

Physique-chimie 2

Présentation du sujet

Le sujet a pour contexte général l'astronomie amateur. La partie physique cible les aspects pratiques des conditions d'observation photographique.

La partie I rassemble des questions de chimie autour du carbure de silicium SiC utilisé en astronomie pour réaliser des revêtements de miroirs de télescopes. Elle aborde des notions très diverses du programme de chimie : atomistique, cristallographie, thermochimie et cinétique chimique.

La partie II concentre majoritairement des questions d'optique géométrique autour du réglage d'une lunette astronomique pour l'observation de Jupiter.

La partie III présente l'originalité d'évoquer un dispositif anti-buée à cerclage chauffant. Cette étude commence par un bilan thermique cylindrique dont la résolution numérique du profil des températures est fournie indirectement par un abaque. L'évaluation de la puissance thermique nécessaire permet une évaluation de durée de fonctionnement de la batterie alimentant le moteur et la résistance chauffante.

Une dernière partie IV aborde la mécanique de fixation et de réglage du porte oculaire Crayford par simple frottement.

Le large éventail des domaines abordés permet de tester les candidats sur un spectre très diversifié des connaissances du cours de physique-chimie des deux années.

Analyse globale des résultats

Cette année, les questions de chimie sont rassemblées dans la première partie. Ceci n'a pas manqué d'induire un fort déséquilibre de traitement entre cette première partie et la physique des trois parties suivantes (pourcentage de réponses justes deux fois moindre sur la physique). Dans ce type de configuration, les étudiants doivent se garder de consacrer un temps exagéré au début du sujet alors que l'indépendance des différentes parties ne le justifie pas. Un peu plus de temps de réflexion et de rédaction sur la partie mécanique par exemple leur aurait certainement permis d'amasser davantage de points au final.

Une rédaction minimale (comportant certains termes clé) est attendue pour justifier toute réponse. De nombreux candidats seraient surpris par le pourcentage de points qui ne leur a pas été attribué pour des réponses parachutées sans la moindre justification.

Si la grande majorité des copies est rédigée avec soin et dans un français correct, nous avons observé une recrudescence de copies ressemblant à des brouillons, de copies présentant les réponses dans le désordre ou encore d'amas de copies blanches inutiles. Ces comportements induiront désormais des minorations de note finale.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Le carbure de silicium

Structure de la matière

La logique de l'enchaînement des questions doit guider le candidat dans leur interprétation.

Quand l'énoncé demande le numéro atomique du silicium après une référence explicite à sa position relative au carbone dans la classification périodique, il ne suffit pas de l'annoncer sans proposer de raisonnement. La calculatrice comme source documentaire constitue alors un faux-ami puisqu'elle occulte les attendus explicites de l'énoncé de la question. Pire encore lorsque les règles de remplissage chargées dans la calculatrice font assimiler un $n + l$ à un $n + 1$, rendant les énoncés de la règle de Klechkowski particulièrement grotesques.

Enfin le stockage dans cette calculatrice d'une liste de propriétés du carbone et du silicium (ou du nombre de leurs isotopes naturels !) sans rapport avec la progression de l'énoncé ne pouvait apporter aucun point : on attendait seulement de l'étudiant qu'il signale la proximité logique des propriétés chimiques de ces deux éléments par similitude des couches de valence (notion de famille chimique dans une colonne du tableau de Mendeleiev)

Structure cristalline

Les dénombrements ont été majoritairement corrects.

Formation de SiC

La loi de Hess d'additivité des enthalpies de formation doit être citée. Beaucoup trop de candidats ont d'ailleurs trébuché sur ce simple calcul numérique !

L'interprétation du signe de l'enthalpie de réaction a rarement été satisfaisante et souvent trahie par une confusion rédactionnelle : « la constante d'équilibre va évoluer dans le sens direct ».

Si la proposition d'intégration de la loi de Van't Hoff a été assez souvent proposée, l'absence de réflexion sur les bornes d'intégration ou sur les constantes d'intégration a fait chuter un grand nombre de candidats. Plus surprenant encore à ce niveau d'études scientifiques, l'inverse d'une somme a été allègrement confondue avec la somme des inverses.

La détermination du taux de décomposition du MTS à l'équilibre s'est également avérée particulièrement discriminante (mauvaise définition de ce taux, quantité totale de gaz confondue avec quantité totale de matière (SiC est solide et non gazeux ici) et enfin 3 puissance 3 donnant 9 au lieu de 27 lu sur un très grand nombre de copies).

La cinétique chimique a permis aux candidats d'emmagasiner des points même si on n'échappe pas à la fausse définition d'un temps de 3/4 de réaction comme correspondant à 3/4 de réactifs non consommés.

Enfin la détermination de l'énergie d'activation à partir du rapport de deux constantes de vitesse à 1200 K et 1300 K a été rare même si l'expression littérale était rappelée. Et quand cette question est résolue littéralement, certains sabordent leur application numérique en proposant des valeurs à moult chiffres non-significatifs : 388,542 kJ·mol⁻¹ !

Signalons à cette occasion que beaucoup d'applications numériques ont été données sans unités. Rappelons qu'elles ne peuvent alors donner lieu à l'attribution de points si la grandeur est dimensionnée.

Éléments optiques dans la chaîne d'acquisition d'images

L'angle maximal d'observation de Jupiter a majoritairement été résolu tout comme la période de révolution de Jupiter.

Inattendu : l'explication du terme d'« opposition » a donné lieu à un joyeux florilège alors qu'il suffisait de signaler l'opposition du Soleil à Jupiter relativement à la Terre.

Peu de candidats ont pris le temps de proposer un raisonnement permettant de déterminer la périodicité des configurations d'opposition (nombreux la confondaient purement et simplement avec la période de révolution de Jupiter).

Les calelottes trouvaient vraiment leur utilité dans la résolution du système d'équations reliant hauteur et longueur du capteur CCD à partir de sa surface et sa diagonale mais elles ne rappelaient pas l'unité du résultat numérique d'où de nombreuses réponses sans unité.

L'oubli de la racine carrée dans le calcul du côté d'un pixel carré a été étrangement fréquente.

Quelques (rares) candidats ont eu l'intuition pertinente d'une résolution 640x480.

L'application du théorème de Thalès à la détermination de la largeur de tache sur le capteur dans le cas d'une mauvaise mise au point longitudinale n'a pas été souvent réalisée alors que les schémas représentant les rayons lumineux dans les positions erronées du capteur étaient proposées par beaucoup.

L'application de la relation de conjugaison de Descartes a été un fiasco général puisque la grande majorité proposait des « formules » avec un point origine O totalement indéfini au lieu de l'appliquer à la lentille de Barlow de centre O_2 .

Enfin, comment peut-on espérer obtenir des points à la question consistant à justifier l'appellation « tripleur de focale » en répondant que l'image de Jupiter est trois fois plus large ?

Dispositif anti-buée

La jury a été surpris par la quantité de copies ne pouvant récolter les points relatifs à l'expression littérale de la loi de Fourier pour des erreurs formelles de type scalaire=vecteur, gradient appliqué à un vecteur température, etc.

Quasiment aucun candidat n'a été capable d'obtenir l'équation différentielle sur l'écart de température à partir d'un bilan sur une tranche cylindrique infinitésimale de verre. La plupart ne présente même pas le bilan de quatre flux sans qu'il s'agisse même de les expliciter en fonction de la température. Le programme officiel de TSI 2 souligne pourtant : « On aborde la conduction thermique à l'aide de bilans infinitésimaux, la loi de Newton étant introduite pour faire le lien avec la thermodynamique industrielle » ainsi que « Bilan enthalpique : établir une relation différentielle entre la température et le vecteur densité de flux thermique°. Peut être l'ambiguïté introduite par la limitation à l'étude des problèmes unidimensionnels conduit-elle au traitement exclusif de bilans unidimensionnels cartésiens sans pertes latérales.

Le calcul numérique de la constante delta n'a pu impliquer l'attribution de points si son unité (m) n'était pas déterminée.

L'absence de démonstration de l'équation différentielle n'interdisait en rien la poursuite de cette partie mais hélas les candidats ont été majoritairement désarçonnés par l'utilisation de l'abaque $J(r)$ voire même de la définition de l'écart de température à T_0 .

Les candidats ont ensuite assimilé la puissance fournie par la batterie à la puissance thermique (ou 10% de cette puissance) sans se préoccuper de la puissance fournie au moteur. Une lecture plus attentive de la totalité de la question III.B.1 leur aurait sans doute permis de comprendre que cette puissance devait être obtenue par un calcul de flux thermique en périphérie de la lentille.

Modélisation mécanique du porte-oculaire

Les illustrations de principe du réglage par frottement du porte oculaire de type « Crayford » étaient très nombreuses et compte-tenu de la faible complexité du système, nous nous attendions à une efficacité beaucoup plus grande des candidats sur cette partie.

Dès la première question demandant la vitesse de translation du support de lentille, beaucoup perdent leurs points en confondant scalaires et vecteurs, vitesse angulaire en radians par seconde et en tours par seconde...

Ensuite les candidats ne définissent pas (n'« isolent » pas) clairement leur système pour appliquer le théorème de la résultante dynamique. Il ne leur semble donc pas nécessaire d'invoquer le principe des actions réciproques pour passer du bilan des actions mécaniques sur l'ensemble molette-tige aux actions mécaniques sur le tube coulissant \mathcal{T}_2 . Enfin la loi de coulomb est très souvent écrite vectoriellement de telle façon que la force de frottement motrice T_A devient colinéaire à la force pressante F exercée par le ressort !

Une proportion importante de candidats a correctement proposé les deux ou trois étapes de mise au point.

Si la figure 9 a permis à la majorité de ceux qui ont traité cette partie de proposer une inclinaison maximale d'environ 60° , la condition de blocage n'a pas toujours suivi.

Conclusion

Le sujet abordait un spectre très large de notions au programme et l'indépendance des différentes parties permettait aux candidats de traiter prioritairement les questions leur paraissant les plus accessibles. Les questions de restitution immédiate de connaissances (chimie) ont été beaucoup plus abordées que celles nécessitant un raisonnement même élémentaire. Nous conseillons donc aux futurs candidats de prendre le temps de la réflexion sur les quatre heures d'épreuve. Dès lors qu'il ne s'agit pas de démonstrations standards du cours, ces « résolutions de problèmes » restent généralement de niveau très abordable à condition de prendre le temps de poser le problème après une lecture attentive de l'énoncé.

Comme toujours, les candidats qui ont reçu les meilleures notes sont ceux qui ont traité de façon équilibrée les différentes parties. Ils se détachent alors assez nettement du reste des candidats.

Comme chaque année, nous souhaitons que les étudiants prennent en compte toutes les remarques précédentes pour la session ultérieure. Même si ces remarques peuvent paraître spécifiques au sujet, elles sont aisément transposables et généralisables.