II ـ توازن جسم صلب خاضع لثلاثة قوى غير متوازية

1 ـ الدراسة التجريبية

العدة التجريبية

(أربع سبورات ـ أربع دينامومترات ـ حلقة ذات كتلة مهملة ـ خيوط ـ وأجهزة التثبيت على السبورة ـ 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 ـ 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 مهمل أمام شدة القوى الثلاث .

الحلقة في توازن تحت تأثير ثلاثة قوى .

ب ـ مميزات القوى

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

ج ـ ملاحظات

خطوط التأثير القوى الثلاث توجد في نفس المستوى : القوى الثلاث مستوائية .

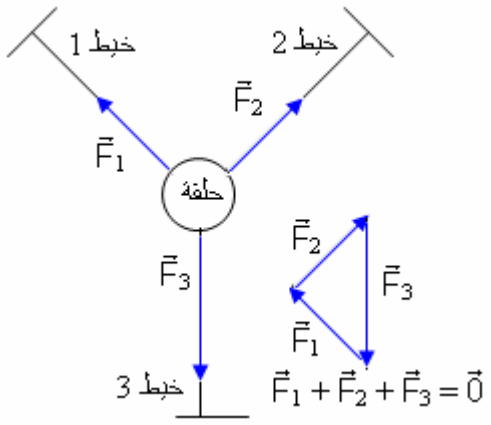
خطوط التأثير تتقاطع في نفس النقطة : الخطوط متلاقية

تمثيل المجموع المتجهي للقوى الثلاث :

توجيهات : استعمال المثلث القائم الواوية والمنقلة لإزاحة المتجهات والحصول على المجموع المتجهي تسمى هذه الطريقة بالهندسية .

الإنشاء الهندسي المحصل عليه يسمى بالخط المضلعي للقوى الثلاث .

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



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

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

ـ المجموع المتجهي لهذه القوى منعدم شرط $\vec{F_1}+\vec{F_2}+\vec{F_3}=\vec{0}$ لازم لسكون مركز قصور الجسم

ـ خطوط تأثيرها مستوية وغير متلاقية شرط لازم لغياب الدوران في حالة تحقق الشرط الأول .

ملحوظة : هذان الشرطان لازمان لتوازن جسم صلب تحت تأثير ثلاث قوى وغير كافيين .

3 ـ 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 ـ اجرد القوى المطبقة على الجسم

2 ـ باستعمال السلم $1N \Leftrightarrow 1cm$ 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 ـ حدد الشدة R_t لقوة الإحتكاك $\vec{R}_t$ (المركبة المماسية للقوة $\vec{R}$) وقارنها بشدة القوة $\vec{F}$ المطبقة من طرف الدينامومتر .

4 ـ بواسطة الدينامومتر نحدد تجريبيا شدة قوة الاحتكاك خلال الحالات الميكانيكية التالية .

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

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

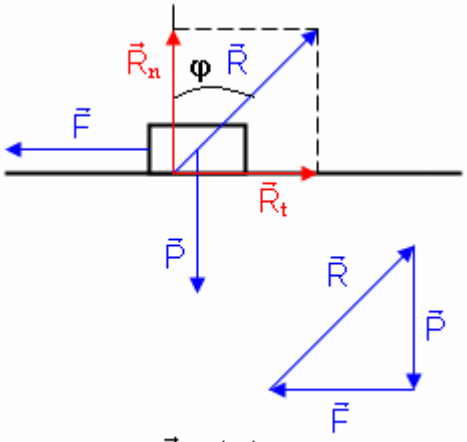
باستعمال الطريقة المبيانية حدد قيمة زاوية الاحتكاك الساكن φ_0

5 ـ ماذا يحدث لشدة القوة $\vec{F}$ إذا غيرنا طبيعة السطح .

1 ـ جرد القوى المطبقة على S :

$\vec{P}$ و $\vec{R}$ و$\vec{F}$

تحديد مميزات القوى $\vec{P}$ و $\vec{F}$



تمثيل القوة $\vec{R}$

المميزات / القـــوى	$\vec{P}$	$\vec{F}$
الاتجاه		
المنحى		
الشدة		

باعتماد الطريقة المبيانية 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 ـ يلاحظ أن $\vec{R}_t$ و $\vec{F}$ لهما نفس الشدة وبالتالي يمكن قراءة شدة قوة الاحتكاك مباشرة على الديناموميتر 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 غالبا ب $\vec{f}$.

ج ـ تعريف بزاوية الاحتكاك الساكن

φ_0 تسمى بزاوية 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

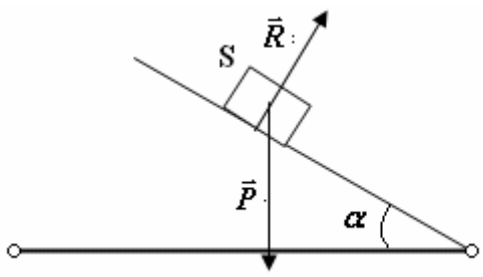
$$\tan\varphi_0 = \frac{R_t}{R_n} = \frac{F_m}{P} = \frac{5}{3} = 1{,}66 \Rightarrow \varphi_0 = 59°$$

4 ـ تطبيق 2 : توازن جسم صلب فوق مستوى مائل

ا ـ 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 .

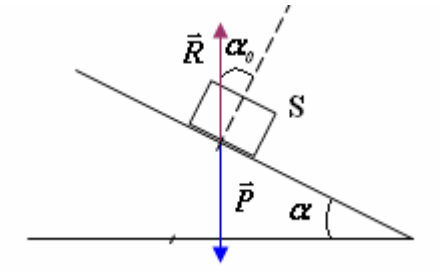


يلاحظ من خلال التمثيل أن $\vec{P}+\vec{R}\neq\vec{0}$ أي أن شرطا التوازن لايتحققا وبالتا لي ينزلق الجسم فوق المستوى المائل .

ب ـ 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 ـ 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 .

* ـ 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

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

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

ـ من خلال هذين العلاقتين نجيب على الأسئلة المطروحة .