



الاختبار	اختبار في مادة التخصص	مدة الإنجاز:	5 ساعات
التخصص	الفيزياء والكيمياء	المعامل	1

N.B: Le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction.

Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

L'usage de la calculatrice non programmable est autorisé

Le sujet est noté sur 120 et englobe la physique et la chimie en 12 pages.

Physique: (72 points)

- Mécanique: (20 points)
- Optique: (18 points)
- Thermodynamique: (19 points)
- Electricité: (15 points)

Chimie: (48 points)

- Structures électroniques de l'atome et de la molécule: (10 points)
- Cinétique chimique: (8 points)
- Acides et bases en solutions aqueuses: (20 points)
- Equilibres d'oxydoréduction: (10 points)

Barème

Sujet

PHYSIQUE

MECANIQUE (20 points)

Le problème étudie différents oscillateurs en vue de vérification du théorème de Viriel. Celui-ci affirme en particulier que si un point matériel $M(x, y, z)$ possède une énergie potentielle $E_p(x, y, z)$ vérifiant la propriété suivante : " Si pour tout λ réel la relation $E_p(\lambda x, \lambda y, \lambda z) = \lambda^k E_p(x, y, z)$ est vraie (k est un réel), alors il existe la relation suivante entre les valeurs moyennes temporelles au cours du mouvement de M : $k \langle E_p \rangle = 2 \langle E_c \rangle$ à condition que la trajectoire soit bornée".

E_c désigne l'énergie cinétique de M et $\langle f \rangle$ la valeur moyenne de $f(t)$ au cours du temps. Nous ne considérerons que des mouvements périodiques donc les moyennes seront calculées sur une période.

Dans tout le problème l'étude est faite dans un référentiel galiléen R auquel est associé un repère orthonormé (O, x, y, z) .

Les parties A et B sont indépendantes.

A - Oscillateur harmonique dans un champ de pesanteur

Un point matériel M de masse m pouvant se mouvoir dans la direction Oz (verticale descendante) est fixé à l'extrémité d'un ressort de raideur K et de longueur à vide ℓ_0 (Figure 1).

Le champ de pesanteur \vec{g} est uniforme. On désigne par z la cote de M . On écarte verticalement vers le bas le point M d'une distance a de sa position d'équilibre et on le lâche sans vitesse initiale.

- 2 1. 1.1. Etablir l'équation différentielle du mouvement du point M et donner l'expression de la pulsation propre ω_0 du système.
- 1 1.2. Déduire l'expression de z_e la cote de M à l'équilibre.
- 1 1.3. Déterminer $z(t)$ sachant $z(t=0) = \ell_0 + \frac{m \cdot g}{K} + a$.
- 2 2. 2.1. Etablir l'expression de l'énergie potentielle $E_p(M)$ du point M en imposant $E_p = 0$ à l'équilibre.
- 1 2.2. Exprimer l'énergie potentielle en fonction de $Z = z - z_e$ et K .
- 3 2.3. Dans le cas de la condition de la question 1.3., déterminer les valeurs moyennes de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle. Quelle relation existe-t-il entre ces deux grandeurs?

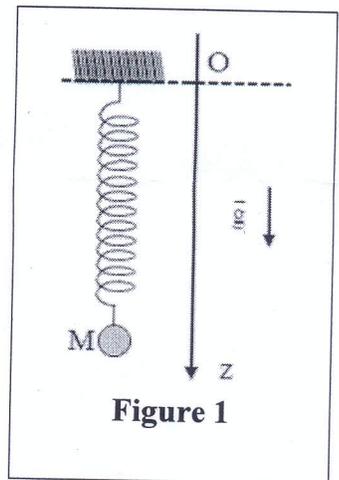


Figure 1

B - Cas d'un système

Un disque (D) homogène, de masse m , de rayon a et de centre C peut rouler, dans un plan vertical, à l'intérieur d'un cylindre de centre O fixe dans le référentiel R ; on note $b = OC$ la distance de O à C .

(D) a un moment d'inertie $J = \frac{m \cdot a^2}{2}$ par rapport à son axe (C, e_z) . Le coefficient de frottement entre

le cylindre et le disque est f . Ox est l'axe vertical et le champ de pesanteur \vec{g} est uniforme. On appelle θ l'angle entre e_x et OC et φ celui entre e_x et la direction CA où A est un point périphérique de (D) (Figure 2).

On suppose que (D) roule sans glisser dans le cylindre. En outre l'angle θ reste faible.

2 1. Etablir l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur $E_p(\theta)$ de (D) en imposant $E_p(0) = 0$. En déduire une expression approchée au deuxième ordre en θ .

1 2. En utilisant la condition de roulement sans glissement du disque sur le cylindre, montrer que $\frac{d\theta}{dt}$ et $\frac{d\varphi}{dt}$ sont reliés

par la relation: $b\dot{\theta} = -a\dot{\varphi}$.

1 3. Etablir l'expression de l'énergie cinétique de (D).

1 4. L'énergie mécanique du disque est-elle conservée ? Pourquoi ?

2 5. Déterminer l'équation du mouvement vérifiée par $\theta(t)$. La résoudre avec les conditions initiales

$\theta = \theta_0 > 0$ et $\frac{d\theta}{dt} = 0$.

3 6. Pour la solution précédente, calculer les valeurs moyennes de l'énergie potentielle et de l'énergie cinétique. Que constate-t-on ?

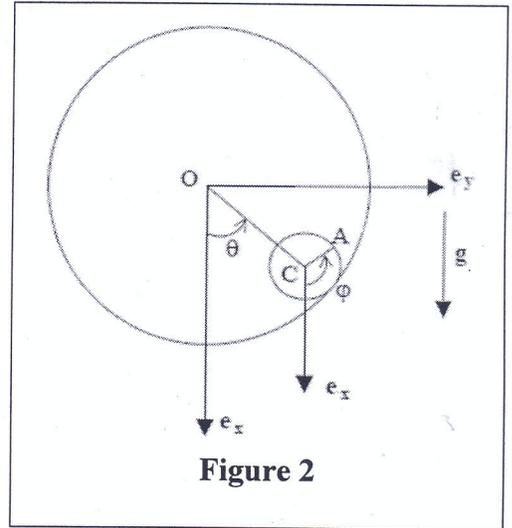


Figure 2

OPTIQUE (18 points)

A. Optique géométrique

1. Préliminaires

On considère une lentille L mince convergente, de distances focales objet f et image f' . On note O le centre de la lentille et F et F' les foyers respectivement objet et image. Les points O, F et F' sont sur l'axe optique de L. On se place dans les conditions de Gauss.

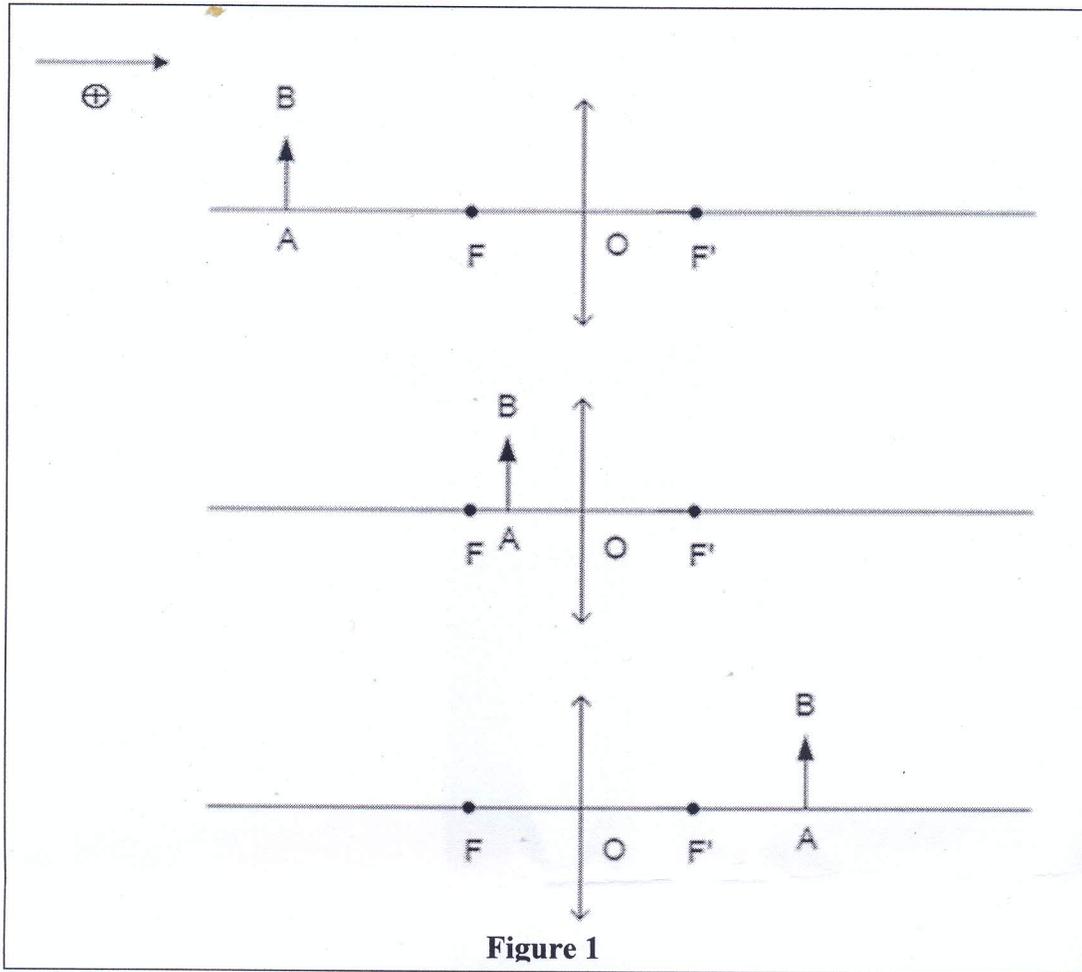
1 1.1. Rappeler les conditions de Gauss.

1 1.2. Quelle est la relation qui lie $f = \overline{OF}$ et $f' = \overline{OF'}$ pour une lentille mince ?

3 1.3. On place un objet AB sur un banc d'optique. La lumière va de la gauche vers la droite.

Construire l'image $A'B'$ de AB par la lentille dans chacun des trois cas de la figure 1. Le candidat reproduira et complètera les schémas sur sa copie sans échelle.

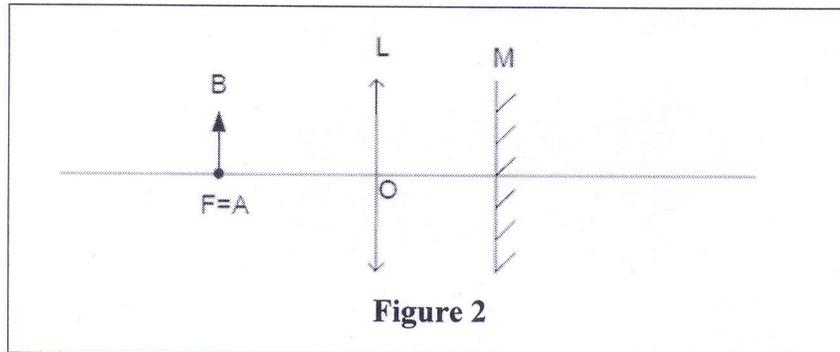
Donner la nature de l'objet et de l'image obtenue (réelle ou virtuelle) dans chaque cas.



2. Mesure de la distance focale f par autocollimation

On considère une lentille L et un miroir plan M .

- 2 2.1. Où se trouve l'image $A'B'$ de AB donnée par le système (Lentille; Miroir) si A est confondu avec F (voir figure 2) ? Justifier à l'aide d'une construction claire.
- 1 2.2. Le résultat dépend-il de la distance entre la lentille et le miroir plan ?



B. Diffraction de Fraunhofer par une fente rectangulaire

- 2 1. Le phénomène de diffraction est interprété par le principe d'Huygens -Fresnel. Rappeler le principe d'Huygens -Fresnel.

On s'intéresse par la suite à la diffraction de Fraunhofer d'une onde incidente par un diaphragme plan.

- 1 2. Préciser les conditions d'observation de la figure de diffraction de Fraunhofer par ce diaphragme.

On suppose que l'onde incidente est plane, monochromatique de longueur d'onde λ et de direction repérée par le vecteur unitaire \vec{u}_i . L'amplitude de l'onde diffractée dans la direction repérée par le vecteur unitaire \vec{u}_d par un diaphragme (D) plan disposé orthogonalement à la direction Oz (figure 3), est donnée par :

$$\underline{g}(\vec{u}_d) = K \iint_{(D)} e^{j\frac{2\pi}{\lambda}[(\alpha_d - \alpha_i)x + (\beta_d - \beta_i)y]} dx dy$$

K est une constante. $(\alpha_i, \beta_i, \gamma_i)$ et $(\alpha_d, \beta_d, \gamma_d)$ sont les composantes des vecteurs unitaires \vec{u}_i et \vec{u}_d de l'onde diffractée respectivement.

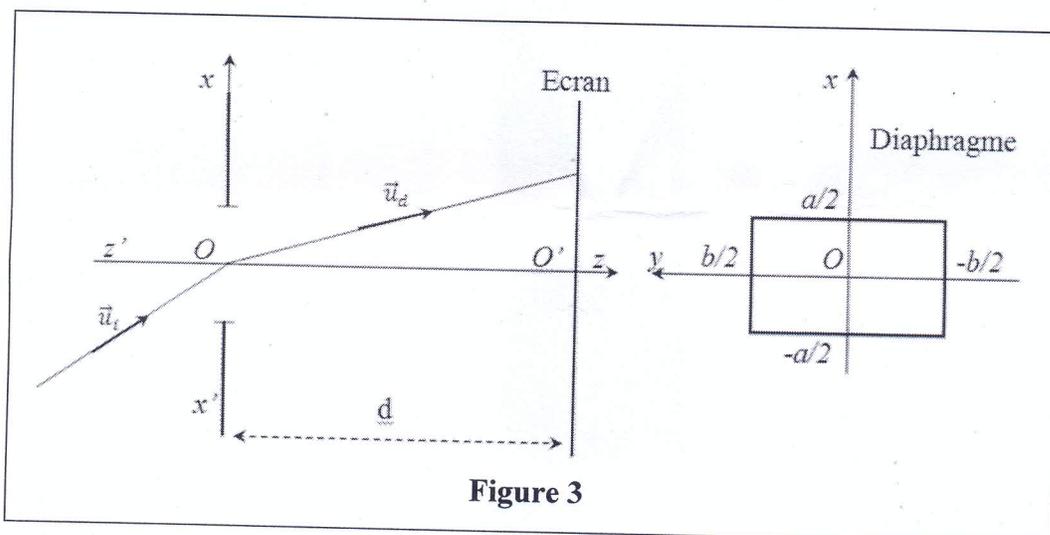


Figure 3

- 3 3. Montrer que l'intensité de l'onde diffractée dans la direction \vec{u}_d par un diaphragme rectangulaire (voir figure 3) de dimensions a et b est donnée par l'expression :

$$I(\vec{u}_d) = I_0 \cdot \text{sinc}^2\left(\frac{\pi \cdot a \cdot (\alpha_d - \alpha_i)}{\lambda}\right) \cdot \text{sinc}^2\left(\frac{\pi \cdot b \cdot (\beta_d - \beta_i)}{\lambda}\right)$$

"sinc" est la fonction « sinus cardinal » $\left(\sin c(x) = \frac{\sin x}{x}\right)$ et I_0 une constante dont on donnera

l'expression en fonction de K, a et b.

Dans la suite, on se place dans les conditions d'une incidence normale.

- 1 4. Décrire la figure de diffraction que l'on peut observer sur un écran situé à une grande distance d ($d \gg a$ et $d \gg b$).
- 1 5. Que devient la figure de diffraction lorsque b devient très supérieur à a ($b \gg a$) ?
- 2 6. Que se passe-t-il si le diaphragme (D) subit :
- une translation suivant la direction (x'x)?
 - une rotation d'angle θ autour de (z'z)?

THERMODYNAMIQUE (19 points)**1. Principes et définitions**

- 1 1.1. Rappeler l'énoncé du premier principe de la thermodynamique, pour un système fermé évoluant entre deux états d'équilibre thermodynamique : on notera E l'énergie mécanique macroscopique du système et U son énergie interne.
- 1 1.2. Rappeler l'énoncé du deuxième principe de la thermodynamique, pour un système fermé évoluant entre deux états d'équilibre thermodynamique (on définit avec soin les grandeurs physiques utilisées).
- 3 1.3. Rappeler la définition d'un gaz parfait. Donner l'expression des fonctions d'état énergie interne U et enthalpie H de ce gaz (T : température thermodynamique, V : volume, P : pression). On introduira pour cela les capacités thermiques appropriées, qui seront supposées constantes dans le domaine de température considéré.

2. Transformation isotherme d'un gaz parfait

On considère une mole de gaz parfait placé dans un cylindre vertical de section S et de grande hauteur, fermé par un piston horizontal mobile sans frottement.

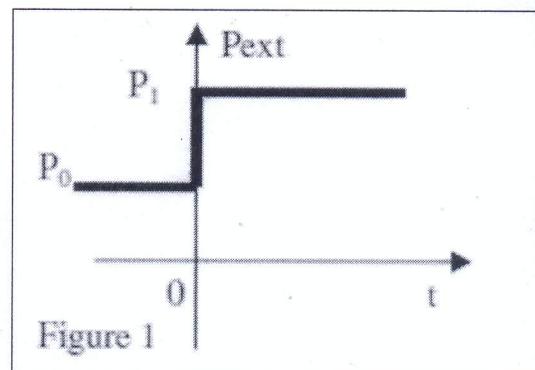
Le cylindre, aux parois diathermes, est plongé dans un thermostat de température uniforme et constante T_0 . À l'état initial le gaz est en équilibre thermodynamique avec le milieu extérieur, sa pression est notée P_0 .

2.1. On ajoute alors progressivement des masselottes sur le piston, jusqu'à ce que la masse finale déposée soit égale à M ; on fait alors l'hypothèse que la transformation subie par le gaz est réversible.

- 1 2.1.1. Déterminer la pression P_1 du gaz dans son état d'équilibre final.
- 3 2.1.2. Exprimer la variation d'énergie interne, le travail W et le flux thermique Q reçus par le gaz lors de cette transformation, en fonction de T_0 , P_0 et P_1 .
- 3 2.1.3. Déterminer l'expression de la variation d'entropie ΔS du gaz entre l'état (P_0, T_0) et l'état (P_1, T_0) . En déduire l'entropie créée S_c lors de cette transformation. Commenter.

2.2. À partir du même état initial, on ajoute brutalement l'intégralité de la masse M ; on fait alors l'hypothèse que la pression extérieure exercée sur le piston varie suivant une fonction échelon (figure 1).

- 3 2.2.1. Exprimer la variation d'énergie interne, le travail W et le flux thermique Q reçus par le gaz lors de cette transformation, en fonction de T_0 , P_0 et P_1 .
- 4 2.2.2. Exprimer la variation d'entropie du gaz, l'entropie échangée puis l'entropie créée lors de cette transformation. Commenter.



ELECTRICITE (15 points)

Un dipôle AB est constitué d'un conducteur ohmique de résistance R , d'une bobine d'inductance L , de résistance négligeable et d'un condensateur de capacité C branchés en série.

A. Étude des oscillations électriques libres.

Le dipôle AB précédent est relié à un commutateur à deux voies K (figure 1). Lorsque le commutateur K est basculé en position 1, le condensateur se charge sous la tension E délivrée par un générateur de tension constante.

Le condensateur une fois chargé, on bascule à l'instant $t = 0$ le commutateur K en position 2.

- 2 1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $v(t)$ aux bornes du condensateur pour des instants $t \geq 0$.

- 2 2. Quelles sont les conditions initiales de la décharge du condensateur: tension $v(t = 0)$ et courant initial $i(t = 0)$?

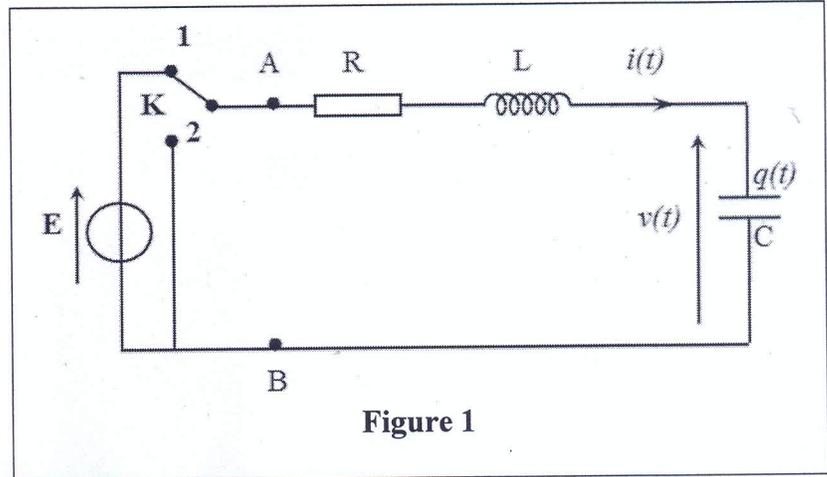


Figure 1

- 1 3. Afin d'obtenir une forme réduite de l'équation différentielle, on introduit la grandeur $\tau = \frac{t}{\sqrt{LC}}$ et

le degré d'amortissement $\alpha = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$.

Écrire l'équation différentielle réduite vérifiée par la tension $v(\tau)$ aux bornes du condensateur, en introduisant les variables τ et α .

- 2 4. Montrer, sans résoudre l'équation différentielle, qu'il existe, selon les valeurs du degré d'amortissement α , deux régimes principaux d'évolution de la tension $v(\tau)$.

Donner l'allure des variations de la tension $v(\tau)$ dans chacun de ces deux régimes.

- 3 5. Pour quelle valeur de α passe-t-on d'un régime à l'autre? Pour cette valeur de α , donner l'expression de la résistance du circuit. Comment nomme-t-on cette résistance? Calculer sa valeur pour le circuit précédent avec $L = 0,04H$ et $C = 22nF$.

B. Oscillations électriques entretenues.

On s'intéresse maintenant à un dispositif électronique, dit à résistance négative, permettant d'entretenir les oscillations libres du montage précédent.

L'amplificateur opérationnel utilisé est supposé idéal. En régime linéaire sa tension de sortie est, en valeur absolue, inférieure à la valeur de la tension de saturation notée V_{sat} . On réalise le montage de la figure 2. Toutes les grandeurs principales sont définies sur le schéma.

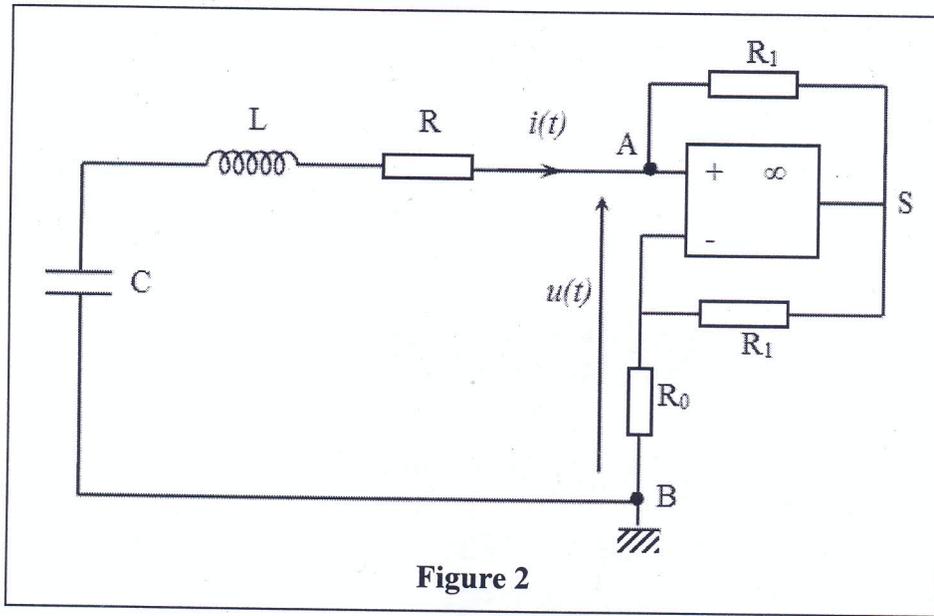


Figure 2

- 2 1. En régime linéaire, déterminer en respectant les conventions du schéma, la relation entre la tension $u(t) = V_A - V_B$ aux bornes du dipôle AB, l'intensité $i(t)$ et la résistance R_0 .
- 3 2. Quelle est la puissance instantanée dissipée dans le dipôle RLC ? Comment choisir la valeur de la résistance R_0 pour obtenir l'entretien des oscillations ? D'où provient l'énergie reçue par le dipôle RLC série ?

CHIMIE

Structures électroniques de l'atome et de la molécule (10 points)

1. L'état d'un électron est caractérisé par le quadruplet (n, l, m_l, m_s) .

- 1 1.1. Donner le nom de chacun de ces nombres quantiques.
- 1.2. On propose les valeurs des quatre nombres quantiques dans un ordre aléatoire: $2, \frac{1}{2}, 4, -1$.
- 2 1.2.1. Identifier chaque nombre quantique en justifiant votre réponse.
- 1 1.2.2. Quel est le nom de l'O.A. associée?
- 2 Le zirconium ${}_{40}\text{Zr}$ est un métal de transition.
- 2 2.1. Que signifie le terme "métal de transition"? Écrire sa configuration électronique.
- 1 2.2. Le zirconium donne aisément les ions Zr^{2+} et Zr^{4+} . Donner leurs configurations électroniques respectives.
3. La structure de Lewis est une écriture symbolique de l'environnement électronique des atomes d'une espèce chimique. La géométrie d'une espèce moléculaire AB_m dépend des positions relatives des atomes B autour de l'atome central A.
- Données : ${}_1\text{H}$; ${}_7\text{N}$
- 1 3.1. Donner la structure de Lewis de la molécule d'ammoniac NH_3 .
- 2 3.2. À partir de la formule de Lewis, prévoir la géométrie de l'ion NH_4^+ . Indiquer, s'il existe, la direction et le sens du moment dipolaire de cette molécule.

Cinétique chimique (8 points)

1. Cinétique d'ordre un.

On étudie la réaction d'ordre un à température fixée : $N_2O_5 \xrightarrow{k} N_2O_4 + \frac{1}{2}O_{2(g)}$. Les deux oxydes d'azote sont solubles dans le tétrachlorométhane qui est ici le solvant de la réaction.

On recueille le dioxygène sous certaines conditions (T, P) .

À l'instant $t_1 = 40 \text{ min}$, $V_1(O_2) = 19,0 \text{ mL}$ et à t_∞ , $V_\infty(O_2) = 35,0 \text{ mL}$.

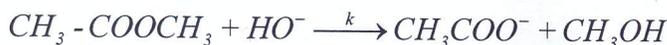
1 1.1. Établir la loi reliant les concentrations $[N_2O_5]_0$ et $[N_2O_5]_t$ aux instants $t = 0$ et t , la constante de vitesse k et le temps t .

1 1.2. Calculer le rapport $\rho_1 = \frac{x_1}{n_0}$ où x_1 est l'avancement de la réaction à l'instant t_1 et n_0 la quantité de matière initiale de N_2O_5 .

2 1.3. En déduire les valeurs de la constante de vitesse k et du temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

2. Cinétique d'ordre deux.

On étudie la réaction d'ordre deux à température 27°C :



On réalise cette saponification en introduisant, dans un volume $(V = 1 \text{ L})$ d'eau solvant, $n_0 = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ d'hydroxyde de sodium $NaOH$ et $n_0 = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ d'ester. On suppose le milieu homogène aqueux. À l'instant $t_1 = 2,00 \text{ heures}$, il ne reste plus que 25% d'ester.

2 2.1. Sachant que la réaction est d'ordres 1 par rapport à l'ester et 1 par rapport à HO^- , établir la relation $t = f(C)$ avec $C = [CH_3OH]$.

2 2.2. En déduire les valeurs de la constante de vitesse k et du temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

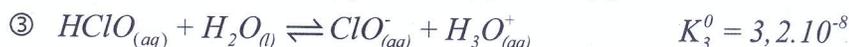
Acides et bases en solutions aqueuses (20 points)

Les 3 parties A, B et C sont indépendantes.

A- Équilibre acido-basique:

On s'intéresse à la chimie du chlore. Le dichlore gazeux se dissout dans l'eau et donne naissance à $Cl_{2(aq)}$, $Cl_{(aq)}^-$ (ion chlorure), $HClO$ (acide hypochloreux) ou ClO^- (ion hypochlorite) selon la valeur du pH .

On donne à 25°C :

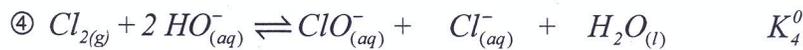


Le produit ionique de l'eau: $K_e = 10^{-14}$

1. Activités - Constantes d'équilibres

2 1.1. Donner l'expression littérale des constantes d'équilibre : K_1^0 ; K_2^0 ; K_3^0 .

2 1.2. En déduire la valeur numérique de la constante d'équilibre K_4^0 de la réaction associée à la production de l'eau de Javel (mélange Na^+ , $Cl^- + Na^+$, ClO^-) par barbotage du dichlore gazeux dans la soude modélisé par l'équation :



2. Équilibre et évolution.

2 2.1. Une eau de chlore est obtenue en saturant l'eau pure par $Cl_{2(g)}$ sous 1 bar , ce qui impose

$$[Cl_{2(aq)}] = 6,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \text{ de manière stationnaire.}$$

D'après la réaction N°②, calculer l'avancement volumique $h = [H_3O^+]$ à l'équilibre et en déduire la valeur du pH (on néglige l'avancement de la réaction ③ et l'autoprotolyse de l'eau). Pour

simplifier l'écriture on pose $[Cl_{2(aq)}] = C$.

2 2.2. On part de l'état d'équilibre précédant. On supprime le barbotage de $Cl_{2(g)}$ et on ajoute de la soude de manière à fixer le pH initial à $pH_i = 5$.

Quel est le sens d'évolution spontanée de la réaction N°② ?

B- Coefficient de dissociation d'un acide:

1. L'acide chloroéthanoïque $ClCH_2COOH$, noté AH , est un acide faible dans l'eau, de $pK_A = 2,8$ à $25^\circ C$.

1 1.1. On considère une solution aqueuse d'acide AH de concentration molaire C , son coefficient de dissociation est noté α . Exprimer sa constante d'acidité K_A en fonction de α et C .

1 1.2. En supposant désormais une dilution infinie, calculer la valeur limite de α .

2. La conductivité σ d'une solution d'acide chloroéthanoïque de concentration $C = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ est $\sigma = 0,122 \text{ S.m}^{-1}$.

1 2.1. Donner l'expression de la conductivité σ de la solution en fonction de C , α et des conductivités molaires ioniques limites $\lambda_{H_3O^+}^0$ et $\lambda_{ClCH_2COO^-}^0 = \lambda_A^0$.

1 2.2. Calculer la valeur de α .

$$\text{On donne : } \Lambda_{AH}^0 = \lambda_{H_3O^+}^0 + \lambda_A^0 = 37,0 \text{ mS.m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

2 2.3. Déterminer, en utilisant le résultat de la question 2.2. , la valeur de K_A . En déduire la valeur de pK_A et la comparer avec sa valeur donnée ci-dessus.

C- Dosage d'une soude carbonatée:

Le dioxyde de carbone CO_2 de l'air, se dissout dans une solution aqueuse de soude $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ trop longtemps exposée à l'air. Soit (S_1) la solution de soude carbonatée obtenue, on en prélève $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ que l'on va doser par une solution aqueuse (S_2) d'acide chlorhydrique $H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ de concentration molaire $C_a = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. Au cours du titrage, le pH varie en présentant deux sauts repérables par les indicateurs colorés de pH : La phénolphtaléine et l'hélianthine.

Données :

- En solution aqueuse, on confondra : CO_2, H_2O et H_2CO_3 .
- $pK_{A1}(H_2CO_3 / HCO_3^-) = 6,4$; $pK_{A2}(HCO_3^- / CO_3^{2-}) = 10,3$
- Zones de virage des indicateurs colorés : phénolphtaléine (incolore en dessous de $pH = 8,5$ et rose au-dessus) ; hélianthine : rose au-dessous de $pH = 3,4$ et jaune au-dessus de $pH = 4,4$.

1. On ajoute quelques gouttes de phénolphtaléine au volume V_1 . Quelle couleur prend la solution ? Justifier.
2. Le virage de l'indicateur est obtenu pour $V_2 = 19,0 \text{ mL}$ d'acide versé. Quelles sont les réactions de neutralisation acido-basique qui se sont déroulées jusqu'ici ?
3. On ajoute alors quelques gouttes d'hélianthine dont on observe le changement de couleur à $V'_2 = 20,0 \text{ mL}$ d'acide versé. Indiquer les couleurs observées.
4. Que s'est-il passé comme réaction(s) dans la dernière partie du titrage ?
5. Calculer les concentrations des ions $HO^-_{(aq)}$ et $CO_3^{2-}_{(aq)}$ dans la solution (S_1) de soude carbonatée.
6. Quelle était la concentration C_B de la solution de soude avant carbonatation ?

Equilibres d'oxydoréduction (10 points)**Données :**

- Le Faraday: $1 F = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$; $M(PbO_2) = 239,2 \text{ g.mol}^{-1}$;
- On prendra $\frac{R.T}{F} \cdot \ln x = 0,06 \cdot \log x$ en volts à 298 K (température constante);
- Produit de solubilité de $PbSO_{4(s)}$ à 298 K : $K_s = 1,58 \cdot 10^{-8}$;
- L'acide sulfurique sera assimilé à un diacide fort, on peut donc l'écrire $2 H_3O^+_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$;
- On assimilera activité et concentration bien que la solution d'acide sulfurique ne soit pas diluée;
- On rappelle qu'une autonomie de 1 A.h correspond au fonctionnement d'une pile qui délivre une intensité de 1 A pendant une heure;
- Potentiels standard à $pH = 0$ et à 298 K :

Couple	$H_3O^+ / H_{2(g)}$	$O_{2(g)} / H_2O_{(l)}$	$PbO_{2(s)} / PbSO_{4(s)}$	$Pb^{2+} / Pb_{(s)}$
$E^0 \text{ (V)}$	0,00	1,23	1,69	-0,13

Parmi les utilisations du plomb, la fabrication des accumulateurs est l'une des plus importantes. On considère un accumulateur au plomb formé par deux demi-piles.

- La demi-pile (1) contient du dioxyde de plomb solide PbO_2 et du sulfate de plomb solide $PbSO_4$ déposés sur une grille de plomb Pb plongeant dans une solution d'acide sulfurique de concentration $C = 4 \text{ mol.L}^{-1}$.

- La demi-pile (2) contient du plomb Pb au contact de sulfate de plomb (II) solide $PbSO_4$ et de la solution d'acide sulfurique précédente. $PbSO_{4(s)}$ est pratiquement insoluble dans la solution d'acide sulfurique.

Les deux compartiments de l'accumulateur ne sont pas séparés.

1. Étude de la demi-pile (1)

La demi-réaction redox prépondérante de la demi-pile (1) met en jeu le couple $PbO_{2(s)} / PbSO_{4(s)}$.

1 1.1. Écrire l'équation de la demi-réaction de la demi-pile (1).

2 1.2. Exprimer de façon littérale le potentiel E_1 de l'électrode de plomb en fonction du potentiel standard $E^0_{(PbO_{2(s)} / PbSO_{4(s)})}$ et de la concentration C en acide sulfurique. Calculer E_1 .

2. Étude de la demi-pile (2)

La demi-réaction redox prépondérante de la demi-pile (2) met en jeu le couple $PbSO_{4(s)} / Pb_{(s)}$.

1 2.1. Écrire l'équation de la demi-réaction de la demi-pile (2).

2 2.2. Exprimer de façon littérale le potentiel E_2 de l'électrode de plomb en fonction du potentiel standard $E^0_{(Pb^{2+} / Pb)}$, du produit de solubilité K_s de $PbSO_{4(s)}$ et de C . Calculer E_2 .

3. Fonctionnement de l'accumulateur comme une pile

1 3.1. Dédire des questions précédentes les polarités des demi-piles de l'accumulateur.

1 3.2. Montrer que la force électromotrice (f.e.m.) de la pile dépend de la concentration en acide sulfurique.

1 3.3. Écrire l'équation-bilan de la réaction spontanée qui a eu lieu au cours du fonctionnement de cette pile (accumulateur).

1 3.4. L'accumulateur étudié comporte plusieurs plaques recouvertes de dioxyde de plomb PbO_2 de masse totale $m(PbO_2) = 170 \text{ g}$.

Calculer l'autonomie de cet accumulateur exprimée en ampère-heure ($A.h$).



5 ساعات	مدة الإنجاز :		الاختبار	اختبار في مادة التخصص
1	المعامل		التخصص	الفيزياء والكيمياء

Note aux correcteurs

Le barème indiqué est conçu de manière à ce que les notes attribuées soient indivisibles. En particulier, on n'attribue pas de notes fractionnaires (0,5; 0,25; etc).

Si on juge que la réponse d'un candidat à une question est satisfaisante, on lui attribue la note totale et "zéro" dans le cas contraire. Par exemple:

- **Mécanique, question A.2.1.:** si le candidat donne une expression correcte de l'énergie potentielle, on attribue 2 points et 0 dans le cas contraire;
- **Thermodynamique, question 1.3.:**
 - Définition de gaz parfait jugée correcte, on attribue 1 point et 0 dans le cas contraire.
 - Expression de U jugée correcte, on attribue 1 point et 0 dans le cas contraire.
 - Expression de H jugée correcte, on attribue 1 point et 0 dans le cas contraire.

Eléments de correction et barème

Physique

Questions	Eléments de réponses	Barème	
Mécanique (20 points)	A- Oscillateur harmonique dans un champ de pesanteur		
	1.1.	Application de la RFD et projection sur Oz, on obtient: $\ddot{z} + \frac{k}{m} z = \frac{k}{m} \ell_0 + g$ la pulsation propre : $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$	1 1
	1.2.	à l'équilibre $\ddot{z} = 0$ et donc $z_e = \ell_0 + \frac{mg}{k}$	1
	1.3.	La solution est de la forme $z(t) = A \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi) + z_e$. Les conditions initiales sont $z(0) = z_e + a$ et $\dot{z}(0) = 0$; on obtient donc : $z(t) = a \cdot \cos(\omega_0 t) + z_e$.	1
	2.1.	L'énergie potentielle du point M est la somme de l'énergie potentielle de pesanteur $-m \cdot g \cdot z + cste$ (Oz est orienté vers le bas) et de l'énergie potentielle élastique du ressort $\frac{1}{2} k(z - \ell_0)^2 + cste$ d'où $E_p(M) = -m \cdot g \cdot (z - z_e) + \frac{1}{2} k(z - \ell_0)^2 - \frac{1}{2} k(z_e - \ell_0)^2$ si l'on impose $E_p(M) = 0$ à l'équilibre.	2
	2.2.	Si on pose $Z = z - z_e$ on obtient $E_p(M) = -m \cdot g \cdot Z + \frac{1}{2} k(Z + z_e - \ell_0)^2 - \frac{1}{2} k(z_e - \ell_0)^2$ $= \frac{1}{2} k Z^2 + Z(-m \cdot g + k(z_e - \ell_0))$ Comme $-m \cdot g + k(z_e - \ell_0) = 0$ qui correspond à la définition de la position d'équilibre, on a donc $E_p(M) = \frac{1}{2} k Z^2$	1

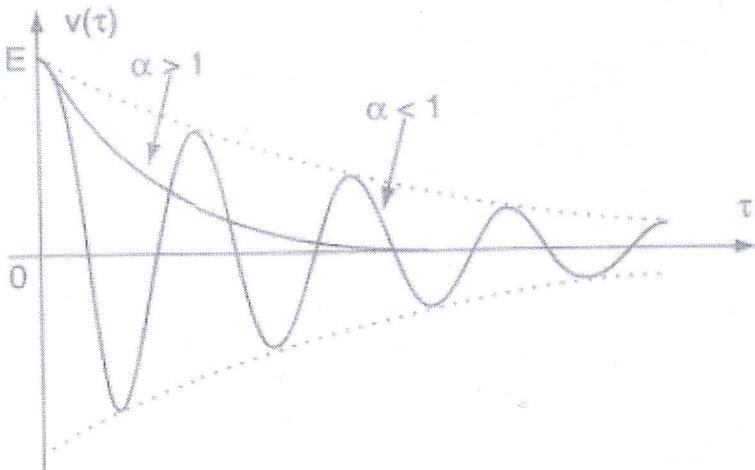
2.3.	<p>La valeur moyenne de $E_p(M)$ est</p> $\langle E_p(M) \rangle = \frac{1}{2} k \langle Z^2 \rangle = \frac{1}{2} k \langle a^2 \cos^2(\omega_0 t) \rangle$ <p>d'où $\langle E_p(M) \rangle = \frac{1}{4} k a^2$.</p> <p>Pour l'énergie cinétique, $\langle E_c(M) \rangle = \frac{1}{2} m \langle \dot{z}^2 \rangle = \frac{1}{2} m a^2 \omega_0^2 \langle \sin^2(\omega_0 t) \rangle$</p> <p>d'où $\langle E_c(M) \rangle = \frac{1}{4} k a^2$</p> <p>On a donc $\langle E_c(M) \rangle = \langle E_p(M) \rangle$, ce qui correspond bien au théorème de viriel avec $k = 2$.</p>	<p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>
B- Cas d'un système		
1.	<p>La seule force conservative est le poids, l'énergie potentielle de pesanteur s'écrit alors, compte tenu de l'origine choisie:</p> $E_p(M) = -m \cdot g(x-b)$, d'où $E_p(\theta) = m \cdot g \cdot b(1 - \cos(\theta))$. <p>Dans le cas où θ est petit, on obtient $E_p(\theta) = m \cdot g \cdot b \cdot \frac{\theta^2}{2}$.</p>	<p>1</p> <p>1</p>
2.	<p>Le disque (D) roulant sans glisser, la vitesse du point C s'écrit de deux manières différentes: $\vec{v}(C) = b \cdot \dot{\theta} \cdot \vec{e}_\theta$ et $\vec{v}(C) = \vec{v}(I) + \dot{\phi} \cdot \vec{e}_z \wedge \vec{IC} = -a \cdot \dot{\phi} \cdot \vec{e}_\theta$, avec I point de contact des deux solides, sa vitesse (vitesse de glissement) est nulle. D'où $[b \cdot \dot{\theta} = -a \dot{\phi}]$.</p>	1
3.	<p>L'énergie cinétique de (D) est:</p> $E_c(M) = \frac{1}{2} m \cdot v^2(C) + \frac{1}{2} J \cdot \dot{\phi}^2 = \frac{1}{2} m \cdot (b \cdot \dot{\theta})^2 + \frac{1}{4} m \cdot a^2 \cdot \dot{\phi}^2$, compte tenu de la relation entre $\dot{\phi}$ et $\dot{\theta}$, on obtient: $E_c(M) = \frac{3}{4} m \cdot (b \cdot \dot{\theta})^2$.	1
4.	<p>L'énergie mécanique est conservée car la force de frottement non conservative ne travaille pas à cause du roulement sans glissement.</p>	1
5.	<p>Equation du mouvement: $\frac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow \ddot{\theta} + \frac{2g}{3b} \cdot \theta = 0$</p> <p>Solution: Compte tenu des conditions initiales, on a donc</p> $\theta(t) = \theta_0 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t)$ avec $\omega_1 = \sqrt{\frac{2g}{3b}}$.	<p>1</p> <p>1</p>
6.	<p>On a donc, $\langle E_p \rangle = \frac{m \cdot g \cdot b}{2} \langle (\theta_0 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t))^2 \rangle$; $\langle E_p \rangle = \frac{m \cdot g \cdot b}{4} \theta_0^2$</p> $\langle E_c \rangle = \frac{3m}{4} \langle (b \cdot \theta_0 \cdot \omega_1 \sin(\omega_1 \cdot t))^2 \rangle$; $\langle E_c \rangle = \frac{m \cdot g \cdot b}{4} \theta_0^2$. <p>On a donc $\langle E_p \rangle = \langle E_c \rangle$, ce qui correspond bien au théorème du viriel puisqu'ici $k=2$.</p>	<p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>

Questions	Eléments de réponses	Barème
A. Optique géométrique		
1.1.	Conditions de Gauss: - Les rayons sont peu inclinés par rapport à l'axe optique. - Les rayons traversent le système au voisinage de son centre optique.	1
1.2.	$f = - f'$	1
1.3.	Construction des images dans chaque cas et nature de l'objet et de l'image : a) objet réel, image réelle b) objet réel, image virtuelle c) objet virtuel, image réelle	1 1 1
2.1.	Mesure de la distance focale f par autocollimation $A = F \xrightarrow{L} \infty \xrightarrow{M} \infty \xrightarrow{L} A' = F$, un rayon suffit pour trouver B' , ainsi $A' = A$ et $A'B' = -AB$. Construction	1 1
2.2.	Résultats indépendants de la distance entre la lentille et le miroir plan.	1
B. Diffraction de Fraunhofer par une fente rectangulaire		
1.	Principe d'Huygens -Fresnel : - Chaque point d'une surface atteint par l'onde se comporte comme une source secondaire émettant des ondes sphériques - Les différentes sources secondaires sont cohérentes entre elles et interfèrent.	2
2.	Conditions d'observation : On observe à l'infini la diffraction d'une onde plane (vient de l'infini)	1
3.	- On intègre : $\underline{s}(\vec{u}_d) = K \int_{-a/2}^{a/2} e^{j\frac{2\pi}{\lambda}(\alpha_d - \alpha_i)x} dx \int_{-b/2}^{b/2} e^{j\frac{2\pi}{\lambda}(\beta_d - \beta_i)y} dy$ $\underline{s}(\vec{u}_d) = K.a.b.\sin c\left(\frac{\pi}{\lambda}(\alpha_d - \alpha_i)a\right).\sin c\left(\frac{\pi}{\lambda}(\beta_d - \beta_i)b\right)$	1
	- On définit l'intensité de l'onde diffractée : $I(\vec{u}_d) = \underline{s}(\vec{u}_d) ^2$, ce qui donne le résultat recherché.	1
	- Expression de I_0 : $I_0 = K^2 a^2 b^2$	1
4.	Description de la figure de diffraction : Tache centrale brillante au centre O' , taches alternativement sombres et brillantes sur les axes $x'x$ et $y'y$ de l'écran.	1
5.	Dans le cas $b \gg a$, la diffraction suivant la direction $y'y$ devient moins importante : la figure de diffraction sera étalée sur l'axe $x'x$.	1
6.	- Si (D) subit une translation suivant la direction $x'x$, la figure de diffraction subit la même translation - Si (D) subit une rotation d'angle θ autour de $z'z$, la figure de diffraction subit une rotation du même angle et dans le même sens.	1 1

Optique (18 points)

Questions	Eléments de réponses	Barème
Thermodynamique (19 points)	1.1. Premier principe : La variation de l'énergie interne est égale à la somme du travail W et du transfert thermique Q échangés avec l'extérieur : $\Delta U = W + Q$	1
	1.2. Deuxième principe de la thermodynamique A tout système thermodynamique (S) est associé une fonction d'état notée S, appelée entropie. Sa variation lors d'une transformation en contact avec une source de chaleur de température T_e se met sous la forme $\Delta S = S_{\text{échange}} + S_{\text{créé}}$ Avec $S_{\text{échangée}} = \int \frac{\delta Q}{T_e}$. L'intégrale est calculée le long du chemin réellement suivi par le système au cours de l'évolution. $S_{\text{créé}}$ représente la création d'entropie due au caractère irréversible de l'évolution : $S_{\text{créée}} \geq 0$	1
	1.3. - Un gaz est dit parfait si les actions mécaniques exercées sur les molécules sont assimilables à des chocs, interactions infiniment brèves qui ne s'exercent qu'à l'occasion de leur contact. Un gaz parfait obéit à la loi : $P.V = n.R.T$ - $U = U_0 + C_v(T - T_0)$ - $H = H_0 + C_p(T - T_0)$	1 1 1
	2.1.1. Dans l'état final il y a équilibre mécanique : le piston est au repos : $P_1.S = P_0.S + M.g$, ce qui donne : $P_1 = P_0 + M.g/S$	1
	2.1.2. Première loi de Joule U(T) isotherme $\Rightarrow \Delta U = 0$; $W = -\int P dV = -RT_0 \int \frac{dV}{V} = -RT_0 \ln \left(\frac{V_{\text{final}}}{V_{\text{initial}}} \right) = RT_0 \ln \left(\frac{P_1}{P_0} \right)$ $\Delta U = W + Q = 0 \Rightarrow Q = -W ; W = RT_0 \ln \left(\frac{P_0}{P_1} \right)$	1 1 1
	$dU = T dS - p dV ; T dS = PdV = -V dP$ $\Delta S = -R \ln (P_1/P_0)$	1
	2.1.3. Entropie échangée : $S_e = Q/T_0 = -R \ln (P_1/P_0)$ donc $S_{\text{créée}} = S_i = \Delta S - S_e = 0$ Le résultat est conforme au caractère réversible de la transformation.	1 1
	2.2.1. On a toujours à l'équilibre final $\Delta T = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$ Selon l'hypothèse la force extérieure appliquée est $F = P_1.S = P_{\text{ext}}.S$ $W = -\int P_{\text{ext}}.dV = -P_1(V_{\text{final}} - V_{\text{initial}}) = -RT_0 + P_1 \left(\frac{P_0 V_{\text{initial}}}{P_0} \right)$ $W = -RT_0 + \frac{P_1 R T_0}{P_0} = RT_0 \left(\frac{P_1}{P_0} - 1 \right)$	1 1

	$Q = \Delta U - W = -W$; $Q = RT_0 \left(\frac{P_1}{P_0} - 1 \right)$	1
	On a toujours $\Delta S = -R \ln (P_1/P_0)$ car fonction d'état	1
	$S_e = \frac{Q}{T_0} = -RT_0 \left(\frac{P_1}{P_0} - 1 \right)$	1
2.2.2.	D'où $S_c = \Delta S - S_e = R \left(\frac{P_1}{P_0} - 1 \right) - R \ln \left(\frac{P_1}{P_0} \right) = R \left(\frac{P_1}{P_0} - 1 - \ln \left(\frac{P_1}{P_0} \right) \right)$	1
	$\forall x = P_1/P_0 > 1$ $S_c = R ((x-1) - \ln(x)) > 0$ car $x-1 > \ln x \Rightarrow S_{crée} \geq 0$ conforme au 2 nd principe.	1

Questions	Eléments de réponses	Barème
A. Étude des oscillations électriques libres.		
1.	Méthode correcte pour établir l'équation différentielle : $\frac{d^2v(t)}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dv(t)}{dt} + \frac{1}{LC} v(t) = 0$	2
2.	<ul style="list-style-type: none"> $v(t) = E$ $i(t) = 0$ 	1 1
3.	$\frac{d^2v(\tau)}{d\tau^2} + 2\alpha \frac{dv(\tau)}{d\tau} + v(\tau) = 0$	1
Electricité (15 points)	<ul style="list-style-type: none"> La forme de la solution de l'équation différentielle précédente dépend du signe de discriminant réduit : $\Delta' = \alpha^2 - 1$. Deux régimes sont possibles : <ul style="list-style-type: none"> - $\alpha > 1$: régime aperiodique - $\alpha < 1$: régime pseudoperiodique 	1
	<ul style="list-style-type: none"> Allures des variations de la tension : 	1

		- On passe d'un régime à l'autre pour $\alpha = 1$.	1
5.		- Pour $\alpha = 1$ la résistance du circuit est $R = R_c = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$: résistance critique.	1
		- $R_c = 2,7 \text{ k}\Omega$.	1
B. Oscillations électriques entretenues.			
1.		On a : $u - V_S = R_1 i$ et $u = \frac{R_0}{R_0 + R_1} V_S$. Ce qui donne : $u(t) = -R_0 i(t)$. Ce qui justifie l'appellation de Résistance négative.	2
2.		- Puisque R est le seul élément dissipatif du circuit, la puissance instantanée dissipée dans le dipôle RLC est : $p(t) = u(t) \cdot i(t) = R i^2(t)$.	1
		- Pour obtenir l'entretien des oscillations, il faut choisir $R_0 = R$ (la résistance totale du circuit sera nulle).	1
		- L'énergie reçue par le dipôle RLC série provient de l'alimentation continue de l'amplificateur opérationnel.	1

Chimie

Questions	Eléments de réponses	Barème
Structures électroniques (10 points)	1.1. n : nombre quantique principale l : nombre quantique secondaire m_l : nombre quantique magnétique m_s : nombre quantique magnétique de spin	1
	1.2.1. Identification de chaque nombre : $n = 4$; $l = 2$; $m_l = -1$; $m_s = \frac{1}{2}$ Quadruplet : $(4, 2, -1, \frac{1}{2})$ Justification :	1
	$n \in \mathbb{N}^*$; $0 \leq l \leq n-1$; $-l \leq m_l \leq l$; $m_s = \pm \frac{1}{2}$	1
	1.2.2. O.A. $4d$	1
	2.1. Signification : un métal de transition possède sa sous forme atomique des O.A. d ou f incomplètes. Configuration : ${}_{40}\text{Zr} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 4d^2 5s^2$	1
	2.2. $\text{Zr}^{2+} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 4d^2$ $\text{Zr}^{4+} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$	1
	3.1. Structure de Lewis de : NH_3	1

	3.2.	Géométrie de NH_4^+ : type AX_4 tétraédrique régulier	1
	3.2.	NH_4^+ est apolaire, sa symétrie provoque un moment dipolaire nul $\vec{\mu} = \vec{0}$	1
Cinétique chimique (8 points)	1.1.	$v = -\frac{d[N_2O_5]}{dt} = k[N_2O_5]$ à $t = 0$: $\ln[N_2O_5]_0 = cte$ Aboutir à : $\ln \frac{[N_2O_5]_t}{[N_2O_5]_0} = -k.t$	1
	1.2.	$\rho_1 = \frac{V_1}{V_\infty} \approx 5,43.10^{-1}$	1
	1.3.	Valeur de la constante de vitesse : d'après (1.1.) et (1.2.) on aboutit à : $k = -\frac{\ln(1-\rho_1)}{t_1} \approx 1,96.10^{-2} \text{ min}^{-1}$	1
		Valeur du temps de demi-réaction : $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} \approx 35,4 \text{ min} = 2,12.10^3 \text{ s}$	1
	2.1.	$v = k[CH_3COOCH_3].[HO^-] = k.(C_0 - C)^2$ avec $C_0 = \frac{n_0}{V}$ $v = \frac{dC}{dt} = k.(C_0 - C)^2$; $\frac{dC}{(C_0 - C)^2} = k.dt$	1
		à $t = 0$: $cte = \frac{1}{C_0}$ Aboutir à la relation : $\frac{1}{C_0 - C} - \frac{1}{C_0} = k.t$	1
	2.2.	Valeur de la constante de vitesse : à $t_1 = 2h$ on a : $C = \frac{3}{4}C_0$, on aboutit à : $k = \frac{3}{C_0.t_1} = 150 \text{ mol}^{-1}.L.h^{-1}$	1
Valeur du temps de demi-réaction : $t_{1/2} = \frac{1}{k.C_0} = 40,0 \text{ min} = 2400 \text{ s}$		1	
Equilibres acido-basique (8 points)	1.1.	$K_1^0 = \frac{[Cl_2]}{P_{Cl_2}}$	1
		$K_2^0 = \frac{[Cl^-].[HClO].[H_3O^+]}{[Cl_2]}$	1
		$K_3^0 = \frac{[ClO^-].[H_3O^+]}{[HClO]}$	1
	1.2.	Valeur de K_4^0 : On constate que la réaction ④ est ④ = ①+②+③-2x⑤ avec ⑤ réaction d'autoprotolyse de l'eau (K_e).	2

		$K_4^0 = \frac{K_1^0 \cdot K_2^0 \cdot K_3^0}{(K_e)^2} \approx 1,3 \cdot 10^{16}$	
2.1.		Valeur de l'avancement volumique $h = [H_3O^+]$:	1
		d'après la réaction ② : $h = \sqrt[3]{C \cdot K_2^0} \approx 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ $pH \approx 1,5$	1
2.2.		On calcul $Q_{r,i}$ quotient de réaction à l'E.I : $Q_{r,i} = \frac{h^2 \cdot 10^{-pH_i}}{C} \approx 1,8 \cdot 10^{-7}$	1
		$Q_{r,i} < K_2^0$: l'évolution se fait dans le sens direct (sens 1).	1

Questions	Eléments de réponses	Barème
Coefficient de dissociation d'un acide (6 points)	1.1. Aboutir à : $K_A = \frac{C \cdot \alpha^2}{C^0 (1-\alpha)}$	1
	1.2. À dilution infinie, le pH tend vers celui de l'eau pure ($pH_e = 7$) $\alpha = \frac{K_A}{K_A + 10^{-pH_e}} \approx 1$ (α tend vers 1)	1
	2.1. Aboutir à : $\sigma = (\lambda_{H_3O^+}^0 + \lambda_A^0) C \cdot \alpha$	1
	2.2. Valeurs de $\alpha = \frac{\sigma}{\lambda_{AH}^0 \cdot C} = 0,33$ pour $C = 10 \text{ mol.m}^{-3}$	1
	2.3. D'après la question (1.1.) on a : $K_A = \frac{C \cdot \alpha^2}{C^0 (1-\alpha)} = 1,62 \cdot 10^{-3}$ $pK_A = -\log K_A = 2,79 \approx 2,8$; on trouve la même valeur	1
Dosage d'une soude carbonatée (6 points)	1. La solution (S_1) de soude carbonatée est nettement basique ($pH > 8,5$) la phénophtaléine prend la couleur rose.	1
	2. Avant l'équivalence on a titré les deux bases : HO^- et CO_3^{2-} selon ; (1) $HO^- + H_3O^+ \rightarrow 2 H_2O$ (2) $CO_3^{2-} + H_3O^+ \rightarrow HCO_3^- + H_2O$	1
	3. - Pour $V_2 = 19,0 \text{ mL}$ la solution était incolore avec la phénophtaléine ; - La solution devient jaune lors de l'ajout de l'hélianthine, car c'est le domaine de prédominance de HCO_3^- ; - Après titrage de HCO_3^- la solution vire au rose car pH acide dû à $CO_{2(aq)} = H_2CO_3$.	1
	4. Réaction de titrage pour $19,0 \text{ mL} \leq V_2 \leq 20 \text{ mL}$: (3) $HCO_3^- + H_3O^+ \rightarrow H_2CO_3 + H_2O$	1
	5. Dans (S_1) : On pose : $C_a = [H_3O^+]$	1

	$[CO_3^{2-}] = \frac{C_a(V_2' - V_2)}{V_1} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ $[HO^-] = \frac{C_a \cdot V_2}{V_1} - [CO_3^{2-}] = 9,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	
6.	<p>La réaction de carbonatation a consommé 2 HO^- par CO_3^{2-} formé donc :</p> $C_B = [HO^-] + 2 \cdot [CO_3^{2-}] = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$	1

Questions	Eléments de réponses	Barème
Equilibre d'oxydoréduction (10 points)	1.1. $PbO_{2(s)} + 2 e^- + SO_4^{2-} + 4 H^+ \rightleftharpoons PbSO_{4(s)} + 2 H_2O$	1
	1.2. $E_1 = E_{(PbO_2/PbSO_4)}^0 + 0,03 \cdot \log(16 \cdot C^5)$	1
		$E_1 \approx 1,82 V$
	2.1. $PbSO_{4(s)} + 2 e^- \rightleftharpoons Pb_{(s)} + SO_4^{2-}$	1
	2.2. $E_2 = E_{(Pb^{2+}/Pb)}^0 + 0,03 \cdot \log(K_s) + 0,03 \cdot \log(\frac{1}{C})$	1
		$E_2 \approx -0,38 V$
	3.1. $E_1 > E_2$: l'électrode (1) est le pôle positif et l'électrode (2) est le pôle négatif.	1
	3.2. Aboutir à : $f.e.m = E_{(PbO_2/PbSO_4)}^0 - E_{(Pb^{2+}/Pb)}^0 - 0,03 \cdot \log K_s + 0,03 \cdot \log(16 \cdot C^6)$ $f.e.m = 2,09 + 0,18 \cdot \log(C)$ la f.e.m. dépend de la concentration C	1
	3.3. $Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 2 SO_4^{2-} + 4 H^+ \rightarrow 2 PbSO_{4(s)} + 2 H_2O$	1
	3.4. Aboutir à : $q = 2 \cdot \frac{m(PbO_2)}{M(PbO_2)} \cdot F \approx 1,37 \cdot 10^5 C = 38,1 A.h$	1



الاختبار	اختبار في ديداكتيك مادة التخصص وعلوم التربية	مدة الإجازة:	5 ساعات
التخصص	الفيزياء والكيمياء	المعامل	1

سليم التنقيط	الموضوع (60 نقطة)
	<p>تقتضي الممارسة الميدانية لأستاذ الفيزياء والكيمياء استحضار مجموعة من الكفايات المهنية والإلمام بمفاهيم عامة لديداكتيك مادة التخصص في علاقتها بالمستجدات التربوية ومبادئ علوم التربية. وتعتبر أشكال العمل الديداكتيكي وأنشطة التدريس والتقويم والمعينات الديداكتيكية الموظفة عناصر أساسية تمكن المتعلم من تيسير اكتساب معارف ومهارات وتقنيات تؤهله لتملك كفايات أساسية محددة في الوثائق الرسمية المؤطرة للتدريس.</p>
3	<p>الجزء الأول: 1. أعط تعريفا للمصطلحات الآتية: - ديداكتيك مادة الفيزياء والكيمياء؛ - البرنامج الدراسي لمادة الفيزياء والكيمياء؛ - المقرر الدراسي لمادة الفيزياء والكيمياء.</p> <p>2. تتأسس الاختيارات والتوجهات التربوية العامة على اعتماد ثلاثة مجالات هي مجال القيم ومجال الكفايات ومجال المضامين، وهي تساعد هيئة التدريس على تعرف منطلقات المنهاج الدراسي وضبط مكوناته، وتنفيذ أنشطته مما يسمح بتنمية كفايات المتعلم.</p>
3	1.2. أذكر أهمية كل من هذه المجالات الثلاث على المستوى الشخصي للمتعلم.
1	1.2. أذكر، وفقا للتوجهات التربوية العامة، الكفايات التي يسعى المنهاج الرسمي لتنميتها لدى المتعلم.
3	3.2. وضح من خلال ثلاثة أمثلة كيفية تجسيد بعض أو كل هذه الكفايات في مادة الفيزياء والكيمياء.
	<p>الجزء الثاني: يعتبر التخطيط والتدبير والتقويم من العمليات الأساسية المنوطة بأستاذ مادة الفيزياء والكيمياء، وهي عمليات أساسية لا يمكن أن تُحقق نجاحها إلا في ظروف معينة ووفق ضوابط.</p> <p>1. أذكر الوثائق والمراجع التي يعتمد عليها أستاذ مادة الفيزياء والكيمياء لإنجاز المهام المشار إليها. بين أهمية هذه الوثائق والمراجع بالنسبة لفعل التدريس.</p> <p>2. فيم تتجلى أهمية عملية التخطيط للتعلم بالنسبة لفعل التدريس؟</p> <p>3. في إطار المقاربة بالكفايات، يتم اللجوء خلال التدريس إلى توظيف أنشطة بنائية.</p> <p>1.3. أذكر نظرية التعلم التي تؤسس لاعتماد مثل هذه الأنشطة، موضحا مبادئها العامة.</p> <p>2.3. وضح أهمية الأنشطة البنائية وفائدتها بالنسبة للمتعلم.</p>
3	1. أذكر الوثائق والمراجع بالنسبة لفعل التدريس.
2	2. فيم تتجلى أهمية عملية التخطيط للتعلم بالنسبة لفعل التدريس؟
2	3. في إطار المقاربة بالكفايات، يتم اللجوء خلال التدريس إلى توظيف أنشطة بنائية.
2	1.3. أذكر نظرية التعلم التي تؤسس لاعتماد مثل هذه الأنشطة، موضحا مبادئها العامة.
2	2.3. وضح أهمية الأنشطة البنائية وفائدتها بالنسبة للمتعلم.
	<p>الجزء الثالث: يشكل جزء الميكانيك أحد أجزاء برامج الفيزياء بالتعليم الثانوي التأهيلي.</p> <p>1. صغ كفاية نوعية يُتوخى تملكها من طرف المتعلمين في نهاية تدريس هذا الجزء بالجدع المشترك العلمي.</p> <p>2. حدد مفهوما (concept) علميا أساسيا متضمنا في هذا الجزء بالجدع المشترك العلمي، وكذا كل أفهوم (Notion) مرتبط به.</p>
2	1. صغ كفاية نوعية يُتوخى تملكها من طرف المتعلمين في نهاية تدريس هذا الجزء بالجدع المشترك العلمي.
2	2. حدد مفهوما (concept) علميا أساسيا متضمنا في هذا الجزء بالجدع المشترك العلمي، وكذا كل أفهوم (Notion) مرتبط به.

3. أذكر صعوبتين مختلفتين يمكن أن يصادفهما أستاذ الفيزياء والكيمياء عند تدريسه لجزء الميكانيك بالجدع المشترك العلمي. بين من وجهة نظرك كيف يمكن معالجة هاتين الصعوبتين. 4
4. تقترن بعض صعوبات التعلم في جزء الميكانيك بوجود تمثلاث خاطئة ترتبط بعوائق التعلم. أذكر معززا جوابك بمثالين لتمثلين خاطئين. 2
5. تؤكد التوجيهات التربوية لمادة الفيزياء والكيمياء بسلكي التعليم الثانوي على اعتماد التجريب خلال التعلم. 2
- 1.5. وضح أهمية وأثر التجارب على التعلم. 2
- 2.5. بين كيف ينبغي أن يتدخل الأستاذ لتحقيق استفادة المتعلمين من هذه التجارب. 3
6. في حالة غياب المعدات التجريبية، ما هي المعينات الديدكتيكية التي يمكن اعتمادها خلال عملية التدريس؟ وضح حدود توظيفها. 3
7. من بين الوحدات الدراسية لهذا الجزء، الوحدة الدراسية "توازن جسم صلب تحت تأثير ثلاث قوى". باستعانتك بالملحق 1 الوارد في الصفحة (3/3)، ضع تخطيطا لإنجاز الوحدة المذكورة في إطار حصة للأشغال التطبيقية، مبرزا: 8
- أهداف التجربة؛
 - المعدات التجريبية التي يمكن توظيفها؛
 - الإجراءات والاحتياطات التي ينبغي اتخاذها عند استعمال المعدات التجريبية؛
 - كيفية تدبير الأنشطة المقترحة؛
 - حصيلة التعلم.

الجزء الرابع:

- يعتبر التقويم التربوي من المهام الأساسية التي يقوم بها الأستاذ، حيث يتم تنفيذ إجراءاته وفق سيرورة مستمرة تبدأ بتقويم تشخيصي وتُسْتَرَسَلُ بتقويم تكويني لتنتهي بتقويم إجمالي.
1. أذكر الوظائف الأساسية للأصناف الثلاثة للتقويم المشار إليها. 2
2. وضح الفرق بين التقويم التشخيصي والتقويم التكويني. 2
3. أذكر الأدوات التي يمكنك توظيفها عند إجراء هذه التقويمات. 1
4. تعتبر "حصيلة المادة" من الوحدات الدراسية في جزء "تحولات المادة" من مقرر الكيمياء بمستوى الجذع المشترك العلمي (أنظر الملحق 2 الوارد في الصفحة 4/4).
- 1.4. تتضمن بعض الاختبارات المعتمدة في التقويم أسئلة موضوعية يطالب المتعلم فيها بإعطاء إجابة محددة وجد دقيقة عن كل سؤال مثل، أسئلة الاختيار من متعدد وأسئلة المطابقة وأسئلة صحيح - خطأ... اقترح وضعية اختبارية تتضمن سؤاليين موضوعيين على الأقل، خاصين بالتقويم التشخيصي للمكتسبات الضرورية للوحدة الدراسية "حصيلة المادة". 3
- 2.4. اقترح وضعية اختبارية في إطار تقويم تكويني تهم المعارف والمهارات موضوع تعلمات جديدة في الوحدة الدراسية "حصيلة المادة". 3
- 3.4. بينت نتائج التقويم التكويني السابق، عدم تحكم مجموعة من المتعلمين في المعارف والمهارات المستهدفة في الوحدة الدراسية المذكورة.
- أ. ما هي من وجهة نظرك الصعوبات التي يمكن أن يواجهها المتعلم في هذه الوحدة الدراسية؟ 2
- ب. بين كيف يمكن معالجة الصعوبات المرصودة. 2

ملحق 1

مقتطف من كراسة البرامج والتوجيهات التربوية الخاصة بتدريس مادة الفيزياء والكيمياء بسلك التعليم الثانوي التأهيلي (طبعة نونبر 2007):

المحتوى	أنشطة مقترحة	معارف ومهارات
5. توازن جسم صلب. 1.5. القوة المطبقة من طرف نابض - دافعة أرخميدس.	<ul style="list-style-type: none"> الإثبات التجريبي للعلاقة بين توتر النابض وإطالته؛ إنجاز تجارب لإبراز دافعة أرخميدس وتحديد مميزاتها؛ 	<ul style="list-style-type: none"> معرفة وتطبيق العلاقة $F = K \cdot \Delta l$. معرفة وحدة صلابة النابض. تعريف دافعة أرخميدس وتحديد مميزاتها. تطبيق العلاقة $F = \rho \cdot V \cdot g$
2.5. توازن جسم صلب تحت تأثير ثلاث قوى. - الشرط الأول للتوازن - قوى التماس، الاحتكاك.	<ul style="list-style-type: none"> الإبراز التجريبي للعلاقة بين متجهات القوى الثلاث التي يخضع لها جسم صلب في حالة توازن بالنسبة لمعلم مرتبط بالأرض؛ إبراز وجود قوى الاحتكاك تجريبيا. 	<ul style="list-style-type: none"> معرفة وتطبيق الشرط الأول للتوازن استعمال الخط المضلعي والطريقة التحليلية عند دراسة توازن جسم صلب. معرفة تعبير معامل الاحتكاك واستغلاله.
3.5. توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت: - عزم قوة. - عزم مزدوجة. - الشرط الثاني للتوازن. - عزم مزدوجة اللي.	<ul style="list-style-type: none"> إبراز تجريبيا مفعول قوة على جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت. الإبراز التجريبي لعزم مزدوجة قوتين. التحقق تجريبيا من مبرهنة العزوم. الدراسة التجريبية لإبراز العلاقة $M = -C \cdot \theta$ 	<ul style="list-style-type: none"> استرجاع تعبير عزم قوة وحساب قيمته الجبرية. معرفة وحدة العزم. استرجاع واستغلال: * الشروط العامة لتوازن جسم صلب $\sum \vec{F} = \vec{0} \quad \sum M = 0$ * صيغة عزم مزدوجة قوتين. * صيغة عزم مزدوجة اللي: $M = -C \cdot \theta$ معرفة وحدة ثابتة اللي.

التوجيهات

- يتم التمهيد لهذا الغرض بالتذكير بالمكتسبات القبلية للمتعلمين بالتعليم الثانوي الإعدادي المتعلقة بتوازن جسم صلب تحت تأثير قوتين؛
- يعود المتعلم(ة) على منهجية حل تمارين بسيطة في السكونيات: تحديد المجموعة المدروسة، جرد القوى، تطبيق الشروط العامة للتوازن؛
- تتم الإشارة إلى أهمية الاحتكاك في الحياة اليومية؛
- تستثمر دراسة النابض في كيفية تدريج الدينامومتر؛
- يمثل تأثير التماس الموزع في حالة الاحتكاك بمتجهة قوة أو بمركبتها؛
- تقتصر الدراسة أثناء التحقق من مبرهنة العزوم على حالة قوتين مطبقتين على الجسم الصلب ولا تمارن بمحور الدوران، وتعمم الشروط العامة للتوازن.

التجارب	الأهداف
1. سرعة نقطة من جسم في حركة	تحديد وتمثيل متجهة السرعة
2. الحركة المستقيمة المنتظمة	تحديد مميزات الحركة المستقيمة المنتظمة
3. الحركة الدائرية المنتظمة	تحديد مميزات الحركة الدائرية المنتظمة
4. مركز القصور	الإبراز التجريبي لمركز القصور لجسم صلب
5. مركز الكتلة	التعيين التجريبي لمركز الكتلة
6. كمية الحركة لجسم صلب	إبراز انحفاظ كمية الحركة لجسم صلب شبه معزول
7. كمية الحركة لجسم صلب	دراسة تغير كمية الحركة لجسم صلب - العلاقة $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$
8. القوة المطبقة من طرف نابض	إبراز العلاقة بين القوة المطبقة وإطالة نابض
9. توازن جسم صلب خاضع لثلاث قوى	التحقق من العلاقة بين متجهات القوى التي يخضع لها جسم صلب في توازن
10. توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت	التحقق التجريبي من مبرهنة العزوم
11. مزدوجة اللي	التحقق من تعبير عزم مزدوجة اللي تحديد ثابتة اللي لسلك

ملحق 2

مقتطف من كراسة البرامج والتوجيهات التربوية الخاصة بتدريس مادة الفيزياء والكيمياء بسلك التعليم الثانوي التأهيلي (طبعة نونبر 2007):

معارف ومهارات	أنشطة مقترحة	المحتوى
<ul style="list-style-type: none"> ■ معرفة وصف مجموعة كيميائية وتطورها. ■ معرفة كتابة معادلة التفاعل الكيميائي وموازنتها. ■ استيعاب مفهوم "تقدم التفاعل" والتمكن من حسابه في حالات مختلفة. ■ إنجاز الجدول الوصفي لتحول مجموعة كيميائية. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ إنجاز تجارب بسيطة قصد العمل على تمييز الأنواع الكيميائية الموجودة قبل انطلاق التحول والأنواع الناتجة عن التحول: <ul style="list-style-type: none"> - صفيحة نحاسية في محلول نترات الفضة. - مسحوق الحديد في محلول كبريتات النحاس. - احتراق الكربون، أو ألكانات أو كحولات في الهواء أوفي ثنائي الأوكسجين. - تفاعل الصوديوم وثنائي الكلور. - تفاعلات التصنيع المدروسة في الجزء الأول - ترسيب هيدروكسيد النحاس... ■ الإبراز التجريبي لتأثير كميات مادة المتفاعلات على التقدم الأقصى، والتحقق تجريبيا من صلاحية النموذج المقترح للتفاعل الكيميائي قصد وصف تطور المجموعة الكيميائية الخاضعة للتحول: حمض الإيثانويك مع هيدروجينو كربونات الصوديوم. 	<p>2. التحول الكيميائي لمجموعة</p> <p>1.2. نمذجة تحول كيميائي</p> <ul style="list-style-type: none"> - أمثلة لتحولات كيميائية. - الحالة البدئية والحالة النهائية لمجموعة. - التفاعل الكيميائي. - معادلة التفاعل الكيميائي، المتفاعلات والنواتج، والمعاملات التناسبية. <p>2.2. حصيلة المادة:</p> <ul style="list-style-type: none"> - مبادئ أولية عن مفهوم تقدم التفاعل. - تعبير كميات مادة المتفاعلات والنواتج خلال تحول كيميائي. - حصيلة المادة.

التوجيهات

- يتم الإلحاح على أن موازنة معادلة تحول كيميائي يترجم انحفاظ العناصر والشحنات خلال هذا التحول.

- يوضح أن التحول الكيميائي يمر عبر مراحل مختلفة قبل انتهائه، حيث تتغير خلالها كميات مادة الأنواع المتفاعلة والناتجة والتي يمكن التعبير عنها بواسطة مقدار جديد يسمى "تقدم التفاعل".