

II - توازن جسم صلب خاضع لثلاثة قوى غير متوازية

1 - الدراسة التجريبية

العدة التجريبية

(أربع سبورات - أربع دينامومترات - حلقة ذات كتلة مهملة - خيوط - وأجهزة التثبيت على السبورة - مصابيح من أجل الحصول على صورة الحلقة في توازن بواسطة الإنعكاس الضوئي)

التوجيهات

* كل مجموعة تحاول أن توازن الحلقة بواسطة الدينامومترات على السبورة وتثبيت ورقة بيضاء وراء الحلقة وبواسطة الإنعكاس الضوئي نحصل على صورة الحلقة والخيوط الثلاث وذلك برسمها على الورقة البيضاء .
* نسجل القيم المشار إليها من طرف كل دينامومتر .

* نتائج التجربة

أ - جرد القوى المطبقة على الحلقة \vec{P} و \vec{F}_1 و \vec{F}_2 و \vec{F}_3
حساب شدة وزن الحلقة نستنتج أن شدة وزن الحلقة جد مهملة أمام شدة القوى الثلاث .

الحلقة في توازن تحت تأثير ثلاثة قوى .

ب - مميزات القوى

المميزات / القوى	\vec{F}_1	\vec{F}_2	\vec{F}_3
الاتجاه			
المنحى			
الشدة			

ج - ملاحظات

خطوط التأثير القوى الثلاث توجد في نفس المستوى : القوى الثلاث مستوائية .
خطوط التأثير تتقاطع في نفس النقطة : الخطوط متلاقية
تمثيل المجموع المتجهي للقوى الثلاث :

توجيهات : استعمال المثلث القائم الواوية والمنقلة لإراحة

المتجهات والحصول على المجموع المتجهي تسمى هذه الطريقة بالهندسية .

الإنتشاء الهندسي المحصل عليه يسمى بالخط المضلعي للثلاث .

وحسب الشكل المحصل عليه فالخط المضلعي للقوى الثلاث مغلق أي أن مجموع متجهات القوى الثلاث يساوي متجهة منعدمة .

2 - الشرط الأول لتوازن جسم صلب خاضع لثلاث قوى غير متوازية .

عندما يكون جسم صلب في توازن تحت تأثير ثلاث قوى غير متوازية فإن :

المجموع المتجهي لهذه القوى منعدم $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$ شرط

لازم لسكون مركز قصور الجسم

- خطوط تأثيرها مستوية وغير متلاقية شرط لازم لغياب الدوران في حالة تحقق الشرط الأول .
ملحوظة : هذان الشرطان لازم لتوازن جسم صلب تحت تأثير ثلاث قوى وغير كافيين .

3 - تطبيق 1 : قوة الاحتكاك

نضع على لوحة خشبية قطعة من خشب S كتلتها 300g . نطبق عليها قوة \vec{F} بواسطة دينامومتر بحيث تبقى القطعة S في حالة توازن . يشير الدينامومتر إلى قيمة 3N .

1 - اجد القوى المطبقة على الجسم

2 - باستعمال السلم $IN \Leftrightarrow Icm$ مثل الخط المضلعي للقوى المطبقة على القطعة S .

استنتج مميزات القوة المطبقة من طرف اللوحة الخشبية على القطعة S . وكذلك طبيعة التماس بين الجسم S والسطح .

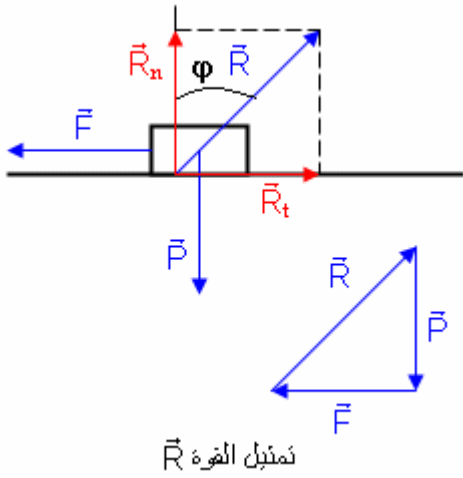
3 - حدد الشدة R_f لقوة الاحتكاك \vec{R}_f (المركبة المماسية للقوة \vec{R}) وقارنها بشدة القوة \vec{F} المطبقة من طرف الدينامومتر .

4 - بواسطة الدينامومتر نحدد تجريبيًا شدة قوة الاحتكاك خلال الحالات الميكانيكية التالية .

F(N)	2,0	3,0	5,0	5,1	5,2
الحالة الميكانيكية	توازن	توازن	توازن	حركة	حركة

حدد الشدة الحدية لقوة الاحتكاك التي يختل عندها توازن القطعة S .

باستعمال الطريقة الميانية حدد قيمة زاوية الاحتكاك الساكن φ_0
 5 - ماذا يحدث لشدة القوة \vec{F} إذا غيرنا طبيعة السطح .



1 - جرد القوى المطبقة على S :
 \vec{P} و \vec{R} و \vec{F}
 تحديد مميزات القوى \vec{P} و \vec{F}

المميزات / القوى	\vec{P}	\vec{F}
الاتجاه		
المنحى		
الشدة		

باستعمال الطريقة الميانية يمكن تحديد مميزات القوة \vec{R} (أنظر التمثيل الهندسي)
 استنتاج : اتجاه القوة \vec{R} غير عمودي على السطح أي يكون زاوية مع الخط المنظمي على المستوى الأفقي . هناك احتكاك بين سطح اللوحة الخشبية والقطعة S . تسمى **بزاوية الاحتكاك الساكن**
 3 - يلاحظ أن \vec{R}_t و \vec{F} لهما نفس الشدة وبالتالي يمكن قراءة شدة قوة الاحتكاك مباشرة على الدينامومتر دون اللجوء إلى الطريقة التحليلية ما لم يختل التوازن .
 من خلال التجربة يتبين أن القطعة في توازن ما دامت الشدة F للقوة \vec{F} اصغر من قيمة حدية F_m والتي تحدث حركة القطعة S . ويعزى حفاظ الجسم S على توازنه رغم تزايد شدة القوة \vec{F} إلى خشونة سطحي التماس وإلى طبيعتهما .

تعريف بقوة الاحتكاك

المركبة المماسية \vec{R}_t لقوة التماس \vec{R} المطبقة من طرف جسم صلب على آخر هي القوة التي تقاوم الحركة ، وتسمى قوة الاحتكاك ويرمز لها غالباً ب \vec{F} .

ج - تعريف بزواوية الاحتكاك الساكن

φ_0 تسمى بزواوية الاحتكاك الساكن وهي القيمة الحدية للزاوية φ التي يفقد عندها الجسم توازنه . وهي مقدار فيزيائي يميز التماس بالاحتكاك بين جسمين . وهي تزداد مع ازدياد خشونة سطحي التماس .

نعرف معامل الاحتكاك الساكن بالعلاقة $k = \tan \varphi_0$ مع $\tan \varphi_0 = \frac{R_t}{R_n}$

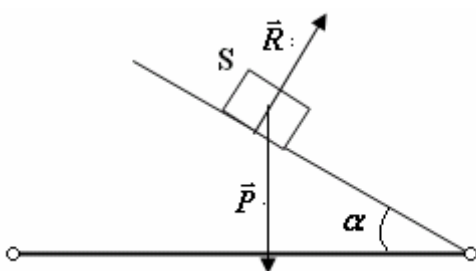
حساب زاوية الاحتكاك φ_0 نطبق العلاقة

$$\tan \varphi_0 = \frac{R_t}{R_n} = \frac{F_m}{P} = \frac{5}{3} = 1,66 \Rightarrow \varphi_0 = 59^\circ$$

4 - تطبيق 2 : توازن جسم صلب فوق مستوى مائل

1 - حالة التماس بدون احتكاك
 المجموعة المدروسة : الجسم S

جرد القوى المطبقة على الجسم : \vec{P} و \vec{R} بما أن التماس يتم بدون احتكاك إذن \vec{R} عمودية على السطح المائل .



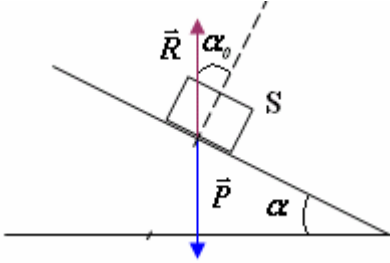
يلاحظ من خلال التمثيل أن $\vec{P} + \vec{R} \neq \vec{0}$ أي أن شرطا التوازن لا يتحققا وبالتالي ينزلق الجسم فوق المستوى المائل .
ب - حالة التماس بالاحتكاك

نفس القوى المطبقة على الجسم S لكن الملاحظ أن \vec{R} غير عمودية على السطح المائل ، تكون زاوية α_0 مع الخط المنظمي على المستوى المائل .
 تبين التجربة أنه بالنسبة :

* $\alpha < \alpha_0$ يبقى الجسم في حالة توازن أي أن $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$ وشدة القوة في

هذه الحالة هي $R = mg$

* $\alpha > \alpha_0$ الجسم يفقد توازنه $\vec{P} + \vec{R} \neq \vec{0}$



5 - منهجية حل تمرين في السكونيات

لدراسة جسم صلب في توازن خاضع لثلاثة قوى غير متوازية بالنسبة لمعلم أرضي :

* تحديد المجموعة المدروسة

* جرد القوى المطبقة على المجموعة مع تحديد المتجهة المقرونة بكل قوة .

* تمثيل على تبيانة متجهات القوى ذات المميزات المعروفة .

* - تطبيق شرطي التوازن على المجموعة المدروسة

ويمكن استغلال شرط التوازن $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$ بطريقتين مختلفتين :

الطريقة الأولى : الطريقة الهندسية أو المبيانية والتي تعتمد على الخط المضلعي وخطوط التأثير المتلاقية والمستوية
 الطريقة الثانية : الطريقة التحليلية

- تحديد معلم متعامد وممنظم (Oxy) تم نسقط العلاقة المتجهية على المحورين $x'Ox$ و $y'Oy$

- نحصل على علاقتين جبريتين بين شدات القوى المطبقة على المجموعة المدروسة .

- من خلال هذين العلاقتين نجيب على الأسئلة المطروحة .