

Épreuve orale de Physique, Filière MP

Lors de la session 2024, l'épreuve orale de physique a été passée par 382 candidats, dont 311 de nationalité française. La note moyenne obtenue par tous les candidats français et internationaux est 11,46/20 avec un écart-type égal à 3,29.

L'épreuve orale de Physique, d'une durée de 50 minutes, débute par la présentation d'un exercice, généralement au tableau. Cet exercice peut être accompagné d'un document exposant des résultats de mesures, ou illustrant un phénomène. Parfois, une courte vidéo est également présentée. Ces compléments à l'énoncé comportent généralement des informations utiles pour résoudre l'exercice ou justifier des approximations. Enfin, une courte question peut être posée en préambule pour tester la connaissance du cours et/ou guider le candidat pour démarrer la résolution.

Les exercices proposés couvrent l'intégralité du programme. Parfois, un second exercice, portant sur un sujet distinct et nécessitant des compétences différentes, est soumis afin de permettre à l'examineur d'ajuster son évaluation. Il convient de souligner que la résolution complète ou correcte du premier exercice n'est pas nécessaire pour passer au second exercice, et le premier exercice peut être interrompu avant que toutes les questions ne soient posées. De même, certaines réponses peuvent être fournies en cours de résolution pour permettre au candidat de passer à une autre question en exploitant cette réponse.

Des questions élémentaires sont généralement posées au début de l'exercice pour vérifier l'assimilation des notions essentielles du programme. Si le candidat manifeste une solide maîtrise des concepts fondamentaux, des questions plus originales sont rapidement abordées pour permettre au candidat de montrer ses capacités. Les exercices permettent à la fois d'évaluer la compréhension des concepts physiques au programme et la capacité à construire des raisonnements élaborés. La réaction d'un candidat face à une indication fournie est également un critère important dans l'évaluation ; un candidat qui persiste dans la même erreur malgré les indications apportées pour se corriger est sévèrement pénalisé. Globalement, la notation prend en considération la connaissance du cours, la pertinence et l'élaboration du raisonnement, et la capacité du candidat à réagir en utilisant des indications fournies.

Les exercices classiques doivent être parfaitement maîtrisés et le candidat ne doit pas utiliser l'ensemble des 50 minutes pour redécouvrir l'équation d'un pendule pesant, l'utilité du théorème de Gauss ou l'expression du champ électrique entre les armatures d'un condensateur plan.

Certains candidats évitent de répondre directement aux questions posées, les contournent ou n'y répondent que partiellement. Il est important de souligner à nouveau qu'une compétence générale du programme de Physique consiste à « mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée ». Ainsi, des réponses complètes et approfondies sont attendues. Nous encourageons vivement les candidats à adopter une approche spontanée, persévérante et à interagir avec l'examineur pour exposer le cheminement suivi, expliquer les raisons de leurs choix, les hypothèses introduites, le repère et les paramètres sélectionnés, etc. Il est également opportun de vérifier la pertinence des résultats intermédiaires (dimensions, signes, orientations des vecteurs, etc.). Les calculs ne doivent pas être effectués de manière

silencieuse. La verbalisation de la résolution permet à l'examineur de suivre la logique sous-jacente à chaque étape du raisonnement et de mieux apprécier la compréhension des concepts en jeu. Ainsi, une communication claire et volontaire du candidat n'est pas simplement une exigence formelle, mais également un élément essentiel pour son évaluation. Par ailleurs, les expressions auto-dévalorisantes telles que « je suis débile » ou « je suis nul(le) aujourd'hui », bien qu'elles reflètent certainement l'engagement total du candidat et surgissent parfois spontanément, ne sont pas appropriées.

Les candidats sont vivement invités à mener un calcul jusqu'au bout lorsque cela est demandé : un candidat qui a su mettre en place le raisonnement amenant à la solution de l'exercice posé, mais qui refuse de finir son calcul, fait preuve d'une désinvolture qui ne peut être que sanctionnée.

Dans la suite, des points demandant une attention particulière sont relevés.

Mécanique –

On attend des candidats qu'ils réfléchissent à la méthode la plus efficace à employer pour résoudre leur exercice en début d'épreuve : conservation de l'énergie ou utilisation du PFD, choix du référentiel ou du système de coordonnées.

Certains candidats ont des difficultés avec les changements de référentiels, même galiléens. Dans le cas d'un référentiel en rotation uniforme, les forces d'inertie présentes sont fréquemment mal formulées ou négligées, en particulier en ce qui concerne la force d'inertie de Coriolis. Lorsque cette force est compensée, par exemple par une composante de la réaction du support, il est important de le mentionner.

Certains candidats ont des difficultés avec le calcul du moment d'une force, ou la définition du moment cinétique, ou encore le simple calcul de la position du barycentre d'un système de point.

Certains raisonnements élémentaires concernant un système mécanique, tels que « trouver la raideur équivalente de deux ressorts en série », sont parfois mal maîtrisés. Cela sous-entend une compréhension approximative des notions de force et du principe d'action-réaction (troisième loi de Newton).

L'importance des forces de frottements pour transmettre la puissance motrice n'est pas toujours comprise, par exemple lors de l'étude d'un moyen de locomotion.

Mécanique quantique –

Les candidats doivent savoir écrire l'équation de Schrödinger. Les techniques de résolution de cette équation en une dimension doivent être connues ; en particulier, les candidats doivent faire la différence entre les exercices où on recherche un état lié et ceux où on recherche un état libre. La justification physique des conditions de continuité ou des propriétés de symétrie de la fonction d'onde reste souvent confuse.

Lorsque le candidat recherche une solution sous la forme d'une combinaison d'exponentielle, il ne doit pas perdre de vue que les coefficients intervenant dans cette combinaison linéaire sont eux même des nombres complexes.

De nombreux candidats ont des difficultés pour représenter qualitativement, i.e. sans faire de calcul, l'allure de la fonction d'onde dans le cas de potentiels simples en une dimension, par

exemple pour traduire des conditions aux limites, ou encore pour raccorder graphiquement des fonctions d'onde lorsque le potentiel est défini par morceaux.

Électromagnétisme et électrocinétique –

Le passage aux impédances complexes pour analyser les régimes harmoniques n'est pas toujours parfaitement maîtrisé, en particulier en ce qui concerne le retour de la solution complexe vers la solution réelle. Trop de candidats se perdent dans le développement des calculs d'une impédance complexe au lieu de chercher à simplifier leurs expressions.

Les candidats sont invités à utiliser la formulation locale de l'électromagnétisme (équations de Maxwell) pour résoudre des exercices portant sur les conducteurs en régime variable.

Les candidats doivent connaître l'expression des opérateurs vectoriels en coordonnées cartésiennes.

Thermodynamique et physique statistique –

Certains candidats n'ont pas compris la notion de « fonction d'état », et peinent donc à raisonner correctement sur un cycle.

Des imprécisions ont été constatées de manière récurrente sur l'énoncé et la compréhension du second principe de la thermodynamique. En particulier, la propriété d'extensivité de l'entropie est souvent oubliée.

Il convient de rappeler que le travail élémentaire implique par défaut la pression extérieure, celle-ci pouvant être prise égale à la pression du système si la transformation est réversible. Si cette simplification est adoptée, il demeure cependant essentiel de l'expliquer et de préciser, le cas échéant, pourquoi la transformation peut être considérée réversible.

Certains candidats éprouvent des difficultés à établir si une transformation peut être qualifiée d'isotherme ou d'adiabatique, laissant présager que la notion d'échanges de chaleur n'est pas bien assimilée. La considération d'un récipient calorifugé ne garantit pas que les transformations subies par le gaz à l'intérieur sont adiabatiques. Par exemple, cela n'est pas le cas s'il y a une source de chaleur dans le récipient.

Si les candidats connaissent la loi des gaz parfait, peu connaissent la loi de Joule $U=U(T)$.

En thermodynamique statistique, la compréhension de la notion d'équipartition de l'énergie n'est souvent pas bien acquise. En particulier des candidats peinent à recenser convenablement le nombre de degrés de liberté du système.

Pour les exercices portant sur la conduction thermique, il est essentiel de savoir mener un bilan d'énergie, complet, sur un volume infinitésimal.

Optique –

Il est important de souligner qu'un tracé de rayons précis et soigné est un prérequis essentiel en optique. Beaucoup de candidats rencontrent des difficultés dans les calculs de chemin optique en raison d'un tracé de rayon trop approximatif et peu soigné.

Dans les calculs concernant un dispositif interférométrique, la maîtrise de la notion de stigmatisme fait souvent défaut pour calculer des différences de chemin optique. Si la formule du déphasage dans le cas des trous d'Young est connue, il faut aussi savoir la redémontrer en posant correctement les approximations utilisées.

Ondes-

Trop de candidats ne connaissent pas l'expression de l'équation d'onde à trois dimensions.

La notion d'atténuation, et sa relation avec la partie complexe du vecteur d'onde, sont trop souvent ignorées.

Les notions de dispersion et de vitesse de groupe font partie du programme, mais un nombre important de candidats ne les connaissent pas correctement.

Beaucoup de candidats confondent la propagation d'une onde mécanique et le déplacement du milieu matériel qui la supporte : même attachée à une de ses extrémités, une corde peut être le support d'une onde progressive.

Si tous les élèves de MP n'ont pas suivi la spécialité Physique en terminale, il serait souhaitable qu'ils connaissent tous l'effet Doppler, au moins en termes de culture scientifique.

Outils mathématiques –

D'une manière générale, une baisse notable de niveau concernant l'utilisation des outils mathématiques nécessaires à la résolution des problèmes de physique inscrits au programme est constatée. Cette baisse s'avère pénalisante pour de trop nombreux candidats lors de cette épreuve de Physique. Quelques erreurs graves relevant du niveau de terminale sont apparues : primitives de $1/r^n$, confusion entre primitive et dérivée, vitesse qui s'annule au sommet d'une trajectoire parabolique, surface d'une sphère, formules de trigonométrie, etc.

La manipulation de quantités infinitésimales reste un écueil pour trop de candidats, qui les mélangent avec des quantités non-infinitésimales, ou peinent à évaluer leurs dimensions. De même la manipulation de grandeurs volumiques et surfaciques mène souvent à des erreurs.

Quelques candidats ne pensent pas à utiliser la méthode de séparation des variables face à une équation différentielle d'ordre un, par exemple pour relier le temps et la position en mécanique du point. Lorsqu'il y a un second membre, les équations différentielles posent des difficultés à un nombre croissant de candidats. Plus généralement, la maîtrise du calcul différentiel est souvent approximative.

Dans un calcul intégral, les bornes d'intégration doivent être précisées et les variables d'intégration ne doivent pas être oubliées.

Des difficultés sur les constructions géométriques et trigonométriques usuelles, en particulier lors de la projection de vecteurs, sont de plus en plus fréquentes. De nombreux candidats semblent raisonner par tâtonnement pour définir s'il s'agit d'un sinus ou d'un cosinus, en considérant des angles particuliers ; cela doit être une façon de vérifier a posteriori un résultat, et non de le deviner. Certains candidats se noient lors d'un changement de base, voire dans l'utilisation des coordonnées polaires. Après deux ans de classe préparatoires, les valeurs des fonctions sinus et cosinus pour les angles $\frac{\pi}{6}$ et $\frac{\pi}{3}$ doivent être connues (de même que la valeur moyenne des fonctions sinus et cosinus élevées au carré).

Des difficultés ont été constatées lorsqu'il s'agit de représenter graphiquement un résultat. Savoir tracer une courbe, en mettant en évidence ses éléments caractéristiques, tels que les asymptotes, tangentes en des points spécifiques, ou la convexité, sont des compétences indispensables. De même, il est important d'avoir le réflexe d'utiliser des quantités adimensionnées afin de donner à son graphe un caractère général.

Lorsque c'est le cas, le candidat peut souligner et tirer profit de la linéarité d'une équation différentielle, ou par exemple d'un filtre en électrocinétique.