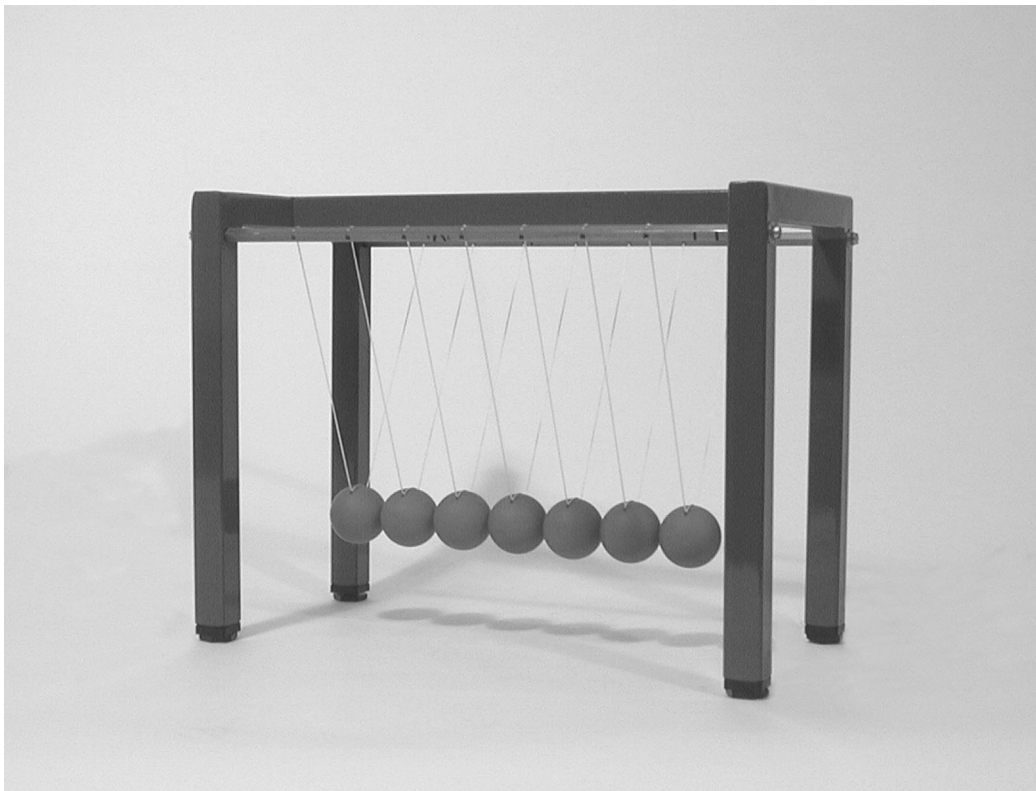


Conservation de la quantité de mouvement

ME 4100 10002



Mode d'emploi



Centre technique et pédagogique
de l'Enseignement de la Communauté française

1. Rappel théorique

La loi de la conservation de la quantité de mouvement est une des grandes lois de la mécanique. Elle s'applique à l'étude des chocs élastiques et inélastiques. L'appareil permet de montrer la conservation de la quantité de mouvement dans le cas de chocs élastiques.

2. Description de l'appareil

L'appareil est constitué d'un support métallique auquel sont suspendues sept billes en résine phénolique, alignées.

3. Manipulation

1. Écarter la bille 1 de sa position d'équilibre (figure 1), puis la lâcher. Observer son déplacement et les autres billes.

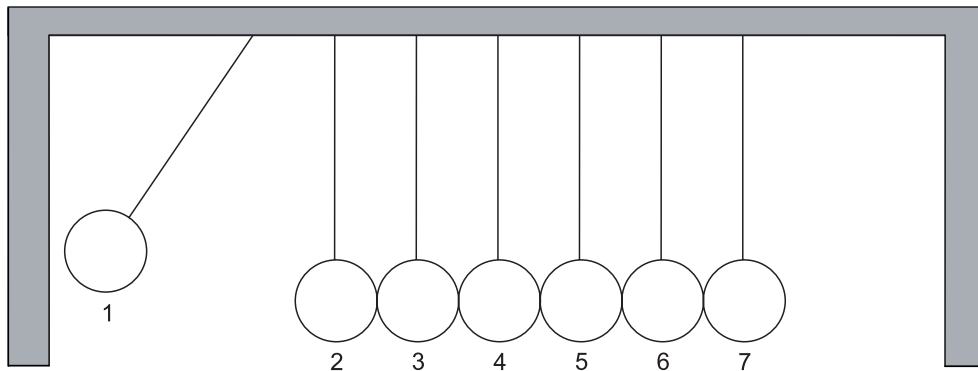


Figure 1

2. Écarter les billes 1 et 2 de leur position d'équilibre (figure 2), puis les lâcher ensemble. Observer leur déplacement et les autres billes.

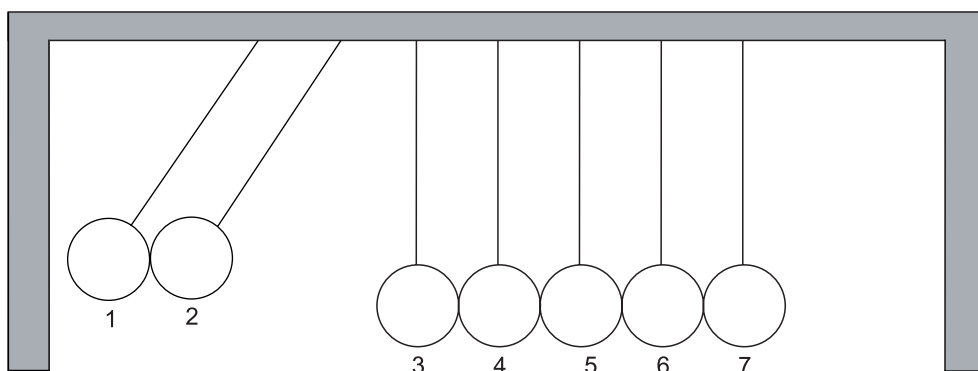


Figure 2

3. Refaire le point 2 de la manipulation avec 3, 4, 5 et 6 billes. Observer leur déplacement et les autres billes.

4. Observations

1. Lorsqu'une seule bille est écartée de sa position d'équilibre puis qu'elle percute l'ensemble des autres billes immobiles, c'est la dernière bille (7) qui s'élève (à peu près*) à la hauteur à laquelle se trouvait la bille 1 lorsqu'elle a été lâchée.
2. Lorsque deux billes sont écartées de leur position d'équilibre puis lâchées, ce sont les deux dernières billes qui s'écartent de leur position d'équilibre; elles s'élèvent pratiquement à la hauteur d'où les deux premières billes ont été lâchées.
3. Il en va de même lorsqu'on augmente le nombre de billes lâchées.

5. Explications

5.1. Une bille est écartée de sa position d'équilibre puis lâchée

◆ Conservation de l'énergie

$$E_{\text{bille 1}} + 0^{**} = E_{\text{bille 7}} + 0^{***}$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_7 v'^2}{2}$$

où m_1 : masse de la bille 1

v_1 : vitesse de la bille 1 juste avant le choc

m_7 : masse de la bille 7

v' : vitesse de la bille 7 juste après le choc

Puisque $m_1 = m_7$ (billes identiques), on a:

$$\frac{v_1^2}{2} = \frac{v'^2}{2} \quad \Rightarrow \quad \boxed{v_1 = v'} \quad (1)$$

* Il y a toujours une perte d'énergie.

** Cette valeur correspond à l'énergie des billes 2, 3, 4, 5, 6 et 7 qui sont immobiles avant le choc.

*** Cette valeur correspond à l'énergie des billes 1, 2, 3, 4, 5 et 6 qui sont immobiles après le choc.

◆ **Conservation de la quantité de mouvement**

On a:

$$m_1 v_1 = m_7 v' \quad (2)$$

Puisque les masses des billes sont égales, on a:

$$v_1 = v'$$

Les expressions (1) et (2) donnent les mêmes résultats. Ceci est confirmé par l'expérience.

5.2. Deux billes sont écartées de leur position d'équilibre, puis lâchées simultanément

◆ **Conservation de l'énergie**

$$E_{\text{bille 1}} + E_{\text{bille 2}} = E_{\text{bille 6}} + E_{\text{bille 7}}$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_6 v'^2}{2} + \frac{m_7 v''^2}{2}$$

où m_1 : masse de la bille 1
 v_1 : vitesse de la bille 1 juste avant le choc
 m_2 : masse de la bille 2
 v_2 : vitesse de la bille 2 juste avant le choc
 m_6 : masse de la bille 6
 v' : vitesse de la bille 6 juste après le choc
 m_7 : masse de la bille 7
 v'' : vitesse de la bille 7 juste après le choc

Puisque $v_1 = v_2$ (car les billes descendent de la même hauteur)

et que $v' = v''$ (car les billes ont la même vitesse juste après le choc)

on a:

$$v_1^2 + v_1^2 = v'^2 + v'^2 \quad (\text{car les masses des billes sont égales})$$

$$2 v_1^2 = 2 v'^2 \quad \Rightarrow \quad v_1 = v' \quad (3)$$

◆ **Conservation de la quantité de mouvement**

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_6 v' + m_7 v''$$

Puisque les masses des billes sont égales, que $v_1 = v_2$ et que $v' = v''$, on a:

$$v_1 + v_1 = v' + v'$$

$$2 v_1 = 2 v' \quad \Rightarrow \quad \boxed{v_1 = v'} \quad (4)$$

Les expressions (3) et (4) donnent les mêmes résultats. Ceci est confirmé par l'expérience.

On peut se demander pourquoi, si on lâche les billes 1 et 2 de la même hauteur, la bille 7 ne repart pas seule et avec une plus grande vitesse, lui permettant de s'élever plus haut que la position d'où ont été lâchées les billes 1 et 2.

Dans cette hypothèse, on aurait:

◆ **Conservation de l'énergie**

$$E_{\text{bille 1}} + E_{\text{bille 2}} = E_{\text{bille 7}}$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_7 v'^2}{2}$$

où m_1 : masse de la bille 1
 v_1 : vitesse de la bille 1 juste avant le choc
 m_2 : masse de la bille 2
 v_2 : vitesse de la bille 2 juste avant le choc
 m_7 : masse de la bille 7
 v' : vitesse de la bille 7 juste après le choc

Puisque $v_1 = v_2$ et que les masses des billes sont égales, on aurait:

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{v'^2}{2}$$

$$2 v_1^2 = v'^2 \quad \Rightarrow \quad \boxed{v' = v_1 \sqrt{2}} \quad (5)$$

◆ **Conservation de la quantité de mouvement**

On aurait:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_7 v'$$

Puisque les masses des billes sont égales et que $v_1 = v_2$, on aurait:

$$v_1 + v_1 = v'$$

$$2 v_1 = v' \quad \Rightarrow \quad \boxed{v' = 2 v_1} \quad (6)$$

Les expressions (5) et (6) ne sont pas compatibles.

C'est ce qui explique pourquoi la situation supposée ci-dessus n'est pas observée.

Seules sont observables les situations pour lesquelles les vitesses juste avant le choc et juste après le choc sont égales; en effet, ce n'est que dans ces situations qu'il y a à la fois conservation de l'énergie et conservation de la quantité de mouvement.

On pourrait aussi imaginer que les billes 6 et 7 se mettent toutes deux en mouvement après le choc de la bille 1 lâchée seule et que les vitesses v' et v'' des billes 6 et 7 ne soient pas égales.

Dans cette hypothèse, on aurait:

◆ **Conservation de l'énergie**

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_6 v'^2}{2} + \frac{m_7 v''^2}{2}$$

où m_1 : masse de la bille 1
 v_1 : vitesse de la bille 1 juste avant le choc
 m_6 : masse de la bille 6
 v' : vitesse de la bille 6 juste après le choc
 m_7 : masse de la bille 7
 v'' : vitesse de la bille 7 juste après le choc

et, puisque les masses des billes sont égales:

$$\frac{v_1^2}{2} = \frac{v'^2}{2} + \frac{v''^2}{2} \quad \Rightarrow \quad \boxed{v'^2 + v''^2 = v_1^2} \quad (9)$$

♦ **Conservation de la quantité de mouvement**

On aurait:

$$m_1 v_1 = m_6 v' + m_7 v''$$

et, puisque les masses des billes sont égales:

$$v' + v'' = v_1$$

(10)

Les expressions (9) et (10) ne sont compatibles que si v' ou $v'' = 0$. Ceci implique qu'une des billes reste au repos après le choc et que l'autre ait la vitesse de la bille incidente. C'est bien ce qu'on observe.

6. Conclusions

Ces différentes expériences mettent en évidence la loi de la conservation de la quantité de mouvement. Sans cette loi, il est impossible de prédire et d'expliquer les phénomènes se passant lors des collisions, le principe de la conservation de l'énergie ne permettant pas, à lui seul, d'expliquer complètement les phénomènes observés.