

**توازن جسم صلب  
خاضع لقوتين - دافعة  
أرخميدس أو ثلاث قوى**

**I - توازن جسم صلب خاضع لقوتين**

**1 - تذكير بشروطي التوازن**

عندما يكون جسم صلب في توازن تحت تأثير قوتين  $\vec{F}_1$  و  $\vec{F}_2$  فإن :

\*  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$  ( شرط أول لازم لسكون مركز قصور الجسم )

\* للقوتين نفس خط التأثير ( شرط لازم لغياب دوران الجسم في حالة تحقق الشرط الأول )  
**ملحوظة :** هذان الشرطان لازمان لتوازن جسم صلب وغير كافيين (  $\sum \vec{F} = \vec{0}$  ) لكن مركز

القصور الجسم الصلب في حركة مستقيمة منتظمة )

**2 - القوة المطبقة من طرف نابض**

**أ - الدراسة التجريبية : ( النشاط 1 )**

دراسة توازن الجسم S المعلق بالطرف الحر للنابض :

المجموعة المدروسة : الجسم S

جهد القوى المطبقة على النابض :  $\vec{T}, \vec{P}$  بحيث  $\vec{T}$  توتر النابض

تحديد مميزات القوة  $\vec{T}$  .

نطبق شرطي التوازن

سكون مركز القصور :  $\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$  أو  $\vec{P} = -\vec{T}$  أي أن  $\vec{P}$  و  $\vec{T}$  لهما نفس الشدة

$T = P = mg$  ومنحياهما متعاكسان

غياب دوران الجسم S : أن  $\vec{P}$  و  $\vec{T}$  لهما نفس خط التأثير أي أن نقطتي التأثير ل  $\vec{P}$  و  $\vec{T}$  توجدان على نفس الإستقامة .

**ب - العلاقة بين توتر النابض وإطالته**

عندما نمثل الدالة  $T = f(\Delta l)$  نحصل على خط مستقيم يمر من أصل المعلم أي أن شدة توتر النابض تتناسب اطرادا مع إطالته ونعبر

عن ذلك بالعلاقة التالية :  $T = k\Delta l$

بحيث أن  $\Delta l$  إطالة النابض allongement du ressort وهي مقدار جبري .

ويسمى معامل التناسب k بصلاية النابض constante de raideur وحدته في النظام العالمي للوحدات هي N/m.

**ج - خلاصة :** يمكن قياس الإطالة التي تحدثها قوة على طرف حر لنابض من معرفة شدة هذه القوة وذلك بتدريج مسطرة مقرونة بنابض النيوتن ، فنكون المجموعة { نابض - مسطرة مدرجة بنيوتن } دينامومترا .

**3 - دافعة أرخميدس**

**3 - 1 الكتلة الحجمية لسائل**

الكتلة الحجمية لجسم مائع (سائل أو غاز) نعبر عنه بالعلاقة التالية :  $\rho = \frac{m}{V}$  بحيث أن m كتلة كمية من المائع و V الحجم الموافق

لهذه الكتلة . ووحدتها في النظام العالمي للوحدات :  $\frac{kg}{m^3}$  .

**3 - 2 تجربة 1 (إبراز قوة دافعة أرخميدس)**

نضع قطعة من خشب في الماء .

نلاحظ : القطعة تطفو على سطح الماء وهي في حالة توازن .

جهد القوى المطبقة على القطعة من الخشب :

$\vec{P}$  : وزن القطعة

$\vec{F}$  : تأثير الماء على مساحة التماس بينه وبين القطعة تسمى دافعة أرخميدس .

**3 - 3 مميزات القوة  $\vec{F}$  :**

أ - المنحى : نحو الأعلى

ب - الاتجاه : الخط الرأسى الذي يمر من نقطة التأثير A

ج - الشدة F

الأستاذ علال محداد

[www.chimiephysique.ma](http://www.chimiephysique.ma)

الجدع المشترك العلمي

## تجربة 2 : العوامل المؤثرة في دافعة أرخميدس .

### النشاط التجريبي 2

- القيمة التي يشير إليها الدينامومتر حسب شرطي التوازن  $F_1=P=mg$  حيث  $m$  كتلة الجسم  $S$  .
- عندما نغمر الجسم جزئيا في الماء يسجل الدينامومتر قيمة  $F_2 < F_1$  نستنتج شدة دافعة أرخميدس  $F=F_1-F_2$
- عندما نغمر الجسم كليا في الماء يسجل الدينامومتر القيمة  $F_3 < F_2 < F_1$  نستنتج أن شدة دافعة أرخميدس  $F'=F_3-F_1$  بحيث أن  $F' > F$

**نلاحظ :** عند زيادة الحجم المغمور في الماء تزداد شدة دافعة أرخميدس .  
نستنتج أن  $F$  تتعلق بحجم الجسم المغمور.

– عندما نغمر الجسم كليا فإن حجم الماء المزاح هو  $V=.....$   
إذا كانت  $P'$  وزن الماء المزاح و  $V$  هو حجم الماء المزاح و  $\rho$  الكتلة الحجمية للماء وبما أن  $P'=m'.g$  و  $m'=\rho V$  إذن  $P'=\rho V.g$

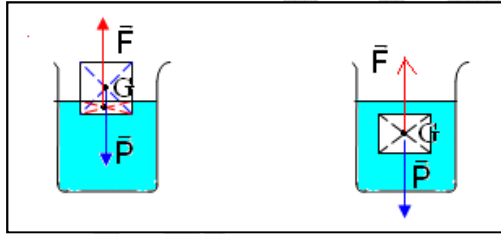
نلاحظ أن  $P'=F'$  نستنتج أن شدة دافعة أرخميدس تساوي شدة وزن الماء المزاح  
– عندما نعيد نفس التجربة باستعمال الزيت عوض الماء نلاحظ أن دافعة أرخميدس تتعلق بنوعية السائل المستعمل .

### خلاصة : تعميم

شدة دافعة أرخميدس تساوي شدة وزن السائل المزاح  $liquide\ déplacé$  أي أن  $F=P'$   
إذن شدة قوة دافعة أرخميدس هي :  $F=\rho.V.g$

**د – نقطة التأثير :** مركز ثقل السائل المزاح من طرف الجسم المغمور

**مقال :** عندما يكون جسم صلب متجانس مغمورا كليا أو جزئيا في سائل ، وهو في حالة توازن ، فإن نقطة تأثير القوة  $\vec{F}$  تتطابق مع مركز ثقل الجزء المغمور



في حالة مجموعة غير متجانسة مكونة من كرتين كتلتاهما  $m_1$  و  $m_2$  مرتبطنان برابطة متينة كتلتها مهملة نعتبر أن  $m_1=2m_2$  . في هذه الحالة يكون مركز الكتلة للمجموعة هو  $G$  بحيث أن

$$O_2G_1=2O_1G_2$$

لكن نقطة تأثير دافعة أرخميدس  $A$  تكون في مركز ثقل السائل المزاح من طرف المجموعة المغمورة كليا أي أن حجم السائل المزاح يساوي حجم المجموعة المغمورة إذن فنقطة التأثير توجد في منتصف  $O_1O_2$  .

### 3 – 4 دافعة أرخميدس في الغازات

كما هو الشأن بالنسبة للسوائل فالغازات بدورها تدفع الأجسام المغمورة فيها نحو الأعلى بقوة تسمى دافعة أرخميدس مميزاتنا هي كالتالي :

– اتجاهها رأسي

– منحاهما نحو الأعلى

– شدتها تساوي شدة وزن الغاز الذي يزيحه الجسم المغمور فيه .  $F=\rho V.g$

$\rho$  : الكتلة الحجمية للغاز

$V$  : حجم الغاز المزاح .

### II – توازن جسم صلب خاضع لثلاثة قوى غير متوازنة

#### 2 – الدراسة التجريبية

##### العدة التجريبية

( أربع سيورات – أربع دينامومترات – حلقة ذات كتلة مهملة – خيوط – وأجهزة التثبيت على السيورة – مصابيح من أجل الحصول على صورة الحلقة في توازن بواسطة الإنعكاس الضوئي )

##### التوجيهات

\* كل مجموعة تحاول أن توازن الحلقة بواسطة الدينامومترات على السيورة وتثبت 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 .

الأستاذ علال محداد

[www.chimiephysique.ma](http://www.chimiephysique.ma)

الجدع المشترك العلمي

## الحلقة في توازن تحت تأثير ثلاثة قوى .

ب - مميزات القوى

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

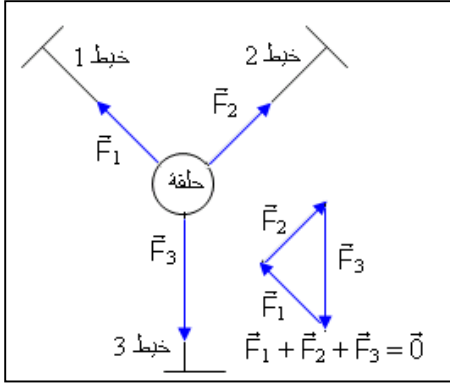
ج - ملاحظات

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 الواوابة 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 - 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  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$  بشرط لازم لسكون مركز

قصور الجسم

خطوط تأثيرها مستوية وغير متلاقية بشرط لازم لغياب الدوران في حالة تحقق الشرط

الأول .

ملحوظة : هذان الشرطان لازمان 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

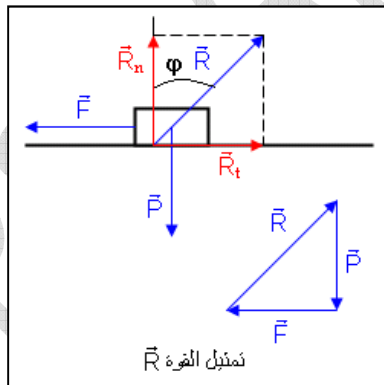
2 - باستعمال السلم  $IN \Leftrightarrow Icm$  مثل الخط المضلعي للقوى المطبقة على القطعة S .

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

3 - حدد الشدة  $R_t$  لقوة الاحتكاك  $\vec{R}_t$  ( المركبة المماسية للقوة  $\vec{R}$  ) و قارنها 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 المبيانية حدد قيمة زاوية الاحتكاك الساكن  $\phi_0$

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

1 - جرد القوى المطبقة على S :

$\vec{F}$  و  $\vec{R}$  و  $\vec{P}$

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

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

باعتماد الطريقة المبيانية يمكن تحديد مميزات القوة  $\vec{R}$  ( أنظر التمثيل الهندسي )

الأستاذ علال محداد

[www.chimiephysique.ma](http://www.chimiephysique.ma)

الجدع المشترك العلمي

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 **زاوية 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 حفظ 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 - تعريف زاوية الاحتكاك الساكن

$\varphi_0$  تسمى زاوية 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

#### أ - حالة التماس بدون احتكاك

المجموعة المدروسة : الجسم S

جهد 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 لي 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

$$R = mg \text{ هي}$$

\*  $\alpha > \alpha_0$  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 .

الأستاذ غلال محداد

[www.chimiephysique.ma](http://www.chimiephysique.ma)

الجدع المشترك العلمي