PHYSIQUE : DM n°0

- à rendre sur pietrilaurent@yahoo.fr pendant les vacances (scanning de la copie en un seul PDF) de préférence.
- ou à la rentrée

I – Le pendule simple

Vous connaissez tous le modèle du pendule simple mais est-ce que Spiderman peut s'en inspirer.

1°) Faire un schéma d'un pendule simple à l'aide des coordonnées polaires. Retrouvez l'équation différentielle du système. Donnez son expression dans le cas de petits angles.

2°) Si $\theta(0) = \theta_0 \; et \frac{d\theta}{dt}(0) = 0$. Donnez la solution $\theta(t)$.

3°) Spiderman saute d'immeuble en immeuble sous la forme d'un pendule simple : l'angle passe de -90° à 90°. Cependant les fils de soies de Spiderman ne peuvent supporter que deux fois son poids.

a) Démontrer que la force de tension au niveau du pendule (monofil de spiderman) peut s'écrire :

$$T = mg(3\,cos\theta - 2cos\theta_0)$$

b) Spiderman héros ou arnaque ?

: pour la 3a, il faudra appliquer le PFD puis un théorème énergétique par exemple.

II – Histoire de bobines

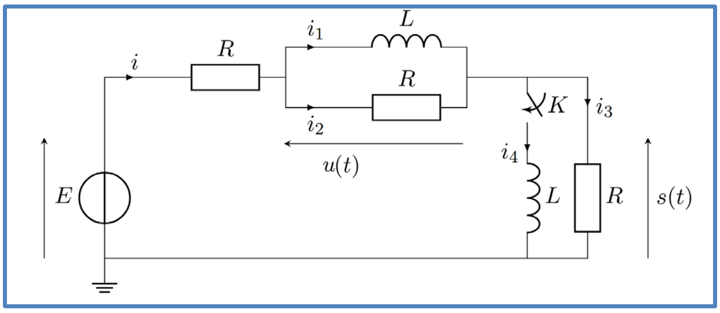


Fig. 1 : Circuit électrique.

On considère le montage représenté figure 1, où le générateur est un générateur idéal de tension continue de force électromotrice E. L'interrupteur K est ouvert depuis très longtemps quand on le ferme à l'instant t = 0.

1. Déterminer les grandeurs suivantes $s, u \; et \; i_1, i_2, i_3, i_4, i$:
   a. Lorsque $t \to \infty$.
   b. À l'instant $t = 0^+$ (juste après la fermeture de l'interrupteur).
2. On pose $X(t) = s(t) - u(t)$. Démontrer que $X(t)$ vérifie l'équation différentielle :
$$\frac{dX}{dt} + \frac{X}{\tau} = 0 \; où \; \tau = \frac{L}{R}$$
3. Déterminer les expressions de s(t) et u(t).

: Vu que $s(0) \neq u(0)$ on ne doit jamais écrire $s(t) = u(t)$.

III – Lentille gravitationnelle

En 1916, Albert Einstein prédit que le champ de gravitation d'un astre massif, comme le Soleil, déforme l'espace et le temps et, en conséquence, détourne la lumière de son droit chemin. Cette prédiction théorique a été confirmée, dès 1919, par deux équipes de physiciens lors d'une éclipse totale de Soleil : celles-ci mesurèrent que, lorsque le disque solaire passe devant les étoiles, leurs images se déplacent sur la voûte céleste d'environ 1,75 secondes d'arc pour des rayons rasant la surface du soleil. Ce phénomène, qualifié de mirage gravitationnel, est aussi appelée lentille gravitationnelle dans d'autres situations. L'objet de l'exercice est d'étudier ce phénomène dans le cadre de la physique classique.

Données :

- Masse du soleil : $M = 2{,}0 \cdot 10^{30}$ kg ;
- Rayon du soleil : $R = 7{,}0 \cdot 10^{8}$ m ;
- Constante gravitationnelle : $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$

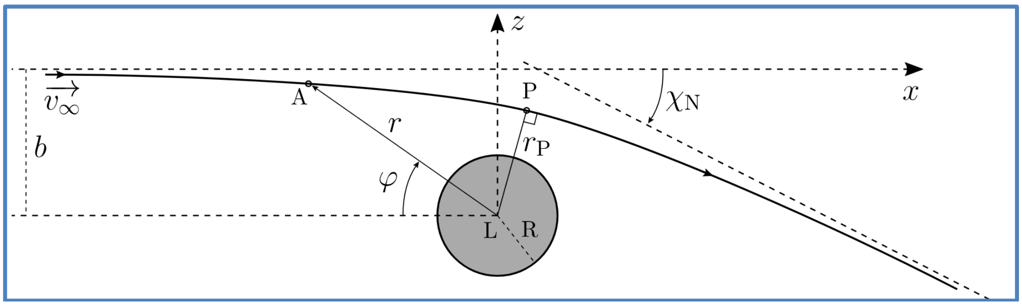


Fig.1 : Courbure du faisceau lumineux

1. La présence d'un astre massif L sur le trajet d'un faisceau de lumière provoque une déviation des rayons lumineux formant ce faisceau. L'angle de déviation χ_N dépend de la distance b entre le rayon étudié et l'astre L sous la forme :

$$\chi_N = K \times \frac{GM}{c^2 b}$$

Où M masse de l'astre, G la constante gravitationnelle, c la célérité de la lumière.
Par analyse dimensionnelle, préciser l'unité de la constante K.

2. Pour retrouver, l'angle de déviation χ_N, on considère que la lumière est constituée de corpuscules de masse m qui sont déviés sous l'effet de la force gravitationnelle. Ce modèle « classique » a été adopté par Soldner en 1801.

a) Quel lien existe entre $r, v_\infty, b\ et\ \dot{\varphi}$ où b est le paramètre d'impact (cf fig.1).

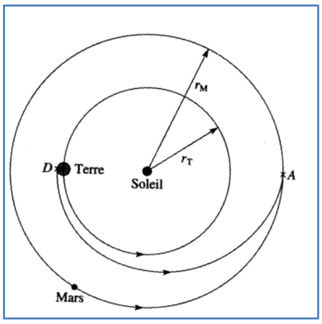
b) Démontrer que $\frac{dv_z}{dt} = \frac{GM}{bv_\infty}\frac{d(\cos(\varphi))}{dt}$.

c) Retrouvez la valeur de K dans le cas de ce modèle « classique ». Conclure.

3. La déviation gravitationnelle se comporte comme une lentille convergente dont on exprimera la distance focale f' en fonction de b, K, c, G et M. Conclure.

🕷 : 2a) Conservation du moment cinétique…

IV - Voyage interplanétaire de la terre a mars



Pour envoyer un vaisseau spatial vers une autre planète, Mars dans cet exercice, on le place au préalable sur une orbite (dite de parking) autour de la Terre. Un moteur auxiliaire lui fournit alors l'énergie nécessaire pour le placer sur l'orbite interplanétaire ; le moment adéquat du transfert dépendant des positions relatives de la Terre et de la planète de destination. On suppose que la Terre et Mars décrivent des orbites circulaires autour du soleil, de rayons respectifs R_T=1U.A et R_M=1,52 UA (on rappelle que 1 UA = 150.10^6km), situées dans le même plan (plan de l'écliptique), leurs vitesses respectives étant v_T=29,8km.s^{-1} et v_M=24,2km.s^{-1}. L'orbite de transfert (dite « orbite de Hohman » du nom de l'astronome qui l'a étudié le premier) est une ellipse tangente à l'orbite de la Terre au départ et à l'orbite de Mars à l'arrivée. Le départ du vaisseau a lieu quand il se trouve sur la face sombre de la Terre (point D), la vitesse du vaisseau sur son orbite de parking et celle de la Terre sur son orbite autour du Soleil étant de même sens. La position de Mars coïncide avec celle du vaisseau à l'arrivée de celui-ci (point A).

On suppose que le vaisseau n'est soumis qu'à l'attraction gravitationnelle du Soleil (on néglige celle de la Terre), que le rayon de l'orbite de parking est négligeable devant la distance Terre-Soleil et que la vitesse du vaisseau dans le référentiel héliocentrique au départ est la même que celle de la Terre sur son orbite autour du Soleil.

1°) Calculer la vitesse v_D du vaisseau en D sur l'ellipse de Hohman. En déduire la variation de vitesse du vaisseau et l'énergie que doivent fournir les moteurs.

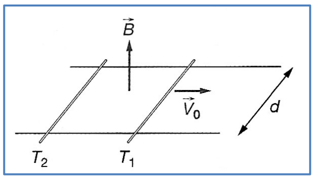
2°) Calculer la vitesse v_A du vaisseau en A sur l'ellipse de Hohman. En déduire la variation de vitesse du vaisseau et l'énergie que doivent fournir les moteurs. Commenter.

3°) Calculer la durée du transfert.

4°) Quelle était la position de Mars sur son orbite au départ du vaisseau pour que la rencontre soit possible ? On donnera la valeur de l'angle (SM_1, SA), où A et M_1 désignent les positions de Mars à l'instant initial et final.

🕷 : Ce type d'exercices sort tous les ans à un concours. On ne peut pas se permettre d'être faible en mécanique et encore moins sur le chapitre des forces centrales.

V – Course poursuite



Deux tiges T_1 et T_2 identiques (masse) sont mobiles sans frottement sur deux rails parallèles (distance d) situés dans un plan horizontal. Un champ magnétique permanent uniforme et vertical règne en tout point. À l'instant initial, la tige T_1 est animée d'une vitesse v_0, tandis que T_2 est immobile. La résistance électrique de chaque tige est égale à R/2 et on néglige la résistance des rails. Les frottements mécaniques sont négligés.

a) Par une analyse qualitative, montrer que simultanément la tige T_2 va se mettre en mouvement tandis que T_1 va ralentir.
b) Établir l'expression de la loi de variation de chacune des vitesses au cours du temps.
c) Quel est l'état de mouvement après une durée suffisamment longue ?
d) Parmi les grandeurs quantité de mouvement et énergie mécanique, quelle est celle qui se conserve, celle qui décroît ?

🕷 : En plus de revoir l'induction, vous allez revoir la méthode de résolution d'équations couplées que l'on retrouve souvent dans différents domaines de la physique ou de la chimie.

VI - Chauffage de piscine

Dans cet exercice on s'intéresse au chauffage d'une piscine de surface $S = 250\ \mathrm{m}^2$ dont on veut maintenir la température à $T_p = 300\ \mathrm{K}$. On précise que l'air extérieur est à $T_{\mathrm{air}} = 288\ \mathrm{K}$.

La source principale de perte de chaleur est l'évaporation de l'eau à la surface de la piscine. Pour une piscine en plein air, la masse d'eau qui s'évapore par unité de surface et par unité de temps vaut $\alpha = 150\ \mathrm{g} \cdot \mathrm{m}^{-2} \cdot \mathrm{h}^{-1}$. L'eau évaporée est ensuite renouvelée avec un apport d'eau à $T_e = 293\ \mathrm{K}$.

1. Le chauffage de l'eau de la piscine est assuré par une machine thermique ditherme. L'air est assimilé à la source froide et l'eau de la piscine à la source chaude.

a) Calculer le coefficient de performance maximal COP_{max} (ou efficacité maximale) de cette machine.

b) Le document 1 présente des données techniques de plusieurs systèmes de chauffe. Dans le cas de la piscine, on peut utiliser le modèle BP-160HS-A. Conclure.

2. Evaluer l'énergie dépensée par cette installation lorsqu'elle fonctionne pendant une heure.

: En seconde année on continuera cet exercice sur des calculs de flux thermique. Il y a 4 chapitres de thermodynamique en seconde année.

Données numériques :

- Capacité thermique de l'eau : $c_e = 4{,}18\ \mathrm{kJ} \cdot \mathrm{kg}^{-1}.\mathrm{K}^{-1}$;
- Enthalpie massique de vaporisation de l'eau : $l_{\mathrm{vap}} = 2800\ \mathrm{kJ} \cdot \mathrm{kg}^{-1}$;

Modèle	Unité	BP-35HS-A	BP-50HS-A	BP-85HS-A	BP-100HS-A	BP-130HS-A	BP-160HS-A
		Performances chauffage conditions : Air 24°C / Eau 27°C					
Capacité de chauffage	kW	3,7	5,4	8,5	10,5	13	17
COP	W/W	5,3	5,1	5	5,1	5	5
		Performances chauffage conditions : Air 15°C / Eau 27°C					
Capacité de chauffage	KW	2,8	4,1	6,6	8	10,1	13,4
COP	W/W	4,6	4,5	4,4	4,5	4,5	4,5
Capacité de refroidissement: Air 32°C / Eau 27°C	kW	2,5	4	6	7,2	9,2	12
Puissance absorbée	kW	0,7	1	1,7	2,05	2,6	3,4
Ampérage	A	3,5	5	7,8	9,5	12	16
Alimentation électrique	Volts / Hz	220 / 50					
Nombre de compresseurs		1					
Type de compresseur		Rotary					Scroll
Marque du compresseur		TOSHIBA					
Echangeur		Titane					
Débit requis	m3/h	3	3,5	5	5,5	6,5	7,5
Raccords tuyaux	mm	50					
Nombre de ventilateurs		1					
Viresse de rotation	RPM	830	830	900	850	850	850
Orientation du ventilateur		Horizontal					
Niveau sonore	dB(A)	48	49	50	52	53	55

Doc.1 : Données techniques de plusieurs systèmes de chauffe