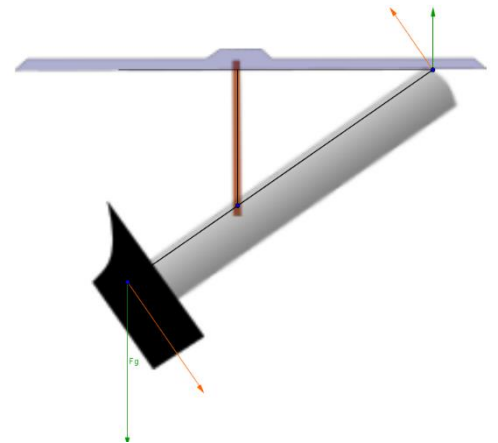


Force et moment

Le marteau et la règle

Voici un autre classique de la mécanique : le marteau et la règle.

En arrangeant un tableau et une règle ne touchant que le bord d'une table comme dans l'illustration, il est possible de les faire tenir en équilibre. Pour comprendre comment ça marche, procédons dans l'ordre.



1. Si vous placez une règle sur une table et la glissez jusqu'au bord, quelle est la distance entre le bout de la règle et le bord de la table à laquelle la règle tombe ? En déduire ou se trouve approximativement le centre de gravité de la règle.
2. Si vous faites la même expérience avec un marteau, la tête restant sur la table, où se trouve approximativement son centre de gravité ?

Ouvrir l'appliquette Geogebra : [le marteau et la règle](#).

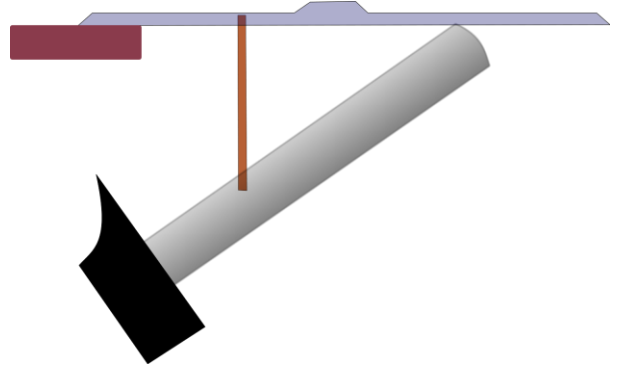
En manipulant la simulation, une flèche rouge, dont on dit qu'elle représente le moment, grandit ou diminue, devient positive ou négative.

3. Quand elle est négative, on dit que le moment est horaire. Qu'est-ce que cela signifie ?
4. Quand elle est positive, on dit que le moment est antihoraire. Qu'est-ce que cela signifie ?

Observer le point N , représentant la coordonnée horizontale du centre de gravité du marteau, à mesure que vous bougez les curseurs.

5. De quel côté de l'origine O se trouve-t-il lorsque le moment est horaire ? Antihoraire ? Que peut-on en conclure ?

Vous avez à votre disposition la tête d'un marteau, son manche, un élastique et une règle.



1. Mesurer la masse de la tête du marteau m_1 , et la masse du manche m_2 .
2. Mesurer la masse de la règle m_3 .

Placer le côté court de la règle à 5 cm du bord de la table. Ajouter un livre pour la caler.

3. Déterminer le moment de la règle par rapport au bord de la table.
4. Proposer une petite expérience pour démontrer que la tension dans l'élastique est la même que le marteau soit maintenu à l'horizontale ou qu'il soit en appui sur la règle.
5. Déterminer la tension dans l'élastique lorsque le marteau est en suspension.

Placer le marteau et l'élastique sur la règle en suivant le schéma ci-dessus, et trouver une position à laquelle l'ensemble reste en équilibre – retirer le poids que vous aviez placé sur la règle.

6. Avec les précautions nécessaires, prendre les mesures suivantes :
 - a. la longueur étirée de l'élastique
 - b. entre le centre de gravité de la tête du marteau et le point d'attache de l'élastique sur le manche
 - c. entre le point d'attache de l'élastique sur le manche et le point de contact du manche avec la règle
 - d. entre le bord de la table et le point d'attache de l'élastique sur la règle
 - e. entre le bord de la table et le point de contact du manche avec la règle
2. Calculer :
 - a. le moment entre la tête du marteau et le point d'attache de l'élastique sur le manche
 - b. la force avec laquelle le manche pousse sur la règle
 - c. l'angle θ entre la règle et le marteau
 - d. la composante verticale de la force avec laquelle le manche pousse sur la règle
 - e. le moment dû à la force avec laquelle le manche pousse sur la règle
 - f. la tension dans l'élastique
 - g. avec cette tension, le moment dû à l'élastique par rapport au bord de la table
 - h. le moment dû au centre de gravité de la règle
3. Démontrer enfin, par le calcul, que la somme des moments sur la règle est supérieure ou égale à zéro.
4. Conclure en expliquant en quoi cette expérience est une démonstration de la première loi de Newton.

CORRIGÉ

1. Mesurer la masse de la tête du marteau m_1 , et la masse du manche m_2 .

Dépend du marteau utilisé.

2. Mesurer la masse de la règle m_3 .

Dépend de la règle utilisée

Placer le côté court de la règle à 5 cm du bord de la table. Ajouter un livre pour la caler.

3. Déterminer le moment de la règle par rapport au bord de la table.

Dépend de la longueur de la règle.

Le centre de gravité de la règle est au milieu. On mesure la distance L_3 entre le bord de la table et le centre de gravité de la règle.

$$M_3 = L_3 m_3$$

4. Proposer une petite expérience pour démontrer que la tension dans l'élastique est la même que le marteau soit maintenu à l'horizontale ou qu'il soit en appui sur la règle.

La longueur de l'élastique est la même que le marteau s'appuie sur la règle ou qu'il pende entièrement.

5. Déterminer la tension dans l'élastique lorsque le marteau est en suspension.

La tension est due à la masse du marteau entier :

$$T = (m_1 + m_2)g$$

Placer le marteau et l'élastique sur la règle en suivant le schéma ci-dessus, et trouver une position à laquelle l'ensemble reste en équilibre – retirer le poids que vous aviez placé sur la règle.

6. Avec les précautions nécessaires, prendre les mesures suivantes :
 - a. la longueur étirée de l'élastique

Dépend du marteau et de l'élastique. Appelons là L_2 .

- b. entre le centre de gravité de la tête du marteau et le point d'attache de l'élastique sur le manche

Dépend du marteau, de la longueur de l'élastique, et du choix de l'apprenti. Appelons la r_1 .

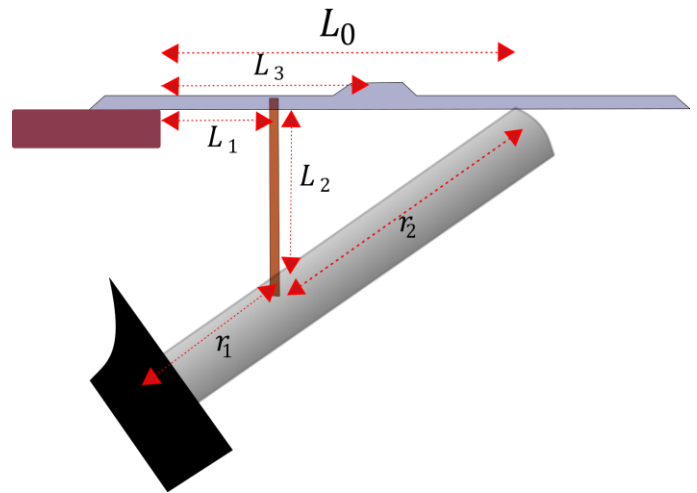
- c. entre le point d'attache de l'élastique sur le manche et le point de contact du manche avec la règle

Dépend du marteau, de la longueur de l'élastique, et du choix de l'apprenti. Appelons-la r_2 .

- d. entre le bord de la table et le point d'attache de l'élastique sur la règle

Dépend de tous les facteurs mentionnés jusqu'à maintenant. Appelons-là L_1 .

- e. entre le bord de la table et le point de contact du manche avec la règle



Dépend de tous les facteurs mentionnés jusqu'à maintenant. Appelons-là L_0 .

5. Calculer :

a. l'angle θ entre la règle et le marteau

$$\sin(\theta) = \frac{L_2}{r_2}$$

b. La composante de la force due à la gravité agissant sur la tête du marteau perpendiculaire au manche

Il faut avoir noté que l'angle θ est aussi celui entre la force due à la gravité et sa composante perpendiculaire au manche.

$$F = mg \cos(\theta)$$

c. le moment entre la tête du marteau et le point d'attache de l'élastique sur le manche

$$M = r_1 mg \cos(\theta)$$

d. la force avec laquelle le manche pousse sur la règle

$$F = \frac{M}{r_2} = \frac{r_1}{r_2} mg \cos(\theta)$$

e. la composante verticale de la force avec laquelle le manche pousse sur la règle

Il faut reconnaître l'angle entre la composante verticale et le vecteur : $\frac{\pi}{2} - \theta$.

$$F_0 = F \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$$

$$F_0 = \frac{r_1}{r_2} mg \cos(\theta) \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$$

f. le moment dû à la force avec laquelle le manche pousse sur la règle

$$M_0 = F_0 L_0$$

$$M_0 = \frac{r_1}{r_2} L_0 m g \cos(\theta) \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$$

g. avec la tension dans l'élastique, le moment dû à l'élastique par rapport au bord de la table

$$T = (m_1 + m_2)g$$

$$M_1 = -L_1(m_1 + m_2)g$$

Il faut reconnaître que le moment est négatif (sens horaire).

h. le moment dû au centre de gravité de la règle

$$M_3 = -L_3 m_3 g$$

Il faut reconnaître que le moment est négatif (sens horaire).

6. Démontrer enfin, par le calcul, que la somme des moments sur la règle est supérieure ou égale à zéro.

$$\frac{r_1}{r_2} L_0 m g \cos(\theta) \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) - L_1(m_1 + m_2)g - L_3 m_3 \geq 0$$

7. Conclure en expliquant en quoi cette expérience est une démonstration de la première loi de Newton.

Dans une situation statique, la somme des forces et des moments est égale à zéro. C'est le cas ici. Un moment légèrement plus grand que zéro pousse le bout de la règle qui se retrouve un peu plus haut que l'autre bout.