A - Corrigé du test bonus de Physique Générale pour Sciences Naturelles 1

13 novembre 2013

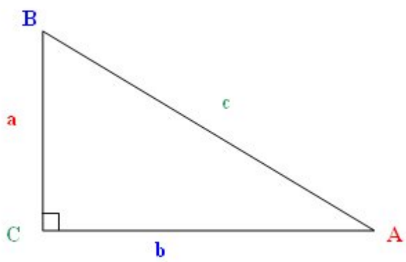
Corrigé élaboré par Alexandra Barraquand, Hélène Piet, Baptiste Ottino et Ryan Schilling.

1 Questions à choix multiples

Q 1

Réponse a) : 100 cm = 10 dm et le Volume = 10 x 10 x10 = 1000 dm^3 = 1000 L

Q 2



Réponse a) : 26 unités.

Le vecteur pointant vers le nord $\vec{CB}$ a une norme a = 10 unités, le vecteur pointant vers l'est $\vec{CA}$ a une norme b = 24 unités. La norme de la somme des deux est la longueur c. D'où, c = $\sqrt{24^2 + 10^2}$ = 26.

Q 3

Réponse b) : le temps.

Le corps a une accélération scalaire constante :

a(t) = a = $\frac{dv}{dt}$

d'où v(t)= $\int a$ dt = at + constante.

Donc la vitesse augmente bien linéairement avec le temps.

Q 4

Réponse a) : accélère

On considère que le système est isolé, la quantité de mouvement est donc conservée.

On définit :

1. Vitesse initiale du système V et sa masse $M + m_c$.
2. Masse de charbon jetée par dessus bord : m_c, sa vitesse v_c.
3. Masse du wagon avec le chargement restant : M, sa vitesse après lancement du charbon V'.

Avant : $\vec{p} = (M + m_c)\vec{V}$

Après : $\vec{p'} = M\vec{V'} + m_c\vec{v}_c$

Projetées sur l'axe du mouvement cela donne les équations :

$p = (M + m_c)V$

$p' = MV' - m_c v_c$

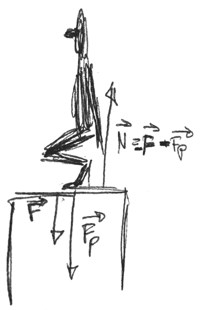
Or, $p = p' \Rightarrow (M + m_c)V = MV' - m_c v_c$

On obtient alors, $V' = V + \frac{m_c}{M}(V + v_c) > V$

La vitesse du wagon a donc augmenté.

Q 5

Figure 1: Vous êtes sur le point de décoller, dans un cas où la boîte ne s'affaisserait pas



Réponse a) : s'affaisse

Avant le saut, le système est à l'équilibre : la force de soutien de la boîte arrive encore à compenser votre poids. Seulement, pour sauter, il vous faut acquérir une accélération ascendante, donc il faudra que la somme des forces qui s'appliquent sur vous ne soit plus nulle, mais que vous appliquiez une force supplémentaire pour vous élever. Ce sont les muscles de vos jambes qui appliquent une force $\vec{F}$ sur la boîte. Au moment du saut, alors que vous touchez encore la boîte, la normale $\vec{N}$ devrait avoir un module valant $F + F_p$ pour qu'aucune déformation ne se produise, comme sur la figure 1. Mais ce n'est pas le cas, car par la consigne $N_{max} = F_p$. La boîte s'affaisse donc.

Q 6

Réponse b) : elle double.

En effet, la force de frottement statique est définie par

$F_{fmax} = \mu_s F_N$ avec le coefficient de frottement statique μ_s ne dépendant que du matériau constituant les deux plaques. Ainsi si on double F_N, on double F_{fmax}.

Q 7

Réponse d) : elle augmente.

Le système est en équilibre (ne bouge pas), donc la somme des forces extérieures s'exerçant est nulle : $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$

- Avant le déplacement de la masse, on avait :

$m\vec{g} + \vec{T} = 0 \Rightarrow$ selon l'axe y pointant vers le plafond : $-mg + T = 0 \Rightarrow \vec{T} = \begin{pmatrix} 0 \\ mg \end{pmatrix}$

- Après le déplacement :

$m\vec{g} + \vec{T'} + \vec{F_l} = 0$

selon x (pointant vers l'est) : $\Rightarrow -T' sin\theta + F_L = 0$

selon y : $\Rightarrow T' cos\theta - mg = 0$

Donc $\vec{T'} = \begin{pmatrix} -T' sin\theta \\ T' cos\theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -F_l \\ mg \end{pmatrix}$

La norme de $\vec{T'}$ est donc supérieure à celle de $\vec{T}$. La tension dans la corde augmente avec le déplacement de la masse.

Q 8

Réponse e) : aucune des réponses précédentes

L'accélération gravitationnelle à une altitude correspondant à un rayon terrestre s'exprime ainsi :

$$a_{grav} = G\frac{M_T}{(2R_T)^2} = \frac{1}{4}\cdot G\frac{M_T}{R_T^2} = \frac{1}{4}g$$

Où G est la constante de la gravitation universelle, g l'accélération gravitationnelle à la surface de la Terre, M_T la masse de la Terre et R_T son rayon. On a donc :

$$P = ma_{grav} = \frac{1}{4}mg \approx 2.5\,\mathrm{N}$$

valeur introuvable dans les réponses proposées.

Q 9

Réponse d) : La tige en plastique a un plus grand moment d'inertie

Le moment d'inertie d'une tige mince de longueur L et de masse m autour d'un axe perpendiculaire passant par le centre de masse est donné par :

$$I = \frac{1}{12}mL^2$$

Ici, les deux tiges sont de même masse et de même section. Comme la tige en plastique est moins dense que la tige en plomb, elle est forcément plus longue. Or, puisque I est proportionnel à L^2, le moment d'inertie de la tige en plastique est supérieur à celui de la tige en plomb.

Q 10

Réponse c) : $1.414\,\mathrm{m/s}$

L'énergie cinétique est donnée par :

$$E_{cin} = \frac{1}{2}mv^2$$

En remplaçant par les valeurs numériques, nous trouvons bien :

$$E_{cin} = \frac{1}{2}(1.0\,\mathrm{kg})(1.414\,\mathrm{m/s})^2 = 1.0\,\mathrm{J}$$

B - Corrigé du test bonus de Physique Générale pour Sciences Naturelles 1

13 novembre 2013

1 Questions à choix multiples

Q 1

Réponse b) : 2, 1, 4, 3

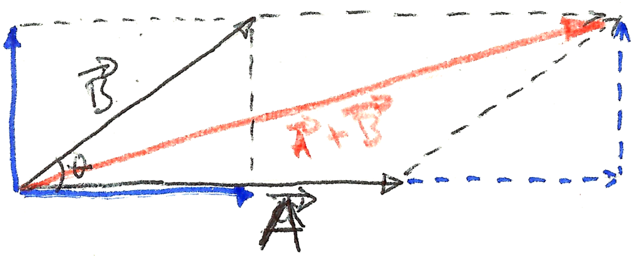
On transforme toutes les unités en kg :

$$10 \text{ mg} = 10^{-5} \text{ kg} \tag{1}$$
$$1000 \text{ µg} = 10^{-6} \text{ kg} \tag{2}$$
$$10^{-2} \text{ kg} \tag{3}$$
$$10^{-4} \text{ kg} \tag{4}$$

Par ordre croissant, on a donc bien 2, 1, 4, 3.

Q 2

Figure 1: Question Q 2



Réponse c) : $A + B$ et $A - B$

Comme on peut le voir sur la figure **??**, la résultante $\vec{A} + \vec{B}$ peut être calculée en décomposant le vecteur $\vec{B}$ sur deux axes perpendiculaires bien choisis, puis en utilisant le théorème de Pythagore :

$$\begin{aligned}
\left\|\vec{A}+\vec{B}\right\|^2(\theta) &= (A+B\cos\theta)^2+(B\sin\theta)^2 \\
&= A^2+2AB\cos\theta+B^2\cos^2\theta+B^2\sin^2\theta \\
&= A^2+2AB\cos\theta+B^2
\end{aligned}$$

On a donc exprimé le carré de la norme de $\vec{A}+\vec{B}$ comme fonction de l'angle entre $\vec{A}$ et $\vec{B}$. On cherche les extrema de la résultante. On considère donc la dérivée de cette fonction, qui vaut :

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\theta}\left(\left\|\vec{A}+\vec{B}\right\|^2(\theta)\right)=2AB\sin\theta$$

Et dont les racines se situent en $\theta=k\pi$, avec $k\in\mathbb{Z}$. On a donc :

$$\begin{aligned}
\left\|\vec{A}+\vec{B}\right\|^2_{max} &= (A+B)^2 \\
\left\|\vec{A}+\vec{B}\right\|^2_{min} &= (A-B)^2
\end{aligned}$$

Comme la fonction racine carrée est strictement croissante, on en déduit directement que :

$$\begin{aligned}
\left\|\vec{A}+\vec{B}\right\|_{max} &= A+B \\
\left\|\vec{A}+\vec{B}\right\|_{min} &= A-B
\end{aligned}$$

Q 3

Réponse d) : 9.8 m/s

Nous sommes dans un cas de chute libre, donc :

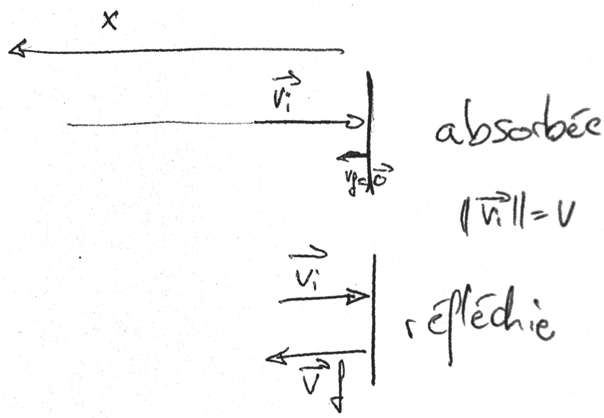
$$a=g=9.8\,\mathrm{m/s^2}$$

$$x(t)=\frac{1}{2}gt^2$$

si l'axe x est orienté vers le haut et si on choisit $x(0)=0$. On calcule le module de la vitesse moyenne de la manière suivante :

$$<v>=\frac{|\Delta x|}{\Delta t}=\frac{\left|-\frac{1}{2}g(t_{fin})^2-0\right|}{t_{fin}}=\frac{\frac{1}{2}\cdot 9.8\,\mathrm{m/s^2}\cdot(2\,\mathrm{s})^2}{2\,\mathrm{s}}=9.8\,\mathrm{m/s}$$

Q 4



Réponse b) : plus grande

Dans les exemples plus classiques du cours, nous utilisions la formule :

$$F_{moy} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = m\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Nous sommes ici dans le cas de particules sans masse, mais nous pouvons tout de même supposer que la force moyenne est proportionnelle à la différence de vitesse. On considère un Δt constant. Dans le cas où l'onde est absorbée, on a $v_i = -v$ et $v_f = 0$, donc $\Delta v = v$. Dans le cas où l'onde est réfléchie, on fait l'hypothèse qu'elle est totalement réfléchie et que $\vec{v_f}$ est le long de l'axe x. On a $v_i = -v$ et $v_f = v$, donc $\Delta v = 2v$: la différence de vitesse est deux fois plus grande, ce qui implique que la force moyenne sera également deux fois plus grande.

Q 5

Réponse b) : 125 kg

Même si l'homme exerce une force sur le sac, le système homme-sac reste à l'équilibre. Les deux seules forces s'exerçant sur lui sont son poids et la force de soutien de la balance, dont l'intensité permettra à celle-ci d'afficher la masse du système homme-sac, en l'occurence $(110 + 15)$ kg $= 125$ kg.

Q 6

Réponse a) : reste inchangée

Le module de la force de frottement statique maximale s'exprime ainsi :

$$F_{fsmax} = \mu_s F_N$$

On voit tout de suite que F_{fsmax} ne dépend que de la force normale F_N et du coefficient de frottement statique μ_s, qui lui-même ne dépend que des propriétés de l'acier et de l'aspect microscopique de la surface de contact. Si la surface de contact augmente, la force de frottement maximale reste donc inchangée.

Q 7

Réponse a) : peut être à la foi en équilibre translationnel et en équilibre rotationnel

Une somme des forces extérieures nulle implique un équilibre translationnel. Il est tout à fait possible que l'on ait également un équilibre rotationnel, si la somme des moments est également nulle, ou si toutes les forces sont concourantes. C'est donc la première affirmation qui est correcte.

Q 8

Réponse c) : 1.5E-4 g

L'accélération gravitationnelle à la surface de Géographos s'exprime ainsi :

$$g_G = G\frac{M_G}{R_G^2} = G\frac{8.4 \cdot 10^{-12} M_T}{(2.4 \cdot 10^{-4} R_T)^2} = \frac{8.4 \cdot 10^{-12}}{(2.4 \cdot 10^{-4})^2} g = 1.5 \cdot 10^{-4} g$$

Q 9

Réponse b) : elle doit passer par le centre de gravité

Si la ligne d'action d'une force appliquée à un corps ne passe pas par le centre de gravité, alors il se crée un moment de force sur l'objet, et donc un mouvement de rotation.

Q 10

Réponse e) : aucune de ces quantités

Convertissons toutes ces unités en unités SI :

$$\begin{array}{ll} (a) & [\mathrm{N\,m/s}] = [\mathrm{kg\,m^2/s^3}] \\ (b) & [\mathrm{kg\,m^2/s^3}] \text{ déjà en unités SI} \\ (c) & [\mathrm{J/s}] = [\mathrm{kg\,m^2/s^3}] \\ (d) & [\mathrm{W}] = [\mathrm{kg\,m^2/s^3}] \end{array}$$

On voit que toutes ces notations sont équivalentes. La dernière affirmation est donc la bonne.

Probleme A1

Pour commencer, nous convertissons la vitesse de $\frac{km}{h}$ à $\frac{m}{s}$:

$$96.5\frac{km}{h} \times \frac{1000m}{1km} \times \frac{1h}{60^2 s} = 26.81\frac{m}{s} \tag{1}$$

Rappelons la relation entre énergie cinétique et vitesse, qui nous permet de déterminer l'énergie nécessaire pour l'accélération de la voiture :

$$E_{kinetic} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 1800kg \times (26.81\frac{m}{s})^2 = 646680J \tag{2}$$

La puissance moyenne est le taux avec lequel l'énergie est investie :

$$P = \frac{E}{t} = \frac{646680J}{10s} = 64668W \tag{3}$$

Le résultat est 65 kW, qui est une puissance raisonnable pour une voiture : le moteur diesel d'une Corolla Verso a une puissance maximale de 100 kW.

Probleme B1

L'énergie de l'uranium est transformé en énergie cinétique.
Nous écrivons la masse du fusée en kg :

$$3.5 \times 10^3 t \times \frac{1000kg}{1t} = 3.5 \times 10^6 kg \tag{4}$$

Rappelons la relation entre énergie cinétique et vitesse :

$$E_{kinetic} = \frac{1}{2}mv^2 \tag{5}$$

qui nous permet d'exprimer la vitesse ainsi :

$$v = \sqrt{\frac{2E_{kinetic}}{m}} = 205630\frac{m}{s} \tag{6}$$

Exercice 2 : test A

Si l'on néglige les frottement de l'air, la seule force agissant sur le projectile est son poids (voir Fig. 1), ainsi

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} = m\vec{g}.$$

Le projectile est lancé avec une vitesse initiale horizontale v_0, les équations paramétriques caractérisant le mouvement de la particule selon les coordonnées x et y sont donc

$$\begin{cases} a_x &= 0 \\ a_y &= g, \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_x &= v_0 \\ v_y &= gt. \end{cases}$$

La composante tangentielle F_T (parallèle à la trajectoire) du poids du projectile n'est autre que

$$F_T = mg\cos\alpha,$$

Les composantes de la vitesse exprimés permettent d'écrire la relation suivante :

$$\cos\alpha = \frac{gt}{\sqrt{v_0^2 + g^2t^2}}$$

Ainsi on en déduit l'expression de F_T en fonction de m, g, v_0 et t, telle que :

$$F_T = \frac{mg^2t}{\sqrt{v_0^2 + g^2t^2}}.$$

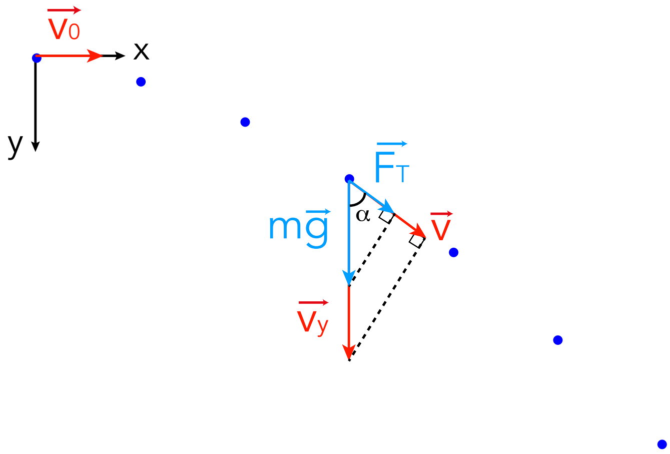


FIGURE 1 – Chute d'un projectile

Exercice 2 : test B

Un premier bloc est placé au pied d'un plan incliné (voir Fig.2). Si l'on néglige les frottements de ce bloc sur la surface lorsqu'il glisse, les forces agissant sur ce dernier sont sa réaction normale et son poids, ainsi

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g}.$$

L'accélération et la vitesse du bloc s'expriment selon l'axe x uniquement, on obtient donc sa vitesse ainsi que sa position en fonction du temps de sorte que

$$\begin{cases} a(t) &= g\sin 20^\circ \\ v(t) &= gt\sin 20^\circ + v_0 \\ x(t) &= \frac{1}{2}gt^2\sin 20^\circ + v_0 t + x_0. \end{cases}$$

La vitesse v_1 de ce bloc lorsqu'il entre en contact avec le premier bloc s'exprime donc :

$$v_1{}^2 \;=\; 2(x_1 - x_0)g\sin 20^\circ,$$

o˘ $(x_1 - x_0)$ n'est autre que la distance parcourue par le bloc lors de sa descente, soit 10 m.

Soit v_2 la vitesse finale des deux blocs. Du fait qu'il y ait collision entre ces derniers, il y aura conservation de la quantité de mouvement, ainsi :

$$mv_1 \;=\; 2mv_2$$

et

$$v_2 \;=\; \frac{(2(x_1 - x_0)g\sin 20^\circ)^{\frac{1}{2}}}{2} \;=\; 4.095\ m.s^{-1}.$$

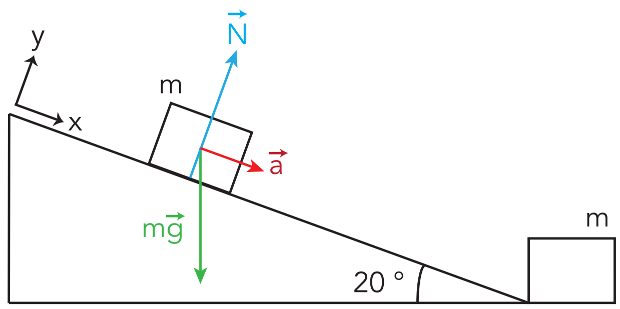


FIGURE 2 – Glissement d'un bloc le long d'une pente