

Mechanik

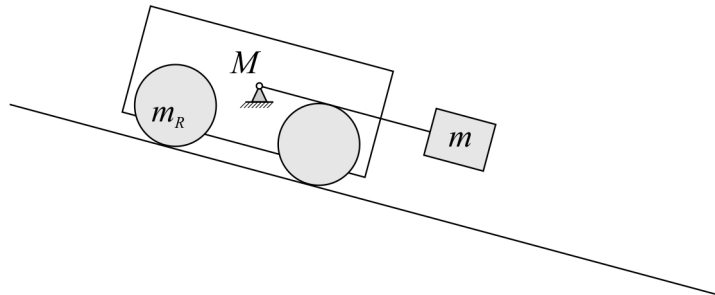
(20 Punkte)

1. Bremsanlage

Ein Wagen rollt eine schiefe Ebene (Winkel zur Horizontalen: 15°) hinab und wird mit Hilfe einer Bremsanlage gemäß Bild abgebremst.

Die Masse des Wagens ohne Räder beträgt $M = 1,0 \text{ kg}$. Die Masse eines Rades beträgt $m_R = 0,10 \text{ kg}$ und dessen Trägheitsmoment kann mit $\frac{1}{2}m_R r^2$ bestimmt werden.

Die Länge des Hebels wird mit l bezeichnet, der Abstand zwischen Lager und Vorderrad beträgt $\frac{l}{3}$, die Masse des Hebels kann vernachlässigt werden. Die Gleitreibungszahl zwischen dem Rad und der Hebelstange beträgt $0,15$. Alle anderen Reibungskräfte sind vernachlässigbar klein.



Bestimmen Sie, welche Masse m am Hebel angebracht werden muss, damit der Wagen bei einer Anfangsgeschwindigkeit von $1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ nach einem Bremsweg von 2 m zum Stehen kommt.

(10 Punkte)

2. Federpendel

Eine Feder dehnt sich durch das Anhängen der Masse m um 12 cm aus. Anschließend wird die Feder aus der Gleichgewichtslage nach unten gezogen und losgelassen, wodurch die Masse m eine harmonische Schwingung vollführt und sich mit einer Geschwindigkeit von $4 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ durch ihre Gleichgewichtslage bewegt.

2.1 Bestimmen Sie die Periodendauer dieses Pendels! (4 Punkte)

2.2 Bestimmen Sie die Amplitude der Schwingung! (3 Punkte)

2.3 Bestimmen Sie den Aufenthaltsort der Masse 1 s nach dem Loslassen! (3 Punkte)

Optique

1 Lentilles

Une lentille *convergente* donne d'un *objet réel* une *image virtuelle agrandie*. En déplaçant la lentille de 24 cm, on obtient une *image réduite*. Dans les deux cas, la distance objet-image vaut 60 cm.

1. Dans le deuxième cas, l'image est-elle réelle ou virtuelle ? Justifier ! (1)
2. Faut-il éloigner ou approcher la lentille de l'objet lors du déplacement ? Justifier ! (1)
3. Calculer, figures à l'appui, la distance focale de la lentille. (12)

2 Réfraction / Réflexion totale

Un rayon lumineux passe d'un milieu optique 1 d'indice de réfraction n_1 vers un milieu optique 2 d'indice de réfraction n_2 .

1. Démontrer, en utilisant les lois de Snell-Descartes, qu'une réflexion totale ne peut avoir lieu que si $n_2 < n_1$. (3)
2. On mesure que l'angle d'incidence limite vaut 60° . Pour un angle d'incidence qui dépasse cet angle limite, on a réflexion totale. Calculer la célérité de la lumière dans le milieu 2, sachant que $n_1 = 1,3$. (3)

Thermodynamik

20 Punkte (10+4+4+2)

Gegeben sei ein Mol eines zweiatomigen Gases ($C_V = \frac{5}{2} R$; $C_p = \frac{7}{2} R$) bei einer Anfangstemperatur von 20°C und einem Druck von $5,00$ bar.

Schritt I: Das Gas expandiert adiabatisch bis der Druck nur noch $1,00$ bar beträgt.

Schritt II: Anschließend wird es bei konstantem Druck wieder auf die Temperatur von 20°C erwärmt.

Schritt III: Im nächsten Schritt wird es bei konstantem Volumen bis zu einem Druck von $5,00$ bar erwärmt.

Schritt IV: Zum Schluss wird es bei konstantem Druck komprimiert, bis der Anfangszustand wieder erreicht ist.

1. Erstellen Sie ein genaues p-V-Diagramm dieses Kreisprozesses indem Sie alle Zustandsgrößen bestimmen!
2. Berechnen Sie die Wärme für alle einzelnen Schritte und geben Sie jeweils an, ob es sich um aufgenommene oder abgegebene Wärme handelt!
3. Berechnen Sie die Arbeit für alle einzelnen Schritte und geben Sie jeweils an, ob die Arbeit abgegeben oder zugeführt wird!
4. Angenommen, eine thermische Maschine würde nach diesem Kreisprozess funktionieren, bestimmen Sie die Leistungszahl ε dieser fiktiven Maschine!

ÉLECTRICITÉ (répartition des points : 2+5+3+5+1+1+3=20)

- I. Deux sphères métalliques A et B (à très grande distance l'une de l'autre) sont chargées de façon à ce que les potentiels électriques à leurs surfaces soient égaux. Soient Q_A et Q_B les charges électriques respectives sur les deux objets. On sait que le rayon R_A de la sphère A est trois fois plus grand que le rayon R_B de la sphère B.
- Décrivez qualitativement la répartition des charges sur les deux sphères.
 - Déterminez le rapport $\frac{\sigma_B}{\sigma_A}$ où σ_A respectivement σ_B désignent les densités de charge surfacique (charge par unité de surface) aux surfaces des deux sphères métalliques.
 - Un expérimentateur porte la charge Q_C sur le corps métallique C. Exploitez le résultat obtenu sous Ib) pour décrire qualitativement la répartition de charge à la surface de C.



- II. Une petite sphère immobile porte la charge électrique nette inconnue Q . Pour déterminer la charge Q vous réalisez l'expérience que voici : à très grande distance de Q vous lancez une particule de faible taille, de masse $m = 4,00 \cdot 10^{-4}$ kg et portant la charge $q = 5,00 \cdot 10^{-8}$ C, tout en veillant à ce que la trajectoire rectiligne du projectile traverse le centre de la sphère. Le dispositif expérimental que vous utilisez vous permet de mesurer la vitesse v de la particule en fonction de la distance x qui la sépare du centre de la sphère.
- Comme la masse de la sphère est largement supérieure à celle du projectile vous pouvez admettre que la sphère demeure immobile tout au long de l'expérience. De plus, étant donné que toutes les valeurs x mesurées sont très grandes par rapport aux rayons respectifs de la sphère et du projectile, vous pouvez traiter les deux objets en tant que masses ponctuelles.
- En représentant graphiquement les valeurs v^2 en fonction de x^{-1} , vous observez des points qui, en très bonne approximation, sont alignés. Une régression linéaire fournit l'équation :

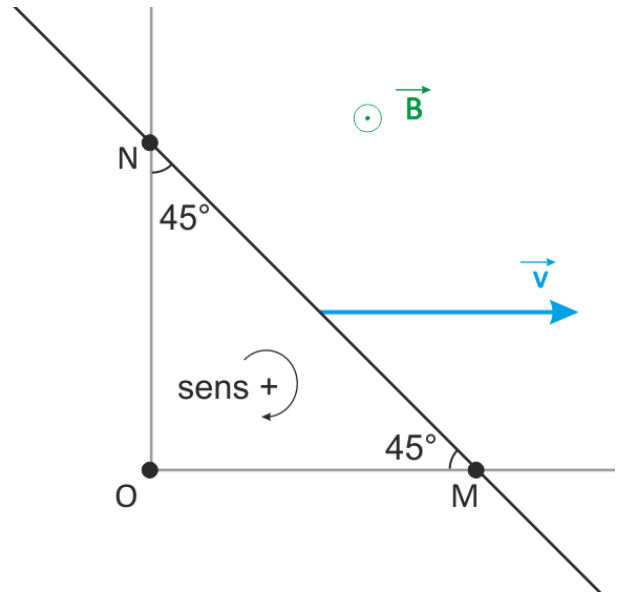
$$v^2 = 400 - \frac{15,75}{x} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right)$$

- Justifiez rigoureusement pourquoi le graphe est linéaire.
- Déterminez la vitesse initiale v_0 du projectile (c-à-d. sa vitesse lorsqu'il se trouve à très grande distance de la sphère).
- Quelle est la charge Q portée par la sphère ?
- Calculez la distance minimale entre la sphère et le projectile (en vous basant toujours sur les hypothèses formulées ci-dessus).

Magnétisme : Induction lors d'une translation

On considère 2 conducteurs très longs immobiles soudés perpendiculairement l'un à l'autre au point O.

Un autre conducteur mobile très long forme un angle de 45° avec les deux autres conducteurs. On note M et N les points de contact et on pose $OM = x \geq 0$. À l'instant initial $t = 0$ s, M et N coïncident avec O. Le conducteur mobile se déplace à une vitesse constante \vec{v} orientée parallèlement à [OM].



L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme \vec{B} . La résistance **par unité de longueur** est identique pour chaque conducteur et est notée r .

Refaites une figure analogue à celle de l'énoncé et complétez-la au fur et à mesure

- 1) Établir l'expression de l'aire $S(t)$ du circuit OMN. **(1 p.)**
- 2) Établir l'expression de la résistance électrique $R(t)$ du circuit OMN. **(2 p.)**
- 3) Déterminer l'expression des grandeurs suivantes en fonction de B, v, t et r .
 - a. Flux magnétique $\Phi(t)$ en utilisant le sens de parcours indiqué dans la figure. **(2 p.)**
 - b. Force électromotrice induite $e(t)$. **(2 p.)**
 - c. Intensité $i(t)$ du courant électrique induit dans le circuit OMN. **(2 p.)**
- 4) On suppose maintenant que $L = 4,0$ m, $v = 2,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $B = 100$ mT, $r = 0,75 \frac{\Omega}{\text{m}}$. Exprimer numériquement les fonctions $\Phi(t)$, $e(t)$ et $i(t)$ au cours du temps. **(2 p.)**
- 5) Comment varie l'intensité i du courant induit au cours du temps ? Discuter le sens de ce courant. **(1,5 p.)**
- 6) Représenter la force de Laplace \vec{F}_{MN} agissant sur le conducteur mobile ainsi que la force \vec{F}_{op} qu'un opérateur doit lui appliquer pour entretenir son MRU. On néglige les frottements. **(1,5 p.)**
- 7) Indiquer l'expression **littérale** de l'intensité $F_{op}(t)$ en fonction de B, v, t et r et déduire que la puissance \mathcal{P} instantanée de cette force s'écrit $\mathcal{P} = \frac{B^2 v^3}{r(2+\sqrt{2})} t$ **(4 p.)**
- 8) Comparer la puissance \mathcal{P} et la puissance dissipée par effet Joule dans le circuit. Interpréter ce résultat. **(2 p.)**

Physique moderne

(20 P)

1. Vakuumphotozelle

(5 P)

Eine Vakuumphotozelle wird mit grünem Licht der Wellenlänge 546 nm bestrahlt. Bei Anwendung der Gegenfeldmethode kommt der Elektronenstrom bei einer Spannung von 0,915 V zum Erliegen.

- 1.1. Berechnen Sie die Austrittsarbeit des Kathodenmaterials in Elektronvolt. (1 P)
- 1.2. Berechnen Sie die maximale Wellenlänge des einfallenden Lichts, so dass gerade noch Elektronen aus der Photozelle austreten. (2 P)
- 1.3. Berechnen Sie die maximale Geschwindigkeit der Elektronen, wenn das einfallende Licht eine Wellenlänge von 200 nm hat. (2 P)

2. Wasserstoffatom

(15 P)

Die in folgender Tabelle aufgelisteten Photonen treffen auf verschiedene Wasserstoffatome im Grundzustand.

Photon 1	12,75 eV
Photon 2	11 eV
Photon 3	12,09 eV
Photon 4	15 eV

Jeder Antwort sind die notwendigen Berechnungen und Erklärungen beizufügen:

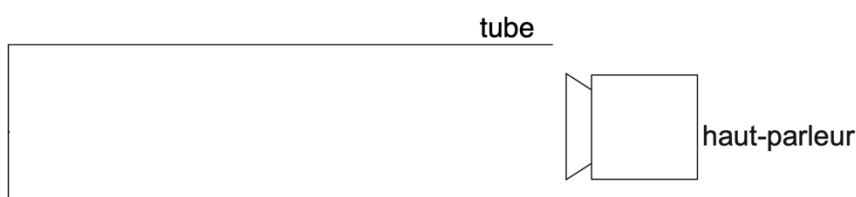
- 2.1. Welches Photon kann nicht von einem Wasserstoffatom im Grundzustand absorbiert werden? (3 P)

- 2.2.** Nach der Absorption von einem der Photonen gelangt das Wasserstoffatom vom Grundzustand in den zweiten Anregungszustand. Um welches Photon handelt es sich?
(3P)
- 2.3.** Nach der Absorption in **2.2** kann sichtbare Strahlung vom Wasserstoffatom ausgesandt werden. Berechnen Sie die Wellenlänge des ausgesandten Lichts. Bei welchem möglichen Übergang wird nach der Absorption kein sichtbares Licht ausgesandt?
(3 P)
- 2.4.** Nach der Absorption von einem der Photonen wird keine Strahlung ausgesandt. Um welches Photon handelt es sich? Was geschieht in diesem Fall nach der Absorption?
(3 P)
- 2.5.** Nach der Absorption von einem der Photonen wird grün-blaue Strahlung ausgesandt. Um welches Photon handelt es sich? In welchem Energiezustand befindet sich das Wasserstoffatom nach dem Aussenden der Strahlung?
(3 P)

Ondes stationnaires

1. Expliquez comment une onde stationnaire est formée.
2. Décrivez les différences essentielles entre une onde progressive et une onde stationnaire. Discutez surtout les flux d'énergie associés aux différents types d'onde, les différences de phase entre les mouvements effectués par les différents éléments de volume formant le milieu de propagation et les amplitudes de ces mouvements.

Nous considérons un haut-parleur émettant une onde sonore de fréquence f vers un tube de longueur L , qui est ouvert à l'extrémité tournée vers le haut-parleur et fermé à l'autre extrémité.



3. Si la fréquence du son est bien choisie, une onde stationnaire apparaît dans le tube. Discutez et justifiez les états de mouvement des particules dans l'air aux extrémités du tube.
4. Esquissez l'onde stationnaire dans le tube en supposant qu'elle présente un total de trois nœuds.
5. Discutez au cours d'une période l'évolution du vecteur vitesse d'une particule se trouvant en un ventre de vitesse.
Même question pour l'accélération de cette particule.
6. Établissez en général une expression donnant la fréquence des différents modes harmoniques dans le tube en fonction du nombre de nœuds.
7. En sachant que le haut-parleur émet un son d'une fréquence de 530 Hz et que le tube mesure 0,80 m en longueur, déduisez-en la vitesse du son dans l'air.
8. Quelle est grossièrement l'incertitude de ce résultat si les valeurs de la fréquence et de la longueur sont données avec une incertitude de 3 Hz respectivement de 2 mm ?
9. Quelle est la fréquence du mode fondamental dans le tube ?