بسم الله الرحمن الرحيم

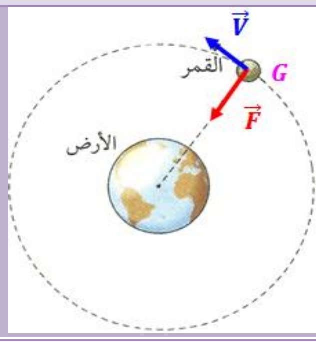
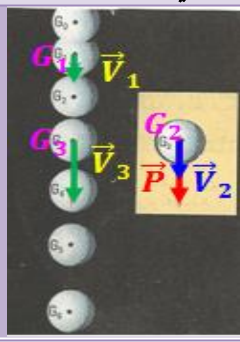
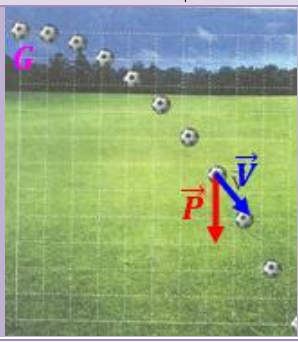
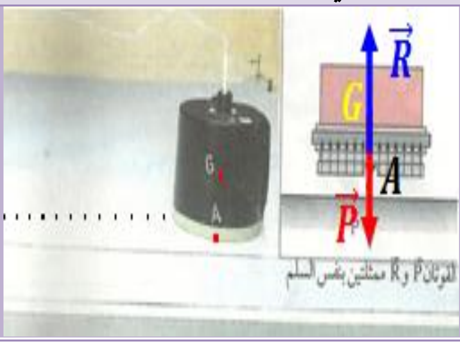
الجذع المشترك
الفيزياء
جزء الميكانيك

مبدأ القصور
Principe d'inertie

المحور الثاني : الحركة
الوحدة 4
4 س

1- مفعول القوة على حركة جسم صلب :

1-1- نشاط :

شكل 1 : حركة القمر حول الأرض	شكل 2 : سقوط رأسي لكرة الكولف	شكل 3 : سقوط شلجمي لكرة القدم	شكل 4 : حركة المفجر المركزي A لحامل ذاتي فوق منضدة أفقية
			

أ- اعط تعبير $\sum \vec{F}$ مجموع متجهات القوى المطبقة على الجسم المتحرك في كل شكل .

بالنسبة للشكل1: $\sum \vec{F} = \vec{F}$ وبالنسبة للشكلين 2 و3: $\sum \vec{F} = \vec{P}$ وبالنسبة للشكل4: $\sum \vec{F} = \vec{P} + \vec{R}$

ب- بمقارنتك لاتجاهي $\vec{V}$ و $\sum \vec{F}$ في الأشكال 1 و 2 و 3 ، استنتج متى تكون حركة الجسم : مستقيمية – منحنية – دائرية ؟

تكون حركة الجسم **مستقيمية** إذا كان لـ $\vec{V}$ و $\sum \vec{F}$ نفس الاتجاه (أي $\sum \vec{F} \parallel \vec{V}$) .

تكون حركة الجسم **دائرية** إذا كانت $\vec{V}$ عمودية على $\sum \vec{F}$ (أي $\sum \vec{F} \perp \vec{V}$) .

تكون حركة الجسم **منحنية** إذا كانت الزاوية α التي تشكلها $\vec{V}$ و $\sum \vec{F}$ تحقق $k \in \mathbb{Z}$ $\alpha \neq k.\frac{\pi}{2}$.

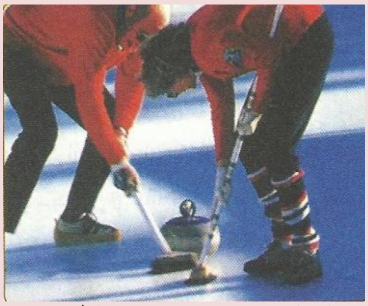
ج- في أي حالة يكون الجسم شبه معزول ميكانيكيا (أي $\sum \vec{F} = \vec{0}$) ، استنتج طبيعة حركة الجسم .

الحامل الذاتي في الشكل 4 شبه معزول ميكانيكيا و هو في **حركة مستقيمية منتظمة** .

د- هل يمكن لجسم أن يكون في حركة في غياب وجود قوة ؟

نعم ، يمكن للجسم أن يكون في حركة في غياب وجود قوة .

1-2- خلاصة :



يعمل اللاعبان على مسح الطريق أمام الرمية المتحركة حتى تحافظ على حركتها

يمكن للقوة أن تغير مسار حركة جسم أو سرعته أو هما معا .

اعتقد أرسطو أن القوة ضرورية للحفاظ على ثبات سرعة جسم متحرك على مستوى أفقي ، إلى أن جاء غاليلي وأثبت أن حركة جسم على مستوى أفقي أملس (احتكاكات مهملة) ليست في حاجة إلى قوة لتبقى مستقيمية منتظمة .

بالنسبة للجسم المرجعي الأرضي ، إذا كان جسم صلب يخضع لقوى متوازنة (أي $\sum \vec{F} = \vec{0}$) فهذا لا يعني بالضرورة غياب الحركة ، إذ يمكن للجسم أن يكون في إحدى الحالتين :

- الجسم في **سكون** أي $\vec{V} = \vec{0}$.
- الجسم في **حركة إزاحة مستقيمية منتظمة** أي $\vec{V} = \overrightarrow{Cte}$.

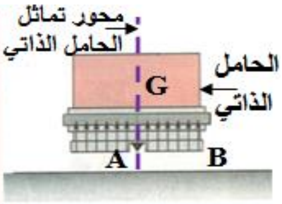
ملحوظة :

إذا كان لمتجهة القوى المطبقة على جسم ولمتجهة سرعته اتجاهان متعامدان فإن **حركته تكون دائرية** .

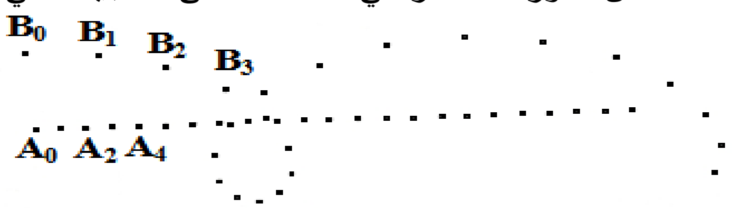
إذا كان لمتجهة القوى المطبقة على جسم ولمتجهة سرعته نفس الاتجاه فإن **حركته تكون مستقيمية** .

2- مركز قصور جسم صلب :

2-1- نشاط :



نرسل دائريا حاملا ذاتيا على منضدة هوائية أفقية مزودا بمفجرين أحدهما مثبت في نقطة B من جانب الحامل الذاتي و الأخر في نقطة A من محور تماثله الرأسي ، فنحصل على التسجيل التالي :

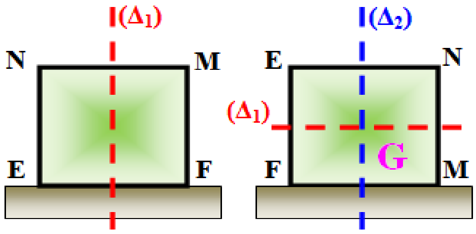


أ- قارن بين مساري النقطتين A و B .

مسار النقطة B منحني بينما مسار النقطة A مستقيمي .

ب- ما طبيعة الحركة A ؟ استنتج طبيعة حركة نقط محور التماثل الرأسي للحامل الذاتي المار من A .

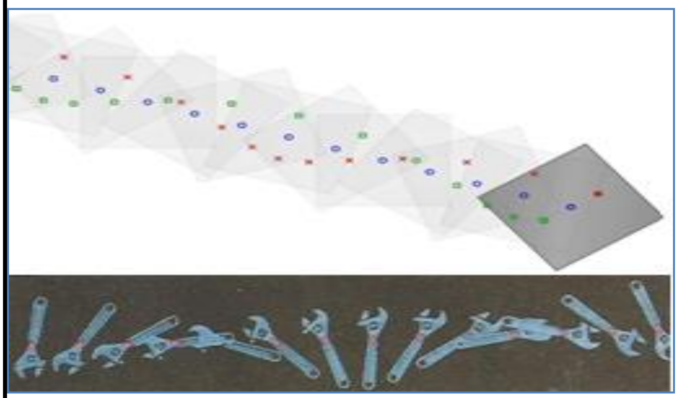
بما أن المسار مستقيمي و المسافات المقطوعة خلال نفس المدة الزمنية متقايسة فإن حركة النقطة A مستقيمية منتظمة و ينطبق هذا على جميع النقط التي تنتمي إلى محور التماثل الرأسي للحامل الذاتي المار من A .



ج- إذا تصورنا حاملا ذاتيا بإمكانه التحرك على مختلف الأوجه فوق منضدة هوائية أفقية فإنه عندما يتحرك الحامل الذاتي على الوجه **EF** تكون حركة نقط تماثله الرأسي (Δ_1) مستقيمية منتظمة و عندما يتحرك الحامل الذاتي على الوجه **FM** تكون حركة نقط تماثله الرأسي (Δ_2) مستقيمية منتظمة . ماذا تلاحظ ؟

نلاحظ أن نقطة تقاطع المحورين (Δ_1) و (Δ_2) هي النقطة الوحيدة التي تكون حركتها دائما مستقيمية منتظمة كيفما كان الوجه الذي يتحرك عليه الحامل الذاتي و تسمى هذه النقطة مركز قصور الحامل الذاتي و نرمز له بالحرف G .

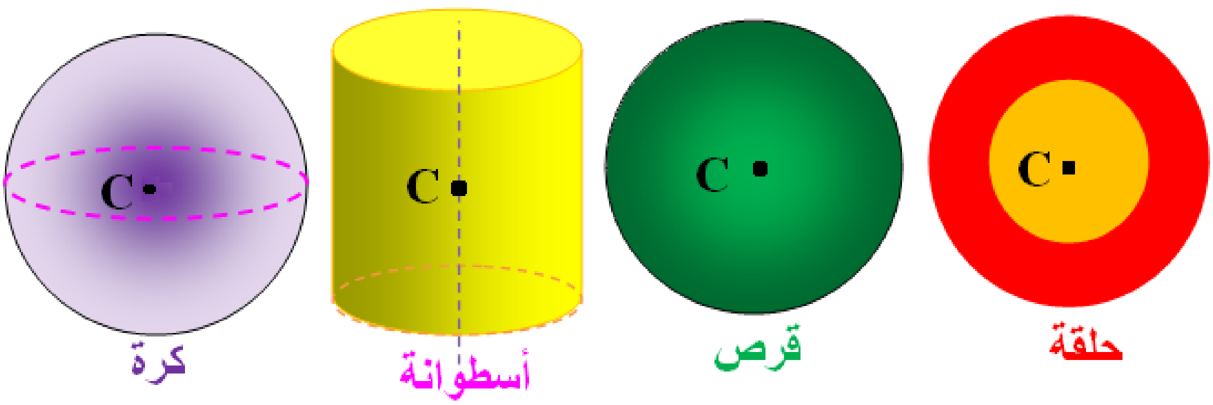
2-2- خلاصة :

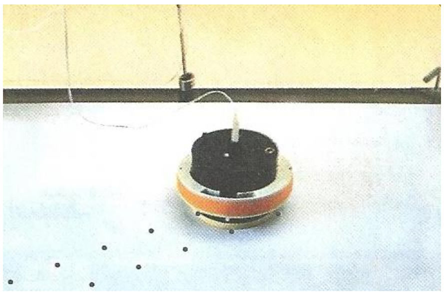


يتوفر كل جسم صلب على نقطة **خاصة و وحيدة** تنفرد عن باقي نقطه **بحركة خاصة** و هي نقطة تقاطع محاوره التماثلية وتسمى **مركز قصور الجسم** ويرمز لها بـ G .

عندما يكون هذا الجسم **شبه معزول ميكانيكيا** بالنسبة للمرجع الأرضي فإن مركز قصوره G ينفرد **بحركة مستقيمية منتظمة** .

أمثلة لمراكز قصور بعض الأجسام :

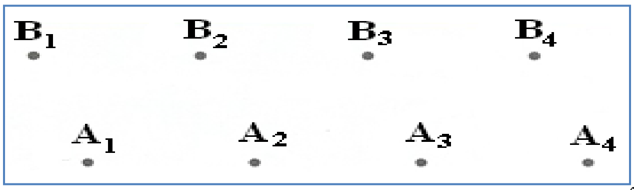




3- مبدأ القصور أو القانون الأول لنيوتن :

3-1- نشاط :

نرسل الحامل الذاتي فوق منضدة أفقية بحيث ينجز حركة إزاحة مستقيمية .
فنحصل على التسجيل التالي :



أ- قارن بين حركتي النقطتين A و B . ما طبيعة حركة G مركز قصور الحامل الذاتي ؟
حركتي النقطتين A و B مستقيمية منتظمة . وحركة مركز القصور G للحامل الذاتي هي أيضا مستقيمية منتظمة لأن G ينتمي إلى محور التماثل الرأسي للحامل الذاتي المار من A وبالتالي $\overrightarrow{V_G} = \overrightarrow{cte}$.

ب- اجرد القوى المطبقة على الحامل الذاتي أثناء حركته . حدد المجموع المتجهي لهذه القوى ؟
المجموعة المدروسة : {**الحامل الذاتي**}
جرد القوى : $\overrightarrow{P}$ وزن الحامل الذاتي و $\overrightarrow{R}$: القوة المطبقة من طرف المنضدة .
القوتان $\overrightarrow{P}$ و $\overrightarrow{R}$ تتوازنان أي $\overrightarrow{P} = -\overrightarrow{R}$ أي $\sum \overrightarrow{F} = \overrightarrow{P} + \overrightarrow{R} = \overrightarrow{0}$ ، نقول أن الحامل الذاتي شبه معزول ميكانيكيا لأن مجموع متجهة القوى المسلطة عليه منعدم .

ج- إذا تم اختيار الجسم المرجعي المرتبط بالنقطة B ، هل يتحقق الشرطان $\overrightarrow{V_G} = \overrightarrow{cte}$ و $\sum \overrightarrow{F} = \overrightarrow{0}$ ؟
حركة G بالنسبة لـ B هي حركة دائرية منتظمة إذن $\overrightarrow{V_G} \neq \overrightarrow{cte}$ وبالتالي $\sum \overrightarrow{F} \neq \overrightarrow{0}$.

3-2- نص مبدأ القصور :

في معلم غاليلي ، عندما يكون جسم صلب معزولا ميكانيكيا (لا يخضع لأي قوة) أو شبه معزول ميكانيكيا (أي $\sum \overrightarrow{F} = \overrightarrow{0}$) فإن $\overrightarrow{V_G} = \overrightarrow{cte}$ أي أن مركز قصور الجسم إما :

- **في سكون** $\overrightarrow{V_G} = \overrightarrow{0}$.
- **في حركة مستقيمية منتظمة** $\overrightarrow{V_G} = \overrightarrow{cte} \neq \overrightarrow{0}$.

ملحوظة :

- نسمي **معلما غاليليا كل معلم يتحقق فيه مبدأ القصور** .
- **لا يتحقق مبدأ القصور إلا بالنسبة لمعالم غاليلية** ، ويعتبر **المرجع الأرضي** معلما غاليليا إذا كانت مدة الحركة قصيرة ، كما يعتبر كل **جسم مرجعي ساكن** أو في **حركة إزاحة مستقيمية منتظمة** بالنسبة للمرجع الأرضي **معلما غاليليا** .
- نسمي حركة مركز قصور الجسم بالنسبة لمعلم غاليلي **الحركة الإجمالية** ، ونسمي حركة النقط الأخرى للجسم بالنسبة لمركز القصور **الحركة الخاصة** .

4- العلاقة المرجحية :

4-1- مركز الكتلة :

نسمي **مركز الكتلة** C لمجموعة مادية مكونة من نقط مادية A_i ذات كتلة m_i **مرجح** هذه النقط بحيث :

$$\sum_{i=1}^{n} m_i \overrightarrow{CA_i} = m_1 \overrightarrow{CA_1} + m_2 \overrightarrow{CA_2} + m_3 \overrightarrow{CA_3} + \cdots + m_n \overrightarrow{CA_n} = \overrightarrow{0}$$

ملحوظة :

يطابق **مركز الكتلة** C لمجموعة مادية **مركز قصورها** G وبالتالي نكتب : $\sum_{i=1}^{n} m_i \overrightarrow{GA_i} = \overrightarrow{0}$
بالنسبة للأجسام الصلبة المتجانسة (قضيب ، عارضة ، ...) ، ينطبق **مركز قصورها مع مركز ثقلها** .

4-2- العلاقة المرجحية :

ينطبق مركز الكتلة لمجموعة أجسام صلبة مع مركز قصورها G و هو في نفس الوقت مرجح مراكز الكتلة $G_1, G_2, \dots, G_n$ لكل من الأجسام المكونة لهذه المجموعة .

و بالنسبة لمعلم $(O, \vec{i})$ يعبر عن هذه العلاقة المرجحية كما يلي :

$$\left(\sum m_i\right).\overrightarrow{OG} = \sum\left(m_i.\overrightarrow{OG_i}\right)$$ أو $$\overrightarrow{OG} = \frac{\sum\left(m_i.\overrightarrow{OG_i}\right)}{\left(\sum m_i\right)}$$

برهنة :

$$\sum_{i=1}^{n}\left(m_i\overrightarrow{GG_i}\right) = \vec{0}$$

$$\Leftrightarrow \sum_{i=1}^{n} m_i\left(\overrightarrow{GO} + \overrightarrow{OG_i}\right) = \vec{0}$$

$$\Leftrightarrow \sum_{i=1}^{n} m_i\overrightarrow{OG} = \sum_{i=1}^{n} m_i\overrightarrow{OG_i}$$

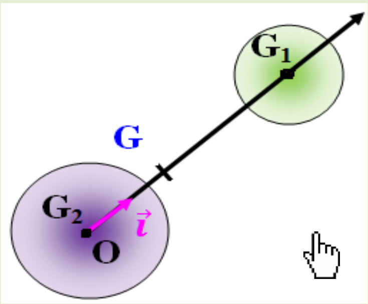
$$\Leftrightarrow \quad \overrightarrow{OG} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(m_i\overrightarrow{OG_i}\right)}{\sum_{i=1}^{n} m_i}$$

تـطـبـيـق :

نربط أسطوانتين (1) و (2) على التوالي كتلتاهما $m_1 = 100g$ و $m_2 = 200g$ برابطة متينة كتلتها مهملة وطولها $L = 12cm$.

نعتبر أن طرفي الرابطة متطابقين مع G_1 و G_2 مركزي قصور الأسطوانتين .

نطبق العلاقة المرجحية على المجموعة ونعتبر أن G هو مركز قصور المجموعة :



$$\overrightarrow{OG} = \frac{\sum\left(m_i.\overrightarrow{OG_i}\right)}{\left(\sum m_i\right)} = \frac{m_1\overrightarrow{OG_1} + m_2\overrightarrow{OG_2}}{m_1 + m_2}$$

نختار O منطبق مع G_2 أي $\overrightarrow{OG_2} = \vec{0}$ و $m_2 = 2m_1$

فإن العلاقة تصبح : $$\overrightarrow{G_2G} = \frac{m_1\overrightarrow{G_2G_1}}{3\,m_1} = \frac{\overrightarrow{G_2G_1}}{3}$$

إذن $$G_2G = \frac{L}{3}$$