

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 h 30 – Coefficient : 8

L'usage de la calculatrice électronique est autorisé

SPÉCIALITÉ

Ce sujet comporte un exercice de **CHIMIE** et deux exercices de **PHYSIQUE** présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I – Quand un acide rencontre une base
- II – Analogies électromécaniques
- III – Étude d'un instrument d'observation astronomique

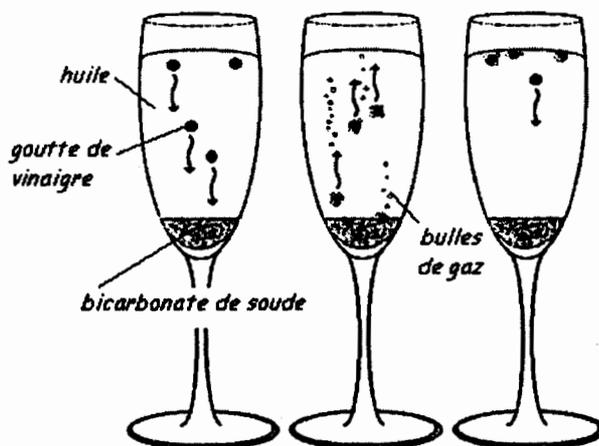
L'exercice III comprend deux annexes imprimées sur deux feuilles qui sont à rendre avec la copie.

EXERCICE I : QUAND UN ACIDE RENCONTRE UNE BASE, (7 points)

Une expérience instructive, très simple à réaliser, consiste à disposer du bicarbonate de soude au fond d'une flûte à champagne, puis à y ajouter délicatement de l'huile végétale claire et, au-dessus, du vinaigre (voir ci-dessous) :

[...] le vinaigre pénètre dans l'huile en formant des gouttelettes qui descendent au fond du verre. Puis, à peine touchent-elles le fond qu'elles remontent jusqu'à la surface, avant de redescendre à nouveau ... Il faut attendre cinq bonnes minutes avant que cette danse ne s'arrête !... » « Au bout du voyage, les gouttes entrent en contact avec le bicarbonate de soude. Cela provoque une réaction chimique qui conduit à une émission de dioxyde de carbone. Rapidement, le gaz ainsi créé s'agrège en bulles qui s'accrochent sur les gouttelettes de vinaigre. Le volume de ces bulles augmente jusqu'à ce qu'elles remontent, entraînant avec elles les gouttelettes. Une fois arrivées à la surface, les bulles éclatent. Résultat : débarrassées des bulles les petites gouttes de vinaigre redescendent dans l'huile. Et le manège recommence, jusqu'à disparition du vinaigre.

D'après Alain Schuhl dans Science et Vie junior N°165 juin 2003



L'étude de la transformation chimique entre le bicarbonate de soude et le vinaigre fait l'objet cet exercice.

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

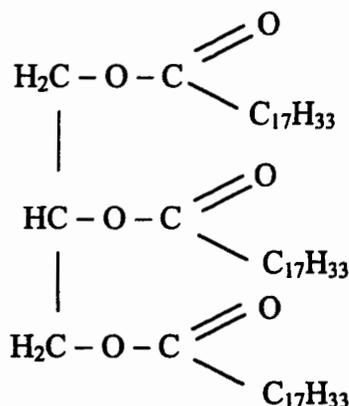
I. 1 Etude de l'huile

L'acide oléique a pour formule semi-développée $\text{H}_3\text{C} - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$: on le notera simplement $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$.

On considère que l'huile alimentaire, utilisée dans l'expérience est composée uniquement de triester de l'acide oléique et du propan-1,2,3-triol de formule semi-développée $\text{HOCH}_2 - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$.

I.1.a - Donner l'autre nom du propan-1,2,3-triol.

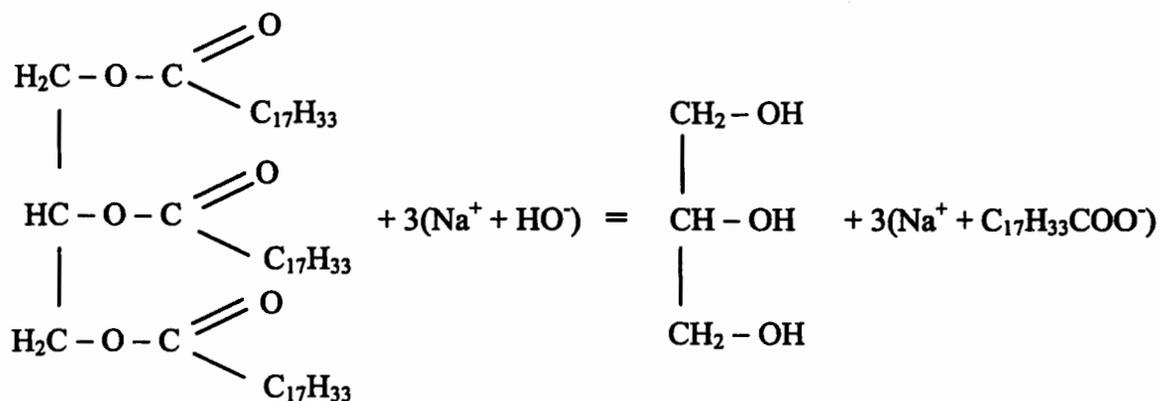
I.1.b - Recopier la formule du triester ci-dessous et entourer la (ou les) fonction(s) caractéristique(s).



I.1.c - En milieu très basique (soude concentrée) et à chaud, l'huile subit une hydrolyse basique.

Quel est l'autre nom donné à cette transformation chimique ?

I.1.d - L'équation de la réaction chimique associée à cette transformation s'écrit :



Nommer les produits obtenus.

I.2 - Etude du vinaigre

Le vinaigre est une solution aqueuse d'acide acétique de formule CH_3COOH . On mesure le pH d'une solution diluée.

Le pH vaut 3,40 et la concentration de la solution diluée est $1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Données :

- Pour le couple acido-basique $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$, $\text{pK}_a = 4,75$.

- On admet que la conductivité σ d'une solution ionique est fonction des concentrations molaires $[M^+]$ et $[X^-]$ en ions M^+ et X^- et de leurs conductivités molaires ioniques $\lambda(M^+)$ et $\lambda(X^-)$ selon la loi :

$$\sigma = \lambda(M^+) \cdot [M^+] + \lambda(X^-) \cdot [X^-].$$

Les unités sont celles du système SI : conductivité en S.m^{-1} ; concentrations molaires en mol.m^{-3} et conductivités molaires ioniques en $\text{S.m}^2.\text{mol}^{-1}$.

- Valeurs des conductivités molaires ioniques :

$$\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) = 35,0 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1} ; \quad \lambda(\text{CH}_3\text{COO}^-) = 4,09 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

I.2.a - Ecrire l'équation modélisant la réaction chimique entre l'acide acétique et l'eau.

I.2.b - Donner l'expression littérale de la constante d'équilibre associée à cette réaction.
Calculer sa valeur numérique.

I.2.c - Etablir le tableau d'avancement de la réaction. Calculer le taux d'avancement de celle-ci.
Conclure.

I.2.d - On mesure la conductivité de la solution diluée d'acide acétique et on trouve $\sigma = 15,5 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^{-1}$.

Retrouver la valeur de son pH.

I.3 Etude de la réaction

Données et rappels :

- Température absolue T : elle se mesure en kelvins (K) et vaut $T = 273 + \theta$, θ étant la température exprimée en degrés Celsius ($^\circ\text{C}$).

- Loi des gaz parfaits : la pression p , le volume V et la température absolue T d'une quantité de matière n de gaz sont liés par la relation $p.V = nRT$. Dans le système international, la constante R vaut

$$R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}.$$

- Couples acido-basiques :

On rappelle que le pK_a du couple acide acétique / ion acétate vaut $\text{pK}_a = 4,75$.

Celui du couple $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}/\text{HCO}_3^-$ vaut $\text{pK}_a = 6,35$

- On donne les masses molaires : $M(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ g.mol}^{-1}$ et $M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \text{ g.mol}^{-1}$
On considère la réaction chimique correspondant à la transformation qui a lieu lorsque la gouttelette de vinaigre touche le bicarbonate de soude solide se trouvant au fond du verre.
Le « bicarbonate de soude » du commerce est en réalité de l'hydrogénocarbonate de sodium $\text{NaHCO}_3(\text{s})$. Le vinaigre est une solution aqueuse d'acide acétique $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$.

- I.3.a** - Ecrire l'équation de la réaction chimique étudiée.
- I.3.b** - Calculer la quantité de matière à l'état initial correspondant à 1,00 g d'hydrogénocarbonate de sodium.
- I.3.c** - La quantité de matière d'acide acétique à l'état initial contenue dans une goutte de vinaigre, de volume $V = 3,7 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^3$, est égale à $3,7 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$.
Etablir le tableau d'avancement de la réaction. En déduire l'avancement maximal et le réactif limitant.
- I.3.d** - Dans les conditions de l'expérience, la pression est $p = 1020 \text{ hPa}$ et $\theta = 25 \text{ }^\circ\text{C}$.
Le volume total de gaz dégagé par la réaction, dans les conditions de l'expérience, vaut 0,89 mL.
Déterminer la valeur numérique de l'avancement final x_f de cette réaction.
- I.3.e** - Calculer le taux d'avancement final τ de cette transformation et conclure.

EXERCICE II. ANALOGIES ELECTROMECHANIQUES (5 points)

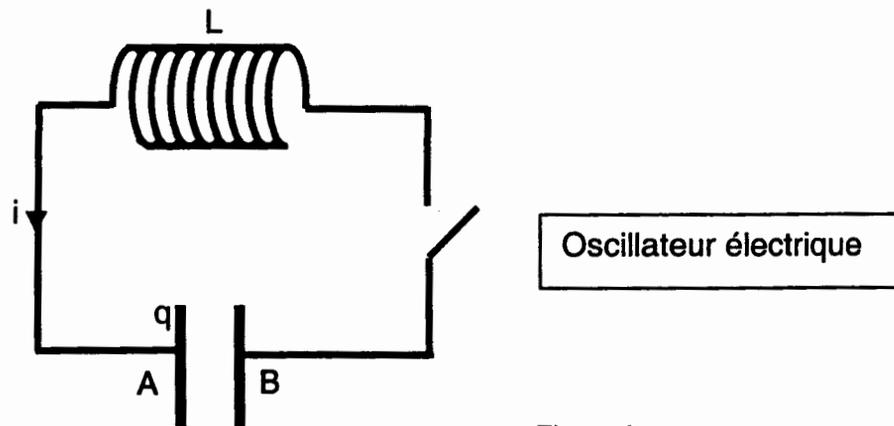


Figure A

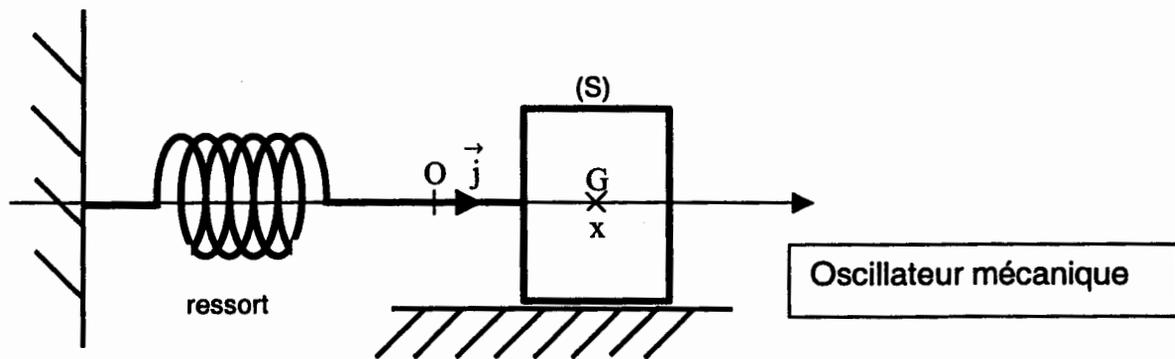


Figure B

On considère les deux oscillateurs idéaux suivants (voir figures A et B ci-dessus) :

- un *circuit électrique* comprenant :
 - une bobine d'inductance L et de résistance négligeable
 - un condensateur de capacité C et d'armatures A et B
 - un interrupteur.

Les conventions d'orientation sont telles que l'intensité du courant est $i = \frac{dq}{dt}$, $q(t)$ étant la charge instantanée du condensateur, c'est-à-dire celle de l'armature A.

Les conditions initiales du fonctionnement sont les suivantes : à t négatif ou nul, l'interrupteur est ouvert et le condensateur porte la charge $q(0) = Q_0$; à $t = 0$, on ferme l'interrupteur.

On donne $L = 0,10$ H ; $C = 10,0$ μ F et $Q_0 = 10^{-4}$ C.

- un *système {solide - ressort} horizontal* comprenant :
 - un solide (S), de masse m et de centre d'inertie G, glissant sans frottement dans la direction de l'axe \vec{Oj} horizontal et d'origine O (voir Figure B) : si (S) est au repos, G est en O ; à un instant quelconque, G est repéré par son abscisse x
 - un ressort à spires non jointives de raideur k , de masse négligeable, dont l'une des extrémités est attachée à (S) et l'autre fixée rigidement à un support.

Les conditions initiales choisies sont les suivantes : à l'instant $t = 0$, la position du centre d'inertie du solide vaut X_0 et sa vitesse v_x est nulle.

On donne le rapport $\frac{m}{k} = 1,0 \cdot 10^{-2}$ S.I. et $X_0 = + 4,0$ cm.

II.1 Oscillateur mécanique

On admet que l'équation différentielle vérifiée par $x(t)$ est $m \frac{d^2x}{dt^2} + k \cdot x = 0$ où $\frac{d^2x}{dt^2}$ désigne la dérivée seconde par rapport au temps de la fonction $x(t)$.

II.1.a - Faire le bilan des forces agissant sur (S). Les représenter sur un schéma.

II.1.b - Retrouver l'équation différentielle du mouvement en précisant la loi physique utilisée.

II.1.c - Quelles que soient les valeurs de A et φ , vérifier que $x = A \cdot \cos(2\pi \frac{t}{T} + \varphi)$ est solution de l'équation différentielle précédente si T a une valeur fonction de k et m dont on donnera l'expression.

Quelle est l'unité du rapport $\frac{m}{k}$?

Comment appelle-t-on T ? Quelle est sa valeur numérique ?

II.1.d - En prenant en compte les conditions initiales du début de l'énoncé, montrer que $A = X_0$ et $\varphi = 0$.

II.2 Oscillateur électrique

On admet que l'équation différentielle vérifiée par la charge $q(t)$ est $L \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{C} = 0$.

On utilise de façon systématique la comparaison entre les deux équations différentielles.

II.2.a - Quelle est la grandeur mécanique correspondant à l'intensité instantanée du courant $i(t)$?

Quelles sont les grandeurs électriques correspondant respectivement à la raideur du ressort et à la masse du solide (S) ?

II.2.b - En utilisant les similitudes entre les équations différentielles et les conditions initiales, montrer que la charge instantanée du condensateur est $q(t) = Q_0 \cdot \cos(2\pi \frac{t}{T'})$.

Donner l'expression de T' en fonction des caractéristiques des composants du circuit. Calculer numériquement T' .

II.3 - Représenter sur deux schémas différents les fonctions $x(t)$ et $q(t)$. Le dessin fait pour t variant de 0 à $2T$ (ou $2T'$) peut être approximatif mais on aura soin de graduer les axes et de bien préciser les points importants : situation à l'origine des temps, extréma, passage par la valeur nulle.

II.4 - Les oscillateurs réels ne sont pas idéaux. Pourquoi ? Quels sont les phénomènes physiques responsables ?

EXERCICE III. ETUDE D'UN INSTRUMENT D'OBSERVATION ASTRONOMIQUE (4 points)

Les schémas sont à faire ou à compléter sur les feuilles de l'annexe 1 qui sont à rendre avec la copie.

Afin de faciliter le tracé des schémas, les échelles ne sont pas respectées sur les figures 2 et 3

En levant les yeux vers le ciel étoilé, on aperçoit une multitude de points brillants qui donnent l'impression d'une immense profusion. Identifier un astre dans un tel ensemble apparaît comme une gageure.

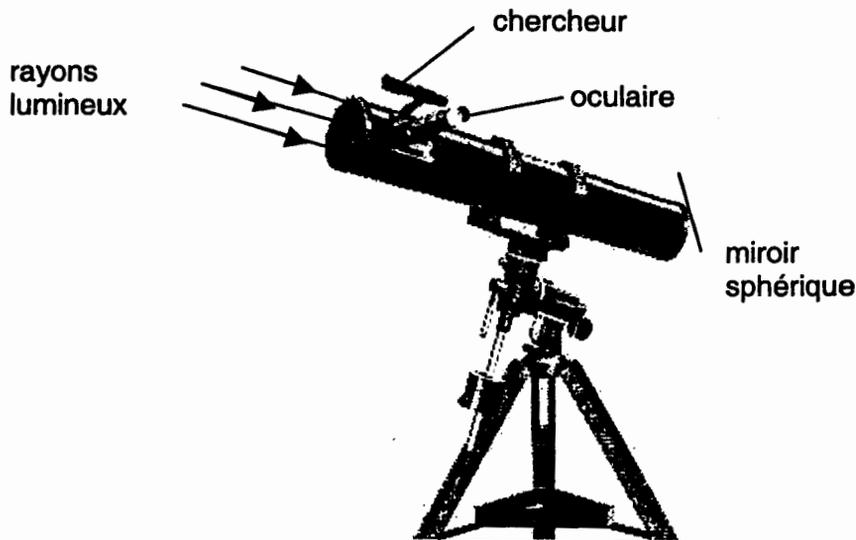
Une observation à l'œil nu permet de repérer un petit nombre d'étoiles brillantes et quelques constellations. Avec une pupille dont le diamètre maximal dans l'obscurité est voisin de 6 mm, l'œil humain ne peut capter qu'une quantité de lumière assez limitée. Les étoiles de plus faible éclat sont perceptibles seulement grâce à des instruments optiques.

On distingue 2 types principaux d'instruments : la lunette astronomique et le télescope. Tous deux comportent essentiellement 2 parties : un **collecteur de lumière** (ou **objectif**) qui collecte et focalise les rayons lumineux en un point appelé foyer, en donnant une image intermédiaire que l'on peut observer grâce à un **oculaire** qui joue le rôle d'une loupe.

La lunette astronomique et le télescope se différencient par la nature du collecteur de lumière :

- pour la **lunette**, c'est un ensemble de lentilles assimilable à une **lentille convergente**
- pour le **télescope**, c'est un **miroir sphérique concave**.

La photographie ci-dessous est celle d'un télescope d'amateur qui comprend le « chercheur » et le télescope (type Newton) proprement dit.



Le « chercheur » est une petite lunette astronomique de faible grossissement destinée à faciliter le pointage de la zone du ciel que l'on souhaite observer.

Dans tout ce qui suit, on ne s'intéresse qu'au télescope proprement dit.

III.1 Etude préliminaire : propriétés des miroirs

III.1.a - Miroir plan (M_p) : voir annexe 1 (page 11/12 à rendre avec la copie).

On coupe un faisceau lumineux convergent par un miroir plan (M_p) : voir figure 1.

Représenter les rayons réfléchis correspondant aux rayons incidents extrêmes passant par I et J ainsi qu'au rayon intermédiaire passant par H.

Peut-on parler d'objet A ? Si oui, quelle en est la caractéristique ?

Obtient-on une image A' ? Si oui, quelle en est la caractéristique ?

III.1.b - Miroir sphérique (M_s) : voir annexe 1, figure 2.

Le miroir sphérique concave utilisé (M_s) a pour axe optique $x'x$, pour foyer F_1 et pour sommet S.

Un objet à l'infini B émet des rayons inclinés d'un angle faible θ sur l'axe $x'x$.

III.1.b.1 - Tracer ce que deviennent après réflexion sur le miroir les rayons issus de B et passant respectivement par F_1 et S.

III.1.b.2 - Préciser sur la figure où se trouve l'image B_1 de B.

III.2 Observation de la Lune à l'aide du télescope d'amateur (télescope de Newton)

Voir annexe 2, (page 12/12, à rendre avec la copie).

Le télescope est formé principalement :

- du miroir principal sphérique ou objectif (M_s) de distance focale $F_1S = f_1$.

- d'un petit miroir plan (M_p) incliné à 45° par rapport à l'axe optique du miroir principal et placé entre celui-ci et son foyer (voir figure 3), les surfaces réfléchissantes des deux miroirs étant face à face,

- d'un oculaire d'axe $y'y$ perpendiculaire à $x'x$, assimilable à une lentille convergente de distance focale f'_2 .

L'astronome oriente l'axe du télescope vers le centre de la Lune D supposé situé à une distance infinie et veut observer un détail ponctuel E à la surface du sol lunaire. Les rayons issus de E font l'angle θ faible avec l'axe optique.

Le miroir principal (M_s) donne de D et E les images respectives D_1 et E_1 .

D_1E_1 sert d'objet pour le miroir plan (M_p) qui en donne une image D_2E_2 .

D_2E_2 sert d'objet pour l'oculaire qui en donne l'image définitive D_3E_3 .

III.2.a - Utiliser les résultats de l'étude préliminaire pour tracer les rayons lumineux permettant d'obtenir l'image D_1E_1 . Préciser la position de D_2E_2 et comparer les dimensions de D_1E_1 et D_2E_2 .

III.2.b - L'astronome, dont la vue est supposée normale, règle l'oculaire de telle façon que D_2E_2 soit dans le plan focal objet de l'oculaire.

Où l'image définitive D_3E_3 se trouve-t-elle ? tracer les rayons lumineux à la sortie de l'oculaire et indiquer l'angle θ' sous lequel l'astronome voit DE dans le télescope.

Pourquoi ce réglage de l'appareil est-il adopté ?

III.3 Grossissement

On donne les caractéristiques du télescope :

- Diamètre du collecteur 114 mm.
- Distance focale du miroir sphérique $F_1S = f_1 = 910$ mm
- Distance focale de l'oculaire : $f'_2 = 9$ mm

D'autre part $\theta = 0,5^\circ \approx 8,7 \cdot 10^{-3}$ rad, valeur qui permet de confondre θ et $\tan \theta$.

III.3.a - Exprimer D_1E_1 en fonction de θ et f_1 . Faire l'application numérique.

III.3.b - Exprimer θ' en fonction de D_2E_2 et f'_2 . Calculer θ' .

III.3.c - On définit le grossissement du télescope comme le rapport $G = \frac{\theta'}{\theta}$.

Montrer que $G = \frac{f_1}{f'_2}$. Calculer numériquement G .

III.3.d - Ce télescope possède en réalité 2 oculaires interchangeables, l'un de focale 9 mm et l'autre de focale 20 mm. Avec quel oculaire le grossissement sera-t-il maximal ? Justifier.

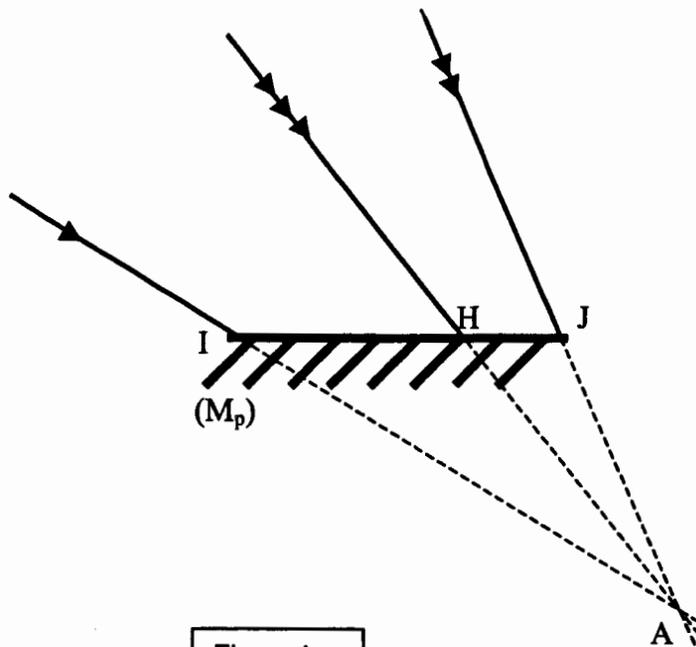


Figure 1

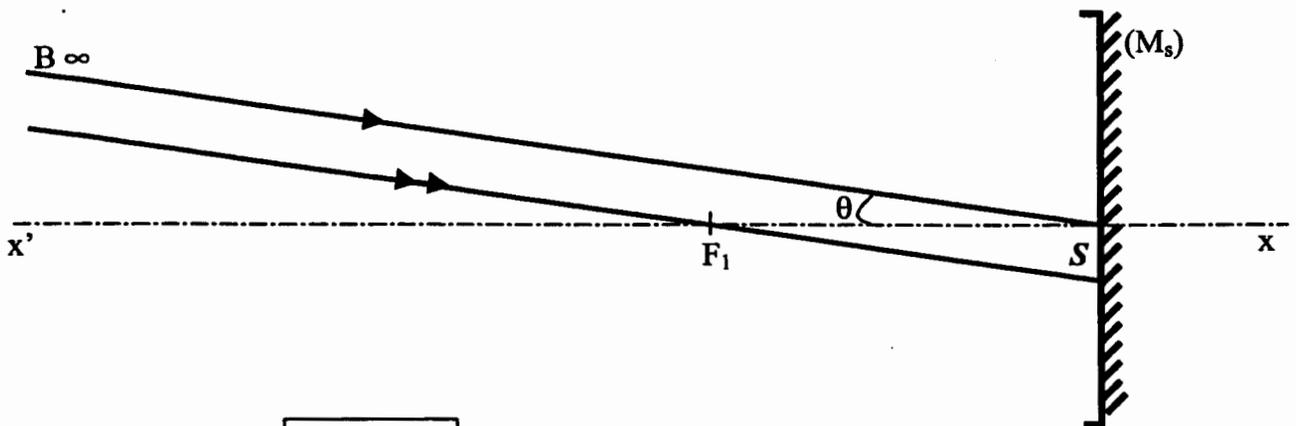


Figure 2

