

Physique-Chimie

Le sujet :

Le sujet de Physique-Chimie PSI 2002 abordait de nombreux thèmes, à savoir :

- Énergie d'ionisation, structure de Lewis, solutions aqueuses, affinité chimique, chaleur de réaction, corrosion, passivation, structure *cfc*, à travers l'étude de l'aluminium.
- Réflexion, transmission, propagation d'ondes électromagnétiques dans un métal.
- Équilibres entre phases, bilans thermiques et mécaniques, fonctionnement d'une pompe.
- Optique géométrique et physique à travers l'étude d'un télescope.
- Mécaniques de deux points matériels pour l'étude d'un système d'étoiles doubles.

Les conseils du Jury :

Les meilleures notes ont récompensé les candidats qui, loin d'avoir fait l'intégralité du sujet, se sont employés à répondre aux questions avec précision, rigueur et clarté.

Comme les années précédentes, beaucoup de candidats ont perdu des points précieux dans les questions réclamant des applications numériques. C'est pourquoi il paraît important au Jury de rappeler ces quelques points :

- faire plusieurs fois chaque application numérique, jusqu'à aboutir à un résultat reproductible. Ce n'est pas du temps perdu.
- vérifier le nombre de chiffres significatifs : c'est le plus petit nombre de chiffres de l'ensemble des données.
- vérifier la cohérence du résultat : aboutir à une masse d'aluminium sur le miroir égale à $10^{-22}g$ permet de se rendre compte qu'on a peut-être oublié le nombre d'Avogadro.
- et bien sûr, ne pas oublier l'unité ; faire attention aux données (certaines en J , d'autres en kJ) ; ne pas oublier le facteur de pression P° , même si celui-ci vaut 1 bar.

Afin de conseiller les futurs candidats au Concours, le Jury commente ici les questions plus ou moins «maltraitées» par les candidats.

Chimie :

I.A. Déterminer les valeurs des énergies internes molaires standard d'ionisation en $kJ \cdot mol^{-1}$. Attention au nombre de chiffres significatifs ! La charge de l'électron n'en avait que deux. Justifier qu'il n'existe qu'un seul type d'ion aluminium dont on donnera la formule. La structure électronique de Al^{3+} est celle d'un gaz rare (ici le néon) : certains ont appelé cette règle, «règle de l'octet», ce qui est faux ! Peut-être est-ce une confusion due aux 8 électrons de la couche externe ?

I.B.1) Le chlorure d'aluminium a pour formule $AlCl_3$. Donner sa formule de Lewis. Il fallait compter les électrons de valence (24) puis placer les doublets (12) : l'aluminium a un octet incomplet et la molécule a un nom ! Le correcteur du mal à se représenter un «tétraèdre aplati» ou une «pyramide écrasée ou plane».

I.B.3) Proposer une formule de Lewis pour la molécule Al_2Cl_6 : il y a 24 doublets à distribuer : la lacune de chaque atome d'aluminium pouvait recevoir un doublet libre d'un atome de chlore de l'autre molécule. Toutefois, d'autres structures respectant les conditions (24 doublets et règle de l'octet respectée) ont été acceptées.

IV.A. Une lame d'aluminium est plongée dans une solution tampon de $pH = 10$. La lame d'aluminium est-elle décapée ? il fallait vérifier qu'à ce pH , la forme soluble de Al est le complexe $Al(OH)_4^-$: sa concentration, $10^{-2}molL^{-1}$, était suffisante pour que la couche d'hydroxyde soit dissoute.

IV.B. Calculer l'affinité standard de la réaction : $2Al(OH)_3(s) = Al_2O_3(s) + 3H_2O(l)$. Conclure quant à la stabilité de l'hydroxyde d'aluminium. Il fallait ici justifier que l'affinité A était égale à l'affinité standard A° , positive. Ne pas oublier l'unité.

Physique :

II.B.2) Montrer que, vues les valeurs numériques proposées et pour les longueurs d'onde de plus de 100 nanomètres, l'expression de l'indice n peut être simplifiée sous la forme $n = [\exp(-i/4)]/$ avec «1».

L'application numérique explicite était nécessaire pour justifier l'ordre de grandeur.

II.B.4) Donner un ordre de grandeur de l'épaisseur minimale d'aluminium à utiliser dans le domaine visible pour que la couche métallique se comporte comme un milieu semi-infini. Là encore, il fallait absolument une valeur numérique.

II.B.5) Définir les coefficients de réflexion et de transmission en amplitude pour le champ électrique [...]. Établir leur expression. Il fallait évoquer la continuité du champ électrique et du champ magnétique à l'interface.

II.B.6) Pourquoi cette valeur de γ ne peut-elle correspondre qu'à un télescope spatial ? Justifier votre réponse. Ce n'est pas la structure du télescope qui justifiait la réponse mais le fait qu'il soit hors de l'atmosphère.

III.A.3) L'équilibre liquide-vapeur du corps pur est monovariant. Comment cela se manifeste-t-il dans un diagramme (P,T) ? Il suffisait de répondre qu'une courbe liait P et T , mais il ne s'agissait ni d'une droite, ni d'un palier.

III.B.4) À quelle condition sur le coefficient γ le gaz cède-t-il physiquement de la chaleur à l'extérieur lors de sa compression ? On pouvait, à partir de premier principe, exprimer $Q = (\gamma - 1) PdV / (\gamma - 1)$ ce qui permettait de conclure ($1 < \gamma < \infty$) ou aussi raisonner sur les cas limites adiabatique ($\gamma = \infty$ et $Q = 0$) et isotherme ($\gamma = 1$ et $Q < 0$).

V.A.1) Présenter un montage permettant d'observer sur un écran la figure de diffraction «à l'infini»...

Souvent, l'écran diffractant se trouvait à la distance focale de la lentille ! Il fallait bien sûr placer l'écran d'observation à la distance focale en aval de la lentille.

V.B.1.b) Comment l'intensité lumineuse de l'image dépend-elle du diamètre D du miroir et de sa distance focale f ? La question précédente donnait la taille de l'image en f' donc la luminosité de celle-ci en f'^{-2} .

L'intensité totale étant en D^2 , le résultat en découlait : $x = -2$, $y = 0$.

V.B.2) Même question pour l'image de diffraction : la taille de celle-ci est en f'/D , l'intensité totale toujours en D^2 : $x' = -2$, $y = 2$.

V.D.1) Pour quelle raison la résolution angulaire d'un télescope terrestre de 25 cm de diamètre est-elle souvent identique à celle d'un télescope de 5 m de diamètre ? Ce sont les turbulences atmosphériques qui détériorent la qualité de l'image.

V.D.2) Citer deux méthodes permettant de s'affranchir des phénomènes limitatifs. Il s'agit du télescope spatial (qui est cité dans le sujet) et à la technologie de l'optique adaptative (pour information : technique utilisée par le VLT (Very Large Telescope) européen, qui se trouve au Chili).

V.E.1) En quoi consiste l'approximation de Gauss ? Préciser la position du point de concours des rayons parallèles à OS . Il fallait évoquer deux conditions d'optique paraxiale et se rappeler que le foyer image d'un miroir sphérique est situé au milieu du segment Centre - Sommet. Certaines réponses montraient une confusion entre les conditions de Gauss et leurs conséquences (linéarisation des lois de l'optique).

VI.C.1) Rappeler les trois lois de Kepler relatives au mouvement des planètes. Ne pas oublier de dire que le Soleil (ou l'étoile) se trouve en un des foyers de l'ellipse.

VI.E. Quelle méthode permet de mesurer la distance de la Terre à cette étoile double ? La méthode utilisée pour mesurer la distance Terre-Lune, c'est-à-dire la mesure du temps d'aller-retour d'un faisceau Laser, est évidemment inutilisable ! On utilise une mesure de la parallaxe de l'étoile.

Sciences industrielles

Le sujet concernait l'étude de l'embrayage piloté de la Mercedes Classe A. Un calculateur électronique embarqué centralise les informations des différents capteurs et pilote l'embrayage dès que le conducteur manifeste son intention de changer de rapport de boîte par une action sur le levier de vitesse.

Le sujet abordait successivement :

- La validation partielle des performances ;
- L'étude des différentes phases : embrayage, transmission du couple, débrayage ;
- L'étude de la centrale de commande : loi de pilotage, génération de la trajectoire idéale de la butée, l'asservissement de la position de la butée, le réglage de la boucle de position, l'amélioration de la loi de commande, le comportement vis à vis des perturbations.

Au total 27 questions.

Le sujet permettait d'évaluer le candidat sur ses capacités :

A raisonner sur des systèmes, à raisonner fonctionnement, à appliquer le principe fondamental de la mécanique, à mettre en équilibre des systèmes avec frottement, à analyser des liaisons, à spécifier des zones d'utilisation de systèmes à loi de comportement non linéaire, à justifier de solutions constructives astucieuses, à appréhender de notion d'assistance, d'irréversibilité, de stabilité, de perturbation, à établir des lois de déplacement et de vitesse, à traiter de fonctions de transfert de boucles ouvertes et fermées, à calculer des gains, des pulsations.

Bref un sujet complet qui permettait réellement d'apprécier tout autant le niveau et l'étendue des connaissances du candidat (ses savoirs) que ses capacités d'analyse et de synthèse.