

# PHYSQ 271 LEC A1 - Introduction à la physique moderne

## Examen partiel 1

Nom \_\_\_\_\_

Numéro d'étudiant.e \_\_\_\_\_

**Professeur** Marc de Montigny

**Horaire** Mardi, 9 octobre 2012, de 16h30 à 18h00

**Lieu** Pavillon McMahon, local 366

### Instructions

- Ce cahier contient **7 pages**. Écrivez-y directement vos réponses.
- L'examen contient **20 points** et vaut 20% de la note finale du cours.
- L'examen contient **10 questions** de différents niveaux de difficulté, indiqués par leur valeur en points. Vous pouvez obtenir une partie des points même si votre réponse finale est erronée. Expliquez de façon claire et précise, et encadrez votre réponse finale.
- Cet examen est à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire que vous aurez préparé. Utilisez le verso des pages pour vos calculs.
- Matériel permis: crayon ou stylo, calculatrice (programmable et graphique permise). Les assistants numériques (*PDA*s) sont interdits. Mettez votre téléphone cellulaire hors circuit.

**Si quelque chose n'est pas clair, n'hésitez pas à le demander !**

**Question 1. Rotations [2.0 points]**

Considérez les points P(1,2) et Q(3,4) dans le système  $x$ - $y$ . À l'aide des relations

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta$$

$$y' = -x \sin \theta + y \cos \theta$$

- A. pour quel angle  $\theta$  aura-t-on un système de coordonnées  $S'$  dans lequel les points P et Q auront la même coordonnée  $x'$ ?
- B. Quelle sera alors la valeur de  $x'$ ?
- C. Illustrez votre réponse à l'aide d'un graphique approximatif.

**Question 2. Transformations de Lorentz [2.0 points]**

Cette question est analogue à la question 1, mais pour la transformation de Lorentz. Dans un repère  $S$  attaché au sol, une explosion a lieu au point  $x = 2.00$  m à l'instant  $t = 0.00$  s, et une seconde explosion a lieu au point  $x = 22.0$  m à l'instant  $t = 0.04$   $\mu\text{s}$  ( $\mu = 10^{-6}$ ).

- A. Existe-t-il un repère  $S'$  dans lequel les deux explosions seront simultanées?
- B. Si oui, à quelle vitesse se déplace-t-il, par rapport à  $S$ ?
- C. Est-ce qu'il se déplace vers les  $x$  positifs ou négatifs?

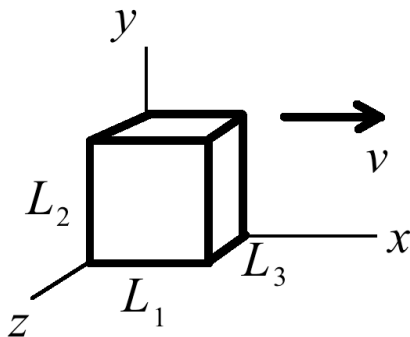
**Question 3. Dilatation du temps, contraction des longueurs [2.5 points]**

- A. Si un astronaute pouvait se déplacer à  $v = 0.950c$ , combien d'années (par rapport à la Terre) lui faudrait-il pour atteindre l'étoile Alpha du Centaure (en anglais, *Alpha Centauri*), située à 4.37 années-lumière de la Terre? (année-lumière = distance = année  $\times c$ )
- B. Quelle serait la distance, en années-lumière, entre la Terre et cette étoile du point de vue de l'astronaute?
- C. Combien d'années durera ce même voyage du point de vue de l'astronaute?

**Question 4. Contraction des longueurs [1.5 point]**

La figure ci-dessous illustre une boîte dont les arêtes mesurent, dans son repère propre,  $L_1 = L_2 = L_3 = 2.0$  m.

- A. Si la boîte se déplace à  $v = 0.80c$  dans la direction des  $x$  positifs par rapport au sol, quelles seront les aires des six faces vues du sol?
- B. Quel sera le volume de la boîte, vue du sol?



**Question 5. Vérification expérimentale de la dilatation du temps [2.0 points]**

Les muons ont un temps de demi-vie propre de  $1.5 \mu\text{s}$ . Dans une expérience sur la dilatation du temps, un détecteur se trouve à 2000 m d'altitude et enregistre pendant une heure un total de 650 muons se dirigeant vers la Terre à  $v = 0.99c$ . Si un second détecteur était placé au niveau du sol, combien de muons seraient détectés pendant une heure ? (*Rappel: Après  $n$  demi-vies, le nombre de muons est réduit de  $N$  à  $N/2^n$ .*)

**Question 6. Formule relativiste d'addition des vitesses [1.5 point]**

Un *pulsar* est un objet céleste qui émet de la lumière par rafales de façon périodique. Supposons qu'un pulsar s'approche de la Terre à  $v = 0.850c$  et qu'une fusée se déplace de la Terre vers le pulsar à  $v = 0.775c$  dans le repère de la Terre. Quelle est la vitesse du pulsar par rapport à la fusée?

**Question 7. Dynamique relativiste [2.5 points]**

Le traitement du cancer par radiation a débuté en 1953, à l'hôpital Hammersmith, à Londres. Un accélérateur donnait à un électron (de masse propre égale à  $0.511 \text{ MeV}/c^2$ ) une énergie cinétique de  $8.00 \text{ MeV}$ .

- A. Quelle était sa vitesse, en termes de  $c$  (avec au moins 3 chiffres significatifs)?
- B. Quelle était sa quantité de mouvement relativiste, en  $\text{MeV}/c$ ?
- C. Quelle était son énergie relativiste totale, en  $\text{MeV}$ ?

**Question 8. Énergie relativiste [2.5 points]**

Une particule lambda ( $\Lambda$ ) se désintègre en un proton et un pion:  $\Lambda \rightarrow p + \pi$ . Les masses sont  $m_\Lambda = 1116 \text{ MeV}/c^2$ ,  $m_p = 938 \text{ MeV}/c^2$  et  $m_\pi = 140 \text{ MeV}/c^2$ . Si le proton final produit reste au repos, quelles sont les énergies totales respectives du pion produit ( $E_\pi$ ) et du  $\Lambda$  initial ( $E_\Lambda$ ), en MeV?

**Question 9. Dynamique relativiste [1.5 point]**

Un proton a une masse au repos de  $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ .

- A. Quel travail est requis pour accroître sa vitesse de 50.0 m/s à 100 m/s?
- B. Et de 150 000 050 m/s à 150 000 100 m/s ?

**Question 10. Électron dans un champ magnétique [2.0 points]**

Un électron ( $m_e = 0.511 \text{ MeV}/c^2$ ) dont l'énergie cinétique vaut  $1.800 \text{ MeV}$  entre dans une région où le champ magnétique est  $B = 0.150 \text{ T}$  et perpendiculaire à la vitesse de l'électron.

- A. Quelle est la quantité de mouvement relativiste de l'électron, en  $\text{kg}\cdot\text{m/s}$ ?
- B. Quel est le rayon de l'orbite circulaire résultante?

