

Physique-Chimie

Présentation du sujet

Il s'agissait dans ce sujet d'étudier d'une part le fonctionnement d'une horloge atomique à césium et d'autre part une méthode de séparation du césium et du rubidium. Ces techniques récentes et leurs principes ont été couronnés par plusieurs prix Nobel.

Le sujet comprenait quatre parties largement indépendantes. Les thèmes étudiés étaient les suivants :

- le ralentissement des atomes par laser ;
- les alcalins et la séparation du césium et du rubidium par membrane liquide ;
- le principe de l'horloge atomique au césium et la fontaine atomique ;
- la détection des atomes excités et l'asservissement en fréquence.

Les compétences évaluées par ce sujet étaient très variées : questions de cours, tracé de courbes et de diagrammes, effet d'un laser sur des atomes, variation de la fréquence, équilibre de complexation et extraction par solvants, oscillateur mécanique, fontaine atomique, asservissement en fréquence,...

Analyse globale des résultats

Comme les années précédentes, les meilleures notes ont récompensé les candidats qui, sans avoir traité l'intégralité du sujet, se sont employés à répondre aux questions avec précision, rigueur et clarté. Les parties indépendantes formant le sujet ont permis aux candidats de montrer leurs qualités scientifiques et leur savoir-faire dans de nombreux domaines de la Physique et de la Chimie.

Si la plupart des copies sont claires, voire présentées avec soin, les résultats mis en évidence, l'écriture aérée et régulière, la tenue de certaines d'entre elles laisse beaucoup à désirer. Rappelons qu'une copie est destinée à être lue et qu'elle se doit de marquer un minimum de respect envers son lecteur. Les gribouillis en marge, les questions mal numérotées, les paragraphes recouverts de « blanc » puis réécrits sont du plus mauvais effet mais en diminution par rapport aux années précédentes. Les copies les plus mal présentées, outre le fait que les réponses illisibles ne sont pas notées, peuvent voir leur note finale minorée. Quelques rares copies font le (mauvais) choix de « papillonner » d'une partie à l'autre, sans entrer dans le fond des questions. Cette technique, auto-pénalisante, ne donne jamais de bons résultats.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

Certaines questions ont reçu de nombreuses réponses erronées ou imprécises. Voici les principales remarques du jury à leur sujet.

Partie I - Ralentissement des atomes par laser

La loi de conservation de la quantité de mouvement s'énonce sous la forme d'une équation vectorielle. On se trompe souvent à vouloir exprimer une égalité de normes puis à retrouver le signe par

des projections aléatoires. Les expressions faisant appel aux normes des vecteurs sont donc souvent fausses, au mieux maladroites et chronophages, et provoquent des erreurs dans l'établissement de la force équivalente. La structure et l'algèbre vectorielles sont pourtant les plus simples, les plus claires à conceptualiser et à écrire.

Les applications numériques doivent respecter le nombre de chiffres significatifs des données. Lorsqu'un ordre de grandeur est demandé, on peut se contenter de donner la puissance de dix.

L'étude de l'effet Doppler-Fizeau est souvent bien faite et bien interprétée. En revanche, il reste beaucoup de fautes de signe dans la transformation galiléenne des positions, par manque de rigueur dans la définition des référentiels et des vitesses. Un schéma simple permettait de trouver la bonne relation entre les coordonnées.

Le calcul d'incertitude simple n'est pas maîtrisé : la relation $f = c/\lambda$ implique trop souvent $\Delta f/f = \lambda/\Delta\lambda$!

La notion de facteur de qualité d'un oscillateur est mal comprise. Un bon oscillateur est caractérisé par un facteur de **qualité** élevé. Le terme même permet d'en retrouver le sens.

Partie II - Les alcalins

La notion de stabilité des couches électroniques complètes pour les gaz nobles est sue. Il reste malheureusement ancré pour de nombreux candidats que la taille d'un atome est une fonction croissante du nombre d'électrons dans tous les cas, quand ce n'est pas le nombre de nucléons qui détermine sa taille. Les lois de conservation d'espèces chimiques restent difficiles à exprimer, surtout s'il s'agit d'écrire une relation entre densité de courants de particules. La grandeur qui se conserve reste floue.

Si les exemples d'alcalins ont été souvent correctement fournis, les (mauvaises) surprises n'ont pourtant pas été rarissimes.

Les lois de conservation d'espèces chimiques restent difficiles à exprimer, surtout s'il s'agit d'écrire une relation entre densité de courants de particules. La grandeur qui se conserve reste floue.

Les réactions redox ne sont pas assez souvent reconnues, même quand elles sont bien écrites.

La cristallographie est assez bien maîtrisée et appréciée. La compacité maximale est connue. Le calcul de rayon atomique semble moins fantaisiste que les années précédentes.

Le potentiel chimique, la condition d'équilibre, la loi d'action de masse sont très souvent bien écrits.

La loi de Fick, le rôle du signe négatif, la signification des grandeurs associées, le rôle des espèces chimiques sont connus.

Les calculs explicites des expressions solutions de loi de vitesses ne sont pas maîtrisés. Il subsiste souvent des constantes d'intégration non déterminées.

Partie III et IV - Principe de l'horloge atomique à césium – Détection et asservissement

Les solutions d'une équation différentielle d'un oscillateur harmonique forcé sont péniblement obtenues, beaucoup de candidats se noient dans les calculs en multipliant le nombre de constantes

d'intégration, utilisent une méthode longue (variation de la constante) et finalement n'aboutissent pas.

Les équations de Maxwell sont bien connues, ainsi que la condition sur le champ électrique à la surface d'un conducteur parfait, en revanche celle sur le champ magnétique ne l'est pas. Les relations de passage sont citées correctement mais les candidats n'en tirent pas les bonnes conclusions sur l'exemple proposé.

La notion de grandeur eulérienne ou lagrangienne reste très vague pour la majorité des candidats ayant abordé cette question.

Conclusions

À côté des erreurs classiques qu'un correcteur s'attend à rencontrer dans des copies, il y a des erreurs graves mais qu'un candidat attentif devrait pouvoir corriger de lui-même. Ainsi en est-il de l'homogénéité des grandeurs, des signes manifestement faux, des valeurs numériques aberrantes. Plus grave, la méconnaissance de notions simples du cours révèle un manque de travail flagrant.