

Klausur Herbst 2012

Aufgabe 1 (Abwurf; Prüfung ExPh H2012A1)

Ag_EXPH_H2012A1.tex:

Von einem Rettungsflugzeug, das sich mit einer Geschwindigkeit $v_0 = 55 \text{ m/s}$ in der Höhe $h = 200 \text{ m}$ horizontal bewege, werde eine Rettungskapsel fallengelassen. Vernachlässigen Sie den Luftwiderstand!

- a) Welche Art von Flugbahn durchläuft die Rettungskapsel? Skizzieren Sie den Verlauf der Flugbahn.

Halb-Parabel

unten geöffnete

Lösung:

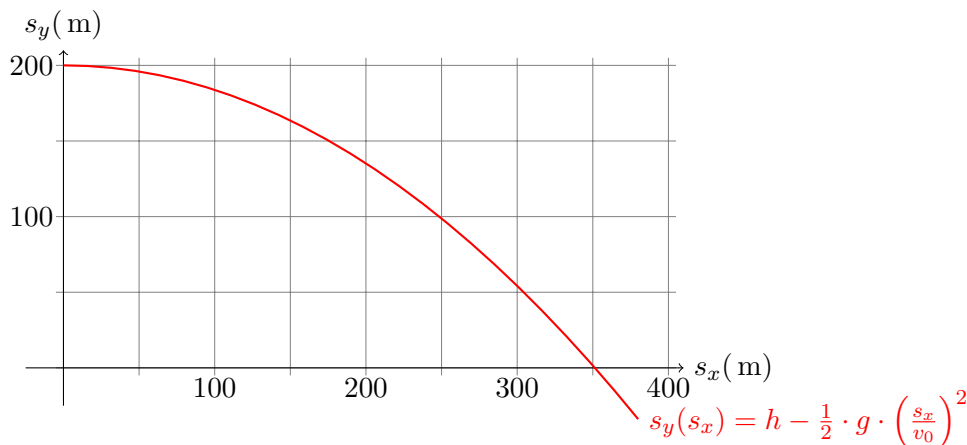
$$v_x = v_0$$

$$s_x = v_0 \cdot t \rightarrow t = \frac{s_x}{v_0}$$

$$v_y = -g t$$

$$s_y = h - \frac{1}{2} g t^2 = h - \frac{1}{2} g \left(\frac{s_x}{v_0} \right)^2$$

Die Flugbahn ist eine nach unten geöffnete Halb-Parabel.



- b) Berechnen Sie die Fallzeit bis zum Auftreffen.

$$T = 6,39 \text{ s}$$

Lösung:

$$h = \frac{1}{2} g T^2$$

$$T = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 200 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2}} = 6,39 \text{ s}$$

- c) Wie groß ist der Betrag der Geschwindigkeit v_u der Kapsel beim Auftreffen auf den Boden?

$$v_u = 83,4 \text{ m/s}$$

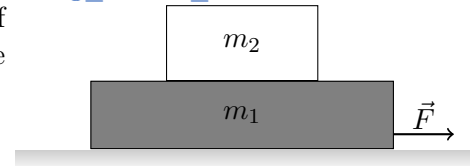
Lösung:

$$|v| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(55 \text{ m/s})^2 + (-9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 6,39 \text{ s})^2} = 83,4 \text{ m/s}$$

Aufgabe 2 (Reibung zwischen Klötzen, Prüfung ExPh H2012A2)

Ein Block mit einer Masse m_1 ruhe auf einer reibungsfreien Fläche. Auf ihm liege ein zweiter Block der Masse m_2 . Zwischen den Blöcken sei die Haftreibungszahl μ_H und die Gleitreibungszahl μ_G .

Ag_EXPH_H2012A2.tex



- a) Welche Beschleunigung $a_{\max}$ kann maximal aufgebracht werden, ohne dass der obere Block auf dem unteren rutscht? $2,94 \text{ m/s}^2$

Lösung:

$$\begin{aligned}\sum F &= F - F_R - m_1 \cdot a = 0 \\ F_R &= m_2 \cdot a = \mu_H \cdot m_2 \cdot g \\ a_{\max} &= \mu_H \cdot g = 2,94 \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

- b) Wie groß ist dann die gesamte Zugkraft F_{ges} ? $17,7 \text{ N}$

Lösung:

$$F_{\text{ges}} = (m_1 + m_2) \cdot a_{\max} = 17,7 \text{ N}$$

- c) Die Kraft sei halb so groß wie der ermittelte Wert. Berechnen Sie damit die Beschleunigung jedes Blocks und die Reibungskraft, die auf jeden Block wirkt. $1,47 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Lösung:

$$\begin{aligned}F &= \frac{1}{2} \cdot \mu_H \cdot (m_1 + m_2) \cdot g = 8,83 \text{ N} \\ a_1 = a_2 &= \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{\mu_H \cdot g}{2} = 1,47 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\end{aligned}$$

- d) Die Kraft sei doppelt so groß wie der in a) ermittelte Wert. Berechnen Sie damit die Beschleunigung jedes Blocks. $7,85 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Lösung:

$$F = 2 \cdot \mu_H \cdot (m_1 + m_2) \cdot g = 35,3 \text{ N}$$

Die x -Achse zeigt in Richtung von $\vec{F}$. Aus dem dritten Newtonschen Gesetz folgt dann, für den Körper 1:

$$\begin{aligned}\sum F_1 &= F - m_1 \cdot a_1 - F_R = 0 \\ a_1 &= \frac{F - F_R}{m_1} = \frac{(2 \cdot \mu_H \cdot (m_1 + m_2) - \mu_G \cdot m_2)}{m_1} \cdot g \\ &= \left[2 \cdot \mu_H + (2 \cdot \mu_H - \mu_G) \cdot \frac{m_2}{m_1} \right] \cdot g = 0,8 \cdot g \\ &= 7,85 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\end{aligned}$$

und für Körper 2 (hier zeigt die Reibungskraft entgegen der Reibungskraft von Körper 1, d.h. die Reibungskraft ist die beschleunigende Kraft):

$$\begin{aligned}\sum F_2 &= -m_1 \cdot a_2 + F_R = 0 \\ F_R &= m_2 \cdot a = \mu_G \cdot m_2 \cdot g = 0,2 \cdot 2 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 3,92 \text{ N} \\ a_2 &= \mu_G \cdot g = 0,2 \cdot g = 1,962 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\end{aligned}$$

Zahlenwerte: $\mu_H = 0,3$; $\mu_G = 0,2$; $m_1 = 4 \text{ kg}$; $m_2 = 2 \text{ kg}$.

Quelle: Prüfungsaufgaben zur Experimentalphysik A/B (Prof. Schimmel)

Aufgabe 3 (Kreispendedel, Prüfung H2012A3)

[Ag_EXPH_H2012A3.tex](#)

Eine punktförmig gedachte Masse m befindet sich am Ende eines masselosen Seils, das am Punkt O im Schwerfeld der Erde (z-Richtung) aufgehängt ist. Die Masse führt nun in der xy-Ebene eine Kreisbewegung um die z-Achse aus.

- a) Um welchen Winkel α_1 gegen die Vertikale ist der Faden bei einer Winkelgeschwindigkeit ω ausgelenkt? 67°

Lösung:

$$\begin{aligned}\tan \alpha_1 &= \frac{F_z}{F_G} = \frac{m \omega^2 r}{m g} = \frac{\omega^2 r}{g} = \frac{\omega^2 l \sin \alpha_1}{g} = \frac{\sin \alpha_1}{\cos \alpha_1} \\ \cos \alpha_1 &= \frac{g}{\omega^2 l} \\ \alpha_1 &= 67^\circ\end{aligned}$$

- b) Mit welcher Kraft F_{Faden} ist der Faden dann gespannt? Wie groß ist dann die Zentralkraft F_z auf die Masse m ? 2,5 N; 2,3 N

Lösung:

$$\begin{aligned}F_z &= m \omega^2 r = m \omega^2 l \sin \alpha_1 = 2,3 \text{ N} \\ F_{\text{Faden}} &= \sqrt{F_G^2 + F_z^2} = \sqrt{(m g)^2 + F_z^2} = \sqrt{(0,1 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2)^2 + (2,3 \text{ N})^2} = 2,5 \text{ N}\end{aligned}$$

- c) Wie groß ist der Winkel α_2 bei einer gegebenen Umlaufgeschwindigkeit v_2 ? 47°

Lösung:

$$\begin{aligned}\tan \alpha &= \frac{F_z}{F_G} = \frac{m \frac{v^2}{r}}{m g} = \frac{v^2}{g r} = \frac{v^2}{g l \sin \alpha} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \\ v^2 \cos \alpha &= g l \sin^2 \alpha = g l (1 - \cos^2 \alpha) \\ g l \cos^2 \alpha + v^2 \cos \alpha - g l &= 0 \\ \cos \alpha &= \frac{1}{2 g l} \left(-v^2 + \sqrt{v^4 + 4 g^2 l^2} \right) \\ \alpha &= 47^\circ\end{aligned}$$

- d) Welcher Winkel $\alpha_{\max}$ kann maximal erzielt werden, falls das Seil bei einer Belastung mit der Kraft $F_{\max}$ reißt? 86°

Lösung:

$$F_{\max} = \frac{F_G}{\cos \alpha_{\max}}$$
$$\alpha_{\max} = 86^\circ$$

- e) Wie groß ist dann der Drehimpuls L der Masse m unmittelbar vor dem Reißen des Seils, wie groß der Impuls p unmittelbar danach? 1,2 kg m²/s; 1,2 kg m/s

Lösung:

$$L = m r^2 \omega = m \cdot (l \sin \alpha_{\max})^2 \cdot \sqrt{\frac{g}{l \cos \alpha_{\max}}} = 1,2 \text{ kg m}^2/\text{s}$$
$$v = \omega r = \sqrt{\frac{g}{l \cos \alpha_{\max}}} \cdot (l \sin \alpha_{\max}) = 11,8 \text{ m/s}$$
$$p = m v = 1,2 \text{ kg m/s}$$

Zahlenwerte: $m = 100 \text{ g}$; $l = 1 \text{ m}$; $\omega = 5 \text{ s}^{-1}$; $v_2 = 10 \text{ km/h}$; $F_{\max} = 15 \text{ N}$

Quelle: Prüfungsaufgaben zur Experimentalphysik A/B (Prof. Schimmel)

Aufgabe 4 (Temperaturmessung, Prüfung H2012A4)

[Ag_EXPH_H2012A4.tex](#)

- a) Nennen und beschreiben Sie anhand je einer Skizze vier unterschiedliche Methoden der Temperaturmessung. Nennen Sie den jeweiligen physikalischen Effekt, auf dem die Temperaturmessung beruht.

Lösung:

- (i) Flüssigkeitsthermometer
Ausdehnung $\sim T$
- (ii) Bimetallthermometer
Unterschiedliche Ausdehnung von zwei verschiedenen Metallen
- (iii) Ideales-Gas-Thermometer
 $p \cdot V \sim T$
- (iv) Strahlungspyrometer
Leistung der Wärmestrahlung $\sim T^4$
- (v) Widerstandsthermometer
Elektrischer Widerstand ist abhängig von Material und T

- b) Welche Zeit benötigt man, um unter Normaldruck 1 kg Eis mit einer Anfangstemperatur von 0°C zu schmelzen und auf 50°C zu erwärmen, wenn man eine Heizung mit einer konstanten Heizleistung von 1000 W zur Verfügung hat? 543 s

Lösung:

$$Q_1 = Q_{\text{schmelz, Wasser}} \cdot m_{\text{Wasser}} = 333 \text{ kJ}$$

$$t_1 = \frac{Q_1}{P} = \frac{333 \text{ kJ}}{1000 \text{ W}} = 333 \text{ s}$$

$$Q_2 = c_{\text{Wasser}} \cdot m_{\text{Wasser}} \cdot \Delta T = 210 \text{ kJ}$$

$$t_2 = \frac{Q_2}{P} = \frac{210 \text{ kJ}}{1000 \text{ W}} = 210 \text{ s}$$

$$t_g = 333 \text{ s} + 210 \text{ s} = 543 \text{ s}$$

Zahlenwerte: $Q_{\text{schmelz, Wasser}} = 333 \text{ kJ/kg}$; $c_{\text{Wasser}} = 4,2 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Quelle: Prüfungsaufgaben zur Experimentalphysik A/B (Prof. Schimmel)

Aufgabe 5 (Fahrradpumpe, Prüfung H2012A5)

[Ag_EXPH_H2012A5.tex](#):

Die Luft einer am Ausgang verschlossenen Fahrradpumpe wird ausgehend von den Bedingungen T_0 , p_0 , V_0 auf $1/3$ des Ausgangsvolumens komprimiert. Man nehme an, die Pumpe arbeite ohne Reibungsverluste und das zweiatomige Gas Luft verhalte sich wie ein ideales Gas.

- a) Unter welcher Voraussetzung kann man die genannte Kompression als adiabatisch betrachten?

Lösung:

Adiabatisch: $dQ = 0$, kein Wärmeaustausch mit der Umgebung. Das lässt sich näherungsweise durch schnelle Expansion bzw. Kompression erreichen.

- b) Berechnen Sie die Temperaturänderung und die bei der Kompression aufgewandte Arbeit. 162 K; 27,6 J

Lösung:

$$\begin{aligned} p \cdot V^\kappa &= \text{const. bzw. mit } p = \frac{n R T}{V} \\ T \cdot V^{\kappa-1} &= \text{const.} \\ T_1 &= T_0 \cdot \left(\frac{V_0}{V_1} \right)^{\kappa-1} \\ \kappa &= \frac{c_p}{c_v} = \frac{\frac{f}{2} + 1}{\frac{f}{2}} = \frac{f+2}{f} = \frac{7}{5} \\ \Delta T &= T_1 - T_0 = T_0 \left(\left(\frac{V_0}{V_1} \right)^{\kappa-1} - 1 \right) = 162 \text{ K} \end{aligned}$$

$$\Delta Q = 0$$

$$\begin{aligned} \Delta W &= \Delta U = n c_v \Delta T = \frac{p_0 V_0}{R T_0} \cdot \frac{5}{2} R T_0 \cdot \left(\left(\frac{V_0}{V_1} \right)^{\kappa-1} - 1 \right) \\ &= p_0 V_0 \cdot \frac{5}{2} \left(\left(\frac{V_0}{V_1} \right)^{\kappa-1} - 1 \right) = 27,6 \text{ J} \end{aligned}$$

- c) In einem Experiment wurde tatsächlich ein Temperaturanstieg von 70°C gemessen. Berechnen Sie für dieses Experiment den Polytropenexponenten α (in $p \cdot V^\alpha = \text{const}$). $\alpha = 1,20$

Lösung:

$$\alpha = 1,20.$$

Zahlenwerte: $T_0 = 20^\circ\text{C}$; $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$; $V_0 = 200 \text{ cm}^3$.

Quelle: Übungen zur Experimentalphysik A/B (Prof. Schimmel)

Aufgabe 6 (Ladungsverteilung in Isolatorkugel, Prüfung H2012A6)

[Ag_EXPH_H2012A6.tex](#)

Eine Ladung Q sei homogen im gesamten Volumen einer nicht leitenden Kugel mit einer konstanten Ladungsdichte ρ verteilt. Der Radius der Isolatorkugel sei R . Wie groß ist das elektrische Feld $E(r)$ sowie das elektrische Potential $\varphi(r)$ als Funktion des Abstandes r vom Kugelmittelpunkt

- a) außerhalb und

Lösung:

Satz von Gauß: $\oint \vec{E} d\vec{A} = \frac{q}{\varepsilon_0}$

Kugelsymmetrie: $\vec{E} = E(r)\hat{e}_r \rightarrow \vec{E} \parallel d\vec{A}$, damit

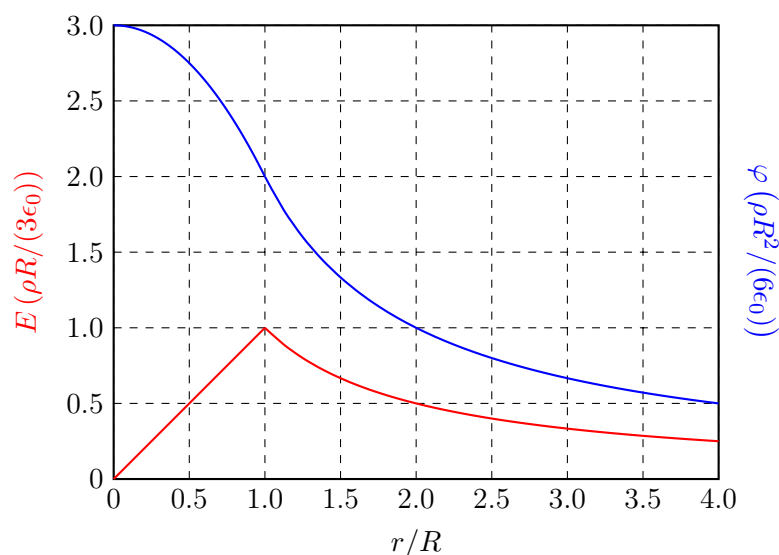
$$\begin{aligned} \oint_{\text{Kugel}} \vec{E} d\vec{A} &= \oint_{\text{Kugel}} E(r) dA = E(r) \cdot 4\pi r^2 = \frac{q}{\varepsilon_0} \\ E(r) &= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\int_V \rho dV}{r^2} \\ E(r) &= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\rho \int_0^R 4\pi r'^2 dr'}{r^2} = \frac{\rho}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\frac{4}{3}\pi R^3}{r^2} = \frac{\rho}{3\varepsilon_0} \frac{R^3}{r^2} \\ \rightarrow \varphi(r) &= - \int_\infty^r E(r') dr' = - \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0} \int_\infty^r \frac{1}{r'^2} dr' = - \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0} \left[-\frac{1}{r'} \right]_\infty^r = \frac{\rho}{3\varepsilon_0} \frac{R^3}{r} \end{aligned}$$

- b) innerhalb der Kugel?

Lösung:

$$\begin{aligned} E(r) &= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\rho \int_0^r 4\pi r'^2 dr'}{r^2} = \frac{\rho}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{r^2} = \frac{\rho}{3\varepsilon_0} r \\ \varphi(r) &= \varphi(R) - \int_R^r E_0(r') dr' = \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0 R} - \left[\frac{\rho}{6\varepsilon_0} r'^2 \right]_R^r = \frac{\rho}{6\varepsilon_0} (2R^2 - r^2 + R^2) = \frac{\rho}{6\varepsilon_0} (3R^2 - r^2) \end{aligned}$$

Diagramm: elektrisches Feld (E) und Potential (φ) der nicht leitenden Kugel

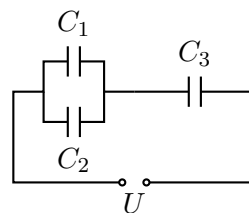


Bitte berechnen Sie die jeweiligen Funktionen und skizzieren Sie diese in einem Diagramm. Geben Sie jeweils eine kurze Begründung für Ihren Rechnungsansatz.

Quelle: Prüfungsaufgaben zur Experimentalphysik A/B (Prof. Schimmel)

Aufgabe 7 (Kondensatorschaltung, Prüfung H2012A7)
Drei Kondensatoren sind entsprechend nebenstehender Darstellung geschaltet. Die Kapazitäten der Einzelkondensatoren seien gegeben durch: $C_1 = 12,0 \mu\text{F}$; $C_2 = 5,3 \mu\text{F}$; $C_3 = 4,5 \mu\text{F}$.

Ag_EXPH_H2012A7.tex:



- a) Berechnen Sie die äquivalente Kapazität C_{123} bei Ersetzung der drei Einzelkondensatoren durch einen Kondensator 3,57 μF

Lösung:

$$C_{12} = C_1 + C_2 = 17,3 \mu\text{F}$$

$$C_{123} = \frac{1}{\frac{1}{C_1+C_2} + \frac{1}{C_3}} = 3,57 \mu\text{F}$$

- b) Die Potenzialdifferenz U an der nebenstehenden Schaltung betrage $U = 12,5 \text{ V}$. Wie groß ist die Ladung auf der äquivalenten Kapazität C_{123} ? 44,63 μC

Lösung:

$$Q_{123} = C_{123} \cdot U = 44,63 \mu\text{C}$$

- c) Wie groß ist die Spannung und die Ladung auf der äquivalenten Kapazität C_{12} bestehend aus den parallel geschalteten Kondensatoren C_1 und C_2 ? 2,58 V; 44,63 μC

Lösung:

$$Q_{12} = Q_{123} = C_{12} \cdot U_{12} = 44,63 \mu\text{C}$$

$$U_{12} = \frac{Q_{12}}{C_{12}} = \frac{44,63 \mu\text{C}}{17,3 \mu\text{F}} = 2,58 \text{ V}$$

d) Wie groß ist dann die Ladung auf den Kondensator C_1 ?

30,96 μC

Lösung:

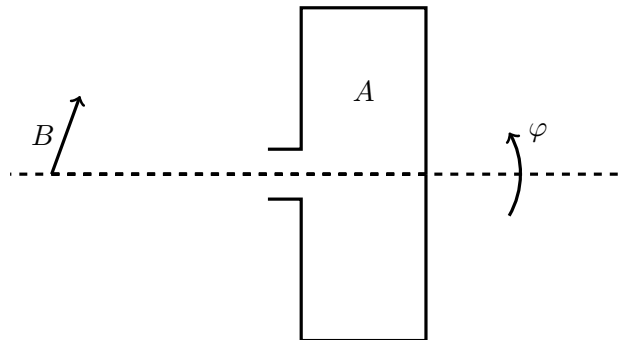
$$Q_1 = C_1 \cdot U_{12} = 12 \mu\text{F} \cdot 2,58 \text{ V} = 30,96 \mu\text{C}$$

Quelle: Prüfungsaufgaben zur Experimentalphysik A/B (Prof. Schimmel)

Aufgabe 8 (Rotierende Spule, Prüfung H2012A8)

[Ag-EXPH-H2012A8.tex](#):

Eine ebene Rechteckspule mit 500 Windungen und der Fläche $A = 10 \text{ cm}^2$ rotiert um eine in der Spulenfläche liegenden Achse mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega = 200 \text{ s}^{-1}$.



a) Wie groß ist die maximale elektrische Spannung U_0 an den Enden der Spule, wenn die Rotation in einem zur Rotationsachse senkrechten Magnetfeld $B = 3,0 \text{ Vs/m}^2$ erfolgt?

Lösung:

$$\begin{aligned} U_{\text{ind}} &= -N \cdot \dot{\Phi} = -N \cdot \frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = -N \cdot \frac{d}{dt} (\vec{B} \cdot \vec{A}) = -N \cdot \frac{d}{dt} (B \cdot A \cdot \cos \varphi) \\ &= -N \cdot B \cdot A \frac{d}{dt} (\cos \omega t) = N \cdot B \cdot A \omega \sin \omega t = U_0 \cdot \sin \omega t \\ U_0 &= N \cdot B \cdot A \omega = 300 \text{ V} \end{aligned}$$

300 V

b) Die Spule wird mit ihrer Fläche senkrecht zum Magnetfeld festgehalten. Das Magnetfeld wird innerhalb von 0,5 s mit konstantem dB/dt vom Wert 0 auf den Maximalwert $3,0 \text{ Vs/m}^2$ hochgefahren. Welche Spannung U_{ind} tritt dabei an den Enden der Spule auf?

Lösung:

$$U_{\text{ind}} = -N \cdot \frac{d}{dt} (B \cdot A \cdot \cos \varphi) = -N \cdot A \cdot \dot{B} \cdot \cos \varphi = -N \cdot A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot 1 = -3 \text{ V}$$

-1,5 V

Aufgabe 9 (Laserpointer; Prüfung ExPh H2012A9)

[Ag_EXPH_H2012A9.tex](#)

Ein grüner Laserpointer emittiert Licht der Frequenz $\nu = 5,64 \cdot 10^{14}$ Hz. Die Leistung des emittierten Laserstrahls ist mit $P = 0,7$ mW angegeben.

- a) Wie groß ist die Wellenlänge des emittierten Laserlichtes (Wellenlänge im Vakuum)? $532 \cdot 10^{-9}$ m

Lösung:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{5,64 \cdot 10^{14} \text{ Hz}} = 532 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

- b) Der Laserstrahl dringt nun in eine Glasplatte ein (Brechungsindex $n = 1,5$). Wie groß ist dort die Ausbreitungsgeschwindigkeit c_{Glas} , die Frequenz ν_{Glas} und die Wellenlänge λ_{Glas} des Laserlichtes?
 $2 \cdot 10^8$ m/s; $5,64 \cdot 10^{14}$ Hz; $355 \cdot 10^{-9}$ m

Lösung:

$$\begin{aligned} c_{\text{Glas}} &= \frac{c_0}{n} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s} \\ \nu_{\text{Glas}} &= \nu_{\text{Vakuum}} = 5,64 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \\ \lambda_{\text{Glas}} &= \frac{c_{\text{Glas}}}{\nu_{\text{Glas}}} = \frac{2 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{5,64 \cdot 10^{14} \text{ Hz}} = 355 \cdot 10^{-9} \text{ m} \end{aligned}$$

- c) Was ist ein Photon? Welche Energie E_{photon} hat ein Photon dieses Laserlichtes? $3,72 \cdot 10^{-19}$ J

Lösung:

$$E_{\text{Photon}} = h \frac{c}{\lambda} = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{532 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 3,72 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

- d) Wieviele Photonen emittiert dieser Laser pro Minute? Welcher Energie entspricht das?

$$113 \cdot 10^{15} \text{ 1/min; } 42 \text{ mJ}$$

Lösung:

$$\begin{aligned} P &= 0,7 \text{ mW} = \frac{n \cdot E_{\text{Photon}}}{1 \text{ s}} \\ \frac{n}{1 \text{ min}} &= \frac{P}{E_{\text{Photon}}} \cdot 60 = 113 \cdot 10^{15} \text{ 1/min} \\ E &= P \cdot \Delta t = 0,7 \text{ mW} \cdot 60 \text{ s} = 42 \text{ mJ} \end{aligned}$$

- e) Wofür steht die Abkürzung LASER?

Lösung:

LASER=Light **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation

Aufgabe 10 (Relativistisches Elektron, Prüfung H2012A10)

[Ag_EXPH_H2012A10.tex](#)

Ein Elektron wird beschleunigt, bis seine Masse das Vierfache seiner Ruhemasse beträgt.

- a) Berechnen Sie die kinetische Energie des Elektrons

0,246 pJ

Lösung:

$$E = m c^2 = 4m_0 c^2 = 4 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 0,328 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$
$$E_{\text{kin}} = E - E_0 = 3m_0 c^2 = 0,246 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

- b) Wie groß ist seine Geschwindigkeit v wie groß sein Impuls p ?

$2,9 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $1,06 \cdot 10^{-21} \text{ kg m/s}$

Lösung:

$$E = \frac{E_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$
$$v = c \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{E_0}{E}\right)^2} = c \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{1}{4}\right)^2} = 0,97 \cdot c = 2,9 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$
$$p = m v = 4m_0 v = 4 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 2,9 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 1,06 \cdot 10^{-21} \text{ kg m/s}$$

- c) Mit welcher Spannung U wurde das Elektron beschleunigt?

1,53 MV

Lösung:

$$E_{\text{kin}} = 0,246 \cdot 10^{-12} \text{ J} = \frac{0,246 \cdot 10^{-12}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ eV} = 1,53 \text{ MeV}$$
$$U = 1,53 \text{ MV}$$