Schriftliche Abiturprüfung 2002
Fach: Physik
Prüfungsart: 1./2. Prüfungsfach
Dauer: 5 Stunden
Zugelassene Hilfsmittel: Taschenrechner

Die Aufgaben umfassen 4 Seiten

Hinweis: Benötigte Konstanten stehen auf Seite 4

Aufgabe I

1 Formulieren Sie das Reaktionsprinzip verbal und in Gleichungsform.
Notieren Sie den Impulserhaltungssatz in Worten und als Größengleichung.

2 Eine Stahlkugel (Radius 150mm) ist mit zwei Fäden (bifilar) vernachlässigbarer Masse an der Decke einer Halle so befestigt, dass ihr Schwerpunkt auf einem vertikalen Kreis vom Radius l = 6,00 m schwingen kann. Sie wird von einem Wasserstrahl (120 Liter pro Minute) aus einer nahen Düse horizontal und zentral getroffen und durch die zugehörige Kraft von 50,0 N beim Auslenkwinkel $\varphi = +2{,}65°$ aus ihrer Gleichgewichtslage gehalten.

2.1.1 Zeigen Sie, dass die Kugel die Masse 110 kg hat.

2.1.2 Alle Wasserteilchen erfahren an der Auftreffstelle eine Ablenkung um 90°.
Weisen Sie nach, dass das Wasser die Kugel mit der Geschwindigkeit 25,0 m/s trifft.

2.1.3 Das Wasserreservoir liegt 8,92 m tiefer als die Düse.
Welche Leistung bringt bei Reibungsfreiheit die Pumpe, die das Wasser zur Kugel treibt?

2.2 Zum Zeitpunkt Null wird das Wasser abgestellt und die Kugel beginnt frei nahezu harmonisch zu schwingen.

2.2.1 Begründen Sie das Einsetzen der Schwingung. Berechnen Sie die Schwingungsdauer der Kugel und ermitteln Sie die Bewegungsgesetze des Kugelschwerpunkts.

2.2.2 Leiten Sie anhand einer Skizze her: Die Maximalgeschwindigkeit des Massenpunkts beim Fadenpendel mit der Pendellänge l und dem maximalen Auslenkwinkel α beträgt $v_\omega = (2gl(1-\cos\alpha))^{1/2}$.

2.3 Geben Sie das Coulomb'sche Gesetz in Worten an, notieren Sie die zugehörige Formel und erläutern Sie alle auftretenden Größen.

2.4 Auf die im tiefsten Bahnpunkt ruhende Stahlkugel aus Teilaufgabe 2 wird die elektrische Ladung $-1{,}66\cdot10^{-6}$ C gebracht, auf einen graphitierten Tischtennisball der Masse 2,70 g mit dem Radius 19,0 mm die Ladung $-4{,}24\cdot10^{-7}$ C.

2.4.1 Der Mittelpunkt des Tischtennisballs wird in 20,0 cm Abstand von der Oberfläche der Metallkugel in Ruhe gehalten.
Bestimmen Sie die auf den Tischtennisball wirkende elektrische Feldkraft (Betrag, Richtung).
Welche elektrische Feldstärke liegt am Ort des Tischtennisballs vor (Betrag, Richtung)?

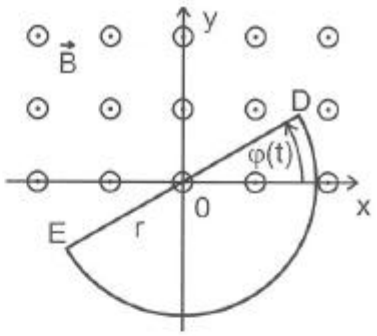
2.4.2 Der Tischtennisball aus 2.4.1 wird losgelassen und unterliege im Vakuum ohne gravitative Beeinflussung allein der Wirkung des elektrischen Feldes.
Beschreiben Sie die Bewegung des Tischtennisballs.
Ermitteln Sie die Geschwindigkeit des Tischtennisballs bei 10,0 m Entfernung der Kugelmittelpunkte.

Aufgabe II

1.1 Definieren Sie die Größen magnetischer Fluss und Spannungsstoß.
Auf welche beiden Grunderscheinungen der elektromagnetischen Induktion kann das Auftreten eines Spannungsstoßes zurückgeführt werden?

1.2 Notieren Sie das Induktionsgesetz (Wortformulierung und Formel) sowie die Lenz'sche Regel.

2 Ein halbkreisförmiger (Radius r) Drahtrahmen aus n Windungen isolierten Kupferdrahtes rotiert in der xy-Ebene gleichmäßig im mathematisch positiven Sinn um den Ursprung 0.
Die obere Halbebene wird nach Abbildung senkrecht durchsetzt von einem homogenen Magnetfeld der magnetischen Flussdichte $\vec{B}$.
Anfang und Ende des Drahtes sind zusammengelötet.
Die Dauer für einen Umlauf ist T.
Zum Zeitpunkt t = 0s ist $\varphi(t) = 0$.



2.1 Begründen Sie die Richtung des elektrischen Stromes (technische Stromrichtung) in den geraden Drahtstücken zwischen D und E für die Zeitspanne [0;T/2].

2.2 Weisen Sie nach, dass der magnetische Fluss durch eine Leiterschleife der „Spule" im Zeitintervall [0;T/2] von t abhängt gemäß $\Phi(t) = \frac{1}{2} Br^2\omega t$ (Flächenvektor und magnetische Flussdichte seien gleich gerichtet).
Zeichnen Sie qualitativ das $\Phi(t)$-Diagramm für $t \in [0;3T]$.

2.3 Entwickeln Sie den Term $-n\pi T^{-1}Br^2$, der die in der ganzen „Spule" induzierte Spannung $U_i(t)$ im Zeitintervall [0;T/2] beschreibt.
Zeichnen Sie qualitativ das $U_i(t)$-Diagramm für $t \in [0;3T]$.

2.4 Es sei n = 40, r = 50,0 cm, B = 125mT, T = 50,0 ms.
Berechnen Sie den Größtwert der Induktionsspannung.

2.5 Der Effektivwert der Induktionsspannung ist 78,5 V.
Welche Joule'sche Wärme entsteht pro Sekunde bei der Rotation der „Spule" mit dem ohmschen Widerstand R = 20,0 Ω?

3 Ein ungeladener Kondensator ($C = 40{,}0\ \mu F$) liegt in Reihe mit einem ohmschen Widerstand ($R = 100\ k\Omega$) und einem Schalter an einer Elektrizitätsquelle der konstanten Spannung $U = 12{,}0V$.
Zum Zeitpunkt $t = 0s$ wird der Schalter geschlossen und es fließt der Ladestrom mit

$$I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{1}{CR}t}.$$

3.1 Nach welcher Zeit beträgt die Ladestromstärke noch 5% ihres Anfangswertes?
3.2 Ermitteln Sie den Anfangswert der Ladestromstärke (Ergebnis: 120 µA).
3.3 Zeichnen Sie das I(t)-Diagramm (I-Achse: 1 cm ≙ 20 µA; t-Achse: 1cm ≙ 1,0 s).
3.4 Entwickeln Sie die den Ladevorgang des Kondensators beschreibende Differentialgleichung zu I(t) und lösen Sie diese Differentialgleichung.

A III

1 Formulieren Sie das Stefan-Boltzmann'sche Gesetz und notieren Sie die zugehörige Formel mit Erläuterung aller auftretenden Größen.

2 Die Erde nimmt Strahlungsleistung von der Sonne auf und sie strahlt selbst ins Weltall ab. Die Solarkonstante $1{,}37\ kW/m^2$ gibt die Leistung an, die eine Fläche von $1\ m^2$ empfängt, welche in der Erdentfernung $1{,}50 \cdot 10^{11}$ m senkrecht von der Sonnenstrahlung getroffen wird; von der eingestrahlten Leistung werden an der Erdoberfläche 70% absorbiert. Die Erde als Strahlungsquelle wird idealisiert angesehen als kugelförmiger Temperaturstrahler ohne Atmosphäre. (Hinweis: Kugeloberfläche $O_K = 4\pi r^2$).
2.1 Weisen Sie nach, dass die Erde die Strahlungsleistung $1{,}22 \cdot 10^{17}$ W absorbiert.
2.2 Welche Gesamtleistung strahlt die Sonne ab?
2.3 Welche mittlere Oberflächentemperatur hätte die Erde bei Gleichgewicht von absorbierter und emittierter Strahlungsleistung?

3 Die Sonne hat die Oberflächentemperatur 5500 °C, das spektrale Intensitätsmaximum ihrer Strahlung liegt bei 500 nm.
Der Stern Proxima Centauri strahlt mit dem spektralen Intensitätsmaximum bei 885 nm. Berechnen Sie die Oberflächentemperatur von Proxima Centauri.

4 Eine Röntgenquelle auf der Erdoberfläche sendet Licht der Frequenz $f_1 = 1{,}25 \cdot 10^{20}\ s^{-1}$ senkrecht nach oben. 20,0 m über der Quelle registriert ein Detektor für die ankommende Strahlung die Frequenz $f_2 = f_1 - \Delta f$ mit $\Delta f / f_1 = 2{,}20 \cdot 10^{-15}$.
4.1 Zu welchem Wellenlängenbereich hin ist die neue Wellenlänge λ_2 gegenüber der Ausgangswellenlänge λ_1 verändert? Zu welcher Grenzfarbe des sichtbaren Spektrums hin würde dementsprechend eine sichtbare Ausgangsfarbe verschoben?
4.2 Bestimmen Sie die Masse der zu f_1 gehörenden Photonen (Ergebnis: $m_{Ph,1} = 9{,}21 \cdot 10^{-31}$ kg).

4.3 Bestätigen Sie ohne Verwendung der nach 4 bestimmbaren Frequenzänderung Δf die Energieänderung $\Delta E^* = 1{,}81 \cdot 10^{-28}$ J, die am f_1-Photon durch den Aufstieg von der Quelle zum Detektor im Schwerefeld der Erde bewirkt wird.

4.4 Ermitteln Sie die zur Energieänderung ΔE^* gehörende Frequenzänderung Δf^* und berechnen Sie damit den Wert des Quotienten $\Delta f^* / f_1$.
Bestimmen Sie den relativen Fehler des Wertes von $\Delta f^* / f_1$ bezüglich des experimentell ermittelten Wertes des Quotienten $\Delta f / f_1$ aus 4. Erläutern Sie die Bedeutung des Ergebnisses für die Modellvorstellung vom Photon als massebehaftetem Teilchen.

5.1 Definieren Sie den Begriff Inertialsystem und formulieren Sie die Einstein-Postulate.

5.2.1 Erläutern Sie detailliert die für die Zeitdilatation geltende Beziehung $t = \dfrac{t'}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$.

5.2.2 Bakterien einer bestimmten Art verdoppeln ihre Zahl auf der Erde in jeweils 20,0 Tagen.
Neunzig dieser Bakterien werden in einem Raumschiff für 1000 Erdentage auf Weltraumreise geschickt. Während dieser Zeit bewegt sich das Raumschiff mit der Geschwindigkeit 0,9995.
Wieviele Bakterien finden sich im Raumschiff bei seiner Landung auf der Erde?

Angaben:

Dichte von Wasser	ρ	$= 1{,}00\ \mathrm{kg \cdot dm^{-3}}$
Erdbeschleunigung	g	$= 9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$
Erdradius	r_E	$= 6{,}37 \cdot 10^{6}\ \mathrm{m}$
Elektrische Feldkonstante	ε_0	$= 8{,}85 \cdot 10^{-12}\ \mathrm{AsV^{-1}m^{-1}}$
Elementarladung	e	$= 1{,}60 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}$
Plancksche Konstante	h	$= 6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{Js}$
Ruhemasse des Elektrons	m_e	$= 9{,}11 \cdot 10^{-31}\ \mathrm{kg}$
Stefan-Boltzmann-Konstante	σ	$= 5{,}67 \cdot 10^{-8}\ \mathrm{Wm^{-2}K^{-4}}$
Vakuumlichtgeschwindigkeit	c	$= 3{,}00 \cdot 10^{8}\ \mathrm{ms^{-1}}$
Wien-Konstante		$2{,}90 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m \cdot K}$