

Universität Bielefeld Fakultät für Physik Wintersemester	Vertiefung der klassischen Mechanik und Elektrodynamik 2024/2025	Prof. Dr. Jürgen Schnack jschnack@uni-bielefeld.de 6193, E5-120
--	--	---

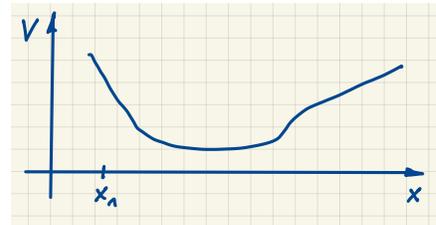
Bitte jede Aufgabe 1, 2.1, 2.2, 2.3 auf einem neuen Blatt beginnen. Bitte immer Gegeben, Gesucht und kurze Begründung angeben. Skizze, wenn hilfreich. Ein Leser muss Ihre Lösung verstehen können.

Name, Vorname und Matrikelnummer jeweils nicht vergessen.

1 Wissen (68 P.)

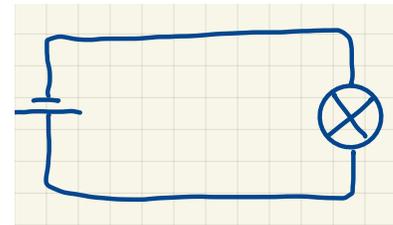
a. Wie lauten die drei Newtonschen Axiome und das Corrolar (8 P.)?

b. Eine Masse m bewege sich reibungsfrei auf der x -Achse unter dem Einfluss des eingezeichneten Potentials. Zur Zeit $t = 0$ starte die Bewegung aus der Ruhe im Punkt x_1 . Beschreiben und begründen Sie die sich ergebende Bewegung. Übernehmen Sie dazu die Skizze und vervollständigen Sie diese (10 P.).



c. Geben Sie die vier mikroskopischen Maxwell-Gleichungen und die vier makroskopischen Maxwell-Gleichungen an. Benennen Sie alle Felder und geben Sie die beiden Relationen für die Hilfsfelder an (16 P.).

d. Übernehmen Sie die angegebene Skizze und zeichnen Sie qualitativ die Felder und insbesondere die Energiestromdichte ein. Schreiben Sie zu jedem Feld eine kurze Begründung. Wir nehmen an, dass die elektrischen Leitungen (Kabel) keinen elektrischen Widerstand haben (10 P.).



Sie können noch etwas genauer sagen, wie hoch die Energiestromdichte im Stromkreis ist, wenn Sie für die magnetische Induktion die des geraden Leiters verwenden. Wie lautet diese? Wo ist deshalb die Energiestromdichte vom Betrage her eher größer und wo eher kleiner (5 P.)?

e. \vec{a} sei ein konstanter Vektor:

$$\vec{a} \cdot \frac{\partial}{\partial \vec{r}} \frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|} = ? \quad (1)$$

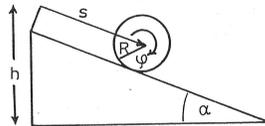
Bestimmen Sie das Ergebnis mit ein paar Zwischenschritten (3).

- f. Leiten Sie die freien Feldgleichungen für \vec{E} und \vec{B} mit ein paar Zwischenschritten aus den mikroskopischen Maxwellgleichungen her (6).
- g. Geben Sie die Formel für die Zeitdilatation an (2). Was muss für die Bestimmung gelten (2)? Geben Sie die Formel für die Längenkontraktion an (2). Was muss für die Bestimmung gelten (2)? Was ist das Hauptargument für die Asymmetrie beim Zwillingsparadoxon, d.h., warum sind die Zwillinge nicht äquivalent (2)?

2 Können

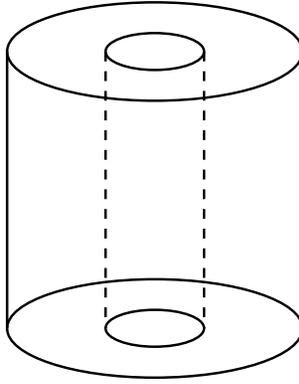
2.1 Abrollender Vollzylinder (20 P.)

Ein Vollzylinder soll auf einer schiefen Ebene ohne Schlupf abrollen. Diese Bewegung kann man einerseits unter Nutzung holonomer Zwangsbedingungen mit Lagrange-Parameter und andererseits durch Reduktion auf eine generalisierte Koordinate beschreiben.



- a. Stellen Sie die Lagrangefunktion in den Koordinaten s und ϕ sowie den zugehörigen Geschwindigkeiten auf. Dazu benötigen Sie die Rotationsenergie eines Zylinders: $T_{\text{rot}} = \frac{1}{2}\Theta\dot{\phi}^2$ mit $\Theta = \frac{1}{2}mR^2$ (2 P.).
- b. Formulieren Sie die Zwangsbedingung (2 P.).
- c. Stellen Sie die Euler-Lagrange-Gleichungen mit der Zwangsbedingung auf (2 P.).
- d. Differenzieren Sie die Zwangsbedingung so, dass Sie \ddot{s} durch $\ddot{\phi}$ ausdrücken, damit eliminieren Sie $\ddot{\phi}$ in der Differentialgleichung für ϕ . Die erhaltene Relation zwischen \ddot{s} und dem Lagrange-Parameter λ setzen Sie in die DGL für s ein. Das gibt jetzt λ als Funktion von m , g und α (4 P.).
- e. Berechnen Sie die Zwangskräfte (2 P.).
- f. Wie lauten die endgültigen Bewegungsgleichungen für s und ϕ ? Wie lauten die Lösungen $s(t)$ und $\phi(t)$ (4 P.)?
- g. Lösen Sie jetzt das Problem noch einmal, aber ohne Zwangskräfte, d.h. indem Sie eine Koordinate eliminieren (4 P.).

2.2 Magnetische Induktion eines Hohlleiters (20 P.)



Ein unendlich langer Hohlzylinder mit Innenradius R_1 und Außenradius $R_2 > R_1$ wird homogen vom Strom I durchflossen.

- Begründen Sie ohne Rechnung, in welche Richtung die magnetische Induktion \vec{B} zeigt und von welchen Variablen der Betrag von \vec{B} abhängt (6 P.).
- Berechnen Sie die magnetische Induktion \vec{B} im ganzen Raum mit Hilfe des vierten Maxwell'schen Gesetzes (10 P.).
- Skizzieren Sie $|\vec{B}|$ als Funktion des Abstands von der z -Achse, die im Zentrum des Hohlleiters verlaufen soll (4 P.).

2.3 Radioaktiver Zerfall (20 P.)

Wir betrachten den radioaktiven Zerfall einer Substanz mit der Halbwertszeit von 60 s. Der Begriff Halbwertszeit bezieht sich stets auf das Ruhesystem der zerfallenden Substanz. Ein Beobachter fliege mit einer Geschwindigkeit $v = 0.8 c$ an der Substanz vorbei.

- Begründen und berechnen Sie mit ein paar Schritten, nach welcher Zeit für ihn die Hälfte der Substanz zerfallen ist (10 P.)?
- Begründen und berechnen Sie mit ein paar Schritten, welchen Weg die Substanz dabei in seinem Bezugssystem zurückgelegt hat (10 P.)?

Sie benötigen keinen Taschenrechner. Machen Sie eine vernünftige Annahme für die Lichtgeschwindigkeit.

Es können 128 Punkte erreicht werden.

Noten

- $0 \leq P \leq 50 \Rightarrow 5.0$
- $51 \leq P \leq 55 \Rightarrow 4.0$
- $56 \leq P \leq 60 \Rightarrow 3.7$
- $61 \leq P \leq 65 \Rightarrow 3.3$
- $66 \leq P \leq 70 \Rightarrow 3.0$
- $71 \leq P \leq 75 \Rightarrow 2.7$
- $76 \leq P \leq 80 \Rightarrow 2.3$
- $81 \leq P \leq 85 \Rightarrow 2.0$
- $86 \leq P \leq 90 \Rightarrow 1.7$
- $91 \leq P \leq 95 \Rightarrow 1.3$
- $96 \leq P \leq \infty \Rightarrow 1.0$