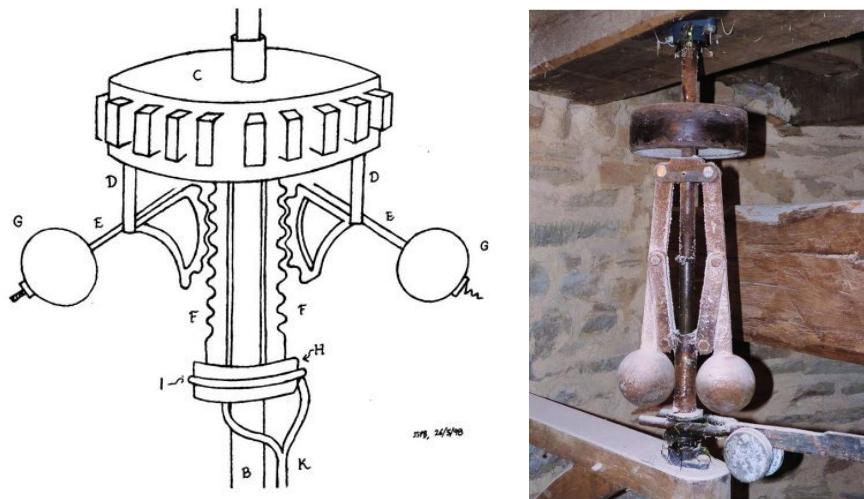
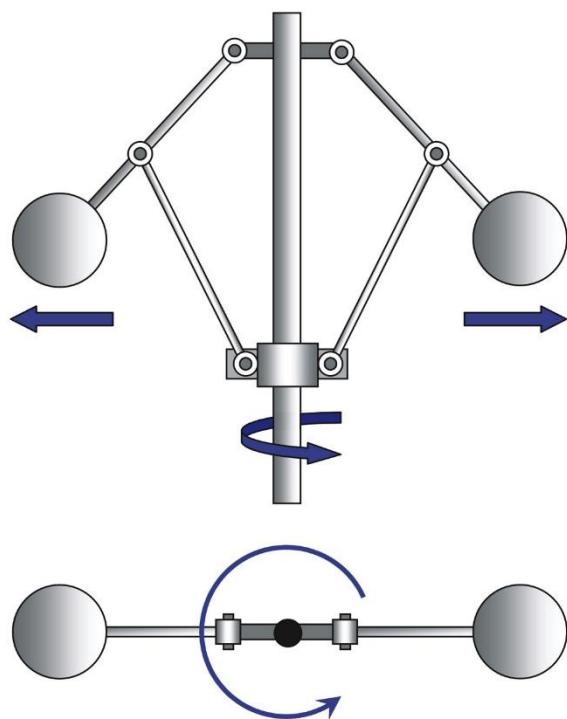
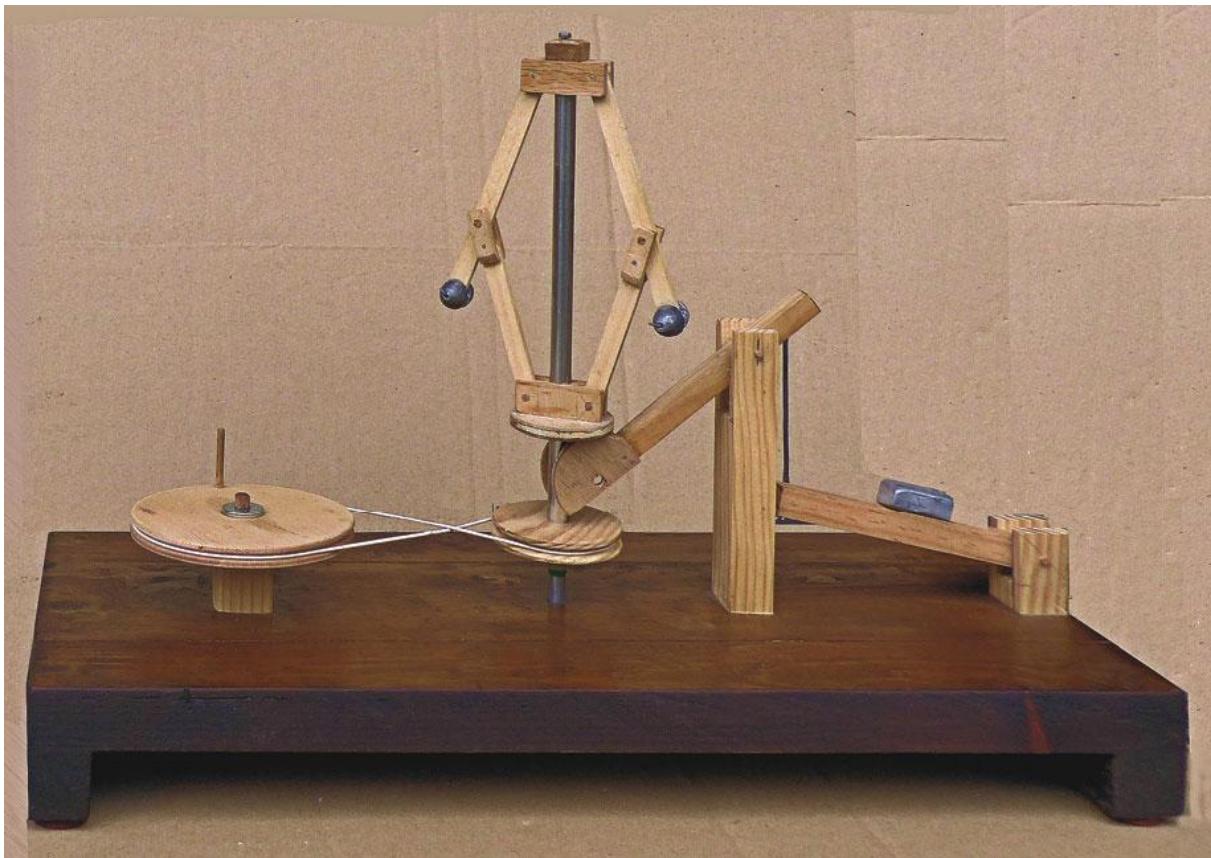


Régulateur à boules dans un moulin à vent



Lorsque l'axe est mis en rotation, les boules sont soumises à la force centrifuge qui dépend de la vitesse de rotation. Cette force s'exerçant radialement par rapport à la trajectoire de rotation des boules, celles-ci vont alors s'écartier plus ou moins en fonction de la vitesse en entraînant dans leur mouvement la bague coulissante. La position de la bague donne donc une image de la vitesse qui peut être mise à profit pour assurer un réglage en fonction de cette vitesse. Cet appareil a reçu le nom de « régulateur centrifuge » en raison de son fonctionnement basé sur l'action de la force centrifuge.





Principe mécanique du régulateur à boules :

Considérons une des deux boules et sa tige pouvant pivoter autour du point O . Lorsque le dispositif tourne à vitesse constante, le centre de gravité de ce système de masse m est en mouvement circulaire uniforme de rayon r à la vitesse constante v .

Les forces agissant sur ce système sont son poids $\vec{P} = m \vec{g}$ et la réaction \vec{R} du pivot au point O .

La deuxième loi de Newton écrite dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen donne :

$$\vec{P} + \vec{R} = m \vec{a}$$

L'accélération s'écrit dans la base de Frénet :

$$\vec{a} = \frac{v^2}{r} \vec{u}_n$$

En passant tout dans le membre de gauche on a :

$$\vec{P} + \vec{R} - m \frac{v^2}{r} \vec{u}_n = \vec{0}$$

Cette relation ressemble à l'écriture d'un équilibre à condition de considérer le troisième vecteur comme une force appelée force centrifuge :

$$\vec{F}_c = -m \frac{v^2}{r} \vec{u}_n$$

Pour comprendre comment le système trouve son équilibre, il faut une notion dite de moment de force qui n'est pas au programme de terminale. Mais elle est très intuitive, c'est le principe qui agit sur une balançoire. Le système pouvant librement pivoter autour du point O , on écrit que le moment (**) de la force centrifuge tendant à faire pivoter le système dans le sens trigonométrique (voir figure) est égal au moment du poids qui tend à le faire pivoter dans le sens inverse. Cela s'écrit :

$$\|\vec{F}_c\| \times d' = \|\vec{P}\| \times d$$

(**) Un moment par rapport à un point de pivot est le produit de l'intensité d'une force par un bras de levier

d' est le bras de levier avec lequel la force centrifuge agit pour faire pivoter le système autour de O ce qui tend à faire remonter la boule.

d est le bras de levier du poids qui tend à faire retomber la boule.

Une compétition s'engage donc entre les deux forces. Plus la vitesse de rotation est grande, plus la norme de \vec{F}_c augmente et plus la boule remonte comme si on tirait dessus horizontalement, ce qui réduit la valeur du bras de levier d' et augmente d amenant ainsi à un nouvel état d'équilibre.

