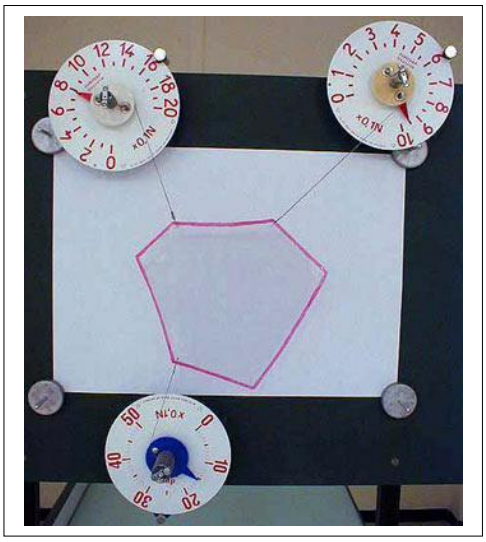
الوحدة 7

توازن جسم صلب تحت تأثير ثلاث قوى غير متوازية

Equilibre d'un solide soumis à trois forces non parallèles

I) الدراسة التجريبية étude expérimentale

1 - نشاط تجريبي



نربط صفيحة (S) جد خفيفة بثلاثة خيوط إلى ثلاثة ديناموميترات D_1 ، D_2 و D_3 بحيث تكون الخيوط متوترة .

أ - أجرد القوى المطبقة على الصفيحة و بين بأنها لا تخضع إلا لثلاث قوى

ب - أنسخ خطوط تأثير القوى الثلاثة ثم بين أنها مستوائية و متلاقية .

ج - انطلاقا من نقطة A مثل متجهة القوة $\vec{F}_1$ و عند نهايتها B مثل متجهة القوة $\vec{F}_2$ و عند نهاية هذه الأخيرة C مثل متجهة القوة $\vec{F}_3$. ماذا تستنتج ؟

2 - استثمار

أ - المجموعة المدروسة { الصفيحة }

جرد القوى

قوى التماس

$\vec{F}_1$: تأثير الديناموميتر D_1

$\vec{F}_2$: تأثير الديناموميتر D_2

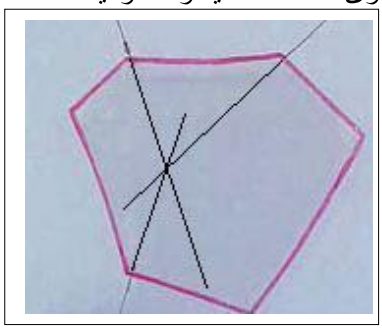
$\vec{F}_3$: تأثير الديناموميتر D_3

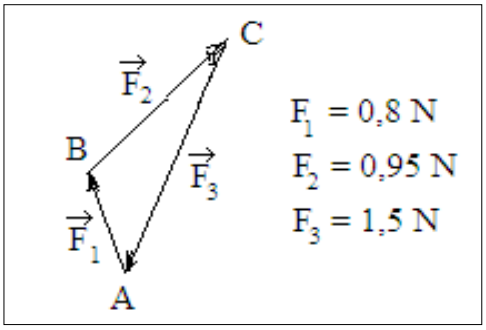
قوى عن بعد

$\vec{P}$: و زن الصفيحة جد مهمل أمام $\vec{F}_1$ ، $\vec{F}_2$ و $\vec{F}_3$ و بالتالي فإن الصفيحة لا تخضع في توازن إلا لتأثير ثلاثة قوى $\vec{F}_1$ ، $\vec{F}_2$ و $\vec{F}_3$.

ب - نلاحظ من خلال الأنسوخ أن خطوط تأثير القوى الثلاثة متلاقية و مستوائية

. Concourantes et coplanaires





ج - حسب علاقة شال $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CA} = \vec{0}$

نستنتج أن $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$

نقول إن الخط المضلعي لمتجهات القوى مغلق .

3 - شرطا التوازن

عندما يكون جسم صلب في توازن تحت تأثير ثلاثة قوى $\vec{F}_1$ ، $\vec{F}_2$ و $\vec{F}_3$ غير متوازنة فإن الشرطين الآتيين يتحققان في نفس الوقت :

- الشرط الأول : $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$ أي الخط المضلعي لمتجهات القوى مغلق

هذا الشرط يحقق توان مركز القصور G للجسم الصلب .

- الشرط الثاني : خطوط تأثير القوى الثلاثة مستوائية و غير متلاقية .

هذا الشرط يحقق عدم دوران الجسم

4 - ملحوظة

- هذان الشرطان لازمان لدراسة التوازن و لكنهما غير كافيان .

- إذا تحقق أحد الشرطين دون الآخر يختل التوازن .

II) تطبيقات

1 - التمرين 8 (صفحة 68)

1 - المجموعة المدروسة {الحلقة A}

جرد القوى

قوى التماس

$\vec{F}_1$: تأثير النابض

$\vec{F}_2$: تأثير الخيط المائل بالزاوية α

$\vec{F}_3$: تأثير الخيط الرأسي .

قوى عن بعد

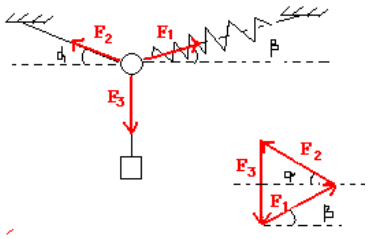
$\vec{P}$: و زن الحلقة جد مهمل أمام $\vec{F}_1$ ، $\vec{F}_2$ و $\vec{F}_3$

2 - حالة $\alpha = \beta = 30°$

الخط المضلعي لمتجهات القوى عبارة عن مثلث متساوي الأضلاع

إذن $F_1 = F_2 = F_3$ و بما أن

$F_3 = m.g = 0,5.10 = 5$ N



$K = \frac{F_1}{\Delta l} = \frac{5}{0,05} = 100$ N.kg^{-1}

3 - توتر الخيط $F_3 = mg = 5$ N

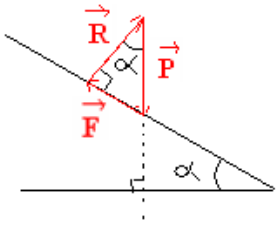
4 - في حالة $\alpha = 60°$ و $\beta = 30°$ فإن الخط المضلعي مثلث قائم الزاوية

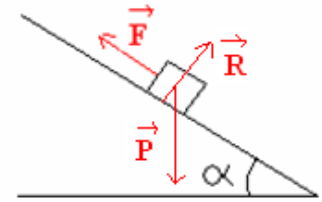
و منه فإن $\cos\alpha = \frac{F_1}{F_3}$ إذن إطالة النابض $\Delta l = \frac{F_1}{K} = \frac{F_3.\cos\alpha}{K}$

$\Delta l = 0,025$ m $= 2,5$ cm

نرسم الخط المضلعي لمتجهات القوة

2 ـ التمرين 9 (صفحة 69) الواحة





المجموعة المدروسة : { الجسم (C) }

جرد القوى

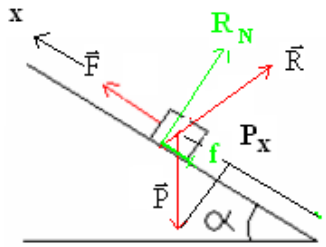
قوى التماس

$\vec{F}$: القوة الأفقية المطبقة على الجسم

$\vec{R}$: تأثير المستوى

قوى عن بعد

$\vec{P}$: وزن الجسم (C) .



بما أن الجسم (C) في توازن فإن الخط المضلعي للقوى الثلاث مغلق و يكون مثلث قائم الزاوية

$$F = P\sin\alpha = 0{,}5.10.\sin 45° = 3{,}5N \Leftarrow \sin\alpha = \frac{F}{P}$$

2 ـ إذا نقصت أو زادت شدة القوة $\vec{F}$ يختل التوازن . الجسم يتحرك نحو الأسفل أو نحو الأعلى .

3 ـ إذا كانت الاحتكاكات غير مهملة

الحالة 1

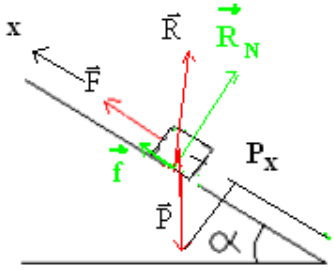
نسقط العلاقة $\vec{F}_1 + \vec{R} + \vec{P} = \vec{0}$ على المحور Ox : $F_1x + R_x + P_x = 0$ (1)

نسقط العلاقة $\vec{F}_1 + \vec{R} + \vec{P} = \vec{0}$ على المحور Oy : $F_{1y} + R_y + P_y = 0$ (2)

العلاقة (1) تكافئ $F_1 - f - mg\sin\alpha = 0$ العلاقة (2) تكافئ $R_N - mg\cos\alpha = 0$

نستنتج أن $K = \frac{f}{R_N} = \frac{F_1 - mg\sin\alpha}{mg\cos\alpha} = \frac{F_1}{mg\cos\alpha} - tg\alpha$

$$F_1 = (tg\alpha + K).mg\cos\alpha = (tg45 + 0{,}268)0{,}5.10.\cos 45 = 4{,}48N$$



الحالة2

نسقط العلاقة $\vec{F}_2 + \vec{R} + \vec{P} = \vec{0}$ على المحور Ox : $F_2x + R_x + P_x = 0$ (1)

نسقط العلاقة $\vec{F}_2 + \vec{R} + \vec{P} = \vec{0}$ على المحور Oy : $F_{2y} + R_y + P_y = 0$ (2)

العلاقة (1) تكافئ $F_2 + f - mg\sin\alpha = 0$ العلاقة (2) تكافئ $R_N - mg\cos\alpha = 0$

نستنتج أن $K = \frac{f}{R_N} = \frac{mg\sin\alpha - F_2}{mg\cos\alpha} = tg\alpha - \frac{F_2}{mg\cos\alpha}$

$$F_2 = (tg\alpha - K).mg\cos\alpha = (tg45 - 0{,}268)0{,}5.10.\cos 45 = 2{,}58N$$

نستنتج أن $2{,}58\ N < F < 4{,}48\ N$