10 صفحات	مـــــــــــادة الـــــــفـــــــيـــــزيـــــاء	الأستاذ أيوب مرضي
الـجـــزء الرابع: الميكانيك		مستوى الثانية بكالوريا علوم تجريبية
مدة الإنجاز (درس+تمارين): 6 س + 2 س		شعبة: علوم الحياة و الأرض – العلوم الفيزيائية

الدرس التاسع

قوانين نيوتن

Les lois de Newton

I. متجهة السرعة و متجهة التسارع.

1. نسبية الحركة:

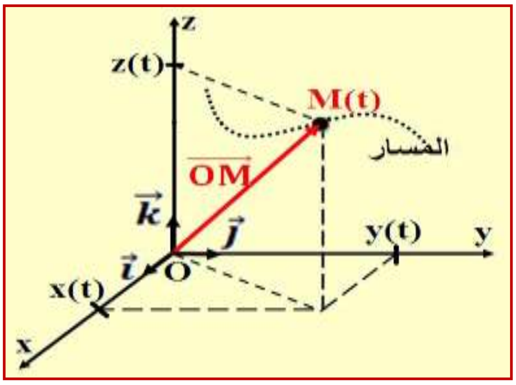
الحركة والسكون مفهومان نسبيان : أي أن الأجسام لا تتحرك إلا بالنسبة لأجسام أخرى، أي أنه لدراسة حركة جسم ما يجب اختيار جسما مرجعيا أو مرجعا لهذه الدراسة، ولتتبع التطور الزمني للجسم المتحرك: يجب اعتبار معلم للفضاء ومعلم الزمن مرتبطين بالجسم المرجعي .

معلم الفضاء يتم تحديده بأصله **O** وبقاعدة متعامدة وممنظمة. نستعمل مجموعة من الأجسام المرجعية الخاصة و ذلك حسب المجموعة الميكانيكية التي نريد دراستها بحيث نختار:

- **المرجع الأرضي:** لدراسة حركة السيارات والقطارات والقذائف...
- **المرجع المركزي الأرضي:** لدراسة حركة الأجسام التي تتحرك حول الأرض مثل الأقمار الاصطناعية...
- **المرجع المركزي الشمسي (مرجع كوبرنيك):** لدراسة حركة الكواكب والمذنبات التي تبعد كثيراً عن الأرض...

نرمز لمعلم الفضاء ب: $\mathbf{R}(\mathbf{O};\vec{\mathbf{i}};\vec{\mathbf{j}};\vec{\mathbf{k}})$ بحيث O أصل معلم الفضاء و$\vec{\mathbf{i}},\vec{\mathbf{j}},\vec{\mathbf{k}}$ المتجهات الموجهة لمحاوره الثلاث.

2. معلمة موضع نقطة من جسم متحرك:



نحدد موضع نقطة M من متحرك في كل لحظة ، في معلم متعامد ممنظم $\mathbf{R}(\mathbf{O};\vec{\mathbf{i}};\vec{\mathbf{j}};\vec{\mathbf{k}})$ بمتجهة الموضع $\overrightarrow{\mathbf{OM}}$ بحيث:

حيث: $(\mathbf{x(t)}\ ;\ \mathbf{y(t)}\ ;\mathbf{z(t)})$ تسمى **الإحداثيات الديكارتية**، كما أنها تمثل بالنسبة لحركة النقطة M **المعادلات الزمنية للحركة على كل محور**.

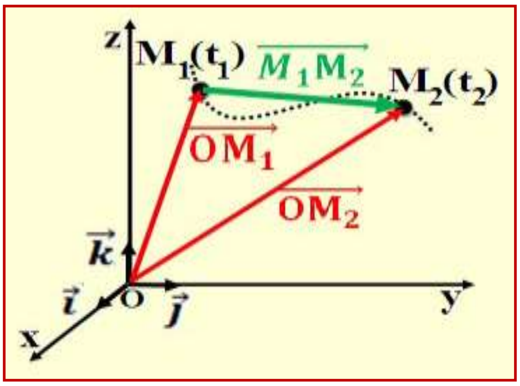
طول أو منظم متجهة الموضع هو: $\mathbf{OM} = \|\overrightarrow{\mathbf{OM}}\| = \sqrt{\mathbf{x^2+y^2+z^2}}$

ملاحظة :

- في حالة حركة مستقيمية نختار المعلم $\mathbf{R}(\mathbf{O};\vec{\mathbf{i}})$ بحيث تكتب متجهة الموضع كما يلي: $\overrightarrow{\mathbf{OM}} = \mathbf{x}\vec{\mathbf{i}}$
- في حالة حركة مستوية نختار المعلم $\mathbf{R}(\mathbf{O};\vec{\mathbf{i}};\vec{\mathbf{j}})$ بحيث تكتب متجهة الموضع كما يلي: $\overrightarrow{\mathbf{OM}} = \mathbf{x}\vec{\mathbf{i}} + \mathbf{y}\vec{\mathbf{j}}$
- مجموع النقط المتتالية التي تحتلها نقطة M من متحرك أثناء حركته تسمى.

3. متجهة السرعة:

أ. متجهة السرعة المتوسطة:



متجهة السرعة المتوسطة لنقطة M من جسم متحرك انتقلت من موضع M_1 إلى موضع M_2 خلال المدة: $\Delta t = t_2 - t_1$ هي:

$$\overrightarrow{\mathbf{v_m}} = \frac{\overrightarrow{\mathbf{M_1M_2}}}{\mathbf{t_2 - t_1}} = \frac{\overrightarrow{\mathbf{OM_2}} - \overrightarrow{\mathbf{OM_1}}}{\mathbf{t_2 - t_1}} = \frac{\Delta\overrightarrow{\mathbf{OM}}}{\Delta \mathbf{t}}$$

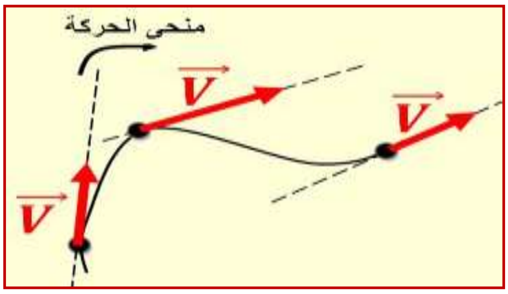
ب. متجهة السرعة اللحظية:

في مرجع معين، تساوي متجهة السرعة اللحظية لنقطة M من جسم متحرك صلب عند اللحظة t، **مشتقة متجهة الموضع بالنسبة للزمن**، بحيث:

$$\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$$

وحدة السرعة في النظام العالمي للوحدات هي: $(m.s^{-1})$ أو (m/s).

ج. مميزات متجهة السرعة اللحظية:



- **الأصل:** النقطة المتحركة عند اللحظة t.
- **الاتجاه:** المماس للمسار في النقطة المتحركة.
- **المنحى:** منحى الحركة.
- **المنظم:** $v = \|\vec{v}\|$.

د. متجهة السرعة في معلم ديكارتي:

تكتب متجهة الموضع في معلم ديكارتي $R(O;\vec{i};\vec{j};\vec{k})$ كما يلي: $\overrightarrow{OM} = x.\vec{i} + y.\vec{j} + z.\vec{k}$

أي أن متجهة السرعة اللحظية تكتب كما يلي: $\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt} = \frac{d}{dt}(x.\vec{i} + y.\vec{j} + z.\vec{k})$

أي: $\vec{v} = \frac{dx}{dt}.\vec{i} + \frac{dy}{dt}.\vec{j} + \frac{dz}{dt}.\vec{k} = \dot{x}.\vec{i} + \dot{y}.\vec{j} + \dot{z}.\vec{k} = v_x.\vec{i} + v_y.\vec{j} + v_z.\vec{k}$

إذن: $v_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}$ و $v_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y}$ و $v_z = \frac{dz}{dt} = \dot{z}$

بحيث: v_x و v_y و v_z تمثل **الإحداثيات الديكارتية لمتجهة السرعة**.

منظم متجهة السرعة عند لحظة **t** هو: $v = \|\vec{v}\| = \sqrt{v_x{}^2 + v_y{}^2 + v_z{}^2}$

ه. تطبيق 1:

الأسئلة

إحداثيات متجهة الموضع $\overrightarrow{OM}$ خلال حركة جسم صلب في معلم متعامد ممنظم $R(O;\vec{i};\vec{j};\vec{k})$ هي:

$$x(t) = 4.t \quad ; \quad y(t) = 2.t^3 \quad ; \quad z(t) = 10.t^2$$

1) عبر عن متجهة الموضع $\overrightarrow{OM}$ عند لحظة t ثم حدد منظمها عند اللحظة $t = 2s$.
2) حدد إحداثيات متجهة السرعة $\vec{v}$ عند لحظة t ثم حدد قيمتها عند اللحظة $t = 2s$.

الأجوبة

1) متجهة الموضع $\overrightarrow{OM}$ عند لحظة t: $\overrightarrow{OM} = 4t.\vec{i} + 2t^3.\vec{j} + 10t^2.\vec{k}$

منظمها عند اللحظة t = 2s: $OM = \sqrt{(4\times 2)^2 + (2\times 2^3)^2 + (10\times 2^2)^2} = 43,8\ m$

2) متجهة السرعة $\vec{v}$ عند لحظة t: $\vec{v} = 4.\vec{i} + 6t^2.\vec{j} + 20t\,.\vec{k}$

منظمها عند اللحظة t = 2s: $v = \sqrt{(4)^2 + (6\times 2^2)^2 + (20\times 2\,)^2} = 46,8\ m/s$

4. متجهة التسارع:

أ. متجهة التسارع في معلم ديكارتي:

في مرجع معين، تساوي متجهة التسارع $\vec{a}$ لنقطة M من جسم متحرك صلب عند اللحظة t، **المشتقة الأولى لمتجهة السرعة بالنسبة للزمن أو المشتقة الثانية لمتجهة الموضع بالنسبة للزمن**، بحيث:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\overrightarrow{OM}}{dt^2}$$

وحدة التسارع في النظام العالمي للوحدات هي: $(m.s^{-2})$ أو (m/s^2).

تكتب متجهة الموضع في معلم ديكارتي $R(O;\vec{i};\vec{j};\vec{k})$ كما يلي: $\overrightarrow{OM} = x.\vec{i} + y.\vec{j} + z.\vec{k}$

أي أن متجهة السرعة اللحظية تكتب كما يلي: $\vec{v} = v_x.\vec{i} + v_y.\vec{j} + v_z.\vec{k}$

أي أن متجهة التسارع تكتب كما يلي: $\vec{a} = \frac{d}{dt}(v_x.\vec{i} + v_y.\vec{j} + v_z.\vec{k}) = \frac{d^2}{dt^2}(x.\vec{i} + y.\vec{j} + z.\vec{k})$

أي: $\vec{a} = \frac{dv_x}{dt}.\vec{i} + \frac{dv_y}{dt}.\vec{j} + \frac{dv_z}{dt}.\vec{k} = \ddot{x}.\vec{i} + \ddot{y}.\vec{j} + \ddot{z}.\vec{k} = a_x.\vec{i} + a_y.\vec{j} + a_z.\vec{k}$

إذن: $a_x = \frac{dv_x}{dt} = \ddot{x}$ و $a_y = \frac{dv_y}{dt} = \ddot{y}$ و $a_z = \frac{dv_z}{dt} = \ddot{z}$

بحيث: a_x و a_y و a_z تمثل **الإحداثيات الديكارتية لمتجهة التسارع**.

منظم متجهة السرعة عند لحظة **t** هو: $a = \|\vec{a}\| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$

ب. متجهة التسارع في أساس فريني:

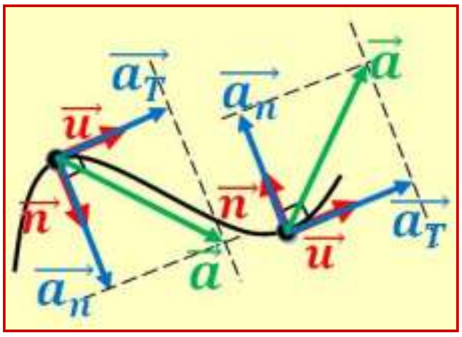
- **أساس فريني:**

معلم محلي $(M;\vec{u};\vec{n})$ متعامد وممنظم ينطبق أصله في كل لحظة مع موضع المتحرك M، متجهته الواحدية $\vec{u}$ مماسة للمسار وموجهة في منحى الحركة، ومتجهته الواحدية $\vec{n}$ متعامدة مع $\vec{u}$ وموجهة نحو تقعر المسار.

- **التسارع في أساس فريني:**

في حالة حركة مستوية نعبر عن التسارع في أساس فريني على الشكل:

$$\vec{a} = \vec{a_T} + \vec{a_n} = a_T.\vec{u} + a_n.\vec{n}$$



حيث:

$\vec{a_T}$ متجهة التسارع المماسي $a_T = \frac{dv}{dt}$ حيث v منظم السرعة اللحظية.

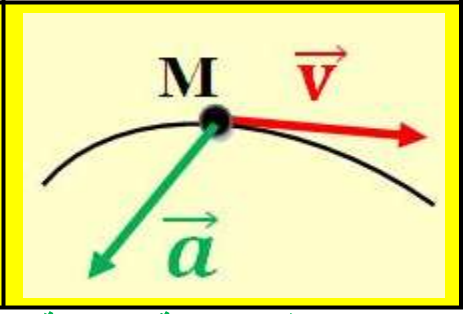
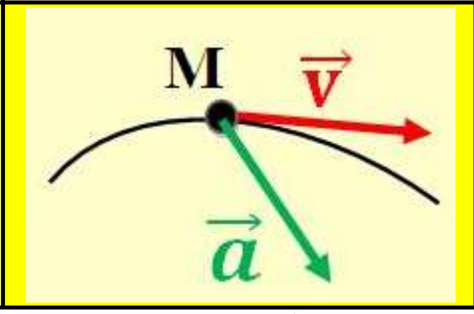
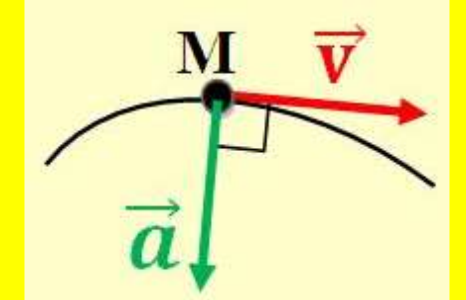
$\vec{a_n}$ متجهة التسارع المنظمي $a_n = \frac{v^2}{\rho}$ حيث ρ شعاع الأنحاء في M.

$$a = \|\vec{a}\| = \sqrt{a_T^2 + a_n^2}$$

5. طبيعة الحركة:

نحدد طبيعة حركة النقطة المتحركة من خلال الجداء السلمي للمتجهتين $\vec{a}$ و $\vec{v}$ بحيث يتعلق هذا الجداء السلمي بالزاوية المحصورة بين المتجهتين، أي: $\vec{a}.\vec{v} = \|\vec{a}\|.\|\vec{v}\|.cos(\vec{a};\vec{v})$.

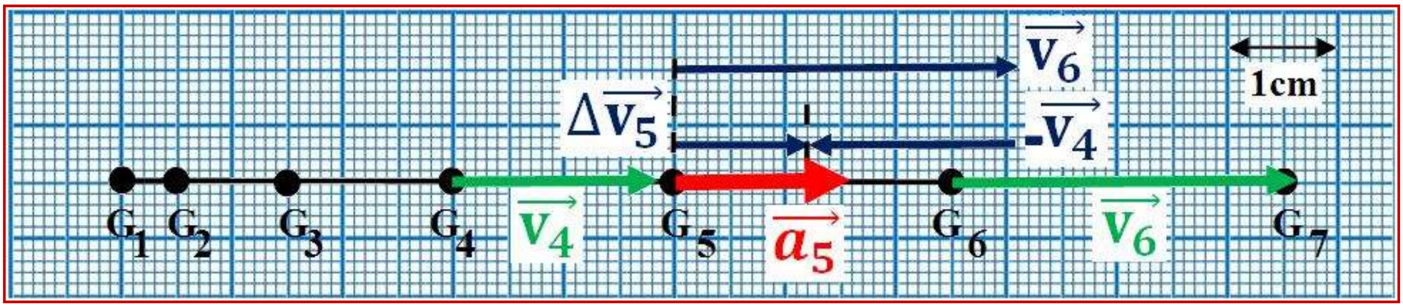
مما سبق نميز بين ثلاث حالات و ذلك حسب قيمة الزاوية المحصورة بين المتجهتين $\vec{a}$ و $\vec{v}$.

حركة متباطئة	حركة متسارعة	حركة منتظمة
		

6. تمثيل متجهة السرعة و التسارع :(تطبيق 2)

♦ **تمثيل متجهة السرعة و التسارع في حالة حركة مستقيم:**

نطلق حاملا ذاتيا بدون سرعة بدئية فوق منضدة هوائية مائلة بزاوية $\alpha=40°$ بالنسبة للمستوى الأفقي و نسجل حركة مركز قصوره G بعد ضبط مولد الشرارات على القيمة **τ=60ms** فنحصل على التسجيل التالي:



1) أحسب سرعة الحامل الذاتي عند النقطتين G_4 و G_6.

سرعة الحامل الذاتي عند النقطة G_4 هي: $v_4=\frac{M_3M_5}{2\tau}=\frac{3,5.10^{-2}}{2\times60\times10^{-3}}=0,29m/s$

سرعة الحامل الذاتي عند النقطة G_6 هي: $v_6=\frac{M_5M_7}{2\tau}=\frac{5,7.10^{-2}}{2\times60\times10^{-3}}=0,47m/s$

2) مثل متجهتي السرعة $\vec{v_4}$ و $\vec{v_6}$ باعتبار السلم $1cm\rightarrow0,15m/s$

نمثل $\vec{v_4}$ على الشكل بسهم طوله 1,9cm و $\vec{v_6}$ بسهم طوله 3,1cm.

3) مثل المتجهة $\Delta\vec{v_5}=\vec{v_6}-\vec{v_4}$ في النقطة G_5.

لدينا: $\Delta\vec{v_5}=\vec{v_6}-\vec{v_4}=\vec{v_6}+(-\vec{v_4})$ إذن نستنتج أن تمثيل $\Delta\vec{v_5}$ يتم بسهم طوله 1,2cm.

4) نعين التسارع باستعمال العلاقة التقريبية $\vec{a_i}=\frac{\vec{v_{i+1}}-\vec{v_{i-1}}}{2.\tau}$ أحسب منظم متجهة التسارع $\vec{a_5}$.

متجهة التسارع عند G_5: $\vec{a_5}=\frac{\vec{v_6}-\vec{v_4}}{2.\tau}=\frac{\Delta\vec{v_5}}{2.\tau}$ منظمها: $\vec{a_5}=\frac{\|\Delta\vec{v_5}\|}{2.\tau}=\frac{0,18}{2\times60\times10^{-3}}=1,5m/s^2$

5) مثل المتجهة $\vec{a_5}$ في النقطة G_5 باستعمال السلم $1cm\rightarrow0,9m/s^2$

نمثل $\vec{a_5}$ على الشكل بسهم طوله 1,6 cm.

♦ **تمثيل متجهة السرعة و التسارع في حالة حركة منحنية:**

نربط الحامل الذاتي مع قطعة معدنية بواسطة خيط غير مرن ثم نرسله و نسجل حركة مركز قصوره G بعد ضبط مولد الشرارات على القيمة **τ=60ms** فنحصل على التسجيل أسفله.

6) أحسب سرعة الحامل الذاتي عند النقطتين G_4 و G_6.

سرعة الحامل الذاتي عند النقطة G_4 هي: $v_4=\frac{M_3M_5}{2\tau}=\frac{2,2.10^{-2}}{2\times60\times10^{-3}}=0,73m/s$

سرعة الحامل الذاتي عند النقطة G_6 هي: $v_6=\frac{M_5M_7}{2\tau}=\frac{2,4.10^{-2}}{2\times60\times10^{-3}}=0,8m/s$

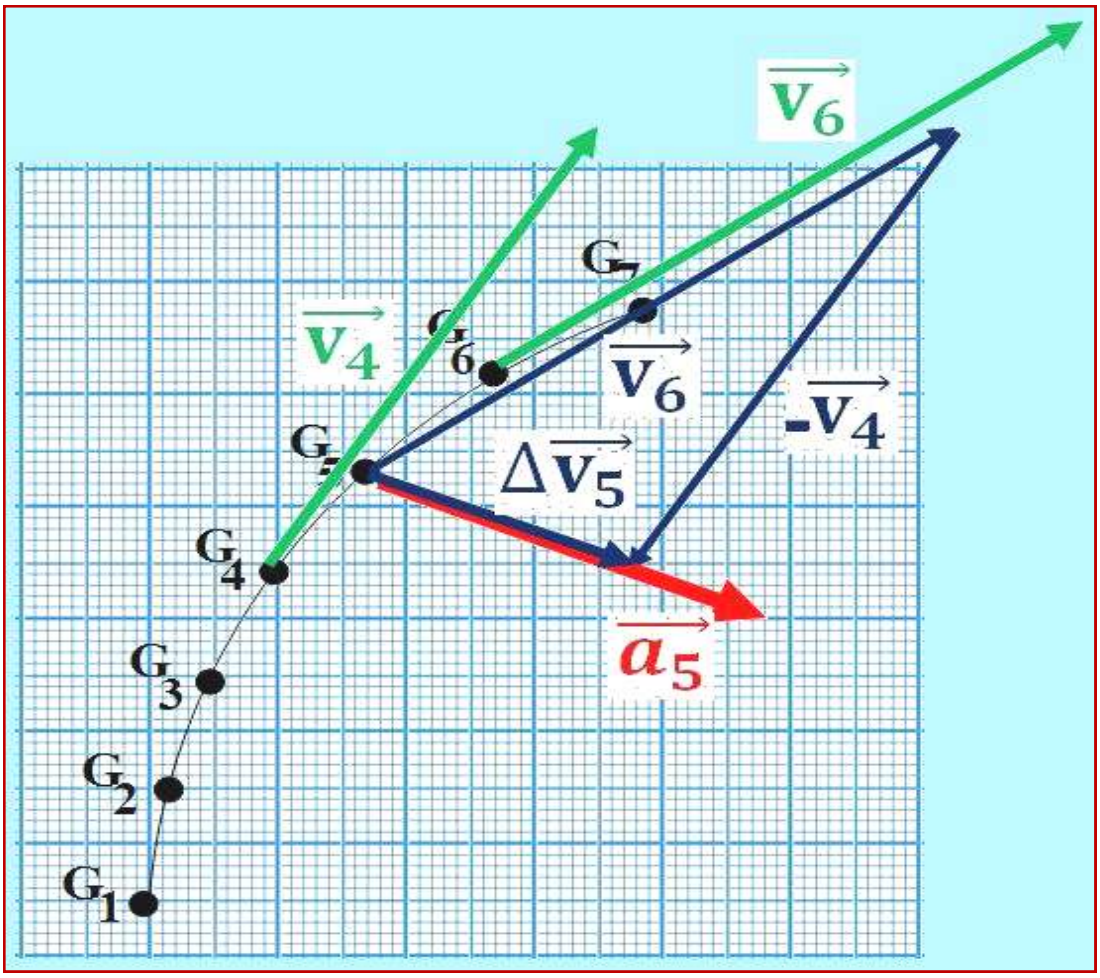
7) مثل متجهتي السرعة $\vec{v_4}$ و $\vec{v_6}$ باعتبار السلم $1cm\rightarrow0,15m/s$

نمثل $\vec{v_4}$ على الشكل بسهم طوله 4,8cm و $\vec{v_6}$ بسهم طوله 5,3cm.

8) مثل المتجهة $\Delta\overrightarrow{v_5} = \overrightarrow{v_6} - \overrightarrow{v_4}$ في النقطة G_5.
لدينا: $\Delta\overrightarrow{v_5} = \overrightarrow{v_6} - \overrightarrow{v_4} = \overrightarrow{v_6} + (-\overrightarrow{v_4})$ إذن نستنتج تمثيل $\Delta\overrightarrow{v_5}$ يتم بسهم حسب علاقة شال طوله 2,4cm.
أي أن: $\|\Delta\overrightarrow{v_5}\| = 0,36m/s$

9) نعين التسارع باستعمال العلاقة التقريبية $\overrightarrow{a_i} = \frac{\overrightarrow{v_{i+1}} - \overrightarrow{v_{i-1}}}{2.\tau}$ أحسب منظم متجهة التسارع $\overrightarrow{a_5}$.
متجهة التسارع عند G_5: $\overrightarrow{a_5} = \frac{\overrightarrow{v_6}-\overrightarrow{v_4}}{2.\tau} = \frac{\Delta\overrightarrow{v_5}}{2.\tau}$ منظمها: $\overrightarrow{a_5} = \frac{\|\Delta\overrightarrow{v_5}\|}{2.\tau} = \frac{0,36}{2\times60\times10^{-3}} = 3m/s^2$

10) مثل المتجهة $\overrightarrow{a_5}$ في النقطة G_5 باستعمال السلم $1cm \rightarrow 0,9m/s^2$
نمثل $\overrightarrow{a_5}$ على الشكل بسهم طوله 3,3 cm



II. الحركة المستقيمية.

1. الحركة المستقيمية المنتظمة:

أ. تعريف:

نقول إن **الحركة المستقيمة منتظمة** إذا كان **المسار مستقيمي** و **متجهة السرعة ثابتة** $\vec{v} = \overrightarrow{cte} \neq \vec{0}$ أي متجهة التسارع منعدمة $\vec{a} = \vec{0}$.

ب. المعادلة الزمنية للحركة:

في الحركة المستقيمية نختار معلم الفضاء $R(O;\vec{i})$ منطبق مع مسار المتحرك بحيث تكتب متجهة الموضع كما يلي: $\overrightarrow{OM} = x.\vec{i}$

نعلم أن: $v = \frac{dx}{dt}$ و عن طريق التكامل والاستعانة بالشروط البدئية نحصل على **المعادلة الزمنية للحركة المستقيمية المنتظمة**: $x(t) = v.t + x_0$ والتي تمثل أفصول المتحرك عند لحظة t بحيث : x_0 أفصول المتحرك عند اللحظة t=0 بالمتر و v سرعته بـ (m/s).

2. الحركة المستقيمية المتغيرة بانتظام:
أ. تعريف:

نقول إن **الحركة مستقيمية متغيرة بانتظام** إذا كان **المسار مستقيمي** و **متجهة التسارع ثابتة** $\vec{a} = \overrightarrow{cte} \neq \vec{0}$.

ب. المعادلة الزمنية للحركة:

في الحركة المستقيمية نختار معلم الفضاء $R(O;\vec{i})$ منطبق مع مسار المتحرك بحيث تكتب متجهة الموضع كما يلي: $\overrightarrow{OM} = x.\vec{i}$

نعلم أن: $a = \frac{dv}{dt}$ و عن طريق التكامل والاستعانة بالشروط البدئية نحصل على **المعادلة الزمنية لسرعة المتحرك:** $\mathbf{v(t) = a.t + v_0}$ والتي تمثل سرعة المتحرك عند لحظة t بحيث: v_0 سرعة المتحرك عند اللحظة t=0 بـ (m/s) و a تسارعه بـ (m/s^2).

و نعلم أن: $v = \frac{dx}{dt}$ و عن طريق التكامل والاستعانة بالشروط البدئية نحصل على **المعادلة الزمنية للحركة المستقيمية المنتظمة:** $\mathbf{x(t) = \frac{1}{2}.a.t^2 + v_0.t + x_0}$ والتي تمثل أفصول المتحرك عند لحظة t بحيث: x_0 و v_0 يمثلان كل من أفصول المتحرك و سرعته عند اللحظة t=0 و a تسارعه بـ (m/s^2).

III. قوانين نيوتن.
1. القوى الداخلية و القوى الخارجية:

بعد تحديد المجموعة المدروسة تقسم القوى التي تم جردها إلى قسمين و هما:

- **القوى الداخلية:** هي القوى المطبقة من طرف جسم ينتمي إلى المجموعة المدروسة على جسم أخر ينتمي إلى المجموعة نفسها.
- **القوى الخارجية:** القوى المطبقة من طرف جسم لا ينتمي إلى المجموعة على جسم ينتمي إليها.

ملاحظة:

- إذا كانت المجموعة لا تخضع إلى أي تأثير نقول أنها **معزولة ميكانيكا**.
- إذا كان مجموع التأثيرات الخارجية المطبقة على مجموعة منعدم نقول أنها **شبه معزولة ميكانيكا**.

2. القانون الأول لنيوتن (مبدأ القصور):

نـــص الــقــانــون

في م علم غاليلي، إذا كان مجموع القوى الخارجية المطبقة على جسم صلب يساوي المتجهة المنعدمة $(\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0})$. فإن متجهة السرعة لمركز القصور G للجسم الصلب ثابتة $(\vec{v_G} = \overrightarrow{cte})$، أي إما أن يكون الجسم في حالة سكون $(\vec{v_G} = \vec{0})$ أو في حالة حركة مستقيمية منتظمة $(\vec{v_G} = \overrightarrow{cte} \neq \vec{0})$.

ملاحظة:

- المراجع التي يتحقق فيها مبدأ القصور هي وحدها التي تعتبر مراجع غـــالـــيـلـية بحيث أن أفضل مرجع غاليلي هو معلم كوبيرنيك (أصله منطبق مع مركز الشمس ومحاوره الثلاثة موجهة نحو ثلاثة نجوم ثابتة).
- كل مرجع في حركة مستقيمية منتظمة بالنسبة لمرجع كوبيرنيك يعتبر مرجعا غاليليا. (مثالا على ذلك المرجع المركزي الأرضي، والمرجع الأرضي و ذلك بالنسبة لحركات مددها قصيرة).

3. القانون الثاني لنيوتن (المبدأ الأساسي للتحريك):

نــص الــقــانــون

في مرجع غاليلي يساوي مجموع القوى الخارجية المطبقة على جسم صلب ، جداء كتلة هذا الجسم m ومتجهة تسارع مركز قصوره G، بحيث:

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m.\overrightarrow{a_G}$$

4. القانون الثلث لنيوتن (مبدأ التأثيرات المتبادلة):

نــص الــقــانــون

إذا كان جسمان A وB في تأثير بيني (بتماس أو عن بعد) بحيث يطبق الجسم A قوة $\overrightarrow{F_{A/B}}$ على الجسم B، فإن الجسم B يطبق بدوره قوة $\overrightarrow{F_{B/A}}$ على الجسم A بحيث تتحقق العلاقة $\overrightarrow{F_{A/B}} = -\overrightarrow{F_{B/A}}$ سواء كان الجسمان A وB ساكنين أو متحركين.

IV. تطبيقات للقانون الثاني لنيوتن.

مراحل تطبيق القانون الثاني لنيوتن:

- تحديد المجموعة المدروسة.
- جرد القوى الخارجية و تمثيلها على الشكل.
- كتابة العلاقة المتجهية المعبرة عن القانون الثاني لنيوتن بالنسبة المجموعة المدروسة.
- اختيار معلم متعامد ممنظم ملائم للدراسة.
- إسقاط العلاقة المعبرة عن قانون الثاني لنيوتن في هذا المعلم.
- الإجابة عن الأسئلة بالاعتماد على الإسقاطات.

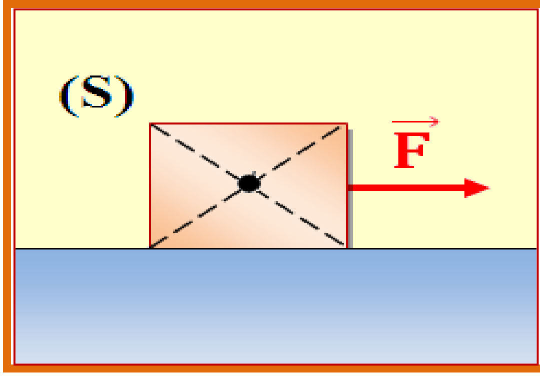
1. حركة جسم صلب فوق مستوى أفقي بدون احتكاك:

الأسئلة

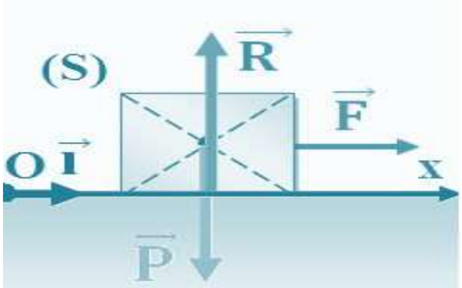
نعتبر جسما صلبا كتلته m=500g يتحرك بدون احتكاك فوق مستوى أفقي تحت تأثير قوة أفقية ثابتة $\vec{F}$ كما يبين الشكل جانبه شدتها F=5N. (g = 10N/kg)

1) بتطبيق القانون الثاني لنيوتن أوجد تسارع الجسم.

2) بحذف تأثير الخيط على الجسم كيف تصبح حركة هذا الأخير؟



الأجوبة



1) المجموعة المدروسة {الجسم (S)}.

جرد القوى: $\vec{P}$ الوزن - $\vec{R}$ تأثير السطح - $\vec{F}$ قوة الجر.

حسب القانون الثاني لنيوتن لدينا: $\vec{P}+\vec{R}+\vec{F}=m\vec{a_G}$ (1)

نختار معلم الفضاء $R(O;\vec{i})$ لدراسة حركة الجسم ، ثم نقوم بإسقاط العلاقة (1) على المحور (Ox) فنجد:

$$(2)\ P_x + R_x + F_x = m.a_x$$

بما أن $\vec{P}$ و $\vec{R}$ عموديتين على (Ox) فإن: $P_x=R_x=0$ و بما أن $\vec{F}$ أفقية و لها نفس منحى $\vec{i}$ فإن: $F_x=+F$

ومنه تصبح العلاقة (2) كما يلي: $F=m.a_x$ و بما أن الحركة تتم وفق (Ox) فإن $a_x=a_G$

ومنه: $F=m.a_G$ أي $a_G=F/m=5/(500.10^{-3})$ و بالتالي تسارع الجسم هو: $a_G=10m/s^2$

2) بعد حذف تأثير الخيط يصبح لدينا $a_x=a_G=0$ أي السرعة ثابتة وبالتالي تصبح حركة الجسم حركة مستقيمية منتظمة.

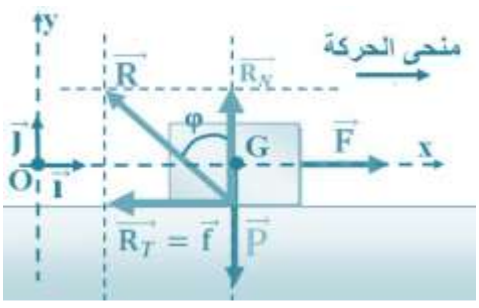
2. حركة جسم صلب فوق مستوى أفقي باحتكاك:

الأسئلة

يتحرك جسم صلب (S) كتلته m=500g فوق سكة أفقية بفضل قوة ثابتة $\vec{F}$ لها نفس منحى الحركة و شدتها F=5N يتم التماس بين (S) و السكة باحتكاك، نماثل الاحتكاكات بقوة ثابتة $\vec{f}$ موازية للسكة و لها منحى معاكس لمنحى الحركة و شدتها $R_T=f=2N$. ($g=10N/kg$)(نفس الشكل السابق)

1) مثل على تبيانة القوى المطبقة على (S) .
2) أوجد تعبير التسارع a_G بدلالة F و f و m ثم أحسب قيمته.
3) أوجد تعبير المركبة المنظمية R_N لتأثير السكة على الجسم بدلالة m و g ثم أحسب قيمتها.
4) أوجد تعبير R شدة القوى المطبقة من طرف السكة على الجسم (S) بدلالة m و g و f و أحسب قيمتها.
5) أوجد قيمة معامل الاحتكاك k، و استنتج زاوية الاحتكاك φ؟

الأجوبة



1) المجموعة المدروسة {الجسم (S)}.

جرد القوى: $\vec{P}$ الوزن; $\vec{R}=\vec{R_N}+\vec{f}$ تأثير السطح ; $\vec{F}$ قوة الجر.

2) حسب القانون الثاني لنيوتن لدينا: $\vec{P}+\vec{R}+\vec{F}=m\vec{a_G}$ أي

أن: $\vec{P}+\vec{R_N}+\vec{f}+\vec{F}=m\vec{a_G}$ (1)

نختار معلم الفضاء $R(O;\vec{i};\vec{j})$ لدراسة حركة الجسم،وبما أن الحركة لا تتم على المحور (Oy) فإن $a_y=0$ لذلك نقوم بإسقاط العلاقة (1) على المحور (Ox) فنجد: $(2)\ P_x + R_{Nx}+f_x + F_x = m.a_x$

بما أن $\vec{P}$ و $\vec{R_N}$ عموديتين على (Ox) فإن: $P_x=R_{Nx}=0$ ومنه $F - f = m.a_x$

أي أن: $a_G=\frac{F-f}{m}$ أي $a_G=\frac{5-2}{500\times10^{-3}}$ و بالتالي تسارع الجسم هو: $a_G=6m/s^2$

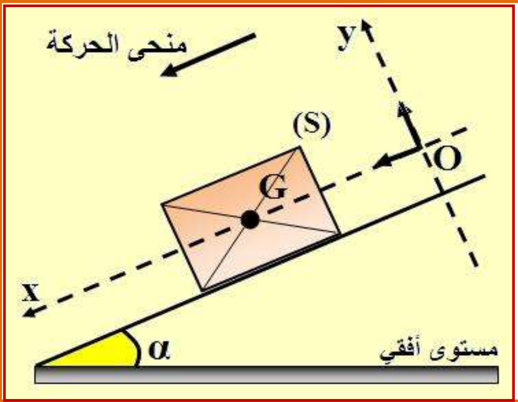
3) نلاحظ أن $\vec{R_N}$ عمودية على محور الأفاصيل لذلك سنقوم بإسقاط العلاقة (1) على المحور (Oy) أي: $P_y + R_{Ny}+f_y + F_y = m.a_y$ أي $-mg+R_N=0$ أي $R_N=mg$ ت.ع $R_N=500.10^{-3}.10$ ومنه: $R_N=5N$

4) بما أن: $\vec{R}=\vec{R_N}+\vec{f}$ فإن $R=\sqrt{R_N^2+f^2}$ أي $R=\sqrt{(m.g)^2+f^2}$ ت.ع: ومنه: R=5,39N

5) معامل الاحتكاك k : $k=tan\varphi=\frac{R_T}{R_N}$ أي k=0,4 أي tanφ=0,4 ومنه زاوية الاحتكاك هي: φ=21,8°

3. حركة جسم صلب فوق مستوى مائل بدون احتكاك:

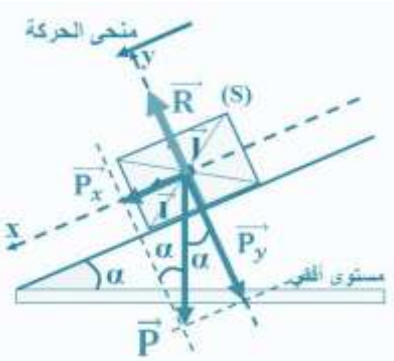
الأسئلة



ينزلق جسم صلب كتلته m=80kg فوق مستوى مائل بزاوية $\alpha=12°$ بالنسبة للخط الأفقي بدون احتكاك . نعطي $g=10m/s^2$.

1) تطبيق القانون الثاني لنيوتن أوجد تسارع الجسم.
2) استنتج طبيعة الحركة؟
3) أوجد شدة القوة المطبقة من طرف السطح المائل؟

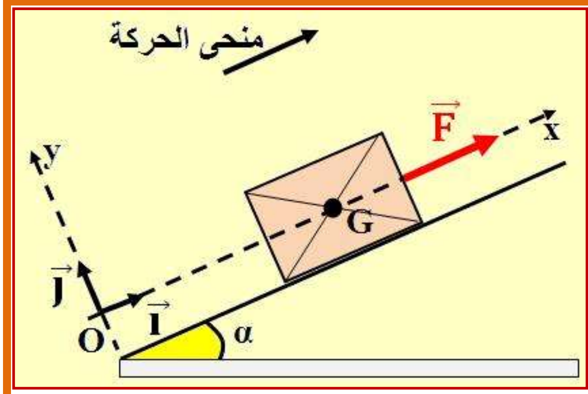
الأجوبة



1) المجموعة المدروسة {الجسم (S)}.
جرد القوى: $\vec{P}$ الوزن; $\vec{R}$ تأثير السطح.
حسب القانون الثاني لنيوتن لدينا: $\vec{P}+\vec{R}=m\vec{a_G}$ (1)
نختار معلم الفضاء $R(O;\vec{i};\vec{j})$ لدراسة حركة الجسم، وبما أن الحركة لا تتم على المحور (Oy) فإن $a_y=0$ لذلك نقوم بإسقاط العلاقة (1) على المحور (Ox) فنجد: $P_x+R_x=m.a_x$ (2)
بما أن $\vec{R}$ عمودية على (Ox) فإن: $R_x=0$ ولدينا: $\sin\alpha=P_x/P$ أي $P_x=mg.\sin\alpha$ ومنه تصبح العلاقة (2) كما يلي: $mg.\sin\alpha=ma_G$ أي أن $a_G=g.\sin\alpha$ ت.ع $a_G=$ 10.sin12 و بالتالي تسارع الجسم هو: $a_G=2{,}08\ m/s^2$
2) بما أن تسارع الجسم ثابت يخالف 0 و المسار مستقيمي فإن حركة الجسم حركة مستقيمية متغيرة بانتظام.
3) نقوم بإسقاط العلاقة (1) على المحور (Oy) أي: $R_y+P_y=m.a_y=0$ (3) نلاحظ أن $\vec{R}$ موازية للمحور (Oy) و لها نفس منحى $\vec{j}$ إذن $R_y=R$
ولدينا: $\cos\alpha=(-P_y)/P$ ومنه: $P_y=-mg\cos\alpha$ ومنه تصبح المعادلة (3) كالتالي: $R-mg.\cos\alpha=0$ أي أن: $R=mg.\cos\alpha$ ت.ع $R=80.10.\cos12$ ومنه: $R=783N$.

4. حركة جسم صلب فوق مستوى مائل باحتكاك:

الأسئلة



نجر جسما صلبا (S)كتلته m=80kg فوق مستوى مائل بزاوية $\alpha=12°$ بواسطة حبل يطبق عليه قوة $\vec{F}$ ثابتة كما يبين الشكل نعطي: $g=10m/s^2$ و $a=2m/s^2$ و k=0,25. ينطلق الجسم بدون سرعة بدئية.

1) بتطبيق القانون الثاني لنيوتن أوجد قيمة R_N شدة المركبة المنظمية بتأثير سطح التماس، ثم استنتج قيمة R_T؟
2) أحسب شدة القوة $\vec{F}$ ؟
3) استنتج تعبير سرعة الجسم بدلالة الزمن.
4) أكتب بدلالة الزمن المعادلة الزمنية x(t) لحركة مركز قصور الجسم باعتبار النقطة O هي موضع G عند اللحظة t=0.

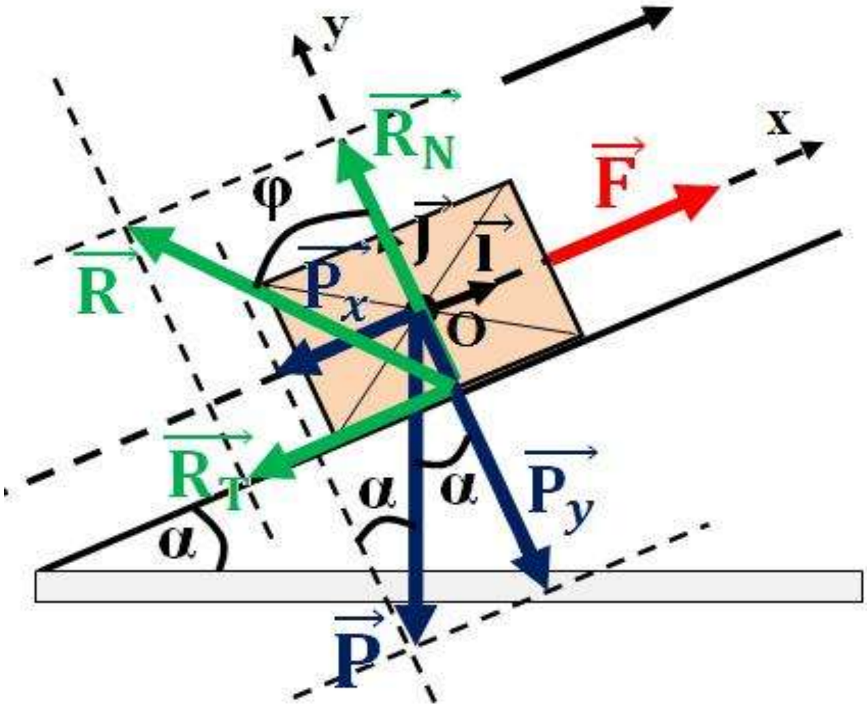
الأجوبة

1) المجموعة المدروسة {الجسم (S)}.

جرد القوى: $\vec{P}$ الوزن؛ $\vec{R} = \overrightarrow{R_N} + \overrightarrow{R_T}$ تأثير السطح ; $\vec{F}$ قوة الجر.

حسب القانون الثاني لنيوتن لدينا: $\vec{P} + \overrightarrow{R_N} + \overrightarrow{R_T} + \vec{F} = m\overrightarrow{a_G}$ (1)

نختار معلم الفضاء $R(O;\vec{i};\vec{j})$ لدراسة حركة الجسم.



نلاحظ أن $\overrightarrow{R_N}$ عمودية على (Ox) أي أن إسقاطها على هذا المحور منعدم لذلك نسقط العلاقة (1) على المحور (Oy) لتحديد شدة $\overrightarrow{R_N}$ و بما أن الحركة لا تتم على (Oy) فإن $a_y = 0$ و منه تصبح العلاقة كما يلي:

$P_y + R_{Ny} + R_{Ty} + F_y = m.a_y$ أي $-mg.\cos\alpha + R_N + 0 + 0 = 0$ أي أن $R_N = mg.\cos\alpha$ ت.ع نجد

$R_N = 80.10.\cos 12$ ومنه: $R_N = 783N$

نعلم أن: $k = \tan\varphi = R_T/R_N$ أي أن $R_T = k.R_N$ ت . ع نجد: $R_T = 0,25.783$ ومنه: $R_T = 196N$.

2) نقوم بإسقاط العلاقة (1) على المحور (Ox) أي: $-mg.\sin\alpha - R_T + 0 + F = m.a_x$

أي أن: $F = ma_G + mg.\sin\alpha + R_T$ أي: $F = m(a_G + g.\sin\alpha) + R_T$ ت ع $F = 80(2 + 10\sin 12) + 196$

ومنه نجد: $F = 522N$.

3) بما أن تسارع الجسم ثابت يخالف 0 فإن الحركة مستقيمية متغيرة بانتظام أي ان تعبير السرعة بدلالة الزمن تكتب كما يلي : $v(t) = a_G.t + v_0$ و بما أ ن الجسم انطلق بدون سرعة بدئية فإن $v_0 = 0$ إن $v(t) = 2.t$.

4) بما أن الحركة مستقيمية متغيرة بانتظام فإن أفصول المتحرك x بدلالة الزمن يكتب كما يلي:

$x(t) = 0,5.a_G.t^2 + v_0.t + x_0$ و بما أن الجسم انطلق من O أصل المعلم بدون سرعة بدئية فإن $x_0 = 0$ و$v_0 = 0$ و بالتالي فإن المعادلة الزمنية لحركة المتحرك هي: $x(t) = t^2$.

قوانين نيوتن