

Schriftliche Prüfung zur Feststellung der Hochschuleignung

T-Kurs

Fach Physik (Musterklausur)

Von den vier Aufgabenvorschlägen sind **drei** vollständig zu bearbeiten.

Bearbeitungszeit: 180 min

Hilfsmittel: Taschenrechner (nicht programmierbar, nicht graphikfähig)
handgeschriebene Formelsammlung (1 Blatt DIN A4)
Wörterbuch

Zum Erreichen der vollen Punktzahl müssen alle verwendeten Größen benannt, physikalisch begründete Ansätze beschrieben und Rechnungen mit Einheiten vollständig durchgeführt werden.

Konstanten

Elektronenmasse: $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg

Elementarladung: $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C

Protonenmasse: $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}$ kg

Dielektrizitätskonstante $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$

Ortsfaktor (Erde) $g_E = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Gravitationskonstante $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$

$n(\text{H}_2\text{O}) = 1.33$

$n(\text{Luft}) = 1$

$\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$

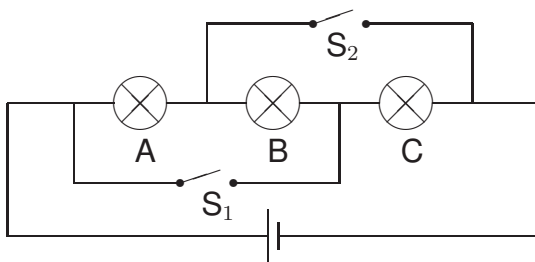
Vorschlag I: Massepunkte im Gravitationsfeld

1. Ein Pfeil ($m_P = 40 \text{ g}$) wird über eine Strecke von 24 cm mit einer konstanten Kraft $F = 600 \text{ N}$ horizontal beschleunigt. Der Pfeil fliegt ohne Reibungsverlust und trifft nach 30 Metern einen Apfel (300 g), in welchem er stecken bleibt.
 - (a) Mit welcher Geschwindigkeit verlässt der Pfeil den Bogen?
 - (b) In welchem Winkel trifft der Pfeil auf den Apfel?
 - (c) Mit welcher Geschwindigkeit bewegen sich Apfel und Pfeil gemeinsam weiter?

2. Saturn hat einen Durchmesser von 120000 km. Der Saturnmond Titan bewegt sich in 15.9 Tagen auf einer fast kreisförmigen Umlaufbahn 1102000 km über der Planetenoberfläche. Der Mond Rhea umkreist Saturn auf einer Kreisbahn mit einem Radius von 527040 km.
 - (a) Berechnen Sie die Bahngeschwindigkeit von Titan.
 - (b) Berechnen Sie die Masse des Saturns.
 - (c) Bestimmen Sie den Ortsfaktor g_{Saturn} auf der Saturnoberfläche.
 - (d) Bestimmen Sie die Umlaufzeit von Rhea.

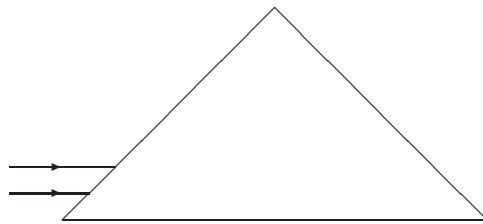
Vorschlag II: Elektrische Felder

1. Betrachtet wird das Feld einer positiv geladenen Metallkugel ($Q = 1 \mu\text{C}$; $R = 1 \text{ cm}$).
 - (a) Geben Sie eine Gleichung zur Berechnung der Feldstärke $\vec{E}(\vec{r})$ und berechnen Sie das Feld der obigen Metallkugel.
 - (b) Skizzieren Sie den Verlauf von $|E|$ in Abhängigkeit von r .
 - (c) Wie ändert sich die potentielle Energie einer negativen Probeladung $q = -0.1 \mu\text{C}$, wenn ihr Abstand $r_1 = 10 \text{ cm}$ auf einen Abstand $r_2 = 15 \text{ cm}$ vom Mittelpunkt der Metallkugel erhöht wird.
2. Ein Kondensator der Kapazität $C (= 1.02 \mu\text{F})$ an eine Spannungsquelle $U_0 (= 20 \text{ V})$ angeschlossen und geladen. Der vollständig geladene Kondensator wird von der Spannungsquelle abgehängt und über einen Widerstand R entladen, es wird der Strom während des Entladevorgangs gemessen.
 - (a) Entwerfen Sie eine geeignete Schaltung für diese Messung.
 - (b) Wieviel Ladung ist auf dem vollständig geladenen Kondensator gespeichert?
 - (c) Skizzieren Sie den Verlauf des Entladestroms für zwei verschiedene Widerstände R (mit $R_1 = 2 R_2$).
 - (d) Wie groß ist R , wenn der Strom innerhalb von $40 \mu\text{s}$ auf die Hälfte seines Anfangswertes fällt?
3. Drei gleiche Glühlampen sind an eine konstante Spannung angeschlossen. Vergleichen Sie die Helligkeit der drei Glühlampen bei den verschiedenen möglichen Schalterstellungen.



Vorschlag III: Elektromagnetische Wellen

1. Ordnen Sie die Strahlungsarten: sichtbares Licht (VIS), Röntgenstrahlung (XRAY), Infrarotstrahlung (IR), Radiowellen (RW), Gammastrahlung (γ), Mikrowellen (MW) und ultraviolette Strahlung (UV) nach zunehmender Energie.
2. Der Strahl eines grünen Laser-Pointers hat an Luft eine Wellenlänge von 532 nm. Berechnen Sie Wellenlänge, Frequenz und Ausbreitungsgeschwindigkeit des Strahls in Wasser.
3. Zwei Lichtstrahlen gleicher Farbe treffen parallel zur Grundfläche auf ein Prisma aus Kronglas ($n=1.51$). Berechnen Sie den weiteren Strahlverlauf und zeichnen Sie ihn ein.



4. Auf ein Gitter (Gitterkonstante $4 \cdot 10^{-6}$ m) fällt Licht der Wellenlänge 694 nm senkrecht ein. Das Interferenzbild wird auf einem $d = 2$ m entfernten ebenen Schirm beobachtet, der parallel zum Gitter steht.
 - (a) Berechnen Sie den Abstand der auf dem Schirm sichtbaren Helligkeitsmaxima 1. Ordnung voneinander.
 - (b) Weisen Sie rechnerisch nach, dass die Spektren 2. und 3. Ordnung einander überlappen, wenn sichtbares Licht aus dem Wellenlängenintervall zwischen 400 nm und 750 nm benutzt wird.
 - (c) Erklären Sie die Entstehung des Interferenzmusters an einem Doppelspalt mit einem einfachen Modell.
 - (d) Erklären Sie die Begriffe konstruktive und destruktive Interferenz.
5. Beschreiben Sie ein Experiment, welches den Teilchencharakter des Lichts zeigt.

Vorschlag IV: Induktion und Magnetfelder

1. Eine Spule ($L = 10 \text{ cm}$, 2000 Windungen) steht senkrecht und ist an ein Voltmeter angeschlossen. Ein Stabmagnet ($l = 10 \text{ cm}$) wird durch die Spule fallen gelassen.
 - (a) Skizzieren Sie den Aufbau.
 - (b) Beschreiben Sie zu welchen Zeiten das Voltmeter eine Spannung anzeigt und erläutern Sie wie die Spannung zustandekommt.
 - (c) Wie verläuft die Bewegung des Stabmagneten verglichen mit einem freien Fall? Erläutern Sie die Kräfte auf den Stabmagneten anhand der Lenzschen Regel.

2. In einer Spule mit 800 Windungen, einer Länge von 5 cm und einem ohmschen Widerstand von 45Ω soll ein magnetisches Feld von 12 mT erzeugt werden.
 - (a) Welche Spannung muss an die Spule angelegt werden?
 - (b) Geben Sie drei Möglichkeiten an wie das Magnetfeldstärke verzehnfacht werden kann.
 - (c) Skizzieren Sie die Magnetfeldlinien der stromdurchflossenen Spule.

3. Hall-Effekt
 - (a) Skizzieren Sie einen Aufbau zur Messung des Hall-Effekts.
 - (b) Leiten Sie aus einem geeigneten Kraftansatz, die Beziehung für die Hall-Spannung $U_H = d \cdot v \cdot B$ her.
 - (c) Zeigen Sie, dass mit dem Hall-Effekt zwischen Elektronen und Löchern als Ladungsträger unterschieden werden kann.

Lösungen

Vorschlag I: Massepunkte im Gravitationsfeld

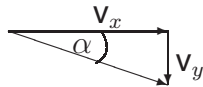
1. (a)

$$a = \frac{F}{m} \Rightarrow v = \sqrt{2as} = \sqrt{\frac{2Fs}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 600\text{N} \cdot 0.225\text{m}}{0.3\text{kg}}} = 30 \text{ m/s}$$

(b) Fallzeit = Flugzeit:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{30\text{m}}{30\text{m/s}} = 1\text{s}$$

$$v_y = gt = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} 1\text{s} = 10\text{m/s}$$



$$\tan \alpha = (v_y/v_x) \Rightarrow \alpha = 18^\circ$$

(c) Impulserhaltung:

$$p_{\text{vorher}} = p_{\text{nachher}}$$

$$m_1 \cdot v_1 = (m_1 + m_2)v_2$$

$$v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2} = \frac{40\text{g} \cdot 30\text{m/s}}{340\text{g}} = 3.5\text{m/s}$$

2. (a)

$$r_T = 1/2 * d_S + h = 1162000\text{km},$$

$$v = \frac{2\pi r_T}{t} = \frac{2\pi \cdot 1.162 \cdot 10^9\text{m}}{15.9 \cdot 24 \cdot 60^2\text{s}} = 5315 \text{ m/s}$$

(b)

$$F_g = F_z \rightarrow m_T \cdot v^2 / r_T = G \frac{m_S m_T}{r_T^2} \Rightarrow m_s = \frac{r_T \cdot v^2}{G} = \frac{1.162 \cdot 10^9 \cdot 5315^2}{6.67 \cdot 10^{-11}} \text{kg} = 4.9 \cdot 10^{26} \text{kg}$$

(c) m_p Probemasse auf Saturnoberfläche:

$$F_g = G \cdot \frac{m_p m_S}{r_S^2} \approx g_s \cdot m_p = \frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 4.9 \cdot 10^{26}}{120000000^2} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot m_p \Rightarrow g_s = 9.07 \text{m/s}^2$$

(d)

$$\begin{aligned} F_g &= F_z \\ \frac{m_R \cdot v^2}{r_R} &= G \frac{m_S m_R}{r_R^2} \\ \Rightarrow v &= \sqrt{\frac{G \cdot m_S}{r_R}} = \frac{U}{T} = 2\pi r_R / T \\ \Rightarrow T &= 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G m_S}} = 2\pi \sqrt{\frac{527040000^3}{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 4.9 \cdot 10^{26}}} = 4.9\text{d} \end{aligned}$$

oder durch Verhältnisbildung

$$\frac{T_{\text{Rhea}}}{T_{\text{Titan}}} = \sqrt{\left(\frac{r_{\text{Rhea}}}{r_{\text{Titan}}}\right)^3} \Rightarrow T_{\text{Rhea}} = 4.5d$$

Vorschlag II: Elektrische Felder

1.a)

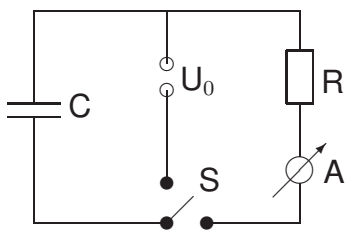
$$\begin{aligned} \vec{E}(\vec{r}) &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \\ &= \frac{1}{4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \text{As/Vm}} \cdot \frac{10^{-6} \text{C}}{r^2} \\ &= 8992 \text{Vm} \frac{1}{r^2} \end{aligned}$$

1.b) $E(r)$ steigt für $0 < r < R$ linear an, und klingt für $r > R$ mit $1/r^2$ ab

1.c)

$$\begin{aligned} W &= - \int F dr \\ &= \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right] \\ &= -8992 \cdot (-0.1 \cdot 10^{-6} \text{C}) \left(\frac{1}{0.15 \text{m}} - \frac{1}{0.1 \text{m}} \right) \text{V} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

2.a)



2.b) $Q = C \cdot U = 12 \text{V} \cdot 1.02 \cdot 10^{-6} \text{F} = 12.24 \text{mC}$

2.c) $I(t)$ vs t . $I_0(R_1) = I_0(R_2)/2$. Exponentieller Abfall. $I(R_2)$ klingt schneller ab als $I(R_1)$.

2.d)

$$\begin{aligned} I_c &= -\frac{U_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \\ \frac{1}{2} I_0 &= I_0 e^{-\frac{t_{1/2}}{RC}} \\ R &= \frac{t_{1/2}}{C \ln 2} = \frac{40 \cdot 10^{-3} \text{s}}{1.02 \cdot 10^{-6} \text{F} \ln 2} = 56.6 \text{k}\Omega \end{aligned}$$

3)

| Kom. | S1 | S2 |
|------|-------|-------|
| 1 | offen | offen |
| 2 | offen | zu |
| 3 | zu | offen |
| 4 | zu | zu |

1: Alle in Reihe geschaltet. An jedem Lämpchen fällt ein Drittel der Spannung ab. Jedes Lämpchen leuchtet mit der Helligkeit H_0 .

2: I fließt durch A, aber nicht durch B und C, sondern durch S2. B, C leuchten nicht. An A liegt die gesamte Spannung an. A leuchtet heller als H_0 .

3: I fließt durch C, aber nicht durch A und B, sondern durch S1. A, B leuchten nicht. An C liegt die gesamte Spannung an. C leuchtet heller als H_0 .

4: Alle Lämpchen parallel geschaltet. An allen Lämpchen liegt die volle Spannung an. A, B, C leuchten heller als in (1).

Vorschlag III

1) RW, MW, IR, VIS, UV, XRAY, γ

2)

$$v = \lambda \nu$$

$$v(\text{vacuum}) = c$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{532 \cdot 10^9 \text{ s}} = 5.64 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

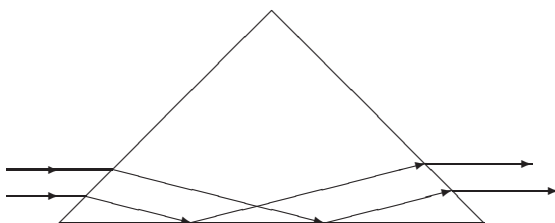
$$n(\text{Wasser})v(\text{Wasser}) = n(\text{Vakuum})c$$

$$v_W = \frac{n_V}{n_W} c = \frac{1}{1.33} 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2.26 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\nu_W = \nu_V = 5.64 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\lambda_W = \frac{v_W}{\nu_W} = \frac{2.26 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5.64 \cdot 10^{14} \text{ Hz}} = 399 \text{ nm}$$

3)



1. Grenzfläche: Einfallswinkel $\alpha_1 = 45^\circ$, Ausfallswinkel α_2 : $n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2 \Rightarrow \alpha_2 = 27.9^\circ$ Der Strahl trifft mit $\alpha_3 = 72.9^\circ$ auf die untere Glasfläche \rightarrow Totalreflexion \rightarrow Einfallswinkel (auf rechte Fläche) $\alpha_3 =$ Ausfallswinkel α_4 . Aus Symmetriegründen trifft der Strahl mit $\alpha_5 = \alpha_2$ auf die 3. Oberfläche und tritt waagrecht ($\alpha_6 = 45^\circ$) aus.

4.a) (a) $k \cdot \lambda = b \cdot \sin \alpha_k$; k Ordnung des Maximums, b Gitterkonstante.

Maximum 0. Ordnung: 0° .

Maximum 1. Ordnung:

$$\alpha_1 = \arcsin \frac{k\lambda}{b} = \arcsin \frac{1 \cdot 694 \cdot 10^{-9}m}{4 \cdot 10^{-6}m} = 10^\circ$$

Abstand $a = 2m \cdot \tan \alpha_1 = 35 \text{ cm}$

4.b) α_2 (400 nm) = 11.5° , α_2 (750 nm) = 22.5° , α_3 (400 nm) = 17.5° , α_3 (750 nm) = 34.2°

Das Spektrum 2. Ordnung überspannt einen Winkelbereich von $11.5 - 22.5^\circ$, das Spektrum 3. Ordnung den Winkelbereich $17.5 - 34.2^\circ$. Von $17.5 - 22.5^\circ$ überlappen die Spektren.

4.c) Modell: Huygens'sches Wellenbild. Hinter beiden Spalten bildet sich eine Kugelwelle aus. Es gibt Winkel unter denen die Wellen konstruktiv interferieren und Winkel unter denen die Wellen destruktiv interferieren.

4.d) Für Wellen gilt das Superpositionsprinzip: Amplituden addieren sich. Konstruktive Interferenz: Zwei Wellen gleicher Phase treffen aufeinander \rightarrow Berge addieren sich zu höheren Bergen. Destruktive Interferenz: Zwei Wellen entgegengesetzter Phase treffen aufeinander \rightarrow Berg und Tal addieren sich zu Null.

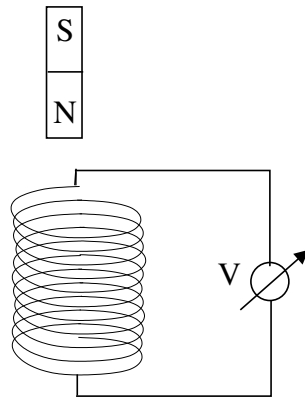
5)

Photoeffekt: Die kinetische Energie der Elektronen hängt nicht von der Intensität, sondern von der Wellenlänge λ des einfallenden Lichts ab. Die kinetische Energie dieser Photoelektronen steigt, beginnend bei einer Minimalfrequenz, linear mit der Frequenz des Lichtes an.

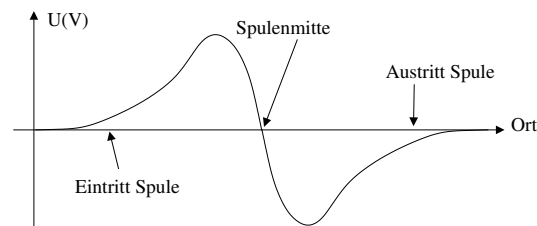
Comptoneffekt: Vergrößerung der Wellenlänge eines Photons bei der Streuung an einem Teilchen

Vorschlag IV: Induktion und Magnetfelder

1.a)



1.b)



Sobald der Magnet sich signifikant der Spule nähert wird eine Spannung induziert. Wenn der Magnet innerhalb der Spule der Spule ist, nimmt die Spannung ab. Wenn der Magnet in der Mitte ist, kehrt das Vorzeichen der Spannung um und beim Herausfallen des Magneten wird wieder eine Spannung erzeugt.

Eine Spannung wird induziert, wenn sich Fluss in der Spule ändert ($U_{ind} = -d\Phi/dt = -d(BA)/dt$).

1.c) Der Fall ist gebremst. Lenzsche Regel: Eine Änderung des magnetischen Flusses durch eine Leiterschleife induziert eine Spannung, so dass der dadurch fließende Strom ein Magnetfeld erzeugt, welches der Änderung des magnetischen Flusses entgegenwirkt.

Taucht der Magnet mit seinem Nordpol zuerst in den Magneten ein, wird durch die induzierte Spannung ein Strom fließen, welcher ein B-Feld erzeugt, welches mit N nach oben zeigt und so den Stabmagneten abstößt. Analog beim Austritt des Stabmagneten aus der Spule, lässt die induzierte Spannung einen Strom fließen, welcher ein B-Feld derart erzeugt, dass der N unten ist und den Stabmagneten anzieht und so den Fall hemmt.

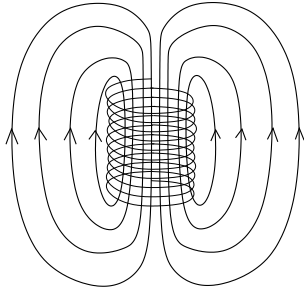
2.a)

$$B = \mu_0 \frac{I \cdot N}{l}$$
$$U = R \cdot I$$

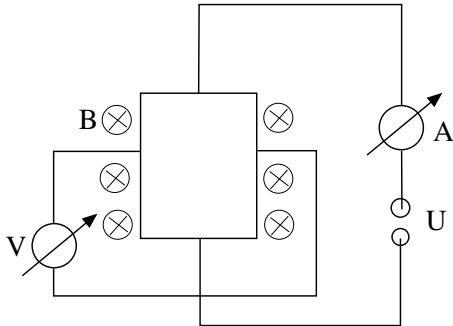
$$\Rightarrow U = R \frac{Bl}{\mu_0 N} = 45\Omega \cdot \frac{0.012T \cdot 0.05m}{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am} \cdot 800} = 26.9V$$

2.b) 1. Strom verzehnfachen, Spulenlänge zehnteln (bei gleicher Windungszahl), Windungszahl verzehnfachen.

2.c)



3.a)



3.b)

Lorentzkraft = Kraft im E – Feld

$$F_L = F_E$$

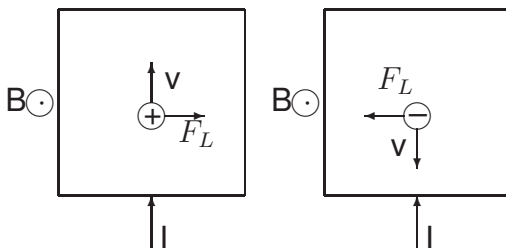
$$q \cdot v \times B = qE$$

$$v \perp B, E = \frac{U}{d}$$

$$q \cdot v \cdot B = q \cdot \frac{U}{d}$$

$$U = d \cdot v \cdot B =: U_H$$

3.c)



Bei gleich angelegter Spannung, d.h. bei gleicher technischer Stromrichtung, wirkt die Lorentzkraft, so dass positive Ladungsträger auf den rechten Rand, negative Ladungsträger an den linken Rand gedrückt werden.