

2.2.4 Conseils aux futurs candidats

- La lisibilité d'une copie (écriture aérée, schémas et graphes annotés, syntaxe correcte et orthographe rigoureuse) donne le ton d'une copie, faisant montre d'une pensée claire, et prédispose favorablement le correcteur.
- Tout résultat littéral doit être soumis à une analyse dimensionnelle de la part du candidat, qui évitera ainsi de perdre les points précieux des applications numériques.
- Le jury invite les candidats à s'entraîner à effectuer les applications numériques au moins en puissance de 10, dans les conditions du concours. Les copies qui les négligent se privent ainsi d'un moyen éventuel de repérer une erreur dans la formule littérale proposée, ainsi que d'une grande partie des commentaires demandés par l'énoncé, et ont par conséquent beaucoup de difficultés à obtenir une note correcte.
- Lorsqu'une application numérique conduit à un résultat aberrant, il est appréciable de ne pas la laisser sans commentaire.
- Il convient d'attacher une grande importance à la rigueur avec laquelle sont traitées les questions dont les réponses sont fournies, le jury est évidemment à l'affût de tours de passe-passe qui ne rapporteront pas de points et donneront un éclairage défavorable sur le reste de la copie. Surveiller en particulier les signes, source de beaucoup d'erreurs.

2.2.5 Conclusions

L'épreuve a permis de réaliser une sélection satisfaisante des candidats tout en leur permettant de traiter un nombre important de questions. La majorité des étudiants maîtrisent le cours et les techniques mathématiques utiles pour traiter ce sujet, souvent la différence se fait sur la rigueur (absence d'erreurs de calcul), les applications numériques et les commentaires ou explications physiques.

2.3 Physique 2 - filière MP

2.3.1 Généralités et présentation du sujet

Le sujet, intitulé *Le marteau de Thor*, s'intéresse à divers aspects de la naine blanche LAWD 21.

Quatre parties le composent :

- Une courte introduction (c'est la seule partie à évoquer le marteau de Thor) s'intéresse à la masse volumique très élevée d'une naine blanche.
- Trois aspects du spectre de l'étoile naine sont abordés : une exploitation de documents sur les raies de Lyman ; le calcul de l'énergie de Rydberg dans le cadre du modèle de Bohr ; un exercice sur la loi de Wien et la température atmosphérique de la naine.
- L'étude de l'équilibre des pressions de dégénérescence quantique et gravitationnelle conduit à l'évaluation du rayon de la naine.
- L'état solide ou liquide de la naine, suivant qu'on se place à sa surface ou en son centre, est évalué en comparant l'amplitude des vibrations des noyaux d'atomes (considérés comme des oscillateurs harmoniques) à un seuil présenté comme le critère de Lindemann.

Les parties sont totalement indépendantes (sauf le résultat numérique de **Q9** qui est réinvesti).

Un ensemble de questions autonomes (**Q1**, **Q2**, **Q9**, **Q11**, **Q12**, **Q16**, **Q23**) exige de la culture scientifique générale, une bonne appropriation de l'énoncé (mettre en place des grandeurs physiques), des savoir-faire habituels (conversions, homogénéité des dimensions, applications numériques).

Quelques questions (**Q13**, **Q17**, **Q20**) relèvent d'une simple restitution du cours. Enfin, les questions **Q7**, **Q8** et **Q21** mettent essentiellement en oeuvre des compétences mathématiques simples (dérivation, recherche d'un extremum, calcul d'une série géométrique).

L'autre moitié des questions appelaient des raisonnements plus élaborés, traités en une question unique ou filés sur deux questions successives - à l'exception des questions **Q15** et **Q22** qui faisaient la synthèse de leurs parties respectives.

Ce sujet évalue les candidats sur un spectre varié du programme : mécanique, thermodynamique, physique statistique, électrostatique ; et sur ces savoir-faire : appropriation de l'énoncé, analyse de données expérimentales, conversions et calculs d'ordre de grandeur, analyse dimensionnelle.

2.3.2 Commentaires généraux

Le défaut de soin apporté aux copies atteint un niveau réellement préoccupant, au point qu'il devient difficile de suivre des candidats dans leurs exposés et que le jury sera conduit à augmenter sa sévérité. Les questions Q9, Q11 et Q16 montrent combien il reste difficile de s'appropriier l'énoncé et d'en retranscrire les informations dans les grandeurs physiques employées. Or, ces questions, censées mettre en confiance les candidats, sont au départ de raisonnements scientifiques développés.

La mécanique classique en Q6 et Q18 reste problématique à cause du formalisme vectoriel : rappelons que la projection d'une égalité vectorielle ne consiste pas à ôter les flèches des vecteurs ; il faut choisir les coordonnées adéquates et appliquer les savoir-faire du cours de cinématique.

Au sujet du calcul, nous insistons sur les points suivants :

- Calcul littéral. Simplifier les fractions (par exemple, $\frac{4}{3}12 = 16$, $\frac{\pi}{\pi^{1/3}} = \pi^{2/3}$, $8^{5/3} = 2^5$).
- Application numérique. Pas de résultat sous forme fractionnaire, mais au format scientifique, avec un nombre de chiffres significatifs adéquat et une unité. (Exigence pourtant connue.)
- On apprécie qu'un résultat littéral soit encadré et une application numérique soulignée.

2.3.3 Analyse détaillée des questions

Q1 - Les conversions d'unités volumiques ont été souvent fatales aux candidats.

Q2 - La question a été dans l'ensemble bien traitée. Souvent, les réponses sont longues alors qu'il s'agit de poser le calcul, le conduire et conclure.

Q3 - Choix du système : il ne faut pas confondre l'énergie de l'électron et l'énergie du photon qui est une différence d'énergie électronique. Cela a perdu beaucoup de candidats.

Q4 - Une réponse qualitative était acceptée, pourvu qu'elle soit rigoureusement logique et suffisamment explicite. La rédaction d'une réponse qualitative reste difficile, des conclusions à l'opposé des observations ont été vues.

Q5 - Question de culture générale en physique pour laquelle nous avons eu quelques réponses convenables. Certains décrivent le phénomène au lieu d'en chercher la cause.

Q6 - Question de mécanique peu réussie. L'étude d'une trajectoire circulaire dans un champ newtonien est classique. Techniquement, il faut 2 équations pour éliminer 2 inconnues.

Q7 - Question assez réussie sur la condition d'extremum. Quand il y a un changement de variable, celui-ci doit être bijectif. Un argument de stricte monotonie nous contentait. Des périphrases comme "les deux variables sont liées" sont insuffisantes.

Q8 - Question moyennement réussie qui demandait d'envisager de négliger e^{-x} . De nombreux cas d'incohérence d'un développement limité de $\exp(x)$ au voisinage de 0 pour conclure $x = 4$.

Q9 - Cette question a souvent posé un problème d'appropriation de l'énoncé : la courbe de la loi de Planck du spectre est explicitement donnée dans la figure 2.

Q10 - Question peu abordée et très peu réussie. Il y a un problème sur le choix du système quand on évoque l'hydrogène atmosphérique de l'étoile alors que la question porte sur le carbone à la surface. Le concept d'énergie d'agitation thermique $k_B T$ est méconnu. Trop de réponses fondées sur une opinion, les explications ne relevant d'aucune loi de la physique

Q11 - Des confusions entre protons et nucléons, voir aussi les commentaires généraux.

Q12 - La dimension d'une énergie, d'une force, d'une pression se justifie au moyen d'une formule.

Q13 - Question de cours bien réussie dans l'ensemble, des erreurs de signe.

Q14 - Question un peu plus technique : il faut y définir la pression par une relation différentielle ($\delta W = -P_g dV^* = -dE_g$), savoir écrire $dV^* = 4\pi R^{*2} dR^*$ et poser correctement la dérivation.

— $P_g dV^* = dE_g$ ne s'intègre pas en $P_g = \frac{E_g}{V^*}$, mais conduit à $P_g = \frac{dE_g}{dV^*}$;

— il faut ne retenir qu'une variable : soit R^* (recommandé), soit (éventuellement) V^* .

Ici, quand on a su définir la pression, c'est le calcul différentiel qui pose le plus souvent problème.

Q15 - L'énoncé indique qu'il faut évaluer les deux pressions. Il faut avoir réussi les questions **Q11** et **Q14**, mais des points sont accordés pourvu qu'il y ait cohérence du calcul et maintien de l'homogénéité. Le résultat est rarement simplifié (voir remarques générales). L'application numérique demandée peut paraître fastidieuse et est souvent délaissée. En fait, un résultat littéral correctement simplifié et les indications de l'énoncé la rendait assez simple.

Q16 - Question relativement bien traitée. Voir aussi les commentaires généraux.

Q17 - Question de cours très classique et réussie. L'étude des symétries et des invariances doit se faire avant l'application du théorème de Gauss ou la résolution de l'équation de Poisson.

Faute d'une expression correcte de la divergence en sphérique (non fournie par l'énoncé), l'intégration directe de $\text{div} \vec{E}$ n'aboutit pas.

Q18 - Question de mécanique peu réussie sur un oscillateur tri-dimensionnel. Quatre parties :

— *Planéité du mouvement* : on observe souvent des tentatives inabouties de raisonnement chez les candidats qui ne pensent pas au moment cinétique ;

— *Oscillations harmoniques* : voir les commentaires généraux sur les vecteurs. Rappelons que le repère cartésien est imposé par l'énoncé. A ce titre, écrire $r \cos \theta$ pour x est très surprenant mais on l'a souvent lu. Pour trouver l'expression exacte de la pulsation, il faut se souvenir que le noyau de l'atome de carbone a une masse $m_c = 12m_p$ et surtout que sa charge vaut $+6e$;

— *La nature de la courbe* : ne pas confondre trajectoire et mouvement. Répondre « une courbe sinusoïdale » relève du non sens quand la sinusoïde est une loi horaire. Il est exigible de savoir qu'une courbe paramétrique avec $x(t)$ et $y(t)$ sinusoïdaux forme une ellipse dont le centre (et non un foyer) occupe l'origine du repère ;

— *La constante s_0^2* : sans tenir compte des erreurs entachant les trois items précédents, les candidats ayant abordé cet item ont souvent proposé des raisonnements valables.

Q19 - Question peu abordée car continuant Q18. Des candidats avisés, tirant parti des propriétés d'un oscillateur harmonique, ont répondu très habilement sans trop dépendre de **Q18**.

Des candidats ont décidé que l'énergie potentielle est nulle, sans justification ni cohérence.

Q20 - Question de cours de physique statistique bien réussie dans l'ensemble.

On attend (dans cette question-ci ou la suivante) le calcul de la normalisation de la probabilité, ce qui a été fait par un peu moins de la moitié des candidats.

Q21 - Question peu abordée ou de manière inaboutie. Il s'agissait de reconnaître l'expression d'une dérivée et de mener le calcul.

Q22 - On y fait la synthèse des questions **Q19** et **Q21**. Elle ne pose pas de problème majeur pour ceux qui y parviennent.

Q23 - C'est une application numérique qui doit mener à une conclusion.

- Des candidats trouvent un résultat numérique, mais ne concluent pas : cela ne sert à rien.
- Des problèmes divers de calculs : les manipulations de puissance de 10, les équivalents de la fonction tangente hyperbolique (dont on rappelle qu'elle vaut quasiment 1 dès que l'argument excède largement 1), et, de manière plus surprenante, certains candidats ont lu $\tan h \frac{\Theta}{T}$ (au lieu de $\tanh \frac{\Theta}{T}$) en interprétant h comme la constante de Planck.

2.3.4 Conseils aux futurs candidats

Nous réitérons aux candidats le conseil déjà donné d'arriver au concours avec une parfaite maîtrise de leur cours, qui leur permettra traiter en confiance les situations classiques mais aussi inédites.

Nous leur recommandons d'accorder un soin correct à leur copie car nous serons contraints à une plus grande sévérité en la matière. De même, nous rappelons l'importance de simplifier une expression littérale, de présenter correctement une application numérique, et de s'attacher à la cohérence de ce qu'on écrit en termes d'homogénéité et d'ordres de grandeur.

Nous leur conseillons de bien s'appropriier chaque question de l'énoncé, en s'interrogeant sur le système étudié, pour éviter les hors-propos. Cette compétence se travaille tout au long des deux années de préparation, dans une grande variété de contextes proposés par les enseignants.

2.3.5 Conclusions

Cette épreuve met en lumière des lacunes importantes dans les savoirs et les savoir-faire. Le sujet, en proposant beaucoup de questions indépendantes, a toutefois permis aux candidats de ne pas rester bloqués.

D'assez nombreuses copies ont fort bien répondu aux attentes du sujet en termes de compétences.

L'épreuve joue ainsi pleinement son rôle attendu de classement des candidats.

2.4 Physique 1 - filière PC

2.4.1 Présentation du sujet

L'épreuve de Physique 1 section PC aborde les expériences de Jean Perrin menées entre 1907 et 1909, qui ont permis de valider l'existence des atomes par la communauté scientifique. Plus précisément le sujet revient sur quelques points de ce moment fameux de l'histoire de la physique en étudiant quelques aspects de la théorie de Langevin et de certaines des expériences réalisées par Perrin. Le sujet est divisé en quatre parties, abordant respectivement l'équilibre vertical d'un gaz à température ambiante, l'étude d'un équilibre de sédimentation, le modèle de Langevin et les observations optiques faites au microscope. Au travers des 24 questions, différents domaines du programme de première et deuxième années sont abordés : thermodynamique, diffusion de particules, mécanique, optique géométrique. Il propose une démarche de difficulté progressive au sein des parties, mêlant tour à tour des questions de cours, des exploitations graphiques, l'élaboration de modèles simples suivis de calculs applicatifs, et des discussions argumentées des ordres de grandeur estimés sans calculatrice.