



le 20/02/2014

“OLYMPIADES DE L'IRSS”

Concours n°2 : Epreuve de Physique

Durée : 1 h - Calculatrice alpha numérique programmable autorisée

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition sans s'adresser au surveillant en expliquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

Consignes : indiquez dans la grille à rendre en fin d'épreuve votre (vos) réponse(s) à chaque question en cochant en noir la (les) case(s) sélectionnée(s) : ; si vous considérez qu'il n'y a aucune bonne réponse, cochez e).

Barème : +1 point pour toute réponse exacte et complète ; 0 en cas d'absence de réponse ; -0,5 en cas d'erreur. Vous disposez d'une ligne de repentance et, en dernier recours d'une case d'annulation.

Données :

- la vitesse de propagation de la lumière dans le vide vérifie : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- le parsec est une unité de longueur utilisée par les astronomes de symbole pc : $1 \text{ pc} = 3,08 \cdot 10^{16} \text{ m}$
- l'unité astronomique (u.a.) correspond à la distance Terre-Soleil, soit 150 millions de km environ
- 1 mille marin = 1852 m ; 1 nœud = 1 mille marin par heure
- $T \text{ (en K)} = t \text{ (en } ^\circ\text{C)} + 273,15$

Les questions de 1) à 7) sont liées.

Dans cet exercice, on se propose de déterminer la vitesse d'éloignement d'une galaxie puis sa distance par rapport à un observateur terrestre.

1) Pour des vitesses largement inférieures à la célérité c de la lumière, on se place dans le cadre non-relativiste. Choisir la relation entre λ_0 , la longueur d'onde mesurée en observant une source immobile, et λ' , la longueur d'onde mesurée en observant la même source s'éloignant à la vitesse v :

a) $\lambda' = (v/c) \lambda_0$	b) $\lambda' = \lambda_0 (1 - v/c)$	c) $\lambda' = \lambda_0 (c - v)$	d) $\lambda' = \lambda_0 (1 + v/c)$
---------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

2) Les longueurs d'onde des raies H_α , H_β et H_γ du spectre de l'hydrogène sur Terre vérifiant $\lambda(H_\alpha) = 656 \text{ nm}$, $\lambda(H_\beta) = 486 \text{ nm}$ et $\lambda(H_\gamma) = 434 \text{ nm}$, en déduire les longueurs d'onde (en nm) possibles de ces mêmes raies lorsqu'elles sont issues de la galaxie TGS153Z170 :

a) (689 ; 522 ; 499)	b) (683 ; 507 ; 451)	c) (628 ; 465 ; 415)	d) (683 ; 522 ; 496)
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

3) En se plaçant dans le cadre non-relativiste choisir l'expression de la vitesse v de la galaxie :

a) $v = c (1 - \lambda' / \lambda_0)$	b) $v = c - \lambda' / \lambda_0$	c) $v = c (\lambda' / \lambda_0 - 1)$	d) $v = c \lambda' / \lambda_0$
---------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------

4) Calculer la valeur de la vitesse (en m.s^{-1}) de la galaxie TGS153Z170 en travaillant avec les valeurs de la raie H_β . On donne la relation d'incertitude suivante pour la vitesse : $\Delta v = \sqrt{2} \cdot c \cdot \Delta \lambda / \lambda'$
On exprimera le résultat sous la forme $v \pm \Delta v$. Les valeurs numériques sur les spectres sont données à $\pm 1 \text{ nm}$.

a) $(1,30 \pm 0,08) \cdot 10^7$	b) $(1,29 \pm 0,09) \cdot 10^7$	c) $(1,23 \pm 0,07) \cdot 10^7$	d) $(1,30 \pm 0,09) \cdot 10^7$
---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

5) Dans le cadre relativiste ($v \approx c$), on montre que la vitesse v_{rel} a pour expression :

$$v_{\text{rel}} = c \cdot [(\lambda' / \lambda_0)^2 - 1] / [(\lambda' / \lambda_0)^2 + 1]$$

a) $v_{\text{rel}} = 1,27 \cdot 10^7 \text{ m.s}^{-1}$

b) $v_{\text{rel}} = 1,21 \cdot 10^7 \text{ m.s}^{-1}$

Si l'écart relatif entre les deux modes de calcul des vitesses est inférieur à 5%, on opte pour le modèle non relativiste plus simple à utiliser. Pour la galaxie TGS153Z170, on choisit donc :

c) un modèle relativiste

d) un modèle non relativiste

6) On définit le décalage spectral relatif par : $z = (\lambda' - \lambda_0) / \lambda_0$. Dans le cadre non relativiste :

a) on considère que z ne dépend pas de la raie choisie

b) $z = v/c$

La radiation observée se décale vers :

c) le rouge

d) le violet

7) En 1929, Edwin Hubble observe depuis le Mont Wilson aux USA le décalage Doppler de dizaines de galaxies. Ses mesures lui permettent de tracer le diagramme qui porte son nom. Il en déduit une relation simple entre la vitesse d'éloignement v d'une galaxie et sa distance d par rapport à la Terre : $v = H \cdot d$ où H est la constante de Hubble et vaut $H = 64 \text{ km.s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$. En déduire la distance de la galaxie TGS153Z170 à la Terre.

a) $6,3 \cdot 10^{21} \text{ km}$	b) $6,6 \cdot 10^8 \text{ a.l.}$	c) $2,0 \cdot 10^2 \text{ Mpc}$	d) $4,2 \cdot 10^{13} \text{ u.a.}$
-----------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------

Les questions de 8) à 10) sont liées.

A la traversée d'un prisme dont le plan de section principale est un triangle d'angle au sommet A , un rayon subit une déviation totale $D = (i + i') - (r + r')$. On note i , r , r' et i' les angles successivement formés par le rayon par rapport aux normales aux faces latérales d'entrée et de sortie du prisme.

8) Sachant qu'on observe une déviation minimale lorsque $i = i'$, exprimer l'indice de réfraction du milieu transparent traversé en fonction de l'angle du prisme et de l'angle de déviation minimale D_m .

a) $n = (D_m + A)/2$	b) $n = \sin[(D_m + A)/2]$	c) $n = \sin[(D_m + A)/2] / \sin(A/2)$	d) $n = \sin(D_m + A) / \sin(A/2)$
----------------------	----------------------------	--	------------------------------------

9) Déterminer, en degré, l'angle de déviation minimale d'un prisme de verre présentant un angle au sommet de 50° et dont l'indice de réfraction est de 1,5.

a) 42	b) 0	c) 25	d) 29
-------	------	-------	-------

10) Pour quelle incidence (en $^\circ$) cette déviation minimale est-elle obtenue ?

a) 90	b) 42	c) 39	d) 0
-------	-------	-------	------

Les questions de 11) à 14) sont liées.

Le son émis par la tonalité du téléphone est quasi sinusoïdal. Sa fréquence est de 440 Hz, fréquence identique à celle du son émis par un diapason, le « /a 3 ». La célérité du son dans l'air sec à 0,00°C et à la pression de 1 013,3 hPa est de $v = 331,45 \text{ m.s}^{-1}$. La célérité du son dans un gaz est proportionnelle à la racine carrée de la température absolue de l'air dans lequel se propage le son. On considère maintenant un air sec à la température de 27,0°C et à la pression de 1 013,3 hPa.

11) Calculer la célérité du son dans cet air et la nouvelle longueur d'onde de l'onde émise par la tonalité du téléphone.

a) $316,19 \text{ m.s}^{-1}$ et 72,9 cm	b) $364,21 \text{ m.s}^{-1}$ et 82,8 cm	c) $1\,250,8 \text{ km.h}^{-1}$ et 7,90 cm	d) $347,45 \text{ m.s}^{-1}$ et 7,90 cm
--	--	---	--

Un télémètre comporte, dans un même boîtier, un émetteur et un récepteur d'ondes ultrasonores. Pour mesurer la distance d , où se situe un obstacle, on oriente l'appareil dans sa direction, puis on déclenche l'émission. Celle-ci est interrompue dès que le récepteur reçoit l'onde réfléchi. La durée d'émission est déterminée par comptage et affichage du nombre d'impulsions délivrées par un oscillateur de fréquence f . L'affichage comporte trois digits (soit 3 chiffres) et clignote en cas de dépassement de la capacité de mesure. L'étalonnage de l'appareil est réalisé dans l'air sec à 20,0°C et à la pression de 1 013,3 hPa. Une unité affichée correspond alors à une distance d de 1,00 cm.

12) Quelle est, pour la distance maximale mesurée par le télémètre, la durée totale de propagation de l'onde ultrasonore ?

a) 29,1 ms	b) 58,2 ms	c) 60,3 ms	d) 30,1 ms
------------	------------	------------	------------

13) Quelle doit être environ la valeur de la fréquence f (en kHz) de l'oscillateur d'impulsions de comptage ?

a) 34	b) 17	c) 16	d) 33
-------	-------	-------	-------

14) Le télémètre indique une distance $d = 8,50 \text{ m}$ pour une mesure effectuée alors que la température de l'air est égale à 10,0°C. Parmi les valeurs proposées, une distance réelle plausible pourrait valoir :

a) 8,20 m	b) 8,50 m	c) 8,70 m	d) 11,0 m
-----------	-----------	-----------	-----------

Pour chacune des propositions, choisir la ou les bonnes réponses.

15) Le travail d'une force lors d'un déplacement AB dépend toujours :

- a) de la valeur de la force
- b) du chemin suivi entre A et B
- c) de la direction de la force par rapport au mouvement
- d) de la vitesse de déplacement.

16) Le français, Franck Cammas, a réalisé le tour du monde à la voile sans escale en 48 jours 07 heures 44 minutes 52 secondes en parcourant 28 523 milles. La vitesse de Franck Cammas lors de son tour du monde est de :

a) $45,55 \text{ km.h}^{-1}$	b) $126,5 \text{ m.s}^{-1}$	c) 24,59 nœuds	d) 84,36 nœuds
------------------------------	-----------------------------	----------------	----------------

17) À l'échelle de l'atome :

- a) l'interaction gravitationnelle est prédominante
- b) l'interaction électromagnétique est prédominante
- c) l'interaction forte est prédominante
- d) l'interaction prédominante est la même qu'à l'échelle de la molécule.

18) Le rayon du Soleil est d'environ $6,96 \times 10^8$ m et le diamètre d'un virus du Sida est de 105 nm. Les ordres de grandeur de ces distances sont respectivement de :

a) 10^9 et 10^{-7} m	b) 10^8 et 10^{-11} m	c) 10^8 et 10^{-7} m	d) 10^9 et 10^{-11} m
--------------------------	---------------------------	--------------------------	---------------------------

19) On imagine qu'une personne A munie d'un chronomètre se déplace à $225\,000 \text{ km.s}^{-1}$ par rapport à une personne B. La personne B est également munie d'un chronomètre et les référentiels liés à A et B sont galiléens. A mesure la durée propre séparant deux évènements :

- a) la durée mesurée par la personne B entre les deux évènements est environ 2 fois plus grande que celle mesurée par la personne A
- b) la durée mesurée par la personne B entre les deux évènements est environ 1,5 fois plus grande que celle mesurée par la personne A
- c) la durée mesurée par la personne B entre les deux évènements est sensiblement égale à celle mesurée par la personne A
- d) la durée mesurée par la personne A entre les deux évènements est environ 1,5 fois moins grande que celle mesurée par la personne B.

20) Deux billes de masses M et m ($M > m$), assimilables à des points matériels, sont lâchées sans vitesse initiale d'une hauteur h du sol, dans une région de dimension restreinte. On néglige la résistance de l'air.

- a) la bille M atteint le sol en premier
- b) la bille m atteint le sol en premier
- c) les deux billes atteignent le sol simultanément
- d) l'ordre d'arrivée au sol dépend de la latitude du lieu.