

## 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 مهمل 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 للقوى الثلاث .

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 - اجرد 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 .

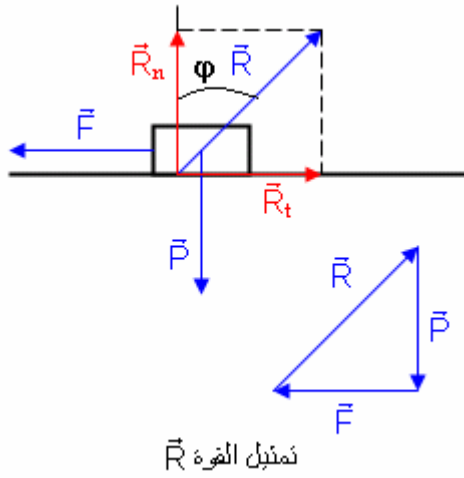
3 - حدد الشدة  $R_f$  لقوة الاحتكاك  $\vec{R}_f$  ( المركبة المماسية للقوة  $\vec{R}$  ) وقارنها بشدة القوة  $\vec{F}$  المطبقة من طرف الدينامومتر .

4 - بواسطة الدينامومتر نحدد تجريبيا 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  $\varphi_0$   
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  $\vec{F}$

تمثيل القوة  $\vec{R}$

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 بـ  $\vec{F}$  .

#### ج - تعريف بزواوية الاحتكاك الساكن

$\varphi_0$  تسمى بزواوية الاحتكاك الساكن وهي القيمة الحدية للزاوية  $\varphi$  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  $\varphi_0$  نطبق العلاقة

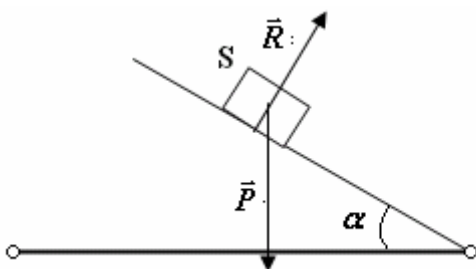
$$\tan \varphi_0 = \frac{R_t}{R_n} = \frac{F_m}{P} = \frac{5}{3} = 1,66 \Rightarrow \varphi_0 = 59^\circ$$

#### 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 .



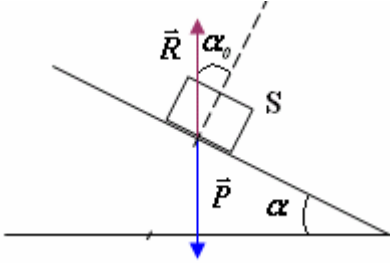
يلاحظ من خلال التمثيل أن  $\vec{P} + \vec{R} \neq \vec{0}$  أي أن شرطا التوازن لا يتحققا وبالتالي ينزلق الجسم فوق المستوى المائل .  
**ب - حالة التماس بالاحتكاك**

نفس القوى المطبقة على الجسم S لكن الملاحظ أن  $\vec{R}$  غير عمودية على السطح المائل ، تكون زاوية  $\alpha_0$  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 .