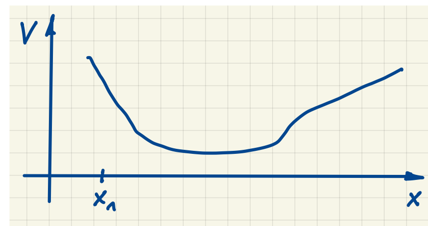
Universität Bielefeld	Einführung in die klassische	Prof. Dr. Jürgen Schnack
Fakultät für Physik	Mechanik und Elektrodynamik	jschnack@uni-bielefeld.de
Sommersemester	2024	6193, E5-120

Bitte jede Aufgabe 1, 2.1, 2.2, 3.1 auf einem neuen Blatt beginnen. Bitte immer Gegeben, Gesucht und kurze Begründung angeben. Ein Leser muss Ihre Lösung verstehen können.
Name, Vorname und Matrikelnummer jeweils nicht vergessen.

1 Wissen (60 P.)

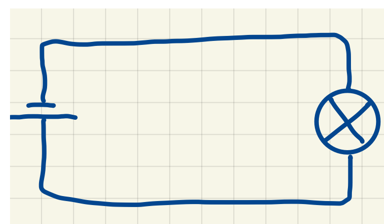
a. Wie lauten die drei Newtonschen Axiome und das Corrolar (8 P.)?

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 Maxwell-Gleichungen an (8 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:

$$\frac{\partial}{\partial \vec{r}} \vec{a} \cdot \vec{r} = ? \qquad (1)$$

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

f. $\vec{k}$ hänge nicht von $\vec{r}$ oder t ab. Zeigen Sie, dass der Ansatz für $\phi(\vec{r},t)$ die Differentialgleichung erfüllt

$$\Box\phi(\vec{r},t) = 0 \tag{2}$$
$$\phi(\vec{r},t) = \phi_0 \exp\left\{i(\vec{k}\cdot\vec{r}-\omega t)\right\} . \tag{3}$$

Welche Relation erhält man für $\omega = \omega(k)$? Sie können zur Vereinfachung annehmen, dass $\omega > 0$ ist (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 Reibungsfreie Perle auf Helix (20 P.)

Eine Perle der Masse m gleitet im Schwerefeld der Erde reibungsfrei auf einem Draht, der zu einer gleichmäßigen Helix (Spirale) geformt ist. Die Symmetrieachse der Helix ist senkrecht zur Erdoberfläche ausgerichtet. Die Helix habe den Radius R und einen Hub H, d.h., der senkrechte Abstand zweier benachbarter Windungen ist H.
Bestimmen Sie die generalisierten Koordinaten und leiten Sie im Lagrange-Formalismus die Bewegungsgleichungen und ihre Lösungen her.

2.2 Feld eines Plattenkondensators (15 P.)

Unter einem Plattenkondensator versteht man ein System von zwei zueinander parallel angeordneten Metallplatten mit dem Abstand d und der Fläche A. Damit die Effekte am Rand des Kondensators vernachlässigbar bleiben, muss $d \ll \sqrt{A}$ sein.
Beide Platten tragen homogen verteilt jeweils die entgegengesetzt gleich große Ladung, d.h., $Q_1 = -Q_2 = Q$. Definieren und verwenden Sie die Größe Flächenladungsdichte.

a. Betrachten Sie zuerst eine Kondensatorplatte. In welche Richtung wird das $\vec{E}$-Feld aus Symmetriegründen zeigen, wenn man hier als Idealisierung annimmt, dass die Platten unendlich ausgedehnt sind (2 P.)?

b. Nutzen Sie die integrale Formulierung der ersten Maxwell-Gleichung, legen Sie ein quaderförmiges Integrationsvolumen um einen Plattenausschnitt und leiten Sie auf diese Weise die elektrische Feldstärke ab. Wie lautet sie (5 P.)?

c. Führen Sie die gleiche Prozedur für die andere Platte durch. Geben Sie das resultierende Feld der beiden Platten an (2 P.).

d. Wie lautet das zugehörige Potential (3 P.)?

e. Die Spannung zwischen den Kondensatorplatten ergibt sich als Potentialdifferenz der Platten. Wie groß ist sie (2 P.)?

f. Es sei $Q = C\ U$ die Beziehung zwischen Spannung und Ladung. Geben Sie die Kapazität C als Funktion der Systemgrößen an (1 P.).

3 Weiterdenken

3.1 Lorentz-Transformation (17 P.)

Σ und Σ' seien zwei Inertialsysteme. Σ' bewege sich relativ zu Σ mit der Geschwindigkeit v in z-Richtung. Zur Zeit $t = t' = 0$ sei $\Sigma = \Sigma'$.

a. Wie lauten die gestrichenen Koordinaten als Funktion der ungestrichenen und wie anders herum (5 P.)? Skizze (2 P.).

b. Die Geschwindigkeit sei $v = 3c/5$. Ein Ereignis habe in Σ' die Koordinaten

$$x' = 10\ \mathrm{m}\ , \qquad y' = 15\ \mathrm{m}\ , z' = 20\ \mathrm{m}\ , t' = 4 \cdot 10^{-8}\ \mathrm{s}\ . \tag{4}$$

Bestimmen Sie die Koordinaten des Ereignisses in Σ; runden Sie c sinnvoll (5 P.).

c. Ein Antimyon ist bezüglich Σ mit $v = 3c/5$ unterwegs. Auf welche Zeit verändert sich seine Halbwertzeit, wenn sie in Σ bestimmt wird (5 P.)?

Es können 112 Punkte erreicht werden.

Noten

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