

L'épreuve de Physique MP traitait cette année de la lévitation électrique de particules chargées. Le sujet mobilisait des compétences en électrostatique, en mécanique du point et du solide, ainsi qu'en thermique. Il était composé de 4 parties distinctes, les trois premières étant liées quoiqu'autonomes. La quatrième partie proposait une analogie mécanique complètement indépendante du reste du problème. Souligné dans l'introduction de l'énoncé, ce point a bien été identifié par une majorité d'élèves qui se sont attaqués aux dernières questions de l'énoncé plutôt que de rester bloqués en cours d'examen.

Remarques générales

- Le produit vectoriel, utilisé notamment dans le calcul du moment cinétique et de la force de Coriolis, est surprenamment mal maîtrisé. Un nombre important de copies n'a pas le réflexe d'écrire en colonne les composantes des vecteurs pour calculer le produit des composantes et fait des erreurs de calcul ou de signe.
- Les applications numériques doivent être données sous la forme d'un facteur multipliant une puissance entière de 10. Beaucoup de copies présentent un résultat avec des puissances non entières ($10^{-3.5}$) ou gardent des facteurs pi.
- Les applications numériques doivent être accompagnées d'une unité. L'homogénéité des expressions littérales obtenues n'est pas systématiquement vérifiée.
- Plusieurs abréviations sont utilisées sans explications : TMC, PFD, RFD, IPP, ARQS...
- Si la réponse à une question utilise une notation ou une quantité qui n'est pas dans l'énoncé (par exemple le projeté H du point M sur l'axe Oz), cette notation doit être définie.
- Une copie doit être soignée avec des phrases bien construites, en précisant les abréviations. L'écriture, aussi, doit être soignée en donnant sa bonne forme à chaque caractère.
- Certains candidats oublient de numéroter les questions, d'autres se trompent dans la numérotation.

Remarques par question :

Question 1

Si beaucoup de copies ont bien identifié l'invariance par rotation du problème, l'équation de Poisson n'est pas un réflexe pour une majorité de candidat.es.

L'énoncé précise que l'expression du potentiel est valable proche du centre du piège ; elle ne peut pas être utilisée pour estimer le potentiel au niveau de l'anneau.

Question 2

Un nombre surprenant de copies confondent la notion d'équilibre et la notion d'immobilisme, affirmant que la position centrale n'est pas un point d'équilibre car la particule risque d'osciller autour de ce point si on l'en déplace...

Le critère pour trouver une position d'équilibre n'est ni $E_p = 0$, ni $dE_p/dt = 0$, mais à E_p extremal spatialement.

Le potentiel V peut a priori être positif ou négatif. On ne peut donc pas affirmer de façon générale $d^2E_p/dz^2 = -2e$ et $V / l_0^2 < 0$.

Question 5

Q5.b Une fonction de valeur moyenne nulle n'est pas obligatoirement nulle ($\langle f \rangle = 0$, n'implique pas $f=0$)

Q5.c Pour comparer deux grandeurs algébriques dont on ne connaît pas le signe à priori (ici ξ et R), il faut utiliser une norme (ici, la valeur absolue).

" ξ varie plus vite que R " n'implique pas " $d\xi/dt \gg dR/dt$ ". Ici en l'occurrence, on a $\xi \ll R$, $d\xi/dt \sim dR/dt$ et $d^2\xi/dt^2 \gg d^2R/dt^2$

Question 9

Les valeurs rapportées se sont étalées entre $10^{-36}V$ et $10^{13}V$ - sans qu'aucune de ces valeurs extrêmes ne semblent préoccuper leurs auteurs.

Question 12 et 16

Le théorème d'équipartition est plutôt mieux connu pour l'énergie cinétique que pour l'énergie potentielle ; mais dans les deux cas, les facteurs numériques comptant le nombre de degrés de libertés impliqués sont souvent mal traités.

Question 15

Les valeurs rapportées se sont étalées entre 10^{-28} et 10^{72} .

Question 16

La vitesse quadratique moyenne est régulièrement mal maîtrisée. Dimensionnellement, elle est homogène à une vitesse, pas à une vitesse au carré.

Question 19

Plusieurs candidats n'ont pas eu le réflexe de faire apparaître des groupements sans dimensions dans la solution générale de l'équation différentielle.

La température étant réelle, son expression finale doit être réelle, même si on utilise les nombres complexes pour résoudre l'équation différentielle.

Certaines copies ne semblent pas se préoccuper du sens physique de la solution obtenue. Ainsi, on a vu des températures tendre vers l'infini avec le temps, ou diminuer depuis la température ambiante initiale sous l'effet de l'échauffement induit par le laser.

Question 20

Un graphe doit comporter des axes correctement identifiés, avec des échelles caractéristiques.

Question 23

Ce n'est pas parce qu'on considère une grandeur appelée γ qu'on parle du coefficient adiabatique d'un gaz parfait. Attention aux unités !

Question 24

La notion de facteur de qualité est mal connue. $Q_{\min} = 10^{-17}$ et $Q_{\max} = 10^{42}$

Question 26

Peu de copies ont correctement utilisé le principe fondamental de la dynamique appliqué à un ensemble de points. Il ne suffit pas d'observer qu'il y a deux charges pour que l'équation soit celle de la Q3 en multipliant la charge par 2.

Plusieurs copies ont négligé que la position de la particule n'est pas restreinte à l'origine. La position des deux charges n'est donc pas simplement symétrique par rapport à O.

Question 32

Les expressions des forces d'inertie sont souvent confondues ou maltraitées. Le facteur 2 passe parfois de la force de Coriolis à la force d'entraînement, et les signes ont régulièrement été inversés.

Dans plusieurs copies, le double produit vectoriel est écrit sans utiliser de parenthèses, alors que le produit vectoriel n'est pas associatif.

Question 34

Le concept de stabilité n'est pas maîtrisé. Plusieurs candidats pensent que lorsqu'une particule est en mouvement autour de sa position d'équilibre, alors cette dernière est instable. Le concept de stabilité est lié à la possibilité d'avoir une trajectoire bornée autour de la position d'équilibre. Il n'est pas nécessaire que la particule revienne à sa position d'équilibre pour avoir une stabilité. Le système est stable s'il n'existe pas de solution instable.

Plusieurs candidats n'ont pas réalisé que la condition initiale (x_0, y_0) représente une perturbation de la position d'équilibre $(0,0)$ et que, r , est son taux de croissance temporel. Ils n'ont pas réalisé, non plus, que la perturbation est la solution d'un problème algébrique homogène. Alors, au lieu de chercher une perturbation non triviale (déterminant nul) pour trouver la condition de stabilité, ils ont cherché à exprimer le taux de croissance de l'instabilité, r , en fonction de (x_0, y_0) .