Klausur zur Vorlesung

Experimentalphysik für Ingenieure

Sommersemester 2002

Hinweis:

Vektoren sind mit Vektorpfeilen zu versehen (z.B.: Magnetfeld $\vec{B}$; Geschwindigkeit $\vec{v}$)!

Programmierbare Taschenrechner sind nicht zugelassen!

Viel Spaß und Erfolg!

1. Kinematik

VERSION 2

(1) Ein Fahrzeug fährt für die Dauer von 20 min mit einer Geschwindigkeit von 80 km/h. Danach für die Dauer von 40 min mit einer Geschwindigkeit von 123 km/h.

a) Wie groß ist die mittlere Geschwindigkeit während der gesamten Fahrzeit? (1 Punkt)

b) Wie groß ist die zurückgelegte Strecke? (1 Punkt)

(2) Wie lautet bei einer gleichförmig beschleunigten Bewegung (a=const.) der Zusammenhang zwischen Beschleunigung und zurückgelegtem Weg? Zeichnen Sie das dazugehörige s(t)-Diagramm. (1 Punkt)

(3) Die Bahn eines Körpers sei gegeben durch: $s(t)=s_0 \sin(\omega t+\phi)$.

a) Berechnen Sie die Geschwindigkeit v(t). (1 Punkt)

b) Berechnen Sie die Beschleunigung a(t). (1 Punkt)

(4) Wie groß ist die Zentripetalbeschleunigung, welche ein Elektron (Masse m_e) auf einer Kreisbahn vom Radius R hält? (1 Punkt)

(1) Nennen Sie das Grundgesetz der Dynamik (2. Newtonsches Axiom) für die Bewegung eines Massenpunktes (m=const.). (1 Punkt)

(2) Nennen und erklären Sie das 3. Newtonsche Axiom (Reaktions- und Wechselwirkungsprinzip) mit eigenen Worten. Nennen Sie (mindestens) ein Beispiel, wo derartige Wechselwirkungskräfte auftreten. (1 Punkt)

(3) Wie lautet das Grundgesetz der Dynamik, wenn sich während der Bewegung die Masse ändert (z.B. Rakete)? (1 Punkt)

(4) Ein Körper fällt im freien Fall (ohne Reibung) mit einer Anfangsgeschwindigkeit von v_0=3 m/s.
Wie groß ist seine Geschwindigkeit nach der Zeit t=10 s? (1 Punkt)

(5) Ein Ball wird senkrecht nach oben geworfen (v_0=30 km/h). Die maximale Steighöhe $h(t) = -1/2\ g\ t^2 + v_0 t$ wird erreicht, wenn die Geschwindigkeit des Balls v=0 m/s beträgt.

a) Berechnen Sie die Geschwindigkeit v(t) (Formel). (1 Punkt)

b) In welcher Zeit t erreicht der Ball seinen Wendepunkt? (1 Punkt)

(1) Formulieren Sie den Erhaltungsatz der mechanischen Energie. (1 Punkt)

(2) Eine als masselos zu betrachtende Feder mit der Federkonstanten D=20 N/m ist an der Decke eines Labors aufgehängt. Wie groß ist die Spannungsarbeit, die verrichtet werden muß, um die Feder aus ihrer Ruhelage um 30 cm nach unten auszulenken? (1 Punkt)

(3) Wie groß ist die Arbeit, um einen Satelliten der Masse m=500 kg, der sich mit v_1=1000 km/h bewegt, auf die Geschwindigkeit v_2=3000 km/h zu beschleunigen? (1 Punkt)

(4) An einem Faden der Länge $L = 3$ m hängt ein Sandsack mit der Masse $m_1 = 2$ kg. Eine Kugel ($m_2 = 50$ g) wird in den Sack geschossen und bleibt dort stecken. Der maximale Auslenkwinkel des Sackes beträgt $\phi = 46,5°$. Welche Geschwindigkeit hatte die Kugel? (3 Punkte)

(1) Ein Körper der Masse $m = 10\,\text{kg}$ wird mit 12m/s^2 beschleunigt.

Welche Kraft wirkt auf ihn? (1 Punkt)

(2) Zwei Protonen sind im Abstand 0,05 nm angeordnet. Wie groß ist nach Betrag und Richtung die Gravitationskraft der beiden Protonen? (1 Punkt)

(3) Mit dem Abstand h von der Erdoberfläche ändert sich auch die Größe der Erdbeschleunigung g. Die Gewichtskraft F_g=mg_0 und die Gravitationskraft F_G sind an der Erdoberfläche mit R=6,371·10^6 m (mittlere Erdradius) gleich (r=R+h ist der Abstand vom Erdmittelpunkt.).

a) Zeigen Sie: Die Erdbeschleunigung g nimmt mit dem reziproken Quadrat des Abstandes vom Erdmittelpunkt r ab: $g \sim 1/r^2$. (1 Punkt)

b) Zeigen Sie: $g = g_0 \frac{R^2}{r^2}$.

(Tip: Vergleichen Sie das Kräftegleichgewicht auf der Erdoberfläche mit dem Kräftegleichgewicht im Abstand r vom Erdmittelpunkt.) (1 Punkt)

(4) Ein Fallschirmspringer der Masse m fällt im Schwerefeld und erfährt die zur Geschwindigkeit proportionale Reibungskraft $F_R = const \cdot v$.

a) Stellen Sie die Bewegungsgleichung für den freien Fall mit Reibung auf. (1 Punkt)

b) Berechnen Sie die Endgeschwindigkeit v_E, welche der Fallschirmspringer erreicht. (Tip: Die Endgeschwindigkeit ist dann erreicht, wenn für die Beschleunigung a gilt: a=$\ddot{x}$=0.) (1 Punkt)

(1) Wie groß ist das elektrische Feld $\vec{E}$ an einem Punkt, an dem eine Kraft von $|\vec{F}| = 5 \cdot 10^{-4}$N in x-Richtung auf ein Elektron wirkt? (1 Punkt)

2) Zeichnen Sie das Feldliniendiagramm eines elektrischen Dipols. (1 Punkt)

(3) Elektronen werden in einem Elektronenmikroskop durch eine Spannungsdifferenz von $U = 15\,\text{kV}$ beschleunigt.
Wie groß ist die kinetische Energie eines Elektrons in Joule und eV? (1 Punkt)

4) Auf ein Elektron mit der Geschwindigkeit $|\vec{v}|$=10 m/s wirke ein homogenes Magnetfeld $|\vec{B}|$= 0,5 T. Die Geschwindigkeit $\vec{v}$ und die magnetische Induktion $\vec{B}$ schließen einen Winkel von α=20° ein.
Wie groß ist die auf das Elektron wirkende Kraft $\vec{F}$ und welche Richtung hat sie? Fertigen Sie eine Skizze an mit $\vec{v}$, $\vec{B}$ und $\vec{F}$. (1 Punkt)

(5) In einem homogenen Magnetfeld $\vec{B}$ durchläuft eine Ladung q eine Kreisbahn senkrecht zu $\vec{B}$.
Wie groß ist der Kreisbahnradius, wenn die Ladung vorher durch eine Spannungsdifferenz beschleunigt wurde? (1 Punkt)

(6) Ein Elektron bewegt sich unter dem gleichzeitigen Einfluß eines elektrischen Feldes $\vec{E}$ und eines magnetischen Feldes $\vec{B}$.
Welche Beschleunigung $\vec{a}$ erfährt das Elektron (Formel)? (1 Punkt)

(1) Skizzieren Sie den Verlauf des Magnetfeldes

(einschließlich Stromrichtung und Orientierung der Magnetfeldlinien)

a) um einen stromdurchflossenen Draht. (1 Punkt)

b) um eine stromdurchflossene Spule. (1 Punkt)

(2) Ergänzen Sie die Maxwell-Gleichungen für zeitlich veränderliche Felder.

a)

$$
\begin{aligned}
rot\vec{E} &= \nabla \times \vec{E} = \\
rot\vec{B} &= \nabla \times \vec{B} = \\
div\vec{E} &= \nabla \cdot \vec{E} = \\
div\vec{B} &= \nabla \cdot \vec{B} =
\end{aligned}
$$

(2 Punkte)

b) Die 1. Gleichung in a) wird auch als Faradaysches Induktionsgesetz bezeichnet. Beschreiben Sie mit eigenen Worten den physikalischen Inhalt dieser Gleichung. (1 Punkt)

(3) Es werden die Spulen S_1, S_2 und S_3 mit den Induktivitäten L_1= 10 mH, L_2=20 mH und L_3=40 mH

a) in Reihe oder

b) parallel verdrahtet.

Welche Gesamtinduktivität ergibt sich in a) und in b)? (1 Punkt)

(1) Geben Sie die Schwingungsdauer folgender harmonischer Oszillatoren an:

a) Fadenpendel (Länge l=1 m) (1 Punkt)

b) Federpendel (Masse m=2 kg, Federkonstante D= 300 N/m) (1 Punkt)

c) LC-Schwingkreis (Kapazität C=15 μF, Induktivität L= 10 mH) (1 Punkt)

(2) Die Auslenkung x eines harmonischen Oszillators mit Amplitude A und Kreisfrequenz ω sei gegeben durch:

$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$.

Berechnen Sie die Geschwindigkeit v(t) des Teilchens. (1 Punkt)

(3) Ein Schwingkreis besteht aus einer Spule und einem Kondensator, dessen Kapazität zwischen 20 pF und 200 pF verändert werden kann.

a) Wie berechnet sich die Eigenfrequenz des Schwingkreises (Formel)? (1 Punkt)

b) Welche Induktivität muß die Spule haben, damit die Eigenfrequenz des Schwingkreises zwischen 2,500 MHz und 7,906 MHz eingestellt werden kann? (1 Punkt)

(1) Geben Sie für eine dünne Linse (Brennweite f) den Zusammenhang zwischen Gegenstands- und Bildweite an (Abbildungsgleichung). (1 Punkt)

(2) Mit Hilfe einer Sammellinse (Brennweite f) soll ein Gegenstand (Gegenstandsgröße G) abgebildet werden. Das entstehende Bild (Bildgröße B) soll reell und umgekehrt sein.
Fertigen Sie eine Skizze an, welche die Sammellinse, den Gegenstand und das Bild sowie die Lage der Brennpunkte der Sammellinse und die Lage des Bildes beinhaltet. Ergänzen Sie diese Skizze mit relevanten Strahlengängen und benennen Sie die Strahlen. (2 Punkte)

(3) Ein angeregtes Atom geht aus dem Zustand W_1 in den Grundzustand W_0 über. Die freiwerdende Energie wird in Form eines Photons emittiert.

a) Wie groß ist die Energie und der Impuls des emittierten Photons? (1 Punkt)

b) Wie groß ist die Frequenz des emittierten Photons? (1 Punkt)

(4) Himmelsblau -Erklären Sie mit eigenen Worten, warum der Himmel blau erscheint und warum ein Sonnenauf- bzw. untergang rötlich erscheint. (1 Punkt)

(1) An einem Transformator liegt primärseitig (N_1 Windungen) die Spannung $U_1(t) = U_{1,0}\sin(\omega t)$. Wie groß ist die Spannung $U_2(t)$ an der Sekundärspule (N_2 Windungen)? (1 Punkt)

(2) Es werden die Kondensatoren K_1, K_2 und K_3 mit den Kapazitäten C_1= 10 mF, C_2=20 mF und C_3=40 mF

a) in Reihe oder

b) parallel verdrahtet.

Welche Gesamtkapazität ergibt sich in a) und in b). (1 Punkt)

(3) Ein Stromkreis bestehe aus einer Wechselstromquelle und einer Spule. Wie hängt der Wechselstrom mit der an der Spule anliegenden Spannung $U(t) = U_0\sin(\omega t)$ zusammen? (1 Punkt)

(4) Der Spannungsabfall an einem Amperemeter (Innenwiderstand R_i= 2 kOhm) beträgt bei Vollausschlag 2,5 V.
Welcher parallele Vorwiderstand ist für einen 20-fachen Meßbereich ($I=20\cdot I_0$) einzusetzen? (1 Punkt)

(5) Eine Hochspannungsleitung habe einen Widerstand von 0,02 Ω/km (Kapazitive und induktive Widerstände werden vernachlässigt.).
Welcher Leistungsverlust entsteht, wenn 250 kW elektrische Leistung in eine 20 km entfernte Stadt übertragen werden bei einer Spannung von

a) U_{eff}= 230 V (Effektivwert) und (1 Punkt)

b) U_{eff}= 4,4 kV (Effektivwert)? (1 Punkt)

(1) Ein physikalisches Pendel ist ein starrer Körper, der an einem Punkt (der nicht sein Schwerpunkt ist) drehbar aufgehängt ist. Beim Drehpendel übt eine Spiralfeder ein Drehmoment $\vec{M}$ aus, das dem Auslenkwinkel aus der Ruhelage proportional und entgegengesetzt ist.

a) Wie lautet der Zusammenhang zwischen Drehimpuls und Drehmoment bei einer Drehschwingung? (1 Punkt)

b) Wie lautet der Zusammenhang zwischen Drehimpuls und Winkelgeschwindigkeit? (1 Punkt)

c) Wie groß ist die Rotationsenergie des Drehpendels? (1 Punkt)

(2) Berechnen Sie das Trägheitsmoment vier gleicher Punktmassen, die auf einer quadratischen Grundfläche mit Kantenlänge d angeordnet sind. Wählen Sie als Rotationsachse, eine Achse, welche senkrecht zur quadratischen Grundfläche steht.

a) Wie wird das Trägheitmoment berechnet (Formel)? (1 Punkt)

b) Die Rotationsachse verläuft durch den Schwerpunkt des Systems. Berechnen Sie das Trägheitsmoment. (1 Punkt)

c) Die Rotationsachse verläuft durch einen Punkt, der im senkrechten Abstand r vom Schwerpunkt liegt. Berechnen Sie das Trägheitsmoment. (1 Punkt)