B} = \frac{G \times m_A \times m_B}{r^2}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>● r : نصف قطر المدار</li> <li>● m<sub>A</sub> , m<sub>B</sub> : كتلة الكوكبين A و B</li> </ul> | <p>◀ التسارع الناطمي a<sub>N</sub> :</p> $a_N = \frac{v^2}{r}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>● r : نصف قطر المدار</li> </ul> | <p>◀ الدور T : هو زمن دورة واحدة وحدته الثانية حيث : <math>T = \frac{2\pi r}{v}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● v : السرعة بالـ m/s</li> </ul> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4- عبارة السرعة المدارية $v$ :

• يدور قمر صناعي  $S$  كتلته  $m_S$  حول الأرض ذات الكتلة  $M_T$  بحركة

دائرية منتظمة . حيث  $\mathbf{r} = \mathbf{R}_T + \mathbf{h}$

• بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الجملة ( قمر صناعي ) ، حيث

نعتبر أن القمر نقطة مادية أبعاده مُهملة ، في مرجع مركزي أرضي :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \quad \text{أي} \quad \vec{F}_{T/S} = m\vec{a} \quad \text{بالإسقاط على الناظم:}$$

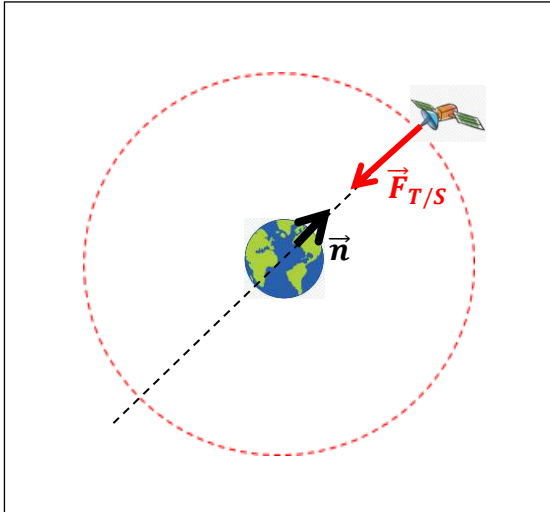
$$F_{T/S} = m a_N \quad \text{نعوض } a_N \text{ ، } F_{T/S} \text{ بما يُساويهما :}$$

$$\frac{G \times m_S \times M_T}{r^2} = m_S \times \frac{v^2}{r} \quad \text{يُصبح لدينا :} \quad \frac{G \times M_T}{r} = v^2 \quad \text{أي :} \quad v = \sqrt{\frac{G \times M_T}{r}} \quad (1) \dots\dots\dots$$

• بما ان  $G$  ،  $M_T$  ،  $r$  كلها ثوابت أي أن السرعة ثابتة ولا تتغير ( حركة دائرية منتظمة ) .

• **ملاحظة :** لو في تمرين تم إعطاؤنا احد التمثيلين وطُلب منا تمثيل على الرسم للقوة  $\vec{F}_{T/S}$  وإعطاء عبارتها الشعاعية :

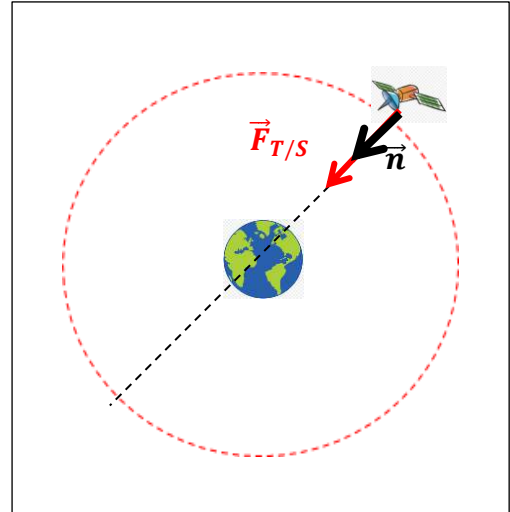
• الحالة (2) : عندما نقوم بتمثيل القوة  $\vec{F}_{T/S}$  نجد جبتها عكس جهة شعاع الوحدة  $\vec{n}$



• تُكتب العبارة الشعاعية إذن :

$$\vec{F}_{T/S} = - \frac{G \times m_S \times M_T}{r^2} \vec{n}$$

• الحالة (1) : عندما نقوم بتمثيل القوة  $\vec{F}_{T/S}$  نجد لديه نفس جهة شعاع الوحدة  $\vec{n}$  للمحور الناظمي .



• تُكتب العبارة الشعاعية إذن :

$$\vec{F}_{T/S} = \frac{G \times m_S \times M_T}{r^2} \vec{n}$$

$$F_{T/S} = \frac{G \times m_S \times M_T}{r^2} \quad \checkmark \quad \text{أما عبارة القوة ( شدة القوة او طوليلة القوة ) هي دائما موجبة لأنها مقدار جبري}$$

5- عبارة الدور  $T$  ، وإثبات قانون كبلر الثالث :

◀ مباشرة بتعويض قيمة السرعة المدارية  $v = \sqrt{\frac{G \times M_T}{r}}$  في عبارة الدور  $T = \frac{2\pi r}{v}$  نجد :

$$\blacktriangleright T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi r}{\sqrt{\frac{G \times M_T}{r}}} \xrightarrow{\text{نربع الطرفين}} T^2 = \frac{(2\pi r)^2}{\left(\sqrt{\frac{G \times M_T}{r}}\right)^2} \xrightarrow{\text{أي}} T^2 = \frac{(2\pi r)^2}{\frac{G \times M_T}{r}}$$

$$\blacktriangleright T^2 = \frac{4 \times \pi^2 \times r^3}{G \times M_T} \xrightarrow{\text{أي}} T = \sqrt{\frac{4 \times \pi^2 \times r^3}{G \times M_T}} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G \times M_T}}$$

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4 \times \pi^2}{G \times M_T} = \text{ثابت} \quad \checkmark \text{ إنطلاقا من عبارة الدور ( نربع الطرفين ) نستنتج قانون كبلر الثالث}$$

6- عبارة تسارع الجاذبية  $g$  ( على ارتفاع  $h$  ) والجاذبية  $g_0$  ( على سطح الأرض  $h = 0$  ) :

- كلما إرتفعنا أكثر تنقص الجاذبية والتي تمثل التسارع الناطمي  $a_n$

- وإذا كان الإرتفاع معدوم أي اننا على سطح الأرض أي :

$$a = g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$$

• لدينا :  $a = a_n = \frac{v^2}{r}$  وبتعويض عبارة السرعة المدارية:

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{\left(\sqrt{\frac{G \times M_T}{r}}\right)^2}{r}$$

◀ أي :

$$a = \frac{\left(\sqrt{\frac{G \times M_T}{r}}\right)^2}{r} = \frac{\frac{G \times M_T}{r}}{r} = \frac{G \times M_T}{r^2}$$

◀ أي :

$$a = \frac{G \times M_T}{r^2} = \frac{G \times M_T}{(h + R_T)^2}$$

• تسارع الجاذبية هو نفسه التسارع الناطمي أو التسارع ( في دراسة حركة الأقمار والكواكب عموما )  $a = a_N = g$  :

$$a = g = \frac{G \times M_T}{(h + R_T)^2} \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

• عبارة التسارع على إرتفاع  $h$  :

$$\left( a = g_0 = \frac{G \times M_T}{(0 + R_T)^2} \dots \dots \dots \textcircled{2} \right)$$

• عبارة التسارع على سطح الأرض  $(h = 0)$  :

◀ نقسم العبارتين ① و ② طرف بطرف نجد :

$$\frac{g}{g_0} = \frac{\frac{G \times M_T}{(h + R_T)^2}}{\frac{G \times M_T}{R_T^2}} = \frac{R_T^2}{(h + R_T)^2}$$

◀ إذن :  $g = g_0 \times \frac{R_T^2}{(h + R_T)^2}$  وهي عبارة الجاذبية  $g$  من على ارتفاع  $h$  بدلالة الجاذبية على سطح الأرض  $g_0$  حيث :  
 $g_0 = 9,8 m/s^2$  ( تطبيق للفكرة باكالوريا علوم تجريبية 2014 الموضوع 02 التمرين 04 )

◀ ملاحظة :

● في التحليل البُعدي في الميكانيك نستعمل الرموز :

| رمز البُعد :                                                                                                 | في التطبيق العددي في الميكانيك نحول دائما إلى هذه الوحدات : |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| ◀ كتلة (Masse) $[M]$                                                                                         | ◀ الكتلة دائما بالـ $[Kg]$                                  |
| ◀ الزمن (Temps) $[T]$                                                                                        | ◀ الزمن دائما بالـ $[s]$                                    |
| ◀ طول (Longueur) $[L]$                                                                                       | ◀ الطول دائما بالـ $[m]$                                    |
|                                                                                                              | ◀ القوة $[F]$                                               |
| ◀ إنطلاقا من القانون الثاني لنيوتن يمكننا إستنتاج مايفاق وحدة النيوتن : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$ أي : |                                                             |
| $[N] = [Kg] \times [m] \times [s]^{-2}$                                                                      |                                                             |

● قيم تقريبية لثوابت مهمة ، تذكرها ينفعك في التأكد من إجابتك :

( في التمارين لا نُقرب نأخذ القيم كما هي ونكتفي ب2 أو ثلاث ارقام بعد الفاصلة )

✓ كتلة الأرض :  $M_T \cong 6 \times 10^{24} Kg$

✓ كتلة الشمس :  $M_S \cong 2 \times 10^{30} Kg$

✓ قانون كبلر الثالث بالنسبة لدوران الأقمار حول الأرض :  $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G M_T} \cong 1 \times 10^{-13}$

✓ قانون كبلر الثالث بالنسبة لدوران الكواكب حول الشمس :  $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G M_S} = 3 \times 10^{-19}$

◀ المرجع الغاليلي (العطالي) : إذا كان ثابتاً أو يتحرك حركة مستقيمة منتظمة بالنسبة لمعلم آخر.  
 ▶ أو باختصار ( المرجع الغاليلي : كل مرجع يتحقق فيه مبدأ العطالة )

◀ يمكن اعتبار أن القمر نقطة مادية إذا أمكننا إهمال أبعاده أمام المرجع الذي تُنسب إليه الحركة .

◀ القمر الجيومستقر : هو خاصية جسم يدور حول الأرض في مستوى خط الإستواء في نفس جهة دوران الأرض وله نفس دور دوران الأرض حول نفسها :

- 1- لديه نفس دور الأرض حول نفسها  $T \cong 24 h$
- 2- يكون على مستوى خط الإستواء .
- 3- لديه نفس جهة دوران الأرض
- حيث ارتفاعه عن سطح الأرض يساوي تقريباً :  $h \cong 36000 km$  .

◀ نعتبر المعلم الجيومركزي أنه غاليلي (حتى نتمكن من تطبيق القانون الثاني لنيوتن) يجب أن يكون دور حركة القمر الصناعي صغير جداً مقارنة مع دور حركة الأرض حول الشمس . ( أو يمكن أن نقول إذا كانت مدة دراسة حركة القمر الصناعي لا تسمح لمركز الأرض أن يرسم قوساً حول مركز الشمس ، بل مستقيماً لكي لا تكون الحركة دائرية وتتأثر بقوة الناظم أي ليس غاليلي )  
 - بإختصار نقول ان مدة الدراسة صغيرة جداً مقارنة بحركة دوران المرجع المدروس .

◀ وحدة ثابت الجذب العام  $G$  ( تحليل بُعدي ) :

● لدينا :  $F = \frac{G \times m_A \times m_B}{r^2}$  أي :  $G = \frac{F \times r^2}{m_A \times m_B}$  نضع الوحدات :  $[G] = \frac{[N] \cdot [m]^2}{[Kg] \times [Kg]}$

- وحدة النيوتن هي :  $[N] = Kg \cdot m \cdot s^{-2}$  ◀ يُصبح :  $[G] = \frac{[Kg][m] \cdot [s]^{-2} \cdot [m]^2}{[Kg] \times [Kg]}$  ◀ أي :  $[G] = \frac{[s]^{-2} \cdot [m]^3}{[Kg]}$

أي :  $[G] = [m]^3 \cdot [s]^{-2} \cdot [Kg]^{-1}$

● أما الكتابة بالتحليل البُعدي فقط نعوّض بالرموز :  $[G] = [L]^3 \cdot [T]^{-2} \cdot [M]^{-1}$

◀ لا يسقط القمر الصناعي على الأرض : لوجود إستقرار مداري بسبب القوة الطاردة المركزية .

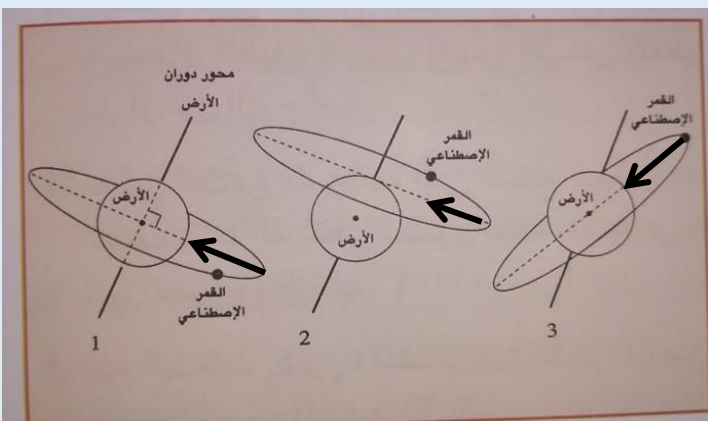
◀ ملاحظة مهمة ( كتاب مدرسي صفحة 294 )

سؤال 01 : يوجد مسار واحد من بين هذه المسارات يتعارض مع قوانين الميكانيك ؟

الجواب : المدار (02) لا يتماشى مع قوانين نيوتن حيث أن القوة التي تُطبقها الأرض على القمر تكون موجهة نحو مركز الأرض وليس مركز المدار .

سؤال 02 : ماهو المسار الوحيد الذي يُناسب القمر الجيومستقر

الجواب : المدار هو ( 01 ) لأنه يشمل خط الإستواء



② السقوط الشاقولي : نقول عن جسم بأنه يسقط سقوطاً شاقولياً في مائع ( الهواء ) ، إذا كانت حركة مركز عطالته مسارها مستقيماً ونحو الشاقول ( عمودية على سطح الأرض ) ، ونميز نوعين من السقوط الشاقولي في الدراسة :

### السقوط الشاقولي

#### السقوط الشاقولي الحُر

#### السقوط الشاقولي حقيقي

• القوى التي تُدرس في السقوط الشاقولي الحقيقي هي :

◀ قوة الثقل  $\vec{P}$  .

◀ قوة أرخميدس ( دافعة أرخميدس )  $\vec{\pi}$  أو نرمز لها كذلك  $\vec{F}_A$  .

( تهمل في بعض الأحيان )

◀ قوة الاحتكاك مع الهواء  $\vec{f}$  .

• في السقوط الحُر : نقول عنه حُر إذا كان الجسم لا يخضع إلا لقوة ثقله فقط ( تهمل  $\vec{f}$  و  $\vec{\pi}$  أمام  $\vec{P}$  ) أي أن القوة الوحيدة المؤثرة هي :

◀ قوة الثقل  $\vec{P}$  .

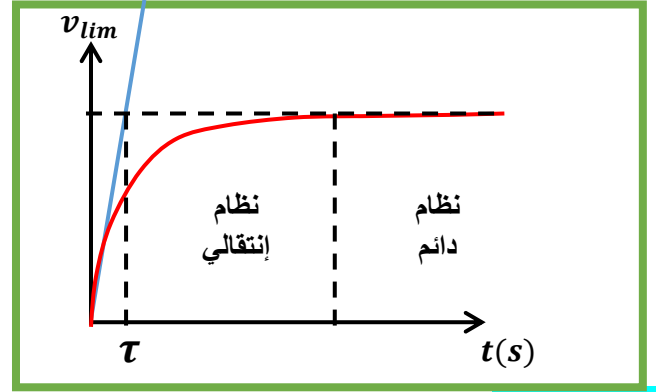
### ◀ خصائص القوى :

| التمثيل                                                                                                        | القوة وما يساويها                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| • دائما تُمثل موجبة نحو الأسفل .                                                                               | ◀ قوة الثقل $\vec{P}$ : $P = mg$<br>• حيث $g$ هي الجاذبية الأرضية ووحدتها : $g = 9,8 \text{ m} \times \text{s}^{-2}$ أو $g = 9,8 \text{ N/Kg}$                                                                                                                                                                                                                                             |
| • دائما تُمثل موجبة نحو الأعلى .                                                                               | ◀ قوة أرخميدس ( دافعة أرخميدس ) $\vec{\pi}$ أو نرمز لها كذلك $\vec{F}_A$ .<br>$\pi = \rho_{air} \times V \times g$<br>حيث أن حجم المائع المزاح هو نفسه حجم الجسم $V_S = V_{air} = V$<br>• $\rho_{air}$ هي الكتلة الحجمية للمائع ( الهواء ) حيث : $\rho_{air} = \frac{m_{air}}{V}$<br>• و $m_{air}$ : كتلة المائع المزاح .<br>• حيث الحجم هنا $V$ هو حجم الجسم وهو نفسه حجم المائع المزاح . |
| • تُمثل عكس اتجاه الحركة :<br>- حالة سقوط الجسم ( تُمثل نحو الأعلى )<br>- حالة صعود الجسم ( تُمثل نحو الأسفل ) | ◀ قوة الاحتكاك مع الهواء $\vec{f}$ :<br>حيث : $f = Kv$ حالة سرعات صغيرة .<br>$f = Kv^2$ حالة سرعات كبيرة .                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

## أ- السقوط الشاقولي الحقيقي :

1- دراسة التجريبية : نقوم بترك كرية بدون سرعة ابتدائية تسقط سقوطا شاقوليا نحو الأسفل :

$v(m/s)$



تمثيل القوى :

◀ في التمثيل دائما تكون القوة  $p$  أطول بكثير من القوة  $\pi$  وهذا لأنه من شروط حدوث السقوط أن يكون  $P \gg \pi$

| • في النظام الدائم                                                                                                          | • في النظام الانتقالي                | • عند اللحظة $t = 0$                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>◀ هنا تصبح السرعة ثابتة <math>v = v_{lim}</math> أي مجموع القوى المؤثرة على الجسم معدوم : <math>P = f + \pi</math> .</p> | <p>◀ <math>P &gt; f + \pi</math></p> | <p>◀ عند اللحظة <math>t = 0</math> الإحتكاك معدوم : <math>f = 0</math> (لأن السرعة معدومة)</p> |

2- الدراسة النظرية : دائما قبل تطبيق قانون الثاني لنيوتن نُحدد المرجع المناسب للدراسة والجسم المدروس (

– المعادلة التفاضلية للحركة : الجسم المدروس هي الجسم الذي يسقط ، المرجع المناسب للحركة هو السطحي الأرض الذي نعتبره عطاليا أثناء مدة الدراسة ، بتطبيق القانون الثاني لنيوتن :  $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$  أي :  $\vec{P} + \vec{\pi} + \vec{f} = m\vec{a}$

◀ بالإسقاط على المحور (OZ) :  $P - \pi - f = ma$  نعوّض كل قوة بما يُساويها أي :

- في حالة سرعات صغيرة (  $f = kv$  )

$$mg - \rho_{air} V g - Kv = m \frac{dv}{dt} \quad \text{نقسم الطرفين على } m \text{ نجد : } g - \frac{\rho_{air} V g}{m} - \frac{K}{m} v = \frac{dv}{dt}$$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{K}{m} v = g \left( 1 - \frac{\rho_{air} V}{\rho_s} \right) \quad \text{أي } \frac{dv}{dt} + \frac{K}{m} v = g - \frac{\rho_{air} V g}{m} \quad \text{بالتبسيط نجد :}$$

- ( حيث أن الكتلة الحجمية للجسم :  $\rho_s = \frac{m}{V}$  أي  $\frac{1}{\rho_s} = \frac{V}{m}$  )  
 - المعادلة الأخيرة هي معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى للسرعة ( السرعة ومشتقتها )

◀ نُميز حالتين :

| حالة سرعات كبيرة $f = Kv^2$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | حالة سرعات صغيرة $f = Kv$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\frac{dv}{dt} + \frac{K}{m}v^2 = g \left( 1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s} \right)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | $\frac{dv}{dt} + \frac{K}{m}v = g \left( 1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s} \right)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>① المعادلة التفاضلية :</p> <p>• يجب أن لا نخلط بين :<br/> <math>V</math> : حجم الجسم ( ثابت )<br/> <math>v</math> : سرعة الجسم ( متغيرة )</p>                                                                                                                                                             |
| <p>لدينا : <math>\frac{dv}{dt} + \frac{K}{m}v^2 = g \left( 1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s} \right)</math></p> <p>عند <math>\infty</math> : <math>\frac{dv}{dt} + \frac{K}{m}v_{lim}^2 = g \left( 1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s} \right)</math></p> <p>► <math>\frac{K}{m}v_{lim}^2 = g \left( 1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s} \right)</math></p> <p>► <math>v_{lim} = \sqrt{\frac{g m}{K} \left( 1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s} \right)}</math></p> | <p>لدينا : <math>\frac{dv}{dt} + \frac{K}{m}v = g \left( 1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s} \right)</math></p> <p>عند <math>\infty</math> : <math>\frac{dv}{dt} + \frac{K}{m}v_{lim} = g \left( 1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s} \right)</math></p> <p>► <math>\frac{K}{m}v_{lim} = g \left( 1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s} \right)</math></p> <p>► <math>v_{lim} = \frac{g m}{K} \left( 1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s} \right)</math></p> | <p>② العبارة النظرية للسرعة الحدية <math>v_{lim}</math> تصل السرعة الى قيمتها الحدية في النظام الدائم ، ( نستخرجها ببيانها مباشرة بالاسقاط ) ، أما نظريا لدينا عند الـ <math>(\infty)</math> الميل ينعدم وهو يُمثل التسارع :</p> <p><math>a_{\infty} = \frac{dv}{dt}_{(t \rightarrow \infty)} = 0</math></p> |
| $\frac{dv}{dt} + \frac{K}{m}v^2 = g \left( 1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s} \right)$ <p>◀ نفس الشيء ، ونجد : <math>\frac{dv}{dt}_{(t=0)} + \frac{K}{m}v^2 = g \left( 1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s} \right)</math></p> <p><math>a_0 = g \left( 1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s} \right)</math></p>                                                                                                                                                   | $\frac{dv}{dt} + \frac{K}{m}v = g \left( 1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s} \right)$ <p>لدينا عند اللحظة <math>t = 0</math> (<math>v = 0</math>) <math>\frac{dv}{dt}_{(t=0)} + \frac{K}{m}v = g \left( 1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s} \right)</math> أي :</p> <p><math>a_0 = g \left( 1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s} \right)</math></p>                                                                                                 | <p>③ العبارة النظرية للتسارع الابتدائي <math>a_0</math> : عند اللحظة (<math>t = 0</math>) تكون السرعة الابتدائية معدومة (<math>v_0 = 0</math>) ويكون التسارع أعظمي ( لأن الميل يكون أعظمي عندها ) وهو يُمثل <math>a_0</math></p> <p><math>a_0 = \frac{dv}{dt}_{(t=0)}</math></p>                             |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>◀ في حالة سرعات كبيرة: <math>f = Kv^2</math></p> <p>أي: <math>K = \frac{f}{v^2}</math></p> <p>► <math>[K] = \frac{[N]}{([m] \times [s]^{-1})^2} = \frac{[Kg] \cdot [m] \cdot [s]^{-2}}{[m]^2 \times [s]^{-2}} = Kg \cdot m^{-1}</math></p> <p>◀ بُعديا: <math>[K] = M \cdot L^{-1}</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <p>◀ في حالة سرعات صغيرة: <math>f = Kv</math></p> <p>أي: <math>K = \frac{f}{v}</math></p> <p>► <math>[K] = \frac{[N]}{[m] \times [s]^{-1}} = \frac{[Kg] \cdot [m] \cdot [s]^{-2}}{[m] \times [s]^{-1}} = Kg \cdot s^{-1}</math></p> <p>◀ بُعديا نكتب: <math>[K] = M \cdot T^{-1}</math></p>                                                                                                          | <p>④ التحليل البُعدي لثابت الاحتكاك مع الهواء <math>K</math></p> <p>• حيث أن:</p> <p><math>[N] = Kg \cdot m \cdot s^{-2}</math></p>                                                                                                                                             |
| <p>◀ لدينا: <math>a_0 = \frac{v_{lim}}{\tau}</math> أي: <math>\tau = \frac{v_{lim}}{a_0}</math></p> <p>◀ بتعويض <math>v_{lim}</math> و <math>a_0</math> بما يُساويهم فوق:</p> <p>► <math>\tau = \frac{v_{lim}}{a_0} = \frac{\sqrt{\frac{mg}{K} \left(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s}\right)}}{a_0}</math></p> <p>◀ لدينا: <math>a_0 = g \left(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s}\right)</math></p> <p>◀ نُعوّضها في عبارة <math>v_{lim}</math>:</p> <p>► <math>\tau = \frac{\sqrt{\frac{m}{K} a_0}}{a_0}</math></p> <p>◀ نُرَبّع الطرفين:</p> <p>► <math>\tau^2 = \frac{\left(\sqrt{\frac{m}{K} a_0}\right)^2}{a_0^2} = \frac{\frac{m}{K} a_0}{a_0^2} = \frac{m}{K a_0}</math></p> <p>► <math>\tau = \sqrt{\frac{m}{a_0 K}}</math></p> | <p>◀ لدينا: <math>a_0 = \frac{v_{lim}}{\tau}</math> أي: <math>\tau = \frac{v_{lim}}{a_0}</math></p> <p>◀ بتعويض <math>v_{lim}</math> و <math>a_0</math> بما يُساويهم فوق:</p> <p>► <math>\tau = \frac{v_{lim}}{a_0} = \frac{\frac{gm}{K} \left(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s}\right)}{g \left(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s}\right)} = \frac{m}{K}</math></p> <p>⇒ <math>\tau = \frac{m}{K}</math></p> | <p>⑤ ثابت الزمن <math>\tau</math></p> <p>• من المنحنى السرعة الخاص بالسقوط الحقيقي ، المماس عند <math>(t = 0)</math> ، يُمثل التسارع الابتدائي حيث:</p> <p><math>a_0 = \frac{dv}{dt}_{(t=0)} = \frac{v_{lim}}{\tau}</math></p> <p>► <math>a_0 = \frac{v_{lim}}{\tau}</math></p> |

● ملاحظات مهمة:

① يمكن كتابة المعادلة التفاضلية بدلالة التسارع:

من المعادلة التفاضلية السابقة  $a + \frac{K}{m}v = g \left(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s}\right) \Leftrightarrow \frac{dv}{dt} + \frac{K}{m}v = g \left(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s}\right)$

- نشق الطرفين بدلالة الزمن:  $\frac{da}{dt} + \frac{K}{m}a = 0 \Leftrightarrow \frac{da}{dt} + \frac{K}{m} \frac{dv}{dt} = g \left(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s}\right)$

(وهي معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى بدلالة التسارع)

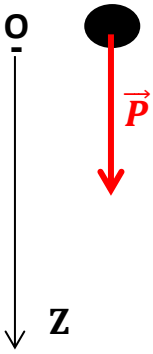
② يمكن كتابة المعادلة التفاضلية بدلالة الإحتكاك: لدينا  $f = kv$  أي  $v = \frac{f}{k}$  نشق الطرفين بدلالة الزمن  $\frac{dv}{dt} = \frac{1}{k} \frac{df}{dt}$

- من المعادلة التفاضلية السابقة:  $\frac{dv}{dt} + \frac{K}{m}v = g \left(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s}\right)$  بتعويض قيمتي  $v$  و  $\frac{dv}{dt}$  بما يساويهم:

$$\frac{df}{dt} + \frac{k}{m} f = gk \left(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s}\right) \quad \Leftrightarrow \quad \frac{1}{k} \frac{df}{dt} + \frac{K}{m} \frac{f}{k} = g \left(1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_s}\right) \quad \text{بالتبسيط نجد}$$

وهي معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى بدلالة الإحتكاك

**ب -- السقوط الشاقولي الحر:** تعريف: "يكون السقوط حُر لجسم صلب في مرجع غاليلي عندما يخضع لقوة ثقله فقط".



◀ الجملة المدروسة هي الجسم الذي يسقط ، المرجع المناسب لدراسة الحركة هو السطحي الأرض الذي نعتبره

عطاليا أثناء مدة الدراسة ، بتطبيق القانون الثاني لنيوتن :  $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$

$$\vec{P} = m\vec{a} \quad \text{أي :}$$

◀ بالإسقاط على المحور (OZ) :  $P = ma_z$  أي :  $mg = ma_z$  أي :  $a_z = g$

◀ طبيعة الحركة مُستقيمة مُتغيرة بانتظام .

#### • المعادلات التفاضلية :

◀ نكتب المعادلة التفاضلية للسرعة انطلاقا من المعادلة  $a_z = g$   $\Leftrightarrow \frac{dv_z}{dt} = g$

◀ نكتب المعادلة التفاضلية للفاصلة انطلاقا من المعادلة  $a_z = g$   $\Leftrightarrow \frac{d^2z}{dt^2} = g$

#### • المعادلات الزمنية للحركة :

$a_z = g$  بالمكاملة نتحصل على :

$$v_z(t) = g \cdot t + v_0$$

◀  $v(t) = g \cdot t + v_0$  بالمكاملة نتحصل على :

$$z(t) = g \cdot \frac{t^2}{2} + v_0 \cdot t + z_0$$

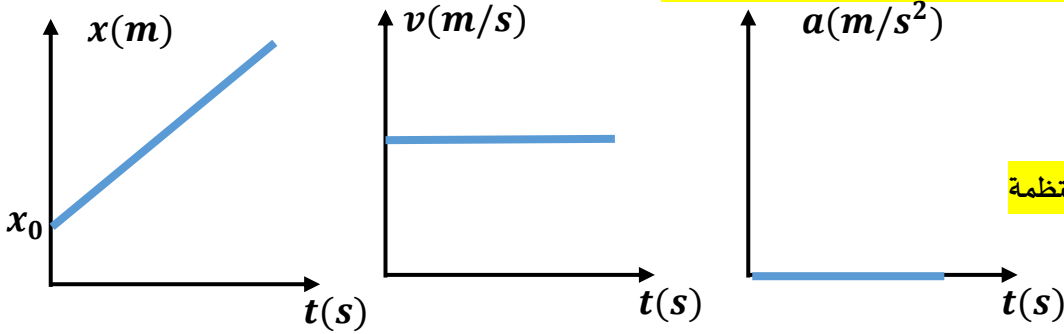
- بصفة عامة نميز حالتين للمعادلات الزمنية للحركة وعلى المحور  $x(t)$  مثلا نكتب :

| المعادلة الزمنية للمسافة              | المعادلة الزمنية للسرعة                                                                                                           | التسارع $a$                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $x(t) = vt + x_0$                     | ثابت $v$                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>● الحالة 01 : إذا وجدنا التسارع معدوم (<math>a = 0</math>)<br/>الحركة مستقيمة منتظمة</li> </ul>                                       |
| $x(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$ | $v(t) = at + v_0$<br><br>حيث $v_0$ السرعة الابتدائية وهي توافق السرعة عند لحظة إنطلاق الكرة<br>$x_0$ : فاصلة المتحرك عند الإنطلاق | <ul style="list-style-type: none"> <li>● الحالة 02 : إذا وجدنا التسارع ثابت (<math>a = \text{ثابت}</math>)<br/>الحركة مستقيمة متغيرة بانتظام (متسارعة او متباطئة)</li> </ul> |

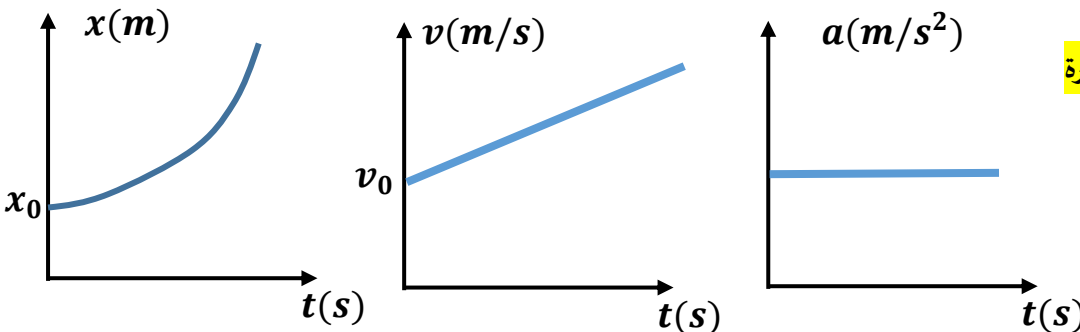
- ملاحظة : في حالة الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام ، إذا اخرجنا قيمة الزمن من عبارة السرعة  $v(t) = at + v_0$  ونعوضها في عبارة المسافة  $x(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$  وبالتبسيط نستخرج عبارة محذوفية الزمن :

$$v(t)^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$$

- المنحنيات الموافقة للمعادلات الزمنية في الجدول أعلاه :



☑ حركة مستقيمة منتظمة



☑ الحركة مستقيمة متغيرة بانتظام

• بالنسبة للتسارع عندما يكون ثابت نميز حالتين :

① الحركة مستقيمة متسارعة بانتظام يكون  $\vec{a} \times \vec{v} > 0$

② الحركة مستقيمة متباطئة بانتظام يكون  $\vec{a} \times \vec{v} < 0$  ، والجدول التالي يوضح هذه الجزئية :

• يجب دراسة الجداء :  $\vec{a} \times \vec{v}$

| الحركة متباطئة بانتظام                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | $\vec{v} \times \vec{a} < 0$               | الحركة متسارعة بانتظام | $\vec{v} \times \vec{a} > 0$ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------|------------------------------|
| <p><b>مثال توضيحي:</b></p> <p>• كقراءة للمنحنى السرعة تبدأ من القيمة <math>v_0 = 3 \text{ m/s}</math> ثم قيمتها تتناقص باستمرار إلى أن تصل إلى القيمة 0 ، ثم تبدأ تتزايد في الجهة العكسية لذلك تكون بقيم سالبة، نميز مرحلتين (طورين) : <math>[30\text{s} \leftarrow 0\text{s}]</math> و <math>[60\text{s} \leftarrow 30\text{s}]</math> :</p> <p>• نحسب التسارع للمرحلتين : ( حيث أن التسارع يمثل الميل )</p> <p>► <math>a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0-3}{30-0} = -0,1 \text{ m/s}^2</math></p> <p>► <math>a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(-3)-0}{60-30} = -0,1 \text{ m/s}^2</math></p> <p>• <math>(S_1)</math> و <math>(S_2)</math> يُمثلان المسافتين المقطوعتين في كل طور .</p> <p>• طبيعة الحركة :</p> |                                            |                        |                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                            |                        |                              |
| التعليل                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | طبيعتها                                    | المرحلة                |                              |
| $\vec{a} \times \vec{v} < 0$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | ◀ حركة مُستقيمة متغيرة بانتظام ( متباطئة ) | المرحلة (1)            | $[30 - 0]$                   |
| $\vec{a} \times \vec{v} > 0$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | ◀ حركة مُستقيمة متغيرة بانتظام ( متسارعة ) | المرحلة (2)            | $[60 - 30]$                  |

③ المستوي المائل والأفقي :

✓ نشاط شامل : التمرين الثالث (التجريبي) باكالوريا علوم تجريبية الموضوع 01 (2019)

التمرين التجريبي: (07 نقاط)

تُعتبر منطقة تيميمون بولاية أدرار المعروفة بالواحة الحمراء مقصداً للسياح لممارسة رياضة التزحلق على الكثبان الرملية.

يهدف التمرين الى دراسة الحركة المستقيمة لمتزحلق على الرمل.

باستغلال شريط فيديو لمتزحلق (الشخص + لوازمه) تم تصويره من طرف أحد زوار منطقة تيميمون، ندرس الجملة {المتزحلق} التي مركز عطالتها G المنمذجة بنقطة مادية كتلتها m .

المعطيات:

◀ كتلة الجملة  $m = 70 \text{ kg}$  ؛

◀ شدة تسارع حقل الجاذبية

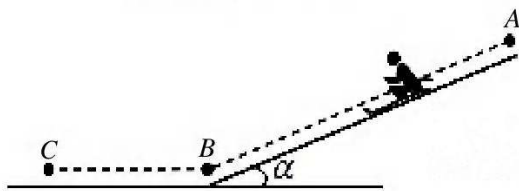
الأرضية  $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  ؛

◀ طول المسار الأفقي  $BC = 12 \text{ m}$  ؛

◀ زاوية الميل  $\alpha = 41^\circ$  .



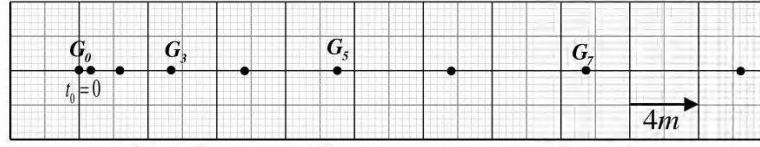
صورة لمتزحلق على الرمل



الشكل 7

## 1. المرحلة الأولى (المسار AB):

حركة المتزحلق تتم على مستو مائل انطلاقاً من النقطة A دون سرعة ابتدائية الشكل 7. معالجة شريط الفيديو السابق ببرمجية Avistep مكنتنا من تسجيل المواضع المتتالية لمركز عتالة الجملة خلال مجالات زمنية متتالية ومتساوية  $\Delta t = 0,8\text{ s}$  الشكل 8.



الشكل 8. تسجيل المواضع المتتالية لمركز عتالة الجملة

### 1.1. عَرّف المرجع الغاليلي (العتالي).

2.1. احسب قيم السرعة في اللحظات  $t_3, t_5, t_7$  و الموافقة للمواضع  $G_3, G_5, G_7$  على الترتيب.

3.1. ارسم على ورق ميليمتري المنحنى البياني لتطور السرعة اللحظية بدلالة الزمن  $v = f(t)$ .

4.1. جد بيانياً قيمة تسارع مركز عتالة الجملة  $a_G$  واستنتج طبيعة الحركة.

5.1. احسب بيانياً المسافة المقطوعة بين الموضعين  $G_0$  و  $G_8$ .

6.1. بإهمال قوى الاحتكاك على المسار AB:

1.6.1. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، جد عبارة التسارع  $a'_G$  واحسب قيمته.

2.6.1. برّر الاختلاف بين قيمتي التسارع المحسوبتين في السؤالين (4.1) و (1.6.1).

## 2. المرحلة الثانية (المسار BC):

يصل المتزحلق الى النقطة B بسرعة  $v_B = 12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ويواصل حركته المستقيمة على المستوي الأفقي BC ليتوقف عند الموضع C. تتمدج القوى المعيقة للحركة بقوة وحيدة  $\vec{f}$  مماسية للمسار وثابتة في الشدة.

1.2. أحص ومثّل القوى الخارجية المطبقة على مركز عتالة الجملة G.

2.2. جد شدة القوة  $\vec{f}$ ، بتطبيق مبدأ إنحفاظ الطاقة للجملة المدروسة.

**الحل:**

### التمرين التجريبي: (07 نقاط)

#### 1. المرحلة الأولى (المسار AB):

1.1. تعريف المرجع الغاليلي: هو كل مرجع يتحقق فيه مبدأ العتالة.

2.1. حساب قيم السرعة اللحظية:

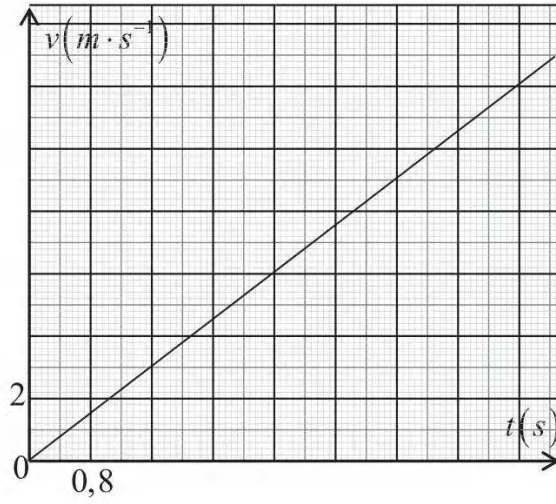
$$2 \times 0.25 \quad v_3 = \frac{G_2 G_4}{2 \cdot \tau} = \frac{1,8 \times 4}{1,6} = 4,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} : G_3 \text{ عند الموضع}$$

$$0.25 \quad v_5 = \frac{G_4 G_6}{2 \cdot \tau} = \frac{3 \times 4}{1,6} = 7,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} : G_5 \text{ عند الموضع}$$

$$0.25 \quad v_7 = \frac{G_6 G_8}{2 \cdot \tau} = \frac{4,2 \times 4}{1,6} = 10,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} : G_7 \text{ عند الموضع}$$

بيان تطور السرعة اللحظية بدلالة الزمن  $v = f(t)$ :

2x0.25



3x0.25

4.1. قيمة التسارع  $a$  بيانياً:  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 1,88 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  0.25

- طبيعة الحركة: حركة مستقيمة متسارعة بانتظام. 0.5

0.5

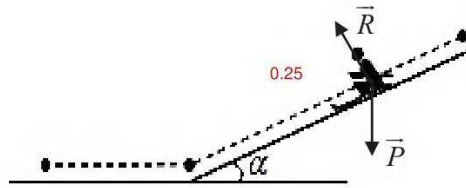
5.1. حساب المسافة المقطوعة بين الموضعين  $G_0$  و  $G_8$ :

- بيانياً: المسافة  $G_0 G_8$  قيمتها تساوي عددياً مساحة المثلث المحصور بين اللحظتين  $t = 0 \text{ s}$

و  $t = 6,4 \text{ s}$  وبالتالي  $G_0 G_8 = \frac{12 \times 6,4}{2} = 38,4 \text{ m}$  0.25

4.75

5x0.25



1.6.1. عبارة التسارع  $a_G$ :

الجملة المدروسة: متزلق

المعلم: سطحي أرضي نعتبره عطالياً. 0.25

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن لمركز عطالة

الجملة  $\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G$  0.25

$\vec{P} + \vec{R} = m \cdot \vec{a}'_G$   $a'_G = g \cdot \sin \alpha$  الحركة: 0.25

$a'_G = g \cdot \sin \alpha = 9,80 \times \sin(41^\circ) = 6,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  0.25

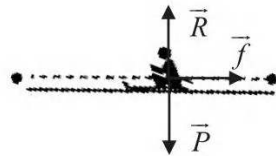
0.5

2.6.1. تبرير اختلاف قيمتي التسارع: القيمة النظرية للتسارع أكبر من القيمة التجريبية يعود

الى وجود قوى معيقة للحركة 0.25

3x0.25

1.2. احصاء وتمثيل القوى الخارجية المطبقة على مركز عطالة الجملة  $G$ :



- قوة الثقل  $\vec{P}$  0.25

- قوة رد فعل السطح الأفقي على المتزلق  $\vec{R}$  0.25

- قوة الاحتكاك  $\vec{f}$  0.25

2.25

5x0.25

2.2. ايجاد شدة القوة  $\vec{f}$  بتطبيق معادلة انحفاظ الطاقة على الجملة المدروسة:

$E_f = E_i + E_{re} - E_{ced} \Rightarrow E_i - E_{ced} = 0$  2x0.25

$\Rightarrow \frac{1}{2} m v_B^2 = f \cdot BC$  2x0.25

$\Rightarrow f = 420 \text{ N}$  0.25

ملاحظة: تغيير الجملة المدروسة والنتيجة صحيحة 0.50

| الطاقة الكامنة المرونية $E_{pe}$                                                                             | الطاقة الكامنة الثقالية $E_{pp}$                                                                                   | الطاقة الحركية $E_c$                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| $E_{pe} = \frac{1}{2} kx^2$<br>$\uparrow$ [joul] $\uparrow$ [N/m] $\uparrow$ [m]                             | $E_{pp} = mgh$<br>$\uparrow$ [joul] $\uparrow$ [Kg] $\uparrow$ [m/s <sup>2</sup> ] $\uparrow$ [m]                  | $E_c = \frac{1}{2} mv^2$<br>$\uparrow$ [joul] $\uparrow$ [Kg] $\uparrow$ [m/s]            |
| <p>◀ تتعلق <math>E_{pe}</math> بتشوه النابض :</p> <p>(تزيد <math>E_{pe}</math> عند زيادة <math>x</math>)</p> | <p>◀ تتعلق <math>E_{pp}</math> بالإرتفاع :</p> <p>(تزيد <math>E_{pp}</math> عند زيادة الإرتفاع <math>h</math>)</p> | <p>◀ تتعلق <math>E_c</math> بالسرعة :</p> <p>(تزيد <math>E_c</math> عند زيادة السرعة)</p> |

◀ عمل قوة : عمل أي قوة  $\vec{F}$  تنتقل من النقطة A الى النقطة B يعطى بالقانون :  $W(\vec{F}) = F \times AB \times \cos\alpha$

F: هي القوة بالنيوتن [N]    AB: هو الانتقال بالمتر [m]     $\alpha$ : هي الزاوية المحصورة بين شعاع الانتقال وشعاع القوة

◀ حالتين خاصتين لعمل قوة :

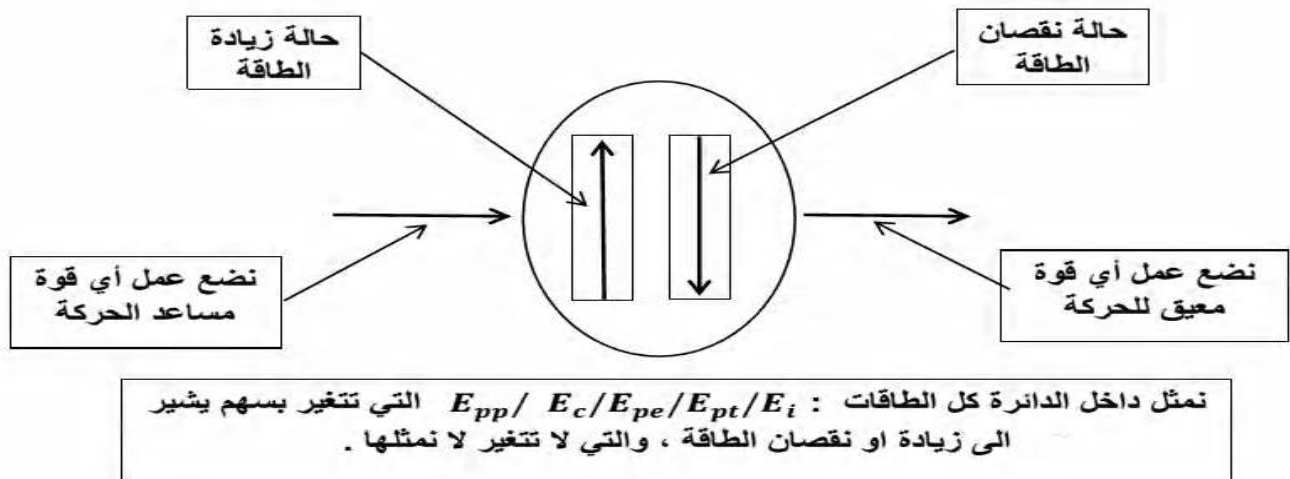
$$W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = m g h_{AB}$$

1 عمل النقل : لا يتعلق بالمسار بل بموضع البداية والنهاية :

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{f}) = -f \times AB$$

2 عمل قوة الإحتكاك : دائما تكون عكس إتجاه الحركة :

◀ الحصيلة الطاقوية :



◀ معادلة الانحفاظ :

الطاقة الابتدائية للجملة + الطاقة التي تستقبلها - الطاقة التي تقدمها (تفقدتها) = الطاقة النهائية للجملة

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

◀ الإستطاعة : تعرف بأنها غزارة تحويل الطاقة

E : الطاقة بالجول [joul]    t : الزمن بالثانية [s]    فتنتج الاستطاعة بـ [joul/s] وهي توافق الواط [wat]

◀ ملاحظة مهمة في الحصيـلة الطاقوية: لا يُمكن أن نجد في حصيـلة واحدة عمل الثقل والطاقة الكامنة الثقالية معا .

- عمل الثقل يكون مُعيق للحركة في حالة الصعود ويكون مُساعد للحركة في حالة النزول .
- عندما نتحرك على مسار أفقي ( دون صعود أو نزول ) ، عمل الثقل لا يُعيق ولا يساعد الحركة أي لا يؤثر عليها .

◀ إذا كانت الجملة المختارة (جسم فقط) ، وأرض ليس ضمن الجملة

◀ إذا كانت الجملة المختارة ( أرض + جسم ) :

◀ هُنا نستعمل  $E_{pp}$  في الحصيـلة وعمل الثقل

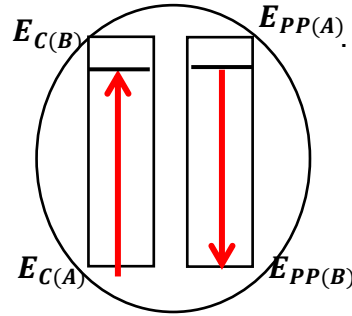
$W(\vec{P})$  لا ندخله في الحصيـلة .

◀ هُنا ندخل عمل الثقل  $W(\vec{P})$  ضمن الحصيـلة و  $E_{pp}$  لا تدخل في الحصيـلة .

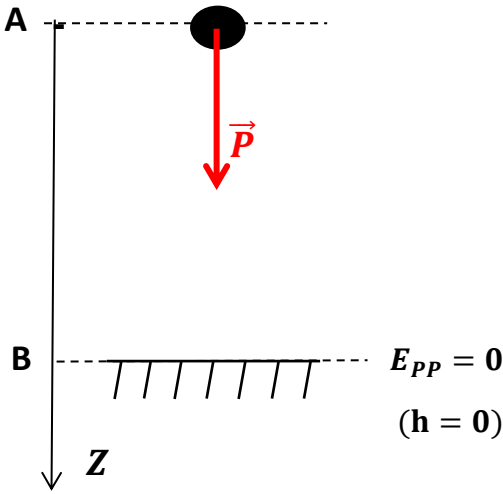
◀ تطبيق على الحصيـلة : دراسة السقوط الحر دراسة طاقوية :

◀ نقوم بترك كرية تسقط بدون سرعة ابتدائية من النقطة A ( $v = 0$ )

نقوم بتمثيل الحصيـلة الطاقوية للجملة ( أرض + كرية ) بين الموضعين A و B ، أثناء السقوط :



- الطاقة الحركية تزيد لأن السرعة تزيد  $E_{C(B)}$
- الطاقة الكامنة الثقالية تتناقص لأن الارتفاع  $h$  يتناقص .



◀ معادلة الإنحفاظ لهذه الحصيـلة :  $E_1 + \sum W(\vec{F})_{\text{مُعيقة}} - \sum W(\vec{F})_{\text{مُساعد}} = E_2$

أي :  $E_{PP(A)} = E_{C(B)}$  أي :  $E_{C(A)} + E_{PP(A)} = E_{C(B)} + E_{PP(B)}$

أي :  $v^2 = 2 g h$  أي :  $g h = \frac{1}{2} v^2$