

En physique, le concours de recrutement comporte les épreuves de classement suivantes :

Deux épreuves écrites :

1. La première épreuve écrite, d'une durée de trois heures, porte sur la mécanique, la thermodynamique et l'optique.
2. La deuxième épreuve écrite, d'une durée de trois heures, porte sur l'électricité, le magnétisme et la physique moderne.

Les deux épreuves sont dotées chacune du coefficient 1.

Une épreuve orale :

L'épreuve orale, d'une durée d'une heure et demie (préparation : 60 minutes, présentation et discussion : 30 minutes), porte sur un des thèmes du programme.

L'épreuve est dotée du coefficient 1.

Remarques générales

Les sujets de physique sur lesquels portent les trois épreuves de classement sont des sujets susceptibles de figurer au programme de l'enseignement secondaire.

Lors de chacune des deux épreuves écrites, les réponses sont à formuler dans la langue dans laquelle les questions ont été posées, c'est-à-dire respectivement en français et en allemand.

Les candidats sont libres de choisir la langue, français ou allemand, dans laquelle ils présentent les réponses à l'épreuve orale.

Pendant toute la durée des épreuves écrites, les candidats sont autorisés à consulter les manuels de leur choix.

Pendant les 60 minutes de préparation lors de l'épreuve orale, les candidats sont autorisés à consulter le recueil de formules « Horst Kuchling : Taschenbuch der Physik ». Les candidats ont le droit d'apporter leur propre exemplaire de cet ouvrage. À défaut, ils peuvent consulter un exemplaire mis à leur disposition.

Le thème général de l'épreuve orale (mécanique, thermodynamique, optique, électromagnétisme, physique moderne) est annoncé aux candidats lors de la réunion préliminaire.

Programme pour le concours de recrutement en physique

Mécanique

Statique

Forces, composition et décomposition de forces, moment de force, couple de forces, équilibres.

Centre de forces parallèles, centre de gravité.

Action et réaction.

Pression, pression et forces dans les fluides, poussée d'Archimède.

Cinématique

Vitesse, accélération, mouvement rectiligne, circulaire, curviligne quelconque, harmonique.

Dynamique

Principe d'inertie, centre d'inertie, masse, moment d'inertie.

Quantité de mouvement, moment cinétique.

Gravitation universelle.

Forces et principes de Newton.

Pendule pesant, pendule élastique, pendule de torsion. Oscillateurs harmoniques.

Référentiels accélérés, forces d'inertie.

Dynamique des fluides.

Énergie

Travail et puissance, énergies cinétiques de translation, de rotation.

Énergies potentielles. Forces conservatrices et non-conservatrices, potentiels.

Forces de frottement.

Vibrations et ondes

Mouvement vibratoire, périodiques, harmoniques et propagation dans des milieux.

Composition de vibrations.

Interférences, ondes stationnaires, diffraction, principe de Huygens.

Oscillations forcées, résonance.

Effet Doppler.

Acoustique

Grandeurs acoustiques, instruments de musique, gammes.

Thermodynamique

Thermométrie

Dilatation des corps, échelles de température, lois des gaz parfaits et réels.

Calorimétrie

Échanges de chaleur, propagation de chaleur, conduction thermique, radiation des corps, radiation du corps noir. Équilibre thermique.

Thermodynamique

Échanges de chaleur et de travail, principes de la thermodynamique, transformations réversibles et irréversibles, entropie, potentiels thermodynamiques.

Optique

Optique géométrique

Propagation de la lumière, ombres.
Réflexion et réfraction.
Miroirs et lentilles, instruments d'optique.
Mesures de la vitesse de la lumière.

Optique ondulatoire

Interférences, diffraction, diffusion et dispersion. Couleurs. Polarisation.

Électricité et magnétisme

Électricité statique

Charges électriques, conducteurs-isolants. Champs électriques. Densité surfacique de charge. Condensateurs. Énergie d'un champ électrique. Dipôle électrique.

Courant continu

Effets, tension, intensité, résistance.
Résistivité, conductivité, supraconductivité.
Dipôles actifs et passifs.
Énergie et puissance électrique.
Condensateurs.
Semi-conducteurs, diodes et transistors.
Groupements de dipôles.
Circuits logiques, amplificateurs opérationnels.
Champs magnétiques. Champs d'induction magnétique, champ magnétisant et aimantation.
Paramagnétisme, diamagnétisme et ferromagnétisme.
Force de Lorentz, effet Hall, pompe électromagnétique, spectroscope de masse, cyclotron.
Force de Laplace, moment magnétique.
Moteurs électriques.
Équations de Maxwell.

Courants variables

Induction électromagnétique de Faraday, auto-induction.
Transformateurs, transport de l'énergie électrique.
Moteurs électriques et alternateurs.
Circuits oscillants.
Circuits RLC, oscillations électriques forcées, résonance.
Puissance instantanée et puissance moyenne.
Courant triphasé.
Ondes électromagnétiques.
Antennes.

Physique moderne

Effet photoélectrique, effet Compton, production de paires.
Production et détection des particules à haute énergie.
Mécanique relativiste, chocs entre particules de haute énergie.
Spectres atomiques, modèle de Bohr.
Quantification. Relation d'incertitude.
Nature ondulatoire des particules, longueur d'onde de De Broglie.
Rayons X.
Noyau atomique, énergie de liaison.
Radioactivité, rayonnements, lois de conservation, équations-bilan.
Loi de la décroissance radioactive, applications, dangers.
Fission, fusion.
Réacteurs nucléaires.

Remarques

Les candidats doivent connaître les unités SI et les unités usuelles des grandeurs physiques ainsi que les principes de fonctionnement des instruments de mesure.

Les outils mathématiques et leur emploi en physique doivent être connus, notamment : vecteurs, système d'équation, trigonométrie, nombres complexes, fonctions usuelles, fonctions exponentielle et logarithmique, calcul différentiel et intégral, équations différentielles.

Les candidats doivent maîtriser le langage scientifique.

Les candidats doivent connaître les programmes de physique en vigueur dans les différents ordres d'enseignement.

Mécanique

A) Cinématique

A l'instant $t = 0s$, un mobile au repos se situe à l'origine de l'axe Ox . Il effectue ensuite un mouvement rectiligne à trois phases.

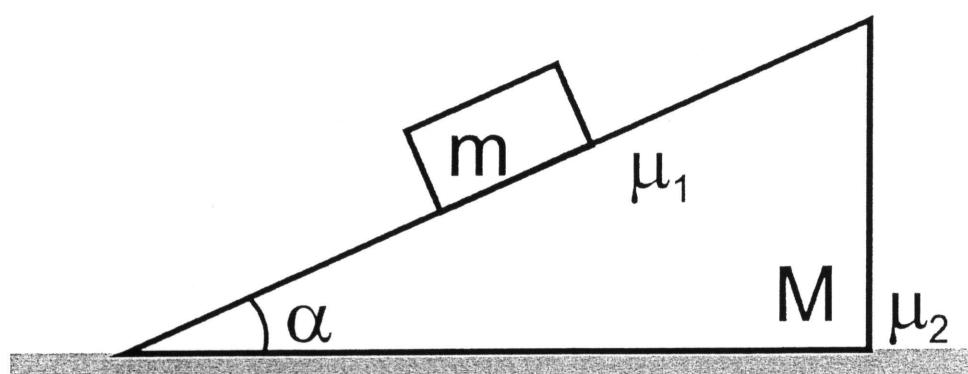
- Phase A: il accélère uniformément et parcourt 9 m en 3 s.
- Phase B: il conserve la vitesse finale de la phase A pendant 6 s.
- Phase C: il décélère uniformément jusqu'à l'arrêt. Cette phase dure 6 s.

On néglige les accélérations entre les différentes phases.

1. Trouver, en unités SI, les équations numériques gouvernant l'évolution temporelle de l'abscisse $x(t)$, de la vitesse $v_x(t)$ et de l'accélération $a_x(t)$. L'instant $t = 0s$ correspond au début de la phase A. **(6 p)**
2. Donner les représentations graphiques de $x(t)$, $v_x(t)$ et $a_x(t)$ entre les instants $t = 0s$ et $t = 15s$. **(3 p)**

B) Dynamique

Un bloc de masse m glisse le long d'un plan incliné de masse M et d'angle α . Le coefficient de frottement entre le bloc et le plan incliné vaut μ_1 et celui entre le plan incliné et le sol horizontal vaut μ_2 . On suppose que le plan incliné est au repos par rapport au sol.



1. Enumérer et représenter les forces agissant **sur le bloc** ainsi que celles agissant **sur le plan incliné**. Utiliser 2 couleurs pour distinguer les 2 ensembles de forces. **(3,5 p)**
2. Etablir l'expression de l'accélération **du bloc**, si le plan incliné est au repos. **(1,5 p)**
3. Quelle condition (formulée en fonction de m, M, α, μ_1 et g) doit vérifier μ_2 pour que **le plan incliné** soit effectivement au repos? **(6 p)**

Optik (20 Punkte)

1. Aus dem Physikbuch eines 9Te Schülers:

“Aufgrund der großen Entfernung der Erde zur Sonne empfangen wir das Licht der Sonne als nahezu parallele Strahlen.”

Der Schüler wundert sich und schildert dem Physiklehrer folgende Beobachtung: Wenn die Wolken die Sonne abschirmen, und das Sonnenlicht nur durch einzelne Lücken in der Wolkendecke fällt, scheint es so als würden die Lichtstrahlen alle aus einem Punkt kommen.



Erklären Sie dem Schüler den scheinbaren Widerspruch ohne eine Gleichung zu benutzen. (6P)

2. Das menschliche Auge erzeugt von Gegenständen scharfe Bilder auf der Netzhaut. Bei Jugendlichen können Gegenstände die sich nah am Auge befinden noch scharf auf der Netzhaut abgebildet werden. Im Alter wird die Anpassungsfähigkeit für die Nähe geringer; deshalb hat man als Bezugssehweite (deutliche Sehweite) eine Entfernung von 25 cm festgelegt.

- a. Ein Auge kann zwei Punkte eben noch getrennt sehen, wenn ihr Abstand unter einem Sehwinkel von $2'$ erscheint. Auf welcher Distanz würde man die folgenden beiden Punkte noch getrennt sehen? (2P)

. .

Wie groß ist der Sehwinkel wenn die gleichen Punkte in der Bezugssehweite betrachtet werden?(2P)

- b. Mit Hilfe einer Sammellinse der Brennweite $f = 10 \text{ cm}$ soll ein Gegenstand mit völlig entspanntem Auge betrachtet werden.
- Wie groß muss die Distanz zwischen Sammellinse und Gegenstand sein. Erkläre.(2P)
 - Bestimme die Vergrößerung Γ der Sammellinse, sowie den Sehwinkel unter dem die beiden Punkte in a. erscheinen (2P)
- c. Wie groß ist die wirkliche Vergrößerung einer Sammellinse der Brennweite $f = 10 \text{ cm}$, wenn sich die Distanz zwischen Gegenstand und Sammellinse 8cm beträgt und das Auge sich 15 cm hinter der Sammellinse befindet?(6P)

Compression isotherme irréversible de l'hélium

Sur un piston de section 10 cm^2 , de masse négligeable, enfermant une mole d'hélium dans un cylindre à parois thermiquement conductrices, on dépose une masse de 20 kg. Ce gaz parfait, initialement à la pression $p_1 = 1 \text{ bar}$, est comprimé de façon isotherme et irréversible du fait de frottements, à la température de $T = 300 \text{ K}$. Le piston se stabilise à une certaine hauteur lorsque sa pression est p_2 et son volume V_2 .

- a) Calculez le rapport $x = p_2 / p_1$.
- b) Quelle est la variation de l'énergie interne subie par le gaz au cours de la compression ? Pourquoi ?
- c) Comment évolue la pression du gaz au cours de la compression ?
- d) Déterminez le travail reçu par le gaz au cours de la compression. Exprimez votre résultat en termes de x et T .
- e) Déterminez, également en fonction de x et T , la chaleur échangée avec le milieu extérieur au cours de la compression.
- f) Le bilan entropique relatif à la compression subie par le gaz peut s'écrire sous la forme:
 $\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_{\text{rev}} + \Delta S_{\text{irrev}}$, où ΔS_{tot} représente la variation d'entropie totale, ΔS_{rev} la variation d'entropie associée à des processus réversibles et ΔS_{irrev} la variation d'entropie associée à des processus irréversibles. Déterminez, en fonction de x ,
 - i) ΔS_{tot} ,
 - ii) ΔS_{rev} et
 - iii) ΔS_{irrev}

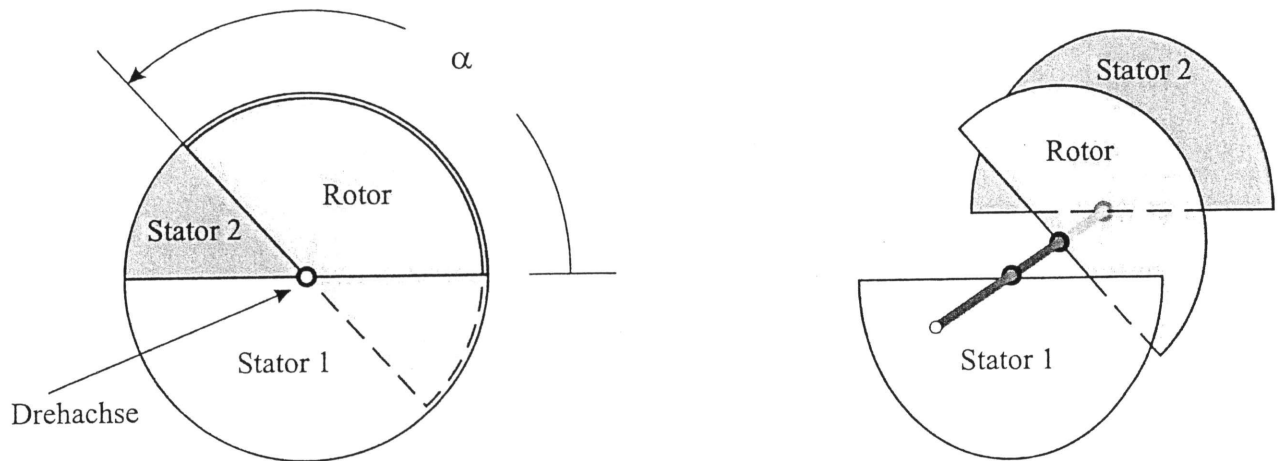
Pensez aux applications numériques! Il est important aussi de justifier vos réponses. Évitez donc de fournir seulement des formules !

Répartition des points : $2+2+3+3+2+(3+3+2)= 20$ points

1. Elektrizität

Luftdrehkondensator

Ein Luftdrehkondensator besteht aus zwei feststehenden und einer drehbar gelagerten halbkreisförmigen Platten (2 Statoren und ein Rotor).



Die Abstände zwischen Stator 1 und dem Rotor sowie Stator 2 und Rotor sind gleich groß.

Der Kondensator kann als ideal angesehen werden, die Drehachse ist nichtleitend und vernachlässigbar klein.

- Bestimmen Sie die Kapazitäten zwischen Rotor und Stator 1 sowie zwischen Rotor und Stator 2 in Abhängigkeit des Winkels α . (5 Punkte)
- Die beiden Statoren seien nun elektrisch miteinander verbunden. Zeigen Sie, dass die Gesamtkapazität dieses Drehkondensators unabhängig vom Winkel α ist. (5 Punkte)
- Nun werde dieser Kondensator auf eine Spannung U geladen. Anschließend wird der Rotor in Drehbewegung gesetzt und die Stromstärke $i(t)$ zwischen beiden Statoren gemessen. Zeigen Sie den Zusammenhang zwischen der Stromstärke und der Winkelgeschwindigkeit ω des Rotors. (5 Punkte)
- Der Rotor drehe mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω . Zeichnen Sie das i - t -Diagramm. (5 Punkte)

Magnétisme

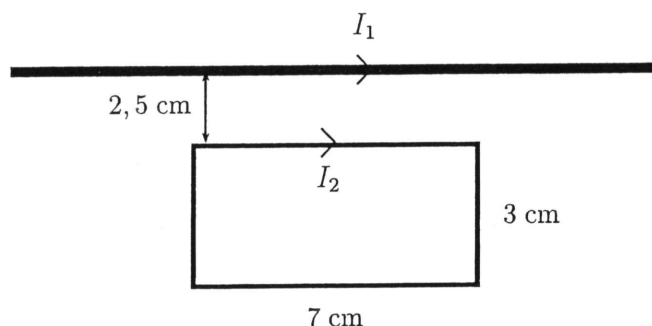
1 Théorie (5 points)

En magnétostatique, le *théorème d'Ampère* permet de déterminer la valeur du champ magnétique grâce à la donnée des courants électriques. La circulation du champ magnétique \vec{B} le long d'une courbe C quelconque, orientée et fermée, que l'on appelle *contour d'Ampère*, est égale au produit de la perméabilité du vide par la somme algébrique des courants qui traversent la surface délimitée par C .

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot I_C$$

Utiliser ce théorème pour établir l'expression de la norme du champ magnétique qui règne à une distance r d'un fil droit très long, parcouru par un courant électrique d'intensité I .

2 Exercice (15 points)



Le fil de fer droit (très long) représenté sur la figure est parcouru par un courant continu d'intensité $I_1 = 45$ A.

Le cadre rectangulaire (de longueur 7 cm et de largeur 3 cm), dont les côtés les plus longs sont parallèles au fil de fer, est parcouru par un courant continu d'intensité $I_2 = 20$ A.

1. Recopier la figure et ajouter les vecteurs des *champs magnétiques* et des *forces magnétiques* que le fil de fer exerce sur chaque segment du cadre (les normes des forces ne doivent *pas* être représentées à l'échelle). (3)
2. Calculer l'intensité de la force magnétique résultante que le fil de fer exerce sur le cadre. Quelle sont la direction et le sens de cette force résultante? (12)

3. Atom- und Kernphysik

3.1 Nukleare Bindungsenergie

- a) Bestimmen Sie die nukleare Bindungsenergie des Atomkerns ^{56}Fe , der eine Masse von 55,934 936 u hat.
- b) Skizzieren Sie ein Diagramm, in dem Sie die nukleare Bindungsenergie pro Nukleon in Abhängigkeit der Nukleonenzahl eines Atomkerns auftragen.
- c) Erklären Sie mit Hilfe des Diagramms: Kernspaltung, Kernfusion.
- d) Erläutern Sie anhand des Diagramms den Vorteil eines Fusionsreaktors gegenüber einem herkömmlichen Kernkraftwerk.

(2+2+2+1=7 Punkte)

3.2 Kernkraftwerk

Ein Kernkraftwerk gibt eine mittlere Leistung von 350 MW an elektrischer Energie ab. Dazu benötigt es jährlich 7,7 Tonnen Uran. Das angereicherte Uran enthält 5,0 % spaltbares ^{235}U . Der Gesamtwirkungsgrad der Anlage beträgt 35 %.

- a) Berechnen Sie die mittlere Energie (in MeV), die pro Kernspaltung freigesetzt wird.
- b) Wie groß ist der relative Massendefekt (in %), der in einer Kernspaltung beobachtbar ist?
- c) In einer der möglichen Kernspaltungen entsteht ein ^{140}Xe -Atomkern und es werden drei Neutronen freigesetzt. Schreiben Sie die entsprechende Kernreaktionsgleichung auf.
- d) Das in den Kernspaltungen entstehende ^{140}Xe erfährt einen β^- -Zerfall. Schreiben Sie die Kernzerfallsgleichung auf.
- e) Erläutern Sie, welche Erhaltungsgröße jeweils für das Auftreten der einzelnen Teilchen nach dem β^- -Zerfall verantwortlich ist.
- f) Das Isotop ^{140}Xe hat eine Halbwertszeit von 13,6 s. Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Atomkern dieses Isotops innerhalb einer Sekunde zerfällt?

(6+2+1+1+2+1=13 Punkte)

Masse Proton: 1,007 276 u

Masse Neutron: 1,008 665 u

Periodentafel der chemischen Elemente umseitig

Periodensystem der Elemente

[illegible]

Mouvement d'un cylindre le long d'un plan incliné et forces de frottement

Un plan incliné fait un angle α avec l'horizontale. Il a une longueur L . L'accélération de la pesanteur est g .

Un cylindre plein homogène de rayon R et de masse M descend le plan incliné sans vitesse initiale.

Il roule sans glisser.

Démontrez que ce mouvement n'est pas possible sans force de frottement.

S'agit-il de la force de frottement statique ou cinétique ?

Donnez les lois des deux forces de frottement.

Faites un dessin avec toutes les forces intervenant.

Calculer le travail total fourni par toutes les forces. Expliquer la contribution au travail de chaque force.

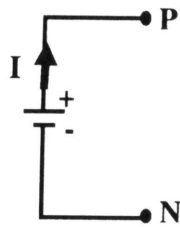
Calculer la vitesse du cylindre à la fin du plan incliné.

Calculer la vitesse du cylindre s'il glisse parfaitement sans rouler.

Application numérique: $L = 1 \text{ m}$; $M = 1 \text{ kg}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$; $R = 10 \text{ cm}$; $\alpha = 30^\circ$.

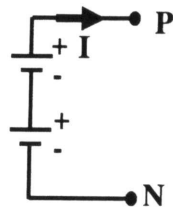
Lois de Kirchhoff

1. Rappeler et expliquer la loi d'Ohm pour un générateur.



2. Tracer la courbe de la différence de potentiel aux bornes du générateur en fonction de l'intensité de courant traversant le générateur. Justifier l'allure de votre courbe et indiquer la tension à vide, ainsi que l'intensité de court-circuit.

3. On branche maintenant deux générateurs identiques en série entre les points P et N.



Tracer sur le graphique précédant, la courbe de la différence de potentiel entre les points P et N en fonction de l'intensité de courant traversant le générateur. Justifier sans calculs l'allure de votre courbe.

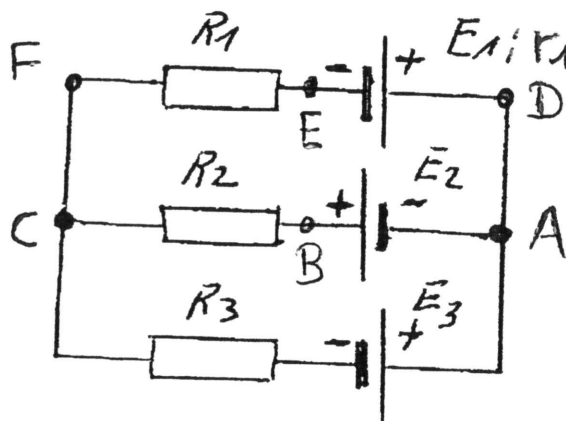
4. Rappeler et expliquer les lois de Kirchhoff. Définir une convention de signes.

5. A l'aide des lois de Kirchhoff, calculer l'intensité du courant dans les trois branches du circuit ci-dessous.

Trouver le sens des courants dans chaque branche.

Calculer la différence de potentiel:

- entre A et C
- entre D et B
- entre F et E



$$E_1 = 12 \text{ V} ; E_2 = 6 \text{ V} ; E_3 = 3 \text{ V} ;$$

$$R_1 = r_1 = R_2 = R_3 = 3 \Omega.$$