BURHAN

Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme : exercices, niveau examen

2ème Année Baccalauréat · Sciences Mathématiques · Physique-Chimie

Corrigé détaillé en ligne : burhan.ma/2bac/sciences-mathematiques/physique-chimie/particule-chargee-dans-un-champ-electrique/exercices/examen

Chapitre	Palier	Exercices
Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme	Niveau examen	5

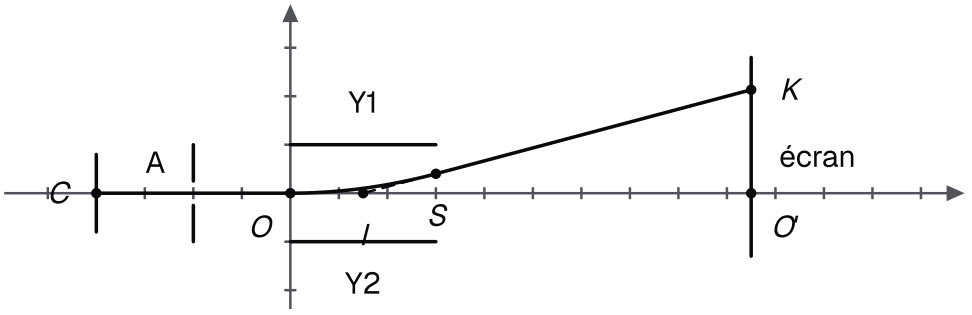
Exercice 1 6 pts

Canon et déviation verticale d'un oscilloscope analogique

Dans un oscilloscope analogique, un canon accélère des électrons, puis deux plaques horizontales (en haut) et (en bas) les dévient avant qu'ils ne frappent l'écran. Le tube est vide d'air.

Document. Schéma du tube, sans échelle : cathode , anode percée, plaques de déviation, écran. Le point est le centre de l'écran.

Données : ; ; ; .



Tube d'oscilloscope, schéma sans échelle

A.1. 0,5 pts

Partie A : le canon à électrons. Les électrons quittent la cathode avec une vitesse négligeable. Entre et l'anode , distantes de , la tension crée un champ uniforme.

Préciser le sens du champ entre et et justifier que les électrons sont accélérés vers l'anode.

INDICE

Outil : le sens du champ selon le signe de , puis le sens de la force sur une charge négative.

A.2. 0,75 pts

Établir l'expression de la vitesse des électrons à leur passage par l'ouverture de l'anode, en fonction de , et .

INDICE

Outil : la deuxième loi de Newton, appliquée sur l'axe de vers .

A.3. 0,5 pts

Calculer et vérifier qu'elle reste inférieure au dixième de .

INDICE

Outil : l'expression établie, la tension en volts.

A.4. 0,5 pts

Justifier que le poids d'un électron est négligeable dans le canon.

INDICE

Outil : la valeur du champ entre et , puis le rapport du poids à la force électrique.

B.1. 0,5 pts

Partie B : déviation verticale du faisceau. On admet que les électrons entrent en , à égale distance des plaques, avec une vitesse horizontale $\vec{}$ de valeur .

Les plaques ont pour longueur et sont distantes de ; l'écran est à du milieu des plaques. On note , de valeur . Le poids est négligé.

Préciser le sens du champ et celui de la force électrique, puis le côté de l'écran où se forme le spot.

INDICE

Outil : la plaque au potentiel le plus élevé, puis le signe de la charge de l'électron.

B.2. 1 pts

Dans le repère $\vec{}\,\vec{}$, $\vec{}$ dans le sens de $\vec{}$ et $\vec{}$ vertical vers le haut, établir les équations horaires d'un électron entre les plaques, puis l'équation de sa trajectoire.

INDICE

Début : écris la coordonnée avec son signe et projette la deuxième loi de Newton. **Ensuite :** deux primitives avec les conditions initiales en .

B.3. 0,5 pts

Calculer l'ordonnée de sortie et vérifier que le faisceau sort des plaques.

INDICE

Outil : l'équation de la trajectoire en , comparée à la moitié de .

B.4. 0,75 pts

On admet que la droite de sortie passe par . Établir l'expression de la déflexion en fonction de , , , , , et , puis calculer .

INDICE

Début : l'angle de déviation au point . **Ensuite :** le triangle rectangle de sommets , et .

B.5. 0,5 pts

Sur l'écran gradué, on mesure , à près. Cette mesure est-elle compatible avec le modèle ?

INDICE

Outil : l'intervalle de la mesure, comparé à la valeur calculée.

B.6. 0,5 pts

Synthèse. Dans l'oscilloscope, la vitesse d'entrée vérifie , où est la tension du canon. Montrer que la déflexion s'écrit ——— , puis dire comment varie la déflexion si l'on augmente .

INDICE

Outil : quelle grandeur de l'expression de la relation donnée permet-elle de remplacer ?

Exercice 2 6 pts

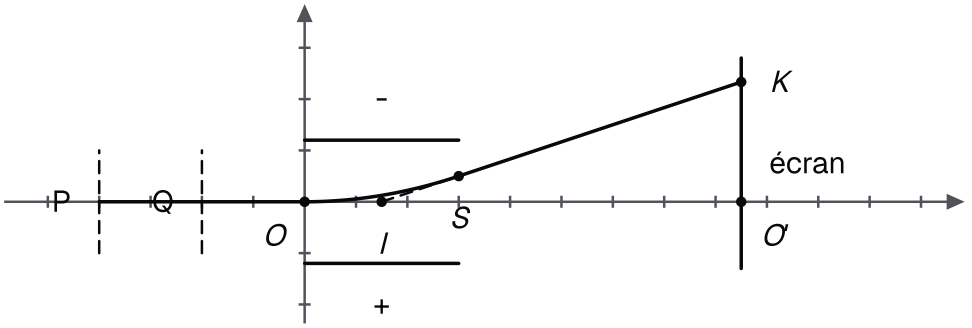
Deux isotopes du néon accélérés puis déviés

Un faisceau contient deux isotopes du néon ionisés une fois, et , de même charge . Les ions sont accélérés depuis le repos entre deux grilles et , puis déviés entre deux plaques horizontales avant d'atteindre un écran.

Document. Schéma du dispositif, sans échelle, et masses des ions.

Ion	Masse

Donnée : . Le poids des ions est négligé.



Accélération puis déviation des ions, schéma sans échelle

A.1. 0,5 pts

Partie A : accélération des deux isotopes. Les ions partent de la grille sans vitesse et sont accélérés jusqu'à la grille sous une tension de valeur .

Quel est le signe de ? Justifier.

INDICE

Outil : le signe de pour une particule accélérée.

A.2. 1 pts

Établir l'expression de la vitesse d'un ion de masse à la grille , en fonction de , et .

INDICE

Outil : la deuxième loi de Newton, appliquée sur l'axe de vers .

A.3. 0,5 pts

Calculer les vitesses et des deux isotopes à la grille .

INDICE

Outil : l'expression établie, avec la tension en volts.

A.4. 0,5 pts

Montrer que — $\sqrt{—}$ et calculer ce rapport.

INDICE

Outil : le quotient des deux expressions de la vitesse.

B.1. 1 pts

Partie B : déviation des ions. On admet qu'un ion de charge et de masse a été accéléré depuis le repos sous . Il entre en entre les plaques avec une vitesse horizontale telle que .

Les plaques ont pour longueur et sont distantes de ; la tension entre elles vaut .

Montrer que la valeur absolue de l'ordonnée de sortie s'écrit ———.

INDICE

Outil : l'ordonnée de sortie des plaques ; quelle grandeur la relation donnée permet-elle de remplacer ?

B.2. 0,5 pts

Calculer et vérifier que les ions sortent des plaques.

INDICE

Outil : l'expression précédente, toutes les grandeurs en unités SI.

B.3. 0,5 pts

L'écran est à du milieu des plaques. On admet que la déflexion vaut ——— . Calculer .

INDICE

Outil : l'expression donnée, avec les longueurs en mètres et les tensions en volts.

B.4. 0,5 pts

Sur l'écran, on n'observe qu'une seule tache, à de , à près. Cette observation est-elle en accord avec les calculs ?

INDICE

Outil : la position calculée et la dépendance de en la masse.

B.5. 1 pts

Synthèse. Les deux isotopes ont, à l'entrée des plaques, les vitesses et . Proposer une grandeur mesurable qui les distingue, puis calculer la différence de leurs durées de traversée des plaques.

INDICE

Début : la vitesse horizontale reste constante entre les plaques. **Ensuite :** compare les durées de parcours de la longueur .

Exercice 3

6 pts

Quantification de la charge de gouttelettes d'huile

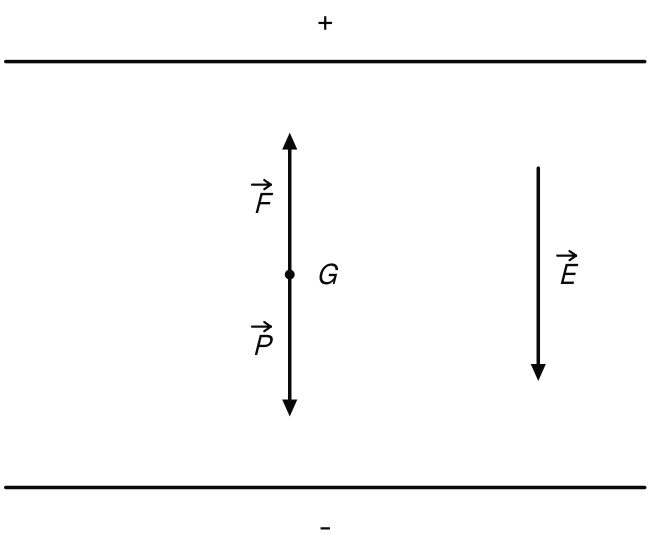
Une expérience historique de mesure de la charge élémentaire consiste à immobiliser de fines gouttelettes d'huile chargées entre deux plaques horizontales.

La plaque supérieure est positive ; les plaques sont distantes de . Les masses des gouttelettes sont déterminées par ailleurs ; la poussée de l'air est négligée.

Document. Gouttelettes immobiles : masse et tension d'équilibre.

Gouttelette	( )	(V)

Données : ; ; .



Gouttelette immobile entre deux plaques horizontales

A.1.

0,5 pts

Partie A : charges des gouttelettes. Faire le bilan des forces exercées sur une gouttelette immobile et en déduire le signe de sa charge.

INDICE

Outil : la condition d'équilibre et le sens du champ entre les plaques.

A.2. 0,75 pts

Établir l'expression de la valeur absolue de la charge d'une gouttelette immobile en fonction de , , et .

INDICE

Outil : l'égalité des valeurs des deux forces, et le champ entre deux plaques.

A.3. 1 pts

Calculer la valeur absolue de la charge de chacune des quatre gouttelettes.

INDICE

Outil : la relation précédente, avec en mètres et en kilogrammes.

A.4. 0,75 pts

Montrer que ces charges sont des multiples entiers d'une même valeur, et en déduire une valeur de la charge élémentaire.

INDICE

Outil : compare les charges entre elles.

B.1. 0,5 pts

Partie B : inversion du champ. Une gouttelette est immobile entre les mêmes plaques, distantes de , sous la tension , la plaque supérieure étant positive. À la date , on inverse la polarité sans changer la valeur de la tension.

Les frottements de l'air et la poussée de l'air sont négligés à cet instant.

Faire le bilan des forces exercées sur la gouttelette juste après l'inversion.

INDICE

Outil : l'effet de l'inversion sur le sens du champ.

B.2. 1,25 pts

Montrer qu'à cet instant l'accélération de la gouttelette vaut , préciser son sens, puis la calculer.

INDICE

Outil : la deuxième loi de Newton dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

B.3. 1,25 pts

Synthèse. Un électron placé entre les mêmes plaques, sous , subit la force électrique . Comparer, pour l'électron, le poids à cette force. Expliquer pourquoi le poids est gardé pour la gouttelette et négligé pour l'électron.

INDICE

Début : calcule le champ, puis les deux forces exercées sur l'électron. **Ensuite :** compare les rapports — dans les deux cas.

Exercice 4 6 pts

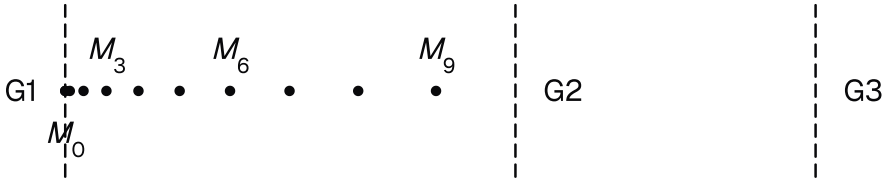
Accélérateur de protons à deux étages et déflecteur

Un petit accélérateur comporte trois grilles parallèles , et . Des protons partent de sans vitesse ; ils sont accélérés entre et , distantes de , sous , puis entre et sous . Le poids est négligé.

Document. Enregistrement des positions d'un proton entre et par un détecteur rapide, toutes les ; est la distance , relevée à près.

Position	(mm)

Données : ; ; .



Positions du proton dans le premier étage

A.1. 0,5 pts

Partie A : les deux étages accélérateurs. Donner le signe des tensions et pour que les protons soient accélérés.

INDICE

Outil : le signe de pour une particule accélérée.

A.2. 0,75 pts

À l'aide du document, montrer que le mouvement du proton entre et est rectiligne et uniformément accéléré, et en déduire la valeur de son accélération.

INDICE

Début : calcule les distances parcourues pendant chaque durée . **Ensuite :** regarde comment elles varient d'un intervalle au suivant.

A.3. 0,5 pts

Calculer l'accélération prévue par la deuxième loi de Newton. Commenter l'écart avec la valeur tirée de l'enregistrement.

INDICE

Outil : l'accélération d'une particule chargée dans un champ uniforme, avec ——.

A.4. 0,5 pts

Calculer la vitesse d'un proton à la grille .

INDICE

Outil : la vitesse acquise depuis le repos sous une tension accélératrice.

A.5. 0,5 pts

Montrer que la vitesse à la grille vérifie ————, puis calculer .

INDICE

Début : applique la relation de la vitesse acquise au second étage, avec une vitesse initiale non nulle.

B.1. 0,5 pts

Partie B : le déflecteur. On admet que les protons entrent en , au milieu de deux plaques horizontales, avec une vitesse horizontale . Les plaques ont pour longueur et sont distantes de ; on veut dévier les protons vers le bas.

Quelle plaque doit être positive ? Justifier.

INDICE

Outil : pour une charge positive, la force a le sens du champ.

B.2. 0,75 pts

Écrire la valeur absolue de l'ordonnée de sortie en fonction de la tension entre les plaques et des données.

INDICE

Outil : l'ordonnée de sortie des plaques, avec le champ exprimé à partir de et .

B.3. 0,5 pts

Déterminer l'expression de la tension maximale pour laquelle les protons sortent du déflecteur, puis calculer sa valeur.

INDICE

Outil : la condition de sortie des plaques, résolue en .

B.4. 0,5 pts

L'opérateur règle la tension sur . Calculer , puis l'angle de déviation .

INDICE

Outil : l'expression de , puis la position du point d'intersection de la droite de sortie avec l'axe.

B.5. 1 pts

Synthèse. La vitesse d'entrée dans le déflecteur vérifie , où est la tension accélératrice totale. Montrer que —— , puis calculer la tension totale minimale qui permet de dévier les protons sous sans qu'ils heurtent une plaque.

INDICE

Outil : quelle grandeur de l'expression de la relation donnée permet-elle de remplacer ? **Ensuite :** traduis la condition de sortie sous .

Exercice 5

6 pts

Trajectoire et déflexion d'un faisceau d'électrons en TP

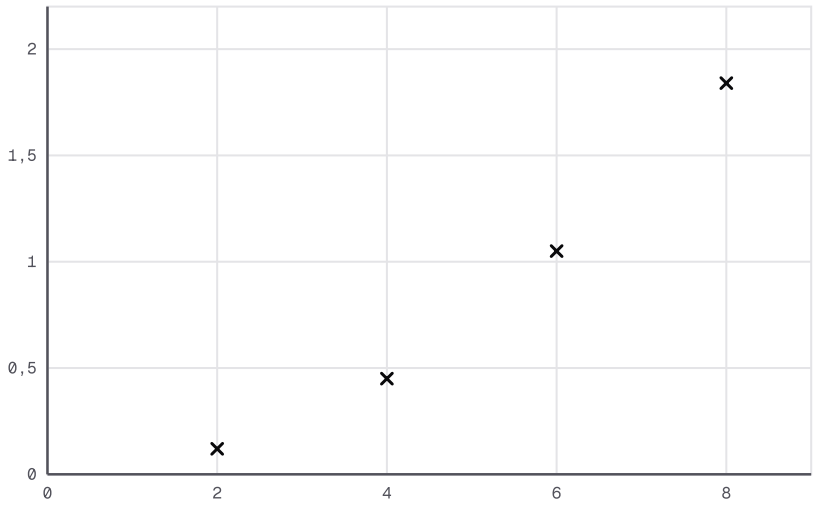
En travaux pratiques, on étudie des faisceaux d'électrons sur deux montages à vide. Dans le premier, un petit écran mobile, déplacé entre deux plaques horizontales, repère le point d'impact du faisceau pour plusieurs abscisses.

Dans le second, le faisceau dévié par deux autres plaques frappe un écran gradué.

Document. Relevé de la trajectoire dans le premier montage : ordonnée du point d'impact pour plusieurs abscisses , comptées depuis le point d'entrée .

(cm)	(cm)

Données : ; ; .



× Points de mesure

Ordonnée du point d'impact en fonction de l'abscisse

A.1. 0,5 pts

Partie A : forme de la trajectoire. Dans le premier montage, les électrons, accélérés sous , entrent en avec une vitesse horizontale telle que . Les plaques sont distantes de , sous la tension ; la plaque supérieure est positive.

Faire le bilan des forces exercées sur un électron entre les plaques, en justifiant que le poids est négligé.

INDICE

Outil : le champ entre les plaques, la force électrique, puis le rapport du poids à cette force.

A.2. 0,75 pts

Dans le repère $\vec{\ }\vec{\ }$, $\vec{\ }$ dans le sens de $\vec{\ }$ et $\vec{\ }$ vertical vers le haut, établir l'équation de la trajectoire de l'électron.

INDICE

Début : la deuxième loi de Newton projetée, avec . **Ensuite :** deux primitives, puis l'élimination du temps.

A.3. 0,75 pts

Montrer que le relevé du document confirme la forme de la trajectoire, et déterminer le coefficient tel que , en .

INDICE

Outil : quelle grandeur faut-il porter en abscisse pour obtenir une droite si la trajectoire est une parabole ? **Point délicat :** le passage des aux .

A.4. 0,75 pts

Montrer que la théorie prévoit ——, calculer cette valeur et la comparer au relevé.

INDICE

Outil : quelle grandeur de l'équation de la trajectoire la relation donnée permet-elle de remplacer ?

B.1. 1 pts

Partie B : déflexion sur l'écran. Dans le second montage, les électrons entrent entre deux plaques de longueur , distantes de ; l'écran est à du milieu des plaques. Leur vitesse d'entrée est inconnue.

Proposer un protocole pour vérifier que la déflexion est proportionnelle à la tension entre les plaques et pour mesurer le coefficient tel que : montage, réglages fixes, mesures, exploitation.

INDICE

Début : ce qui doit rester constant pour que le soit. **Ensuite :** les appareils de mesure, puis la représentation graphique.

B.2. 0,75 pts

Donner l'expression de en fonction de , , , , et .

INDICE

Outil : la déflexion électrostatique sur un écran, pour une charge de valeur absolue .

B.3. 0,5 pts

Le protocole donne les mesures ci-dessous. En déduire la valeur de .

(V)	(mm)

INDICE

Outil : le rapport — pour chaque mesure. **Point délicat :** en mètres.

B.4. 1 pts

Synthèse. Le canon du second montage est réglé sur , et la vitesse d'entrée vérifie . Montrer que ——, calculer la tension du canon déduite des mesures et la comparer à ce réglage.

Dans le premier montage, le champ valait . Expliquer enfin en quoi le mouvement entre les plaques ressemble à celui d'un projectile lancé horizontalement, et en quoi il en diffère.

INDICE

Outil : quelle grandeur de l'expression de la relation donnée permet-elle de remplacer ? **Ensuite :** compare les accélérations dans les deux situations.