

Travaux Dirigés de Dynamique

Exercice 1 : *Pendule dans une voiture*

Un pendule est constitué d'un objet ponctuel de masse 100 g suspendu à un fil. Le fil est suspendu au plafond d'une voiture.

A pendulum consists of a object of mass 100 g suspended with a wire. The wire is suspended on the ceiling of a car.

1. Calculer la tension du fil lorsque la voiture est à l'arrêt.

Calculate the tension of the wire when the car is motionless.

2. La voiture roule en ligne droite à 36 km/h. Quelle est la position d'équilibre du pendule ?

The car runs in straight line to 36 km/h.

Which is the position of the pendulum?

3. La voiture accélère. Sa vitesse augmente proportionnellement au temps à raison de 7,2 km/h par seconde. Quelle est la position d'équilibre du pendule ?

The car accelerates. Its speed increases proportionally at time at a rate of 7,2 km/h a second. Which is the position of the pendulum?

4. Au bout de 5 secondes, la voiture cesse d'accélérer et prend un virage circulaire de rayon 200 mètres. Quelle est la position d'équilibre du pendule ?

At the end of 5 seconds, the car ceases accelerating and takes a circular turn of ray 200 meters. Which is the position of the pendulum?

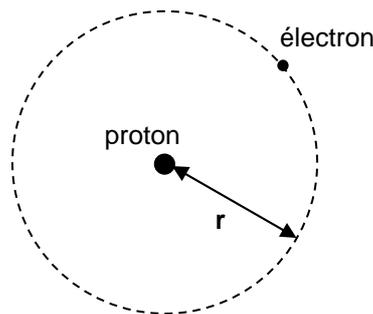
Exercice 2 : *Mouvement d'un électron autour d'un proton*

Dans un atome d'hydrogène, un électron de masse m et de charge $-q$ tourne autour d'un proton de masse M et de charge $+q$. La distance entre l'électron et le proton est r .

On suppose que le proton est immobile dans le référentiel lié au laboratoire.

In a hydrogen atom, an electron (mass m and charge $-q$) rotates around a proton (mass M and charge $+q$). The distance between the electron and the proton is r .

It is assumed that the proton don't move in the laboratory frame.



Données :

$$m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$M = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$q = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$r = 52,9 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

$$\text{Constante de la force électrostatique : } \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,988 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2}$$

$$\text{Constante gravitationnelle : } G = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$$

1. Calculer la norme de la force gravitationnelle entre le proton et l'électron.

(Calculate the magnitude of the gravitational force between the proton and the electron.)

2. Calculer la norme de la force électrostatique entre le proton et l'électron.

(Calculate the magnitude of the electrostatic force between the proton and the electron.)

3. Comparer les deux forces.
(Compare the two forces.)
4. Dans la suite, on néglige la force gravitationnelle.
(Subsequently, it neglects the gravitational force.)
- 4a. Trouver le vecteur accélération de l'électron.
(Find the acceleration vector of the electron.)
- 4b. Calculer la vitesse de l'électron.
(Calculate the speed of the electron.)

Exercice 3 : Le saut d'une grenouille

Une grenouille saute sur un plan horizontal. Son centre de masse est G.
Sa masse est $m = 150$ g. On utilise un repère (Oxy).
(Ox) est une droite horizontale. (Oy) est une droite verticale.

Au temps $t = 0$ s, $OG = 0$ m ($O = G$) et la vitesse est $\vec{v}_0 = \begin{pmatrix} v_{x0} = 0,75 \text{ m/s} \\ v_{y0} = 1,30 \text{ m/s} \end{pmatrix}$.

L'intensité de l'accélération de pesanteur est $g = 9,81$ m/s².

*A frog jump on a horizontal plane. Its center of mass is G. Its mass is $m = 150$ g.
We use a coordinate system (Oxy). (Ox) is a horizontal line. (Oy) is a vertical line.*

At time $t = 0$ s, $OG = 0$ m ($O = G$) and the velocity is $\vec{v}_0 = \begin{pmatrix} v_{x0} = 0.75 \text{ m/s} \\ v_{y0} = 1.30 \text{ m/s} \end{pmatrix}$.

The gravity acceleration is $g = 9.81$ m/s².

1. Quel est le référentiel utile pour décrire le mouvement ? Quelle doit être sa particularité ?
(What is the frame useful to describe the movement ? What should be its particularity?)

2. **Montrer** que l'accélération de la grenouille est $\vec{a} = \begin{pmatrix} a_x = 0 \\ a_y = -9.81 \text{ m/s}^2 \end{pmatrix}$.

Prove that the acceleration of the frog is $\vec{a} = \begin{pmatrix} a_x = 0 \\ a_y = -9.81 \text{ m/s}^2 \end{pmatrix}$.

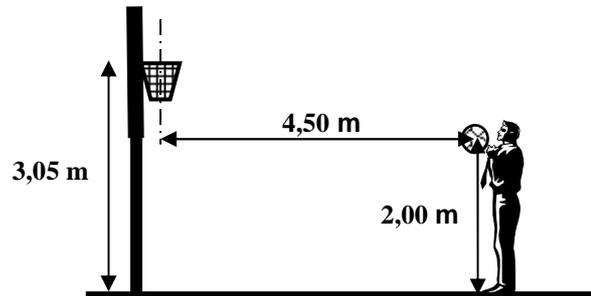
3. Exprimer la position x en fonction du temps t.
(Write the x-position with the time t.)
4. Exprimer la position y en fonction du temps t.
(Write the y-position with the time t.)
5. Quelle est l'équation de la trajectoire $y = f(x)$?
(What is the trajectory equation $y = f(x)$?)
6. Quelle est la hauteur maximale y_{\max} atteinte par la grenouille ?
(What is the maximum height reached by frog?)
7. Quelle est la longueur du saut ?
(What is the length of the jump ?)

Exercice 4 : *Lancer franc*

Le but de cet exercice est de trouver les trajectoires pour réussir un lancer franc au basket-ball.

Au basket-ball, les règles de bases sont les suivantes :

- Le ballon a une circonférence de 76 cm et sa masse est d'environ 600 g.
- Le ballon ne peut être joué qu'avec les mains. Il est interdit de courir avec le ballon. Le ballon peut être reçu à n'importe quel moment, à n'importe quel endroit et par n'importe quel joueur. Les chocs sont interdits.
- Le but est élevé et de petites dimensions. Le panier est fixé au panneau à 3,05 m au-dessus du sol. L'anneau mesure 46,0 cm de diamètre et est fixé sur un panneau de 2,00 m sur 1,00 m.



Un joueur de basket-ball, ayant été molesté par un joueur adverse, a droit à un lancer franc. Il se place alors à 4,50 m du centre du panier. Puis il lance le ballon à partir d'une hauteur de 2,00 m et avec une vitesse initiale $v_0 = 10,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Le vecteur vitesse initial est incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale.

On modélise les frottements de l'air sur le ballon par une force d'intensité $F = 6 \pi \eta r v$ avec η la viscosité de l'air, r le rayon du ballon et v la vitesse du ballon dans le référentiel lié à l'air.

The goal of this exercise is to find the trajectories to make a success of a charity toss (free throw) in basketball. With the basketball, the rules of bases are as follows: The balloon has a circumference of 76 cm and its mass is approximately 600 g. The balloon can be played only with the hands. It is interdict to run with the balloon. The balloon can be received at any time, any place and by any player. The shocks are prohibited. The goal is high and low-size. The basket is fixed at the panel to 3,05 m above the ground. The ring measures 46,0 cm in diameter and is fixed on a panel of 2,00m x 1,00 m. A player of basketball, have to do a charity toss. It is placed then at 4,50 m of the center of the basket. Then it launches the balloon starting from a 2,00 m height and an initial speed $v_0 = 10,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. The initial Flight Path Vector is tilted of an angle α compared to the horizontal. One models frictions of the air on the balloon by a force of intensity $F = 6 \pi \eta r v$ with η the viscosity of the air, r the ray of the balloon and the v speed of the balloon in the reference frame related to the air.

Données :

Intensité du champ de pesanteur : $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

Viscosité de l'air : $\eta = 1,81 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

Masse volumique de l'air : $\rho = 1,30 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$

Rappel de trigonométrie : $\frac{1}{\cos^2(\theta)} = 1 + \tan^2(\theta)$

1. Quel est le système, le référentiel et le repère utiles dans ce problème ?
2. Réaliser le bilan de toutes les forces extérieures agissant sur ce système.
3. Montrer alors qu'une seule force est prépondérante dans le problème.
4. Déterminer l'expression littérale de l'équation de la trajectoire du ballon.
5. Donner l'angle ou les angles α qui permettent au joueur de marquer un point au lancer franc.
6. Tracer à l'échelle la ou les trajectoires du ballon en précisant les points remarquables de la ou des courbes.

Exercice 5 : *Glissement d'un cube sur un plan incliné*

Un cube ayant un volume V et une masse m est posé sur un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontal. Le centre de masse du cube est le point C (voir le schéma en annexe).

On appelle \vec{f} la force de frottement.

A cube, having a volume V and a mass m , is posed on a tilted level of an angle α compared to the horizontal plane. The centre of mass of the cube is the point C (see the diagram in appendix). The force of friction is called \vec{f} .

Données (Data) :

$$V = 1,00 \text{ dm}^3 ; m = 2,70 \text{ kg} ; \alpha = 30^\circ$$

$$\text{Masse volumique de l'air (Density of the air)} : \rho = 1,3 \text{ kg/m}^3$$

1. Le cube est immobile. *The cube is motionless.*

1a. Montrer que la poussée d'Archimède est négligeable devant le poids.

Show that the push of Archimedes is negligible in front of the gravity force.

1b. Calculer la norme de la force de frottement.

Calculate the magnitude of the force of friction.

1c. Dessiner les forces agissant sur le cube sur le schéma dans l'annexe 3. (Echelle : 1 cm \leftrightarrow 5 N)

Draw the forces acting on the cube on the diagram in appendix 3.

(Scale : 1 cm \leftrightarrow 5 N)

2. On verse de l'huile sur le plan incliné. La force de frottement vaut alors 10 N. Le cube glisse alors sur le plan incliné. Initialement sans vitesse, le cube acquiert une vitesse v quand il a parcouru une distance $L = 50$ cm.

We pour oil on the tilted level. The force of friction is then $f = 10$ N. The cube slips then on the tilted level. Initially without speed, the cube acquires a speed v when it traversed a distance $L = 50$ cm.

Calculer la vitesse v .

Calculate the speed v .

Exercice 6 : *Mouvement d'un satellite autour de la Terre*

Un satellite tourne autour de la Terre. Sa masse est $m = 8000$ kg.

Son mouvement est circulaire. Son altitude est $H = 36\,000$ km.

Le satellite a un mouvement circulaire.

A satellite revolves around the Earth. Its mass is $M = 8000$ kg. The satellite has a circular motion. It has an altitude $H=36000$ km.

Données (data) :

$$\text{Masse de la planète Terre} : M = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$\text{Rayon de la planète Terre} : R = 6370 \text{ km}$$

$$\text{Constante gravitationnelle} : G = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$$

1. Calculer la norme de la force gravitationnelle entre le satellite et la Terre.

(Calculate the magnitude of the gravitational force between the satellite and the earth.)

2. Trouver le vecteur accélération du satellite en utilisant les coordonnées polaires.

(Find the acceleration vector of the satellite. We use polar coordinate.)

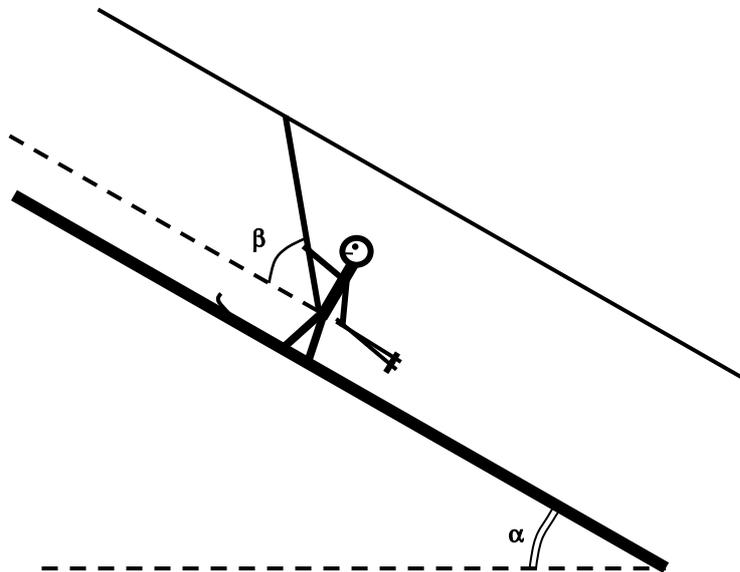
3. Calculer la norme de la vitesse du satellite.

(Calculate the speed of the satellite.)

Exercice 7 : **Skieur**

Un skieur (masse m) est tiré à la vitesse constante v par un remonté-pente. La perche fait un angle β avec le sol. Le sol est incliné d'un angle α avec l'horizontale. La force de frottement a une norme f . La longueur de la piste est L .

A skier (mass m) is drawn at the constant speed v by a ski-lift. The pole forms an angle β with the ground. The ground is tilted of an angle α with the horizontal. The force of friction has a magnitude f . The length of the ski-run is L .



Données :

$m = 80,0 \text{ kg}$; $\alpha = 30,0^\circ$; $\beta = 50,0^\circ$; $f = 100 \text{ N}$; $L = 250 \text{ m}$; $v = 10,0 \text{ km/h}$
 Intensité du champ de pesanteur $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

1. Quelle est la force \vec{F} exercée par la perche sur le skieur ?
Which is the force exerted by the pole on the skier?
2. Le skieur arrive en haut. Il descend la piste avec une vitesse initiale $v_0 = 4,0 \text{ m/s}$.
 Il y a des forces de frottement $f = 100 \text{ N}$.
 Calculer la vitesse du skieur lorsqu'il arrive en bas.
*The skier arrives in top. He goes down with an initial speed $v_0 = 4,0 \text{ m/s}$.
 There are forces of friction $f = 100 \text{ N}$. Calculate the speed of the skier when he arrives in bottom.*

Annexe 3***Cube sur un plan incliné***