UNIVERSITE Norbert ZONGO

****

UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE EN SCIENCES ET TECHNOLOGIE (UFR-ST)

Parcours : MPCI/L2S3

Enseignant : Dr ZOUNDI

Année académique 2019-2020

Examen d'électromagnétisme et relativité restreinte

Durée : 02h Documents non autorisés

Tout résultat «parachuté» est nul et non avenu

Questions de cours (05 pts)

1. Rappeler les équations de Maxwell reliant les vecteurs champ électrique $\vec{E}$ et magnétique $\vec{B}$

2. Etablir les équations d'onde de propagation du champ électrique $\vec{E}$ et du champ magnétique $\vec{B}$ dans un domaine de l'espace vide de charges et de courant (**2 pts**)

3. Enoncer le principe de relativité galiléen (**1pt**)

4. Enoncer le principe de relativité restreinte (**1 pt**)

Exercice 1 (07 pts)

On considérera nulles les constantes d'intégration.

Soit dans un domaine de l'espace vide de charges et de courant, un champ magnétique $\vec{B}$ défini par rapport à un repère orthonormé $Oxyz$: $\vec{B} = B_0 cos(\omega t - kx)\vec{e}_y$.

1. Déterminer les composantes du champ électrique $\vec{E}$ qui l'accompagne (**4 pts**)

2. Montrer que $\|\vec{E}\| = c\|\vec{B}\|$ (**2 pts**)

3. Déterminer l'expression du vecteur de Poynting $\vec{R}$ (**1 pt**)

Exercice 2 (08 pts)

Un vaisseau spatial (A) quitte la Terre avec une vitesse $\vec{u}_A$ à un instant où ses horloges et celles de la Terre indiquent zéro. Au bout d'un temps T pour les horloges terrestres, un second vaisseau (B) quitte la Terre avec une vitesse $\vec{u}_B$ de mêmes direction et sens que $\vec{u}_A$; $\vec{u}_A$ et $\vec{u}_B$ sont constants et $u_B > u_A$.

Le vaisseau (B) rattrape le premier à un instant T_r mesuré par les horloges terrestres.

1. Déterminer T_r (**1,5 pts**)

2. Pour les horloges de (A), quel est l'instant de départ de (B) ? (**1,5 pts**)

3. Pour les horloges de (A), quel est l'instant auquel (B) rattrape (A) ? (**1,5 pts**)

4. Dans le référentiel lié au premier vaisseau, quelle est la durée au bout de laquelle (B) rattrape (A) ? (**1,5 pts**)

5 Quelle est la vitesse de (B) mesurée par les passagers du vaisseau (A) ? (**2 pts**)

UNIVERSITE Norbert ZONGO

UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE EN SCIENCES ET TECHNOLOGIE (UFR-ST)

Parcours : MPCI/L2S3

Enseignant : Dr ZOUNDI

Année académique 2018-2019

Examen d'électromagnétisme et relativité restreinte

Durée : 02h   Documents non autorisés

Cette épreuve comporte deux pages

Tout résultat «parachuté» est nul et non avenu

Exercice 1 (05 pts)

Montrer que les équations de Maxwell sont compatibles avec une équation d'onde. On considérera un domaine de l'espace vide de charges et de courants.

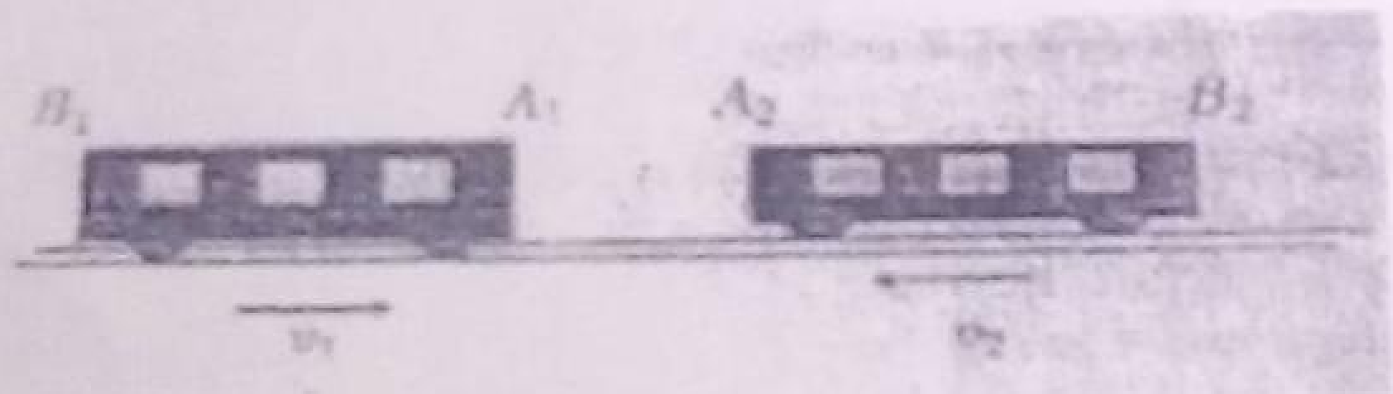
Exercice 2 (05 pts)

L'équation de Maxwell $div\vec{E} = 0$ est-elle invariante par transformation de Galilée où :

$\vec{E} = \vec{E'} - \vec{V} \wedge \vec{B}$ et $\vec{B} = \vec{B'}$.

$\vec{V}$ de direction ox (ou ox') est la vitesse relative de R' par rapport à R (R et R' référentiels inertiels).

Exercice 3 (10 pts)



Deux trains identiques de longueur propre L, circulent à vitesse constante dans des directions opposées. On note A_i et B_i (i = 1, 2) les extrémités avant et arrière des deux trains.

On considère trois référentiels : le référentiel R associé aux rails ; le référentiel R_1 associé au premier train, animé d'une vitesse $v_1 = \beta_1 c$ ($\beta \geq 0$) par rapport à R ; le référentiel R_2 associé au second train, animé d'une vitesse $v_2 = - \beta_2 c$ ($\beta_2 \geq 0$) par rapport à R. On synchronise les horloges des trois référentiels : $t = t_1 = t_2 = 0$ au moment où les points A_1 et A_2 se croisent. On choisit également l'origine $x = x_1 = x_2 = 0$ en ce point de croisement.

1. Du point de vue du référentiel R, quelle est la longueur de chaque train ?

2. Déterminer les coordonnées, dans le référentiel R, de l'événement correspondant au croisement de A_2 et B_1. En utilisant la transformation de Lorentz, en déduire les coordonnées du même événement dans les référentiels R_1 et R_2.

Rappels :

$$\vec{rot}(\vec{rot}\,\vec{A}) = \vec{grad}(div\,\vec{A}) - \Delta\vec{A}\ .$$

f fonction à deux variables indépendantes u et v, $f(u,v)$.

Les variables indépendantes u et v sont aussi des fonctions de variables indépendantes x et y

On a :

$$\begin{cases} \dfrac{\partial f}{\partial x} = \dfrac{\partial f}{\partial u}\dfrac{\partial u}{\partial x} + \dfrac{\partial f}{\partial v}\dfrac{\partial v}{\partial x} \\ \dfrac{\partial f}{\partial y} = \dfrac{\partial f}{\partial u}\dfrac{\partial u}{\partial y} + \dfrac{\partial f}{\partial v}\dfrac{\partial v}{\partial y} \end{cases}$$

UNIVERSITE Norbert ZONGO
****
UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE EN SCIENCES ET TECHNOLOGIE (UFR-ST)
Parcours : MPCI/L2S3
Enseignant : Dr ZOUNDI

Année académique 2020-2021

Examen de rattrapage d'électromagnétisme et relativité restreinte.

Durée : 02h Documents non autorisés.

Cette épreuve comporte une (01) page

Tout résultat «parachuté» est nul et non avenu.

Questions de cours (05 pts)

1. Enoncer le principe de relativité restreinte **(2 pts)**
2. Comment définit-on un événement ? **(1,5 pt)**
3. À quelle condition deux événements sont-ils dits simultanés ? **(1,5 pt)**

Exercice 1 (10 pts)

Les vecteurs sont repérés en coordonnées cartésiennes par les axes orthonormés Ox, Oy, Oz. On considère une onde électromagnétique plane, monochromatique, se propageant dans le vide dans la direction Oz.

Le champ électrique s'écrit, en notation réelle, $\vec{E} = E_0 cos(kz - \omega t + \varphi)\vec{u}_x$.

1. Quelle est la relation entre ω et k ? Comment appelle-t-on cette relation ? **(1 pt+ 1 pt)**.
2. Donner l'expression du vecteur d'onde $\vec{k}$ de l'onde. **(2 pts)**
3. Déterminer l'expression du champ magnétique $\vec{B}$ de l'onde.**(4 pts)**. Les constantes d'intégration seront considérées nulles.
4. Donner l'expression en notation complexe du champ $\vec{E}$.**(2 pt)**

Exercice 2 (05 pts)

Un train de longueur l (pour un observateur du train R') est animé d'une vitesse $\vec{u}$ constante par rapport au sol R. Ce train entre dans un tunnel rectiligne de longueur L (pour un observateur de R) telle que $L = \frac{l}{\gamma}$; $\gamma = \left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$.

En considérant comme événement origine l'événement **"la tête du train sort du tunnel"**, donner dans R et R' les coordonnées de l'événement **"la queue du train entre dans le tunnel"**. (2 pts + 3 pts).

UNIVERSITE Norbert ZONGO

****

UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE EN SCIENCES ET TECHNOLOGIE (UFR-ST)

Année académique 2020-2021

Parcours : MPCI/L2S3

Enseignant : Dr ZOUNDI

Examen d'électromagnétisme et relativité restreinte.

Durée : 02h Documents non autorisés.

Cette épreuve comporte deux (02) pages

Tout résultat «parachuté» est nul et non avenu.

Questions de cours (05 pts)

1. Enoncer le principe de relativité galiléen (1pt)

2. Enoncer le principe de relativité restreinte (2 pts)

3. Considérant la forme intégrale du théorème de Poynting :

a). Que représente la quantité $W_{EB} = \left(\frac{\varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu_0}\right)$? **(1 pt)**

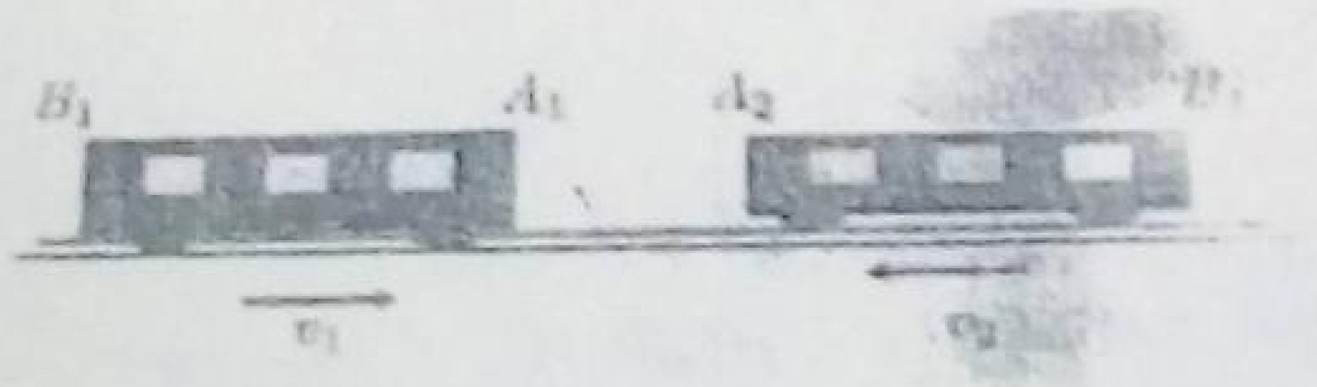
b). Que représente l'intégrale de la quantité W_{EB} ? (1 pt)

Exercice 1 (03 pts)

1. À quelle condition la transformation de Lorentz se réduit-elle à celle de Galilée entre deux référentiels galiléens ? Le montrer. **(0,5 pt + 1 pt)**

2. Dans la transformation de Lorentz, la vitesse relative ne peut dépasser une limite. Laquelle ? et pourquoi ? **(0,5 pt +1 pt)**.

Exercice 2 (08 pts)



Deux trains identiques de longueur propre L, circulent à vitesse constante dans des directions opposées. On note A_i et B_i (i = 1, 2) les extrémités avant et arrière des deux trains.

On considère trois référentiels : le référentiel R associé aux rails ; le référentiel R_1 associé au premier train, animé d'une vitesse $v_1 = \beta_1 c$ ($\beta > 0$) par rapport à R ; le référentiel R_2 associé au second train, animé d'une vitesse $v_2 = -\beta_2 c$ ($\beta_2 \geq 0$) par rapport à R. On synchronise les horloges des trois référentiels : $t = t_1 = t_2 = 0$ au moment où les points A_1 et A_2 se croisent. On choisit également l'origine $x = x_1 = x_2 = 0$ en ce point de croisement.

1. Du point de vue du référentiel R, quelle est la longueur de chaque train ? **(02 pts)**

2. Déterminer les coordonnées, dans le référentiel R, de l'événement correspondant au croisement de B_1 et B_2. **(03 pts)** En utilisant la transformation de Lorentz, en déduire les coordonnées du même événement dans le référentiel R_2. **(03 pts)**

Exercice 3 (04 pts)

Supposons que les champs électrique et magnétique, constituant le champ électromagnétique régnant dans une partie de l'espace vide de charge et de courant, sont donnés par :

$\vec{E} = f(z)e^{-\alpha t}\vec{e}_x$ et $\vec{B} = g(z)e^{-\alpha t}\vec{e}_y$.

$f(z)$ et $g(z)$ fonctions scalaires dépendant de z.

A quelle condition l'équation de Maxwell-Faraday $\overrightarrow{rot}\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ est-elle vérifiée ?

NB : Répondre en formulant des phrases correctes.