

Epreuve de culture scientifique

Physique

Exercice 1

Mouvement d'un ou plusieurs patins frottant sur un milieu solide

On cherche à modéliser le déplacement d'un patin (solide) sur un substrat au cours de l'expérience suivante :

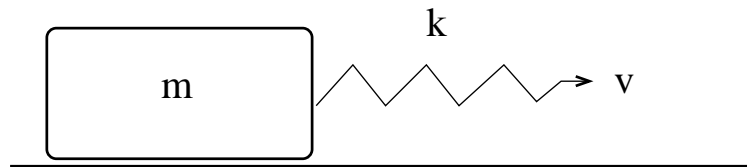


Figure 1: *Un solide de masse m frotte sur un substrat et est relié à un ressort de raideur k dont l'autre extrémité est tirée à vitesse v .*

On appellera x la position du solide au temps t et \dot{x} sa vitesse. La force de friction exercée par le substrat est notée f .

1. On commence par considérer le cas où la force de frottement est donnée par la loi du frottement solide

$$f = -\eta m g \quad (1)$$

où η est un coefficient de friction et $m g$ le poids du patin. Ecrire dans ce cas l'équation du mouvement du patin. Montrer qu'il existe une solution particulière correspondant à une vitesse constante $\dot{x} = v$, puis en déduire l'expression générale de la position x en fonction du temps. Tracer cette position en fonction du temps.

2. Reprendre la question 1 si l'on considère maintenant une loi de frottement liquide

$$f = -a \dot{x} \quad (2)$$

où a est un coefficient constant.

- 3a. En fait une description adéquate du frottement entre le patin et le substrat doit tenir compte de la nature microscopique des contacts entre les deux corps. Une hypothèse plus réaliste pour l'expression de la force de friction est, pour des vitesses \dot{x} positives,

$$f = -a \dot{x} - b \exp(-\dot{x}/v_0) . \quad (3)$$

Tracer $|f|$ en fonction de la vitesse \dot{x} . Que signifie les constantes b et v_0 ? Dans la suite on supposera que $b/(a v_0) > 1$. Pourquoi? L'expression ci-dessus de la force f a-t-elle un sens lorsque \dot{x} est négative? comment faudrait-il la modifier?

- 3b. Ecrire l'équation du mouvement pour le patin soumis à la force (3). Montrer qu'il existe une solution de vitesse constante $\dot{x} = v$. Cette solution est-elle physiquement acceptable?
- 3c. On cherche maintenant une solution de type $x(t) = vt + u(t)$ où \dot{u} est petite. Montrer que pour une valeur bien choisie de la vitesse v la patin a un mouvement oscillant. Imaginez un phénomène physique simple où les conséquences de ce mouvement oscillant sont facilement observables.
4. On considère maintenant le cas de $N \geq 2$ patins attachés les uns aux autres avec des ressorts de raideur k' , chacun étant tiré comme auparavant par un ressort de raideur k dont l'extrémité se déplace à vitesse v . Reprendre la question 2 et décrire qualitativement le mouvement du système (*Indication : on considérera le cas où un bloc de $n < N$ patins consécutifs sont immobiles les uns par rapport aux autres mais bougent par rapports aux autres patins dans le système*). Pourquoi ce modèle est-il parfois choisi pour décrire l'effet de tremblements de terre?

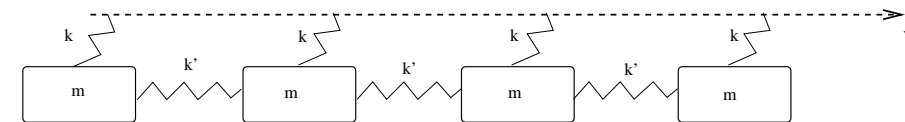


Figure 2: N solides de masse m frottent sur un substrat et sont reliés chacun à un ressort de raideur k dont l'autre extrémité est tirée à vitesse v . En outre les solides sont reliés entre eux par des ressorts de raideur k' .

Examination of Scientific Culture

Physics

Exercise 1

Motion of one or more skates on a solide substrate

One is interested in modeling the motion of a solide skate on a substrate in the following experiment:

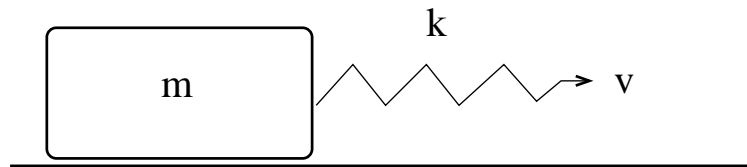


Figure 1: A solid skate with mass m moves on a substrate with some friction. A spring with stiffness k is attached to the skate at one extremity; the other extremity is moved apart at constant velocity v .

The position and the velocity of the skate at time t will be respectively denoted by x and \dot{x} . The friction force exerted by the substrate on the skate is denoted by f .

1. One first consider that the friction force is the one of a simple solid, given by

$$f = -\eta m g \quad (1)$$

where η is a friction coefficient and $m g$ the weight of the skate. Write down the equation of motion of the skate. Show that there is a solution with constant velocity $\dot{x} = v$, and deduce the general expression of x as a function of the time. Plot the representative curve of x vs. t .

2. Same question as question 1 in the case of liquid friction,

$$f = -a \dot{x} \quad (2)$$

where a is a constant coefficient.

- 3a. Actually an adequate description of the friction between the skate and the substrate should take into account the microscopic nature of the contacts between both bodies. A more realistic hypothesis for the expression of the friction force is, for positive velocity \dot{x} ,

$$f = -a \dot{x} - b \exp(-\dot{x}/v_0) . \quad (3)$$

Plot $|f|$ as a function of \dot{x} . What is the meaning of constants b and v_0 ? In the following we will assume that $b/(a v_0) > 1$. Why? Does the above expression for the force make sense when \dot{x} is negative? How should it be modified?

- 3b. Establish the equation of motion for the skate submitted to force (??). Show that there exists a constant velocity solution. Is this solution physically meaningful?
- 3c. One now looks for a solution of the type $x(t) = vt + u(t)$ where \dot{u} is small. Show that for a well chosen value of the velocity v the motion of the skate is a sustained oscillation. Can you think of a simple physical situation where the consequences of this oscillation can be observed?
4. One now considers the case of $N \geq 2$ skated, linked to each other through springs of stiffness k' ; each skate is, as before, pulled away through a spring of stiffness k moving at velocity v . Answer question 2 again for this model, and describe the motion of the system in a qualitative way (*Hint: consider the case of a block of $n < N$ contiguous skates, immobile from one another, and all moving with respect to the other skates in the system*). Can you imagine why this model is sometimes claimed to describe some physical effects related to earthquakes?

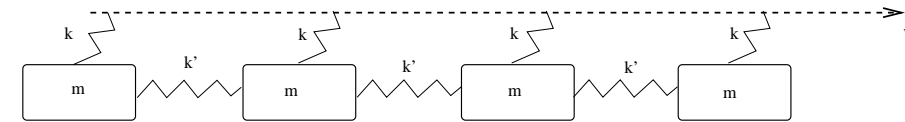


Figure 2: N solids of mass m move on a substrate and are all attached to springs of stiffness k whose other extremities move at constant speed v . In addition contiguous skates are linked to each other through springs of stiffness k' .

Epreuve de culture scientifique

Physique

Exercice 2

Un peu d'optique

I - L'expérience de Foucault (1862)

L'expérience de Foucault (1862) pour mesurer la vitesse de la lumière est schématisée sur la figure suivant :

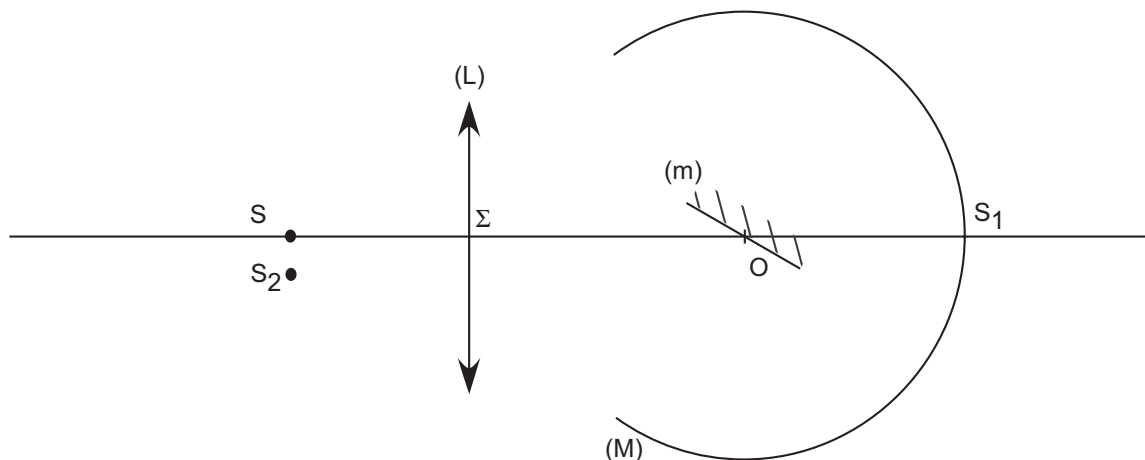


FIG. 1 – *Dispositif expérimental de Foucault (1862) pour mesurer la vitesse de la lumière*

S et S_1 sont conjugués par rapport à la lentille convergente (L) . (M) est un miroir sphérique concave de centre O , de sommet S_1 et de rayon R . (m) est un miroir plan qui tourne à une vitesse angulaire ω par rapport à un axe (Oz) perpendiculaire au plan de la figure. Ce petit miroir étant en rotation très rapide, on observe une image S_2 pratiquement dans le plan de S avec $SS_2 = a$. Montrer que la mesure de a permet de déterminer la vitesse de la lumière.

Dans l'expérience de Foucault, les différents paramètres étaient les suivants : $R = 20$ m, $a = 0.7$ mm, $S\Sigma = 54.6$ cm, $\Sigma S_1 = 21$ m et le miroir tournait à 800 tours/seconde. Conclure et commenter.

II - Lévitacion lumineuse

1. Grâce à un faisceau laser relativement puissant, il est possible de faire léviter des sphères de verre (voir figure) d'un diamètre de l'ordre de $20 \mu\text{m}$. Expliquer comment l'action

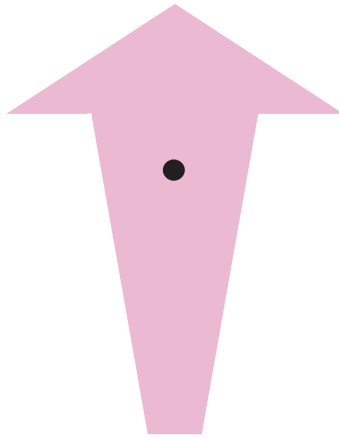


FIG. 2 –

de la lumière permet de contrecarrer la gravité? Comment la stabilité transverse est-elle obtenue?

2. La même expérience est réalisée avec un atome neutre. Expliquer comment la polarisabilité induite de l'atome par le laser autorise le piégeage de l'atome.

Examination of Scientific culture

Physics

Exercise 2

A bit of optics

I - The Foucault's experiment (1862)

The schematic of the Foucault's experiment to measure the speed of light is shown on the following figure :

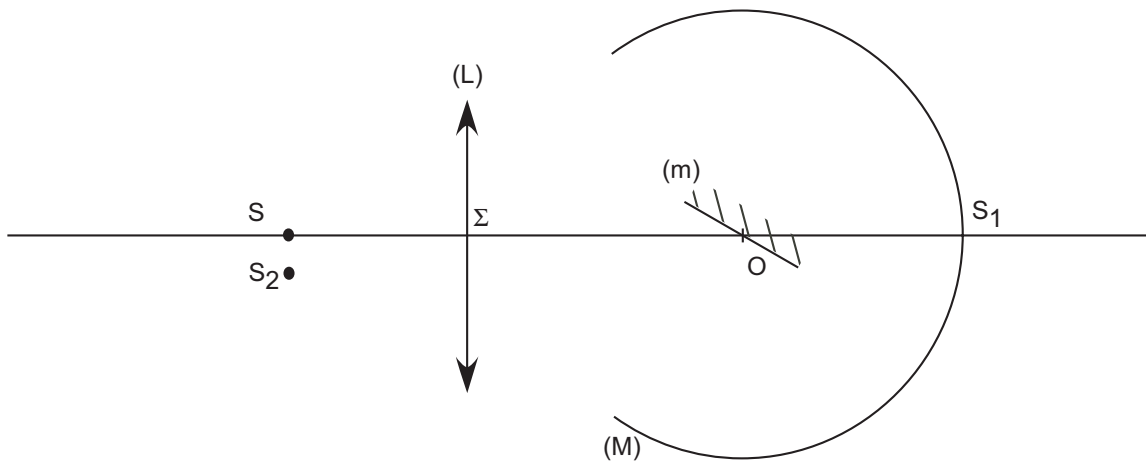


FIG. 3 – *Foucault's experimental setup (1862) to measure the speed of light.*

S and S_1 are conjugates for the convergent lens (L) . (M) is a concave spherical mirror of center O , vertex S_1 and radius R . (m) is a plane mirror which turns at an angular velocity ω with respect to the (Oz) axis perpendicular to the figure. If the angular velocity of this small mirror is sufficient, one observes an image S_2 nearly in the same transverse plane as S at a distance $SS_2 = a$. Show how the measurement of a permits to determine for the speed of light.

The parameters of the original Foucault's experiment are the following : $R = 20$ m, $a = 0.7$ mm, $S\Sigma = 54.6$ cm, $\Sigma S_1 = 21$ m and the mirror was spinning at a velocity of 800 turs per second. Conclude and comment.

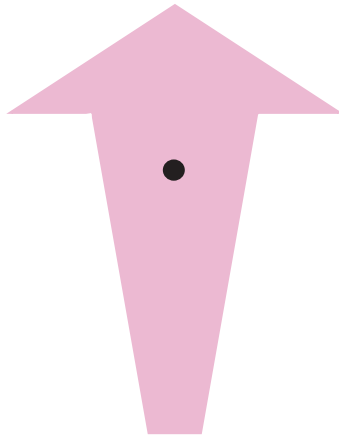


FIG. 4 –

II - Light Levitation

1. With a relatively intense laser, it has been possible to levitate a glass sphere (see figure above) with a diameter on the order of $20 \mu\text{m}$. How the action of the light can overcome the gravity? How the transverse stability is ensured?
2. The same experiment is now performed with a neutral atom. Explain how the induced polarization generated by the laser results in a possible trapping of the atom?

Epreuve de culture scientifique

Physique

Exercice 3

Hydrostatique dans un référentiel tournant

On considère le système suivant :

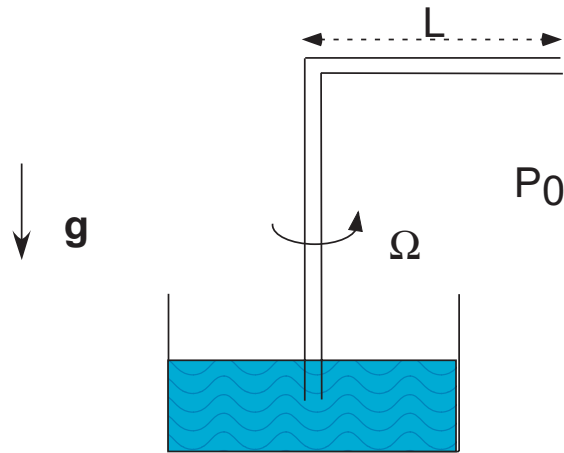


FIG. 1 –

Un tube en forme de Γ tourne à une vitesse angulaire Ω dans une cuve remplie d'eau.

1. Décrire qualitativement ce qui se passe au besoin à l'aide d'un dessin.
2. Calculer l'amplitude de l'effet en fonction de P_0 pression ambiante de l'air, de L la longueur horizontale du tube et des autres paramètres du système.
3. La vitesse de rotation Ω peut-elle être choisie aussi grande que l'on veut ?
4. Y-a-t-il une limite sur le diamètre du tube utilisé pour que l'expérience fonctionne ?

Examination of Scientific culture

Physics

Exercise 3

Hydrostatic in a rotating frame

We consider the following experimental setup :

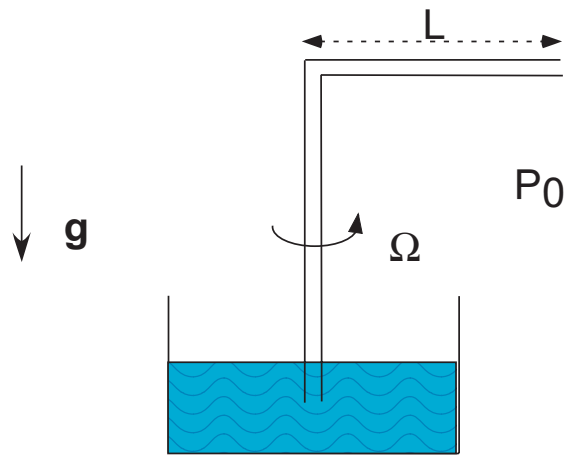


FIG. 2 –

A tube with a Γ -shape is spun up at an angular velocity Ω in a recipient containing water.

1. Describe qualitatively what happens with a drawing if necessary.
2. Calculate the effect as a function of P_0 (ambient pressure of air) of L (horizontal length of the tube) and of the other parameters of the system.
3. Can we choose the angular velocity Ω as large as we want ?
4. Is there any limit on the tube diameter for the experiment to work ?