



- Chute dans le vide
- Chute dans des liquides
- Trajectoires pour des balles de même volume mais de masses différentes

Mécanique | 2013 2

Bonjour, bienvenue au cours de physique générale de l'EPFL. Dans cette leçon, on a vu comment améliorer notre analyse de la balistique, en ajoutant l'effet du frottement de l'air. Ici, j'aimerais vous montrer une expérience, dans laquelle on essaie de faire le vide. Et dans le vide partiel, ainsi obtenu, une plume et une bille tombent à la même vitesse. Ensuite, je vous montrerai comment la chute d'une bille de forme donnée, dépend de la viscosité du liquide. Et enfin, on regardera la trajectoire de deux balles de même forme, de même volume, mais de masses différentes. Je commence avec la chute d'une bille et d'une plume dans le vide.

Notes

Summary



0m 03s

Chute dans l' air ou le vide



- Une plume et une pièce de monnaie sont placés dans un espace évacué.
- Les deux tombent en même temps.

Mécanique | 2013 3

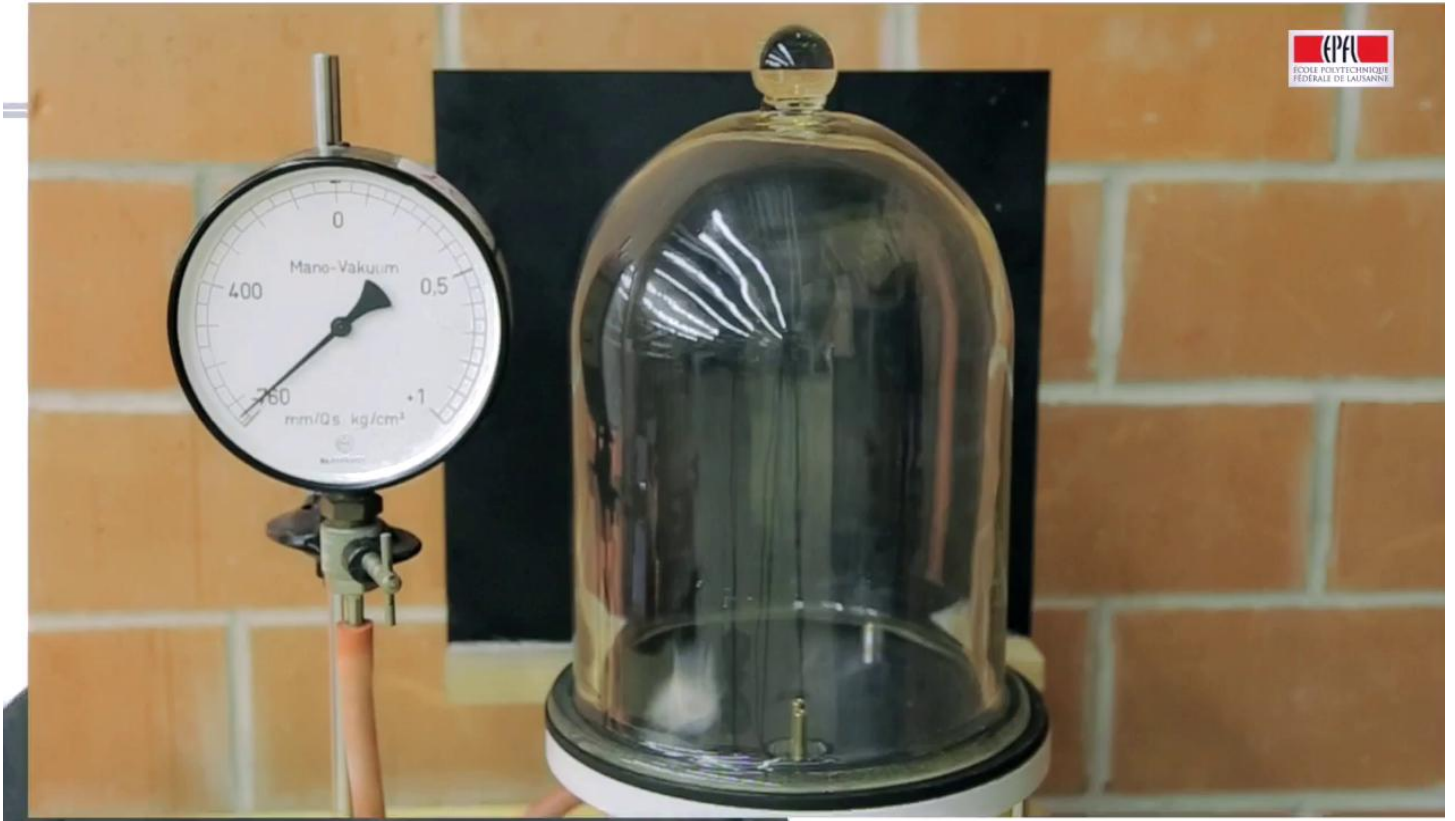
Dans cette expérience, on a déjà fait le vide. Vous avez le manomètre qui mesure la différence de pression entre l'intérieur de la cloche, et l'extérieur. Regardons la chute. Les deux objets sont retenus, en ce moment, avec des aimants. Ça veut dire qu'il y a un tout petit aimant qui est monté sur la plume.

Notes

Summary



0m 54s



Ça va un peu vite. On va regarder l'image au ralenti. Ça devient très clair. Les deux tombent à peu près en même temps, un ralenti encore plus poussé. Voilà, je crois que maintenant c'est clair.

Notes

Summary



Chute dans l' air ou le vide



- Une plume et une pièce de monnaie sont placés dans un espace évacué.
- Les deux tombent en même temps.

Mécanique | 2013 3

Par comparaison, on va regarder ce qui se passe, quand la cloche est à l'air. Vous voyez que la différence de pression, entre l'intérieur et l'extérieur est maintenant zéro. Donc, on a la pression atmosphérique dans la cloche. Et on va refaire l'expérience.

Notes

Summary



1m 40s

Chute dans l'air ou le vide



- Une plume et une pièce de monnaie sont placés dans un espace évacué.
- Les deux tombent en même temps.

Mécanique | 2013 3

Clairement, la plume tombe beaucoup plus lentement. À vitesse normale, on a pu être étonné que la plume tombe si vite. Mais je vous rappelle que cette plume est lestée d'un petit aimant qui nous permettait de la retenir en haut de la cloche. Comment analyser ce mouvement?

Notes

Summary



2m 09s

Chute dans l'air ou le vide



$$z = -\tau g t + \tau^2 g (1 - e^{-t/\tau})$$

$$\tau = \frac{m}{b}$$

$$\tau \rightarrow \infty \quad z \rightarrow -\tau g t + \tau^2 g \left[\frac{t}{\tau} - \frac{1}{2} \left(\frac{t}{\tau} \right)^2 \right]$$

$$\tau \rightarrow 0 \quad z \rightarrow -\tau g t$$

Sans frottement : chute en 0.25 s $H \approx 0.30\text{m}$

Avec frottement : $t_f \approx 1.5\text{s}$

$$t_f = \frac{H}{\tau g} \quad \tau \approx 0.020\text{s}$$

Mécanique | 2013 5

Alors, voilà, je me propose de partir de l'équation qu'on avait obtenue avec frottement. Et je vous rappelle que le coefficient tau, c'est la masse divisée par le b, qui caractérise la force de frottement. Donc, si la frot, la force de frottement devient très petite, ça veut dire que tau devient très grand. Et je regarde, ici, justement, la limite, quand tau devient très grand. Quand tau est très grand, t sur tau est très petit, l'exponentiel vaut à peu près 1. Donc, je vais faire un développement au deuxième ordre de l'exponentiel. C'est ce que j'ai écrit, ici. Ça, c'est le premier ordre. Ça, c'est le deuxième ordre. Ce terme-là, s'annule avec celui-là. Il faut prendre le deuxième ordre, pour avoir le moins une demie g t carré, qu'on connaît. Maintenant, si on a une force de frottement grande, b est grand. tau est petit. Si tau est petit, t sur tau devient très vite, très grand. L'exponentiel tend vers 1, et on a ces deux termes qui s'annulent. Il ne reste plus que celui-là, qui est indiqué, ici. Ça, c'est la limite des frottements grands, avec une vitesse tau g constante. C'est la vitesse limite. Alors, j'ai pris le temps, sur la vidéo, euh, de la bille, en chute libre, de regarder quel était son temps de chute.

Notes

Summary



2m 29s

Chute dans l' air ou le vide



$$z = -\tau g t + \tau^2 g (1 - e^{-t/\tau})$$

$$\tau = \frac{m}{b}$$

$$\tau \rightarrow \infty \quad z \rightarrow -\tau g t + \tau^2 g \left[\frac{t}{\tau} - \frac{1}{2} \left(\frac{t}{\tau} \right)^2 \right]$$

$$\tau \rightarrow 0 \quad z \rightarrow -\tau g t$$

Sans frottement : chute en 0.25 s $H \approx 0.30\text{m}$

Avec frottement : $t_f \approx 1.5\text{s}$

$$t_f = \frac{H}{\tau g} \quad \tau \approx 0.020\text{ s}$$

Mécanique | 2013 5

C'est difficile de faire une mesure précise en regardant une vidéo, mais j'ai trouvé à peu près 0,25 secondes. Ce qui implique, en impliquant x de t , euh, z de t égal moins une demie $g t$ carré, que la hauteur de la chute, c'est à peu près 30 centimètres. Maintenant, en présence d'air, la plume tombe à peu près 1,05 secondes. Et j'en ai déduit de ce temps-là, le τ , parce que je connais H de cette mesure-là. Je connais g , je déduis τ qui vaut à peu près 20 millisecondes. C'est juste pour donner un ordre de grandeur.

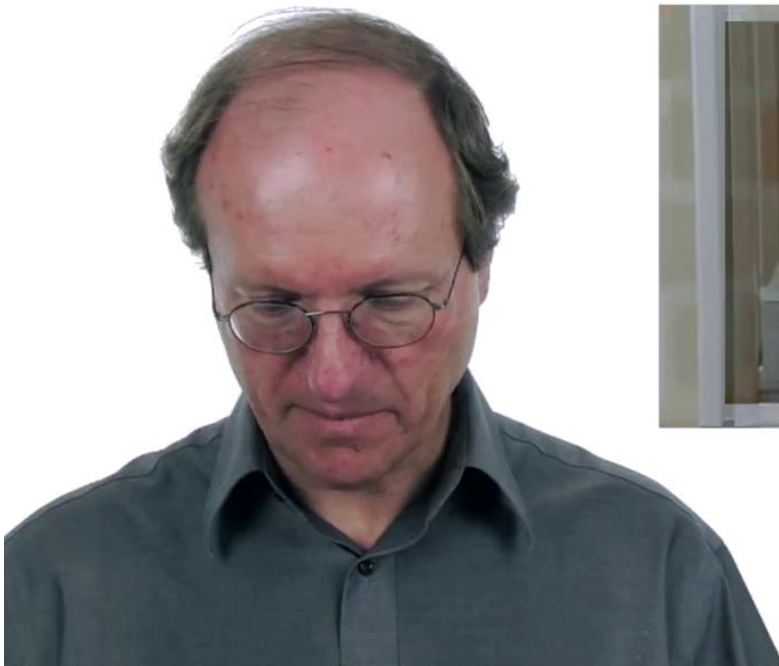
Notes

Summary



4m 00s

Chute dans des liquides



- La vitesse de chute en milieu visqueux atteint vite un maximum.
- Ce maximum dépend de la viscosité du liquide.

Mécanique | 2013 6

Maintenant, vous avez, ici, un dispositif avec trois tubes qui contiennent trois liquides différents, de l'eau, de la glycérine et de l'huile. Les trois ont des viscosités très différentes.

Notes

Summary



4m 38s



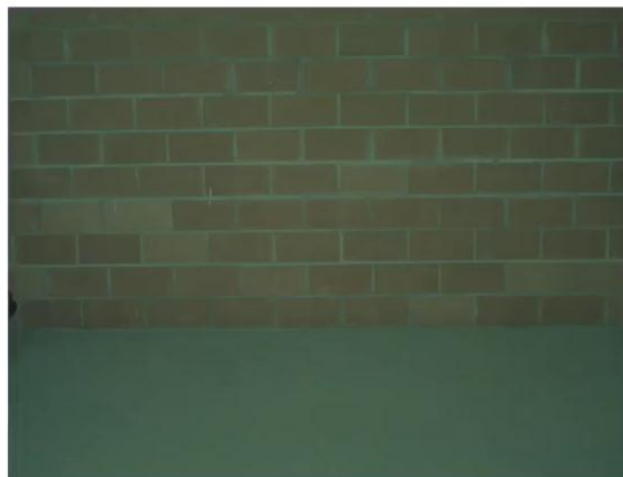
On va retourner ces tubes, et on va voir que le temps de chute dépend de la viscosité du liquide. Retournement des tubes, l'eau d'abord, la glycérine ensuite, et l'huile, la plus visqueuse, à la fin.

Notes

Summary



4m 54s



- Deux balles de même volume mais de masses différentes.

Mécanique | 2013

7

Pour terminer, j'aimerais vous montrer une, un ralenti du jet de deux balles. Deux balles qui ont le même diamètre, mais le, des masses différentes. Donc, le coefficient τ n'est pas le même pour les deux. Regardons ce qui se passe.

Notes

Summary



5m 06s



On lance les balles ensemble, la balle rouge est la plus dense, et elle va plus loin. Regardez encore une fois. Il y a une différence très nette.

Notes

Summary



5m 24s



$$\tau = \frac{m}{b}$$

Même volume \Rightarrow même b

m grand $\Rightarrow \tau$ grand

\Rightarrow faible effet des frottements

Mécanique | 2013 8

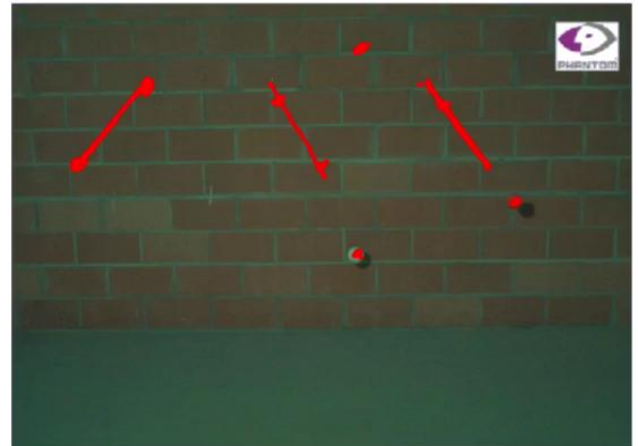
Je m'explique la chose de la manière suivante: on a ce coefficient tau qui vaut m sur b. Si on a deux balles de même volume, on doit s'attendre au même frottement. Donc, le même coefficient b. Mais si une balle est plus dense, sa masse est plus grande, et donc, vous avez le tau, ici, qui est proportionnel à la masse. Donc, tau est plus grand. Et tau grand, c'est l'équivalent d'un effet des frottements faibles.

Notes

Summary



5m 51s



- Deux balles de même volume mais de masses différentes.

Mécanique | 2013 7

Je vous invite, maintenant, à revenir à la vidéo, et je vous propose de faire un enregistrement de la position, pour essayer de tracer des trajectoires. Je vais tracer cette position-là, qui est à peu près commune. C'est très approximatif, ce que je vais faire. Je prends un deuxième point, ici. Un troisième point, là. Je continue. Voilà, je crois que j'ai assez de points. J'ai fait cette construction, parce que j'ai un petit souci. J'ai l'impression, peut-être, le technicien a lancé la balle rouge un peu plus vite que la balle blanche. Mais maintenant, je vais vous faire un argument pour vous convaincre, qu'il y a clairement, euh, une dissymétrie qui est, la dissymétrie est la suivante: si je regarde, à hauteur donnée, la, la pente, de ces deux côtés, pour une hauteur donnée, à peu près, ici. Je prétends que ces deux pentes sont à peu près les mêmes. Alors que cette pente, dans cette zone-là, est plus grande. C'est un peu fin, il faut y regarder de près. Mais, euh, avec cet argument-là, on a l'assurance que on a vraiment obtenu la dissymétrie qu'on avait prédit, lorsque on avait dérivé la formule que je rappelle, cette formule, ici.

Notes

Summary



6m 28s

Chute dans l' air ou le vide



$$z = -\tau g t + \tau^2 g (1 - e^{-t/\tau})$$

$$\tau = \frac{m}{b}$$

$$\tau \rightarrow \infty \quad z \rightarrow -\tau g t + \tau^2 g \left[\frac{t}{\tau} - \frac{1}{2} \left(\frac{t}{\tau} \right)^2 \right]$$

$$\tau \rightarrow 0 \quad z \rightarrow -\tau g t$$

Sans frottement : chute en 0.25 s $H \approx 0.30\text{m}$

Avec frottement : $t_f \approx 1.5\text{s}$

$$t_f = \frac{H}{\tau g} \quad \tau \approx 0.020\text{ s}$$

Mécanique | 2013 5

Notes

Summary



8m 36s