Licence 1ère année - UE PHYS104
Section BGPC1
Contrôle continu du 14 décembre 2004

Durée : 2 heures.

Les calculettes de type « collège » (non graphiques, non programmables) sont autorisées. Les exercices sont indépendants les uns des autres et peuvent être traités dans un ordre quelconque.

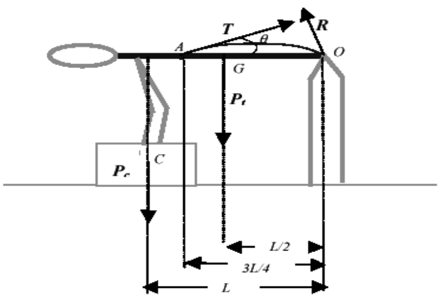
Constantes physiques: Nombre d'Avogadro N_0= 6 10^{23} ,Constante de Bolztmann k = 1.38 10^{-23} SI.

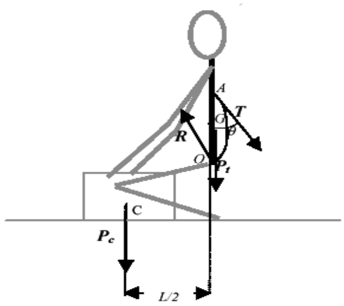
I. Déménagement.

Une personne ramassant une caisse a le choix entre se courber (ci-dessous à gauche) et s'accroupir (ci-dessous à droite). Les forces s'appliquant sur le tronc (colonne vertébrale) de cette personne sont les suivantes:

- La force de traction $\vec{T}$ du muscle dorsal sur le haut de la colonne vertébrale, appliquée en A.
- $\vec{P}_c$, le poids de la caisse de masse m_C = 9 kg et de centre de gravité C.
- $\vec{P}_T$, le poids du tronc de la personne de masse m_T = 24 kg et de centre de gravité G.
- La réaction $\vec{R}$ exercée par le bas du corps sur le haut du corps, appliquée au pont de rotation O (les hanches).

On néglige la force exercée par la tête sur la colonne vertébrale. On suppose que la personne parvient tout juste à soulever la caisse (la réaction du sol sur la caisse est donc nulle).





Position courbée :

1. Ecrire les conditions d'équilibre du système {tronc + caisse}.
2. En considérant les moments par rapport au point O, établir l'expression de la force de traction T du muscle dorsal en fonction de m_C,m_T, g et θ.
3. Application numérique : calculer T pour g = 10 m.s^{-2} et θ = 30°.
4. Calculer les projections T_x et R_x de $\vec{T}$ et $\vec{R}$ sur O_x, axe de la colonne vertébrale (responsables de son écrasement). Calculer la force d'écrasement $E_1 = T_x - R_x$

Position accroupie :

5. En considérant les moments par rapport au point O, établir l'expression de la force de traction T du muscle dorsal en fonction de m_C, g et θ. Application numérique.
6. Calculer les projections T_x et R_x de $\vec{T}$ et $\vec{R}$ sur O_x, axe de la colonne vertébrale (responsables de son écrasement). Calculer la force d'écrasement $E_2 = T_x - R_x$. Donner l'expression littérale du rapport E_1/E_2 .
7. Quelle position vous semble la mieux adaptée pour soulever une caisse? Justifier votre réponse.

Tourner la page ->

II. Vitesse de libération de H_2:

On désigne par M_T la masse de la Terre, par R_T son rayon et par G la constante de gravitation. On se place dans un référentiel terrestre, qui réalise, pour les situations physiques envisagées dans la suite, une bonne approximation d'un référentiel galiléen.

1. Donner l'expression de la force d'interaction gravitationnelle entre la Terre et un objet ponctuel de masse m situé à la distance r ($r > R_T$) du centre de la Terre.
2. Montrer que l'énergie potentielle d'interaction gravitationnelle entre la terre et l'objet est $E_p(r) = - G\, M_T m / r$. On utilisera $\lim_{r\to\infty} E_p(r)=0$.
3. Ecrire l'expression de l'énergie mécanique du système Terre-objet. On notera v, la vitesse de l'objet.
4. L'objet est lancé depuis la surface de la Terre avec une vitesse v_0, normale à la surface de la terre. Déterminer l'expression de r_{max}, valeur maximale de r atteinte par l'objet, si elle existe.
5. Donner l'expression de v_0 quand r_{max} tend vers infini. On appelle cette vitesse, vitesse de libération, on la notera v_L.
6. Pour $G = 6\ 10^{-11}$ SI, R_T = 6400 km, $M_T = 6\ 10^{24}$ kg, calculer numériquement v_L.
7. En supposant que la composante verticale de la vitesse est égale à la vitesse quadratique moyenne des molécules constituant le gaz de l'atmosphère terrestre et en ne considérant qu'un degré de liberté (composante verticale de la vitesse) pour le gaz, quelle température devrait atteindre l'atmosphère terrestre pour que l'hydrogène moléculaire (H_2) atteigne la vitesse de libération ?
8. Application numérique $M_{H_2} = 2g.mol^{-1}$ et R = 25/3 SI.
9. Sachant que l'atmosphère terrestre contient très peu d'hydrogène moléculaire, en déduire une limite inférieure de la température atteinte par la surface terrestre lors de sa formation.

III. Mélange de gaz.

Une enceinte contient deux compartiments ayant chacun un volume V=10 L. Les parois de l'enceinte sont des isolants thermiques parfaits. Le compartiment 1 contient n_1 = 0.6 mole d'un gaz monoatomique, de l'hélium, de masse molaire M = 2 g.mol^{-1}. Le compartiment 2 contient n_2 = 0.5 mole du même gaz. Initialement, on suppose que tous les atomes dans les deux compartiments ont la même vitesse v_i=1000 m.s^{-1}.

1. On chauffe le gaz dans le compartiment 2 grâce à une résistance électrique. On fournit une chaleur Q=500 J au gaz. Calculer la vitesse v_f des atomes après le chauffage en fonction de Q, n_2, M et v_i, en supposant que tous les atomes reçoivent la même fraction d'énergie. Application numérique.
2. Donner la relation entre la vitesse quadratique moyenne et la température pour un gaz monoatomique. Calculer les températures T_1 et T_2 dans les compartiments 1 et 2.
3. On supprime la paroi entre les deux compartiments. On admet que la vitesse de chaque atome reste inchangée lors de cette opération et après. Calculer la vitesse quadratique moyenne de l'ensemble du gaz, $v_m = \sqrt{\langle v^2\rangle} = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} v_j$ (où N est le nombre total d'atomes, et v_j la vitesse de l'atome numéro j), en fonction de n_1, n_2, v_i et v_f. Application numérique.
4. Donner l'expression de la pression totale P dans l'enceinte en fonction n_1,n_2,V, M et v_m. Calculer P numériquement.
5. Calculer la température finale du gaz T_f en utilisant l'équation des gaz parfaits.