

Klausur Herbst 2015

Aufgabe 1 (Schiefer Wurf, Prüfung ExPh H2015A1)

[Ag_EXPH_H2015A1.tex](#)

Eine kleine Kugel werde von einem Hügel aus abgeschossen (Höhe $h_0 = 400\text{ m}$ über der Ebene). Die Anfangsgeschwindigkeit betrage $v_0 = 55,0\text{ m/s}$ und die Abschussrichtung bilde einen Winkel von $\alpha = 50^\circ$ mit der Horizontalen. Der Luftwiderstand bleibe unberücksichtigt. Berechnen Sie

- a) die Zeit t_F , zu der die Kugel den Erdboden erreicht.

14,3 s

Lösung:

Betrachte zunächst nur die y -Komponente es gilt:

$$y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + v_{0y} t + h_0$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

Damit ergibt sich:

$$y(t_F) \stackrel{!}{=} 0 = -\frac{1}{2} g t_F^2 + v_{0y} t_F + h_0$$

$$t_F = \frac{v_{0y}}{g} \stackrel{(+)}{(-)} \sqrt{\frac{v_{0y}^2}{g^2} + \frac{2 h_0}{g}} = 14,3\text{ s}$$

- b) die Entfernung ℓ , in der die Kugel landen wird.

505 m

Lösung:

Betrachten wir nun die x -Richtung. Es gilt:

$$x(t) = v_{0x} t$$

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

Damit erhält man:

$$x(t_F) \stackrel{!}{=} \ell = v_{0x} t_F = 505\text{ m}$$

- c) die Zeit t_S , zu der die Kugel den höchsten Punkt der Flugbahn erreicht.

4,3 s

Lösung:

Der höchste Punkt wird erreicht, wenn die vertikale Geschwindigkeitskomponente gleich Null ist.

$$v_{0y}(t_S) \stackrel{!}{=} \frac{dy(t)}{dt}(t_S) = v_{0y} - g t_S$$

$$t_S = \frac{v_{0y}}{g} = 4,3\text{ s}$$

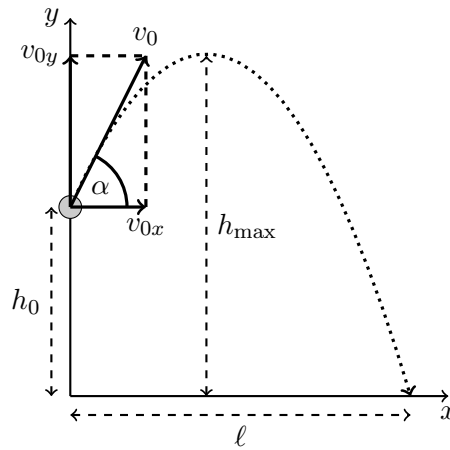
- d) die maximale Bahnhöhe $h_{\max}$ über der Ebene.

490 m

Lösung:

Die maximale Flughöhe wird zum Zeitpunkt t_S erreicht. Es gilt:

$$y(t_S) \stackrel{!}{=} h_{\max} = -\frac{1}{2} g t_S^2 + v_{0y} t_S + h_0 = 490\text{ m}$$



Quelle: Prüfungsaufgaben zur Experimentalphysik A/B

Aufgabe 2 (Impuls und Reibung, Prüfung ExPh H2015A2)

[Ag_EXPH_H2015A2.tex](#)

Ein Kind mit der Masse M rennt horizontal mit der Geschwindigkeit v und springt auf ein ruhendes Skateboard auf. Das Skateboard hat die Masse m .

- a) Wie groß ist der Gesamtimpuls?

76 kg $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

Lösung:

Horizontaler Verlauf, d.h. es handelt sich um ein Eindimensionales Problem. Man benötigt keine Vektoren.

$$p = M \cdot v = 20 \text{ kg} \cdot 3,8 \text{ m/s} = 76 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- b) Wie groß ist die Anfangsgeschwindigkeit, mit der sich das Kind und das Skateboard zusammen weiterbewegen?

3,0 m/s

Lösung:

Es gilt Impulserhaltung. (vgl. vollkommen inelastischer Stoß)

$$\begin{aligned} p_A &= p_E \\ M \cdot v &= (M + m) \cdot u \\ \Rightarrow u &= \frac{M \cdot v}{M + m} = \frac{20 \text{ kg} \cdot 3,8 \text{ m/s}}{20 \text{ kg} + 5,0 \text{ kg}} = 3,0 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- c) Das Kind fährt mit dem Skateboard die Länge ℓ , bevor es zum Stehen kommt. Wie groß ist der Rollreibungskoeffizient μ_R für das Skateboard?

0,024

Lösung:

1. Möglichkeit: Gleichmäßig beschleunigte Bewegung

$$\begin{aligned} v(t_1) &\stackrel{!}{=} 0 = at_1 + u \\ \Rightarrow t_1 &= -\frac{u}{a} \\ s(t_1) &\stackrel{!}{=} \ell = \frac{1}{2}at_1^2 + ut_1 = \frac{1}{2}a\left(-\frac{u}{a}\right)^2 + u\left(-\frac{u}{a}\right) \\ \Rightarrow a &= -\frac{u^2}{2\ell} \end{aligned}$$

Jetzt kann man die Kräfte betrachten, hier bremst die Rollreibung.

$$F = (M + m)a = F_R = -\mu_R F_N = -\mu_R (M + m)g$$
$$\mu_R = -\frac{a}{g} = \frac{u^2}{2g\ell} = \frac{(3,8 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 20 \text{ m}} = 0,024$$

2. Möglichkeit: Energieerhaltung

Kraft (Rollreibung) wirkt entlang des Weges und ist konstant. Die Arbeit ist einfach Kraft mal Weg. Der Verlust an kinetischer Energie wird durch die Reibung in Wärme umgewandelt.

$$W \stackrel{!}{=} \Delta E_{\text{kin}}$$
$$W = F_R \ell = \mu_R F_N \ell = \mu_R (M + m)g \ell$$
$$\Delta E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} (M + m) u^2$$
$$\Rightarrow \mu_R (M + m)g \ell = \frac{1}{2} (M + m) u^2$$
$$\mu_R = \frac{u^2}{2g\ell} = \frac{(3,8 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 20 \text{ m}} = 0,024$$

Zahlenwerte: $M = 20 \text{ kg}$; $v = 3,8 \text{ m/s}$; $m = 5,0 \text{ kg}$; $\ell = 20 \text{ m}$

Quelle: Prüfungsaufgaben zur Experimentalphysik A/B

Aufgabe 3 (Schwingungen; Prüfung ExPh H2015A3)

[Ag_EXPH_H2015A3.tex](#):

Ein Körper der Masse m sei an einer horizontalen Feder mit der Federkonstante D befestigt. Die Feder werde um die Strecke s aus ihrer Ruhelage ausgelenkt und zum Zeitpunkt $t = 0$ losgelassen. Die Bewegung erfolge reibungsfrei.

a) Wie groß ist die Schwingungsfrequenz?

0,50 Hz

Lösung:

$$\omega = 2\pi \cdot f = \sqrt{\frac{D}{m}}$$
$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{D}{m}}$$
$$= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{10 \text{ N/m}}{1 \text{ kg}}} = 0,50 \text{ Hz}$$

b) Wie groß ist die Schwingungsdauer?

2,0 s

Lösung:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,50 \text{ Hz}} = 2,0 \text{ s}$$

c) Wie groß sind (i) die höchste Geschwindigkeit und (ii) die höchste Beschleunigung? $0,54 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $1,7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Lösung:

- (i) höchste Geschwindigkeit:

Die maximale Geschwindigkeit wird erreicht beim Durchgang durch die Ruhelage. Dort ist die Feder nicht gespannt, die gesamte Energie im System liegt in Form von kinetischer Energie vor.

$$\begin{aligned}\frac{1}{2}m \cdot v_{\max}^2 &\stackrel{!}{=} \frac{1}{2}D \cdot s^2 \\ v_{\max} &= \sqrt{\frac{D}{m}} \cdot s \\ &= \sqrt{\frac{10 \text{ N/m}}{1 \text{ kg}}} \cdot 0,17 \text{ m} = 0,54 \frac{\text{m}}{\text{s}}\end{aligned}$$

- (ii) höchste Beschleunigung:

Die maximale Beschleunigung wird in den Umkehrpunkten erreicht, da dann die Feder maximal gespannt ist.

$$\begin{aligned}F &= D \cdot s \stackrel{!}{=} m \cdot a_{\max} \\ a_{\max} &= \frac{D}{m} \cdot s \\ &= \frac{10 \text{ N/m}}{1 \text{ kg}} \cdot 0,17 \text{ m} = 1,7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\end{aligned}$$

- d) Wann erfolgt der erste Durchgang durch die Ruhelage?

0,7 s

Lösung:

Start bei maximaler Auslenkung. Der erste Durchgang durch die Ruhelage erfolgt nach einer Viertelschwingung. Damit ergibt sich für die benötigte Zeit:

$$t = \frac{T}{4} = \frac{2,0 \text{ s}}{4} = 0,5 \text{ s}$$

- e) Wie ändern sich die in a) bis d) berechneten Größen, falls die Feder vertikal im Schwerfeld der Erde angeordnet ist? Bitte geben Sie eine kurze Begründung.

keine Änderung

Lösung:

Durch die Schwerkraft verschiebt sich lediglich die Ruhelage der an der Feder befestigten Masse. Dies geht nicht weiter in die Berechnung, wie sie in den vorangegangenen Aufgabenteile durchgeführt wurden, ein. Es wird dieselbe Schwingung um die neue Ruhelage herum geführt.

$$F_{\text{res}} = D \cdot s + G = D \left(s + \frac{G}{D} \right) = m \cdot \ddot{s}'$$

Zahlenwerte: $m = 1 \text{ kg}$; $D = 10 \text{ N/m}$; $s = 17 \text{ cm}$.

Quelle: Prüfungsaufgaben zur Experimentalphysik A/B

Aufgabe 4 (Kalorimeter, Prüfung ExPh H2015A4)

[Ag_EXPH_Kalorimeter.tex](#)

Wasser wird in einem wärmeisolierten Gefäß mit einem Tauchsieder erwärmt.

- a) Nach welcher Zeit ist die Siedetemperatur erreicht?

270 s

Lösung:

Aufgabe 5 (Wärmeausdehnung Platte; Prüfung ExPh H2015A5)

[Ag_EXPH_H2015A5.tex](#)

Eine kreisförmige Kupferplatte vom Radius R und der Dicke d hat in der Mitte einen quadratischen Ausschnitt der Seitenlänge s . In diesem Ausschnitt liegt eine Kugel, deren Durchmesser $2r$ etwas größer als s ist, solange Kugel und Platte die gleiche Temperatur haben.

- a) Um welche Temperaturdifferenz muss man die Platte erhitzen, damit die Kugel durchfällt? 121 K

Lösung:

$$\begin{aligned}\frac{\Delta s}{s} &= \alpha \cdot \Delta T \\ \Delta s &= \alpha \cdot \Delta T \cdot s = 2r - s \\ \Delta T &= \frac{2r - s}{\alpha \cdot s} = 121 \text{ K}\end{aligned}$$

- b) Wie lange muss man die Platte mit einer elektrischen Heizung der Leistung P heizen, bis die Kugel durchfällt? Dabei möge die Erwärmung ohne Verluste erfolgen und die Temperatur der Kugel unverändert bleiben. 542 s

Lösung:

$$\begin{aligned}\Delta Q &= c \cdot m \cdot \Delta T = c \cdot \rho V \cdot \Delta T = c \cdot \rho(\pi R^2 - s^2)d \cdot \Delta T = c \cdot \rho(\pi R^2 - s^2)d \cdot \frac{2r - s}{\alpha \cdot s} = P \cdot \Delta t \\ \Delta t &= \frac{c \cdot \rho(\pi R^2 - s^2)d \cdot (2r - s)}{P \cdot \alpha \cdot s} = 542 \text{ s} \approx 9 \text{ min}\end{aligned}$$

- c) Welche Wärmemenge ΔQ wurde der Kupferplatte dabei zugeführt? 81,3 kJ

Lösung:

$$\Delta Q = P \cdot \Delta t = 81,3 \text{ kJ}$$

Zahlenwerte: $R = 10 \text{ cm}$; $d = 0,9 \text{ cm}$; $s = 10 \text{ cm}$; $r = 5,01 \text{ cm}$; $P = 150 \text{ W}$.

Eigenschaften von Cu: spezifische Wärme $c = 0,39 \text{ J/gK}$

Dichte $\rho = 9 \text{ g/cm}^3$

Thermischer Ausdehnungskoeffizient $\alpha = 1,65 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

Aufgabe 6 (Gravitation und Coulombkraft, Prüfung ExPh H2015A6)

[Ag_EXPH_H2015A6.tex](#)

Zwei identische kleine Kugeln der Masse m tragen die gleiche Ladung $Q = -10 \cdot 10^{-8} \text{ C}$. Sie sind an zwei masselos angenommenen Fäden der Länge L im selben Punkt aufgehängt. Die Anziehungskraft zwischen den beiden Kugeln aufgrund der Gravitation kann vernachlässigt werden.

- a) Welcher Anzahl von Elektronen entspricht eine solche Ladung Q ? $6,25 \cdot 10^{11}$ Elektronen pro Kugel

Lösung:

Die Anzahl der Ladung ergibt sich aus dem Betrag des Quotienten der Ladung auf den Kugeln Q und der Ladung eines Elektrons $-e$, d.h. der negativen Elementarladung.

$$\begin{aligned}N &= \left| \frac{Q}{-e} \right| = \left| \frac{-10 \cdot 10^{-8} \text{ C}}{-1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \right| \\ &= 6,25 \cdot 10^{11} \text{ Elektronen pro Kugel}\end{aligned}$$

- b) Skizzieren Sie die wirkenden Kräfte, wenn beide Ladungen Q als Punktladungen und die beiden Massen m als Punktmassen angenommen werden. Welche von derer Kraftkomponenten kompensieren sich in der Gleichgewichtslage?

Lösung:

Es wirken Coulombkraft $\vec{F}_C$ und Gewichtskraft $\vec{F}_G$. Die Vektorsumme $\vec{F}_{\text{res}}$ dieser beiden wird in der Gleichgewichtslage gerade von der Seilkraft $\vec{F}_{\text{Faden}}$ im Faden kompensiert. Die Kraft im Faden ist somit antiparallel zur resultierenden aus Coulombkraft und Gewichtskraft. Die resultierende und die Kraft im Faden laufen entlang des Fadens.

- c) Geben Sie in Abhängigkeit von L eine Beziehung für den Winkel θ an, den die Fäden mit der Senkrechten bilden, sobald das Gleichgewicht erreicht ist.

Lösung:

Der Abstand zwischen den beiden Kugeln sei r , dieser lässt sich über die Länge L des Fadens und den Winkel θ ausdrücken.

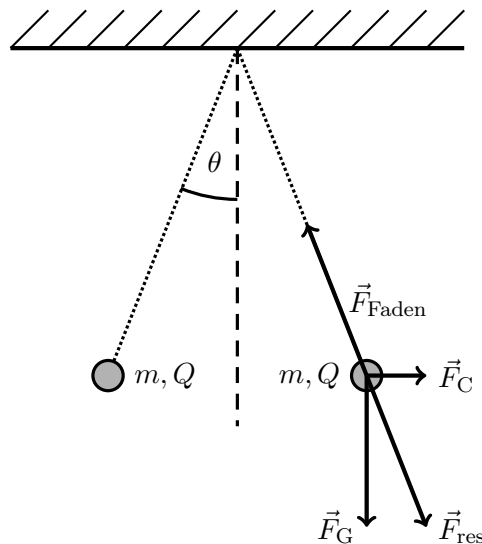
$$r = 2 \cdot L \cdot \sin \theta$$

Da die resultierende Kraft parallel zum Faden ist gilt für den Winkel:

$$\begin{aligned} \tan \theta &= \frac{F_C}{F_G} = \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{r^2}}{m g} \\ &= \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{4 \cdot L^2 \cdot \sin^2 \theta}}{m g} \\ \Rightarrow \sin^2 \theta \cdot \tan \theta &= \frac{Q^2}{16\pi\epsilon_0 \cdot m g} \frac{1}{L^2} \end{aligned}$$

Für kleine Winkel gilt $\sin \alpha \approx \tan \alpha$, damit kann man vereinfachen zu:

$$\sin \theta \approx \sqrt[3]{\frac{Q^2}{16\pi\epsilon_0 \cdot m g} \frac{1}{L^2}}$$



Quelle: Prüfungsaufgaben zur Experimentalphysik A/B

Aufgabe 7 (Widerstände, Prüfung ExPh H2015A7)

[Ag_EXPH_H2015A7.tex](#)

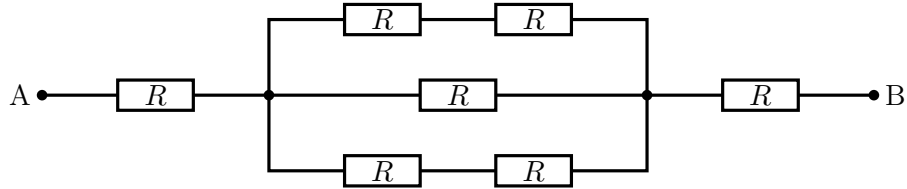
Gegeben sei die abgebildete Schaltung aus lauter gleichen Ohm'schen Widerständen mit jeweils $R = 10 \Omega$.

- a) Berechnen Sie den Gesamtwiderstand R_{AB} zwischen A und B und R_{CD} zwischen C und D.
 $25\ \Omega$; $10\ \Omega$

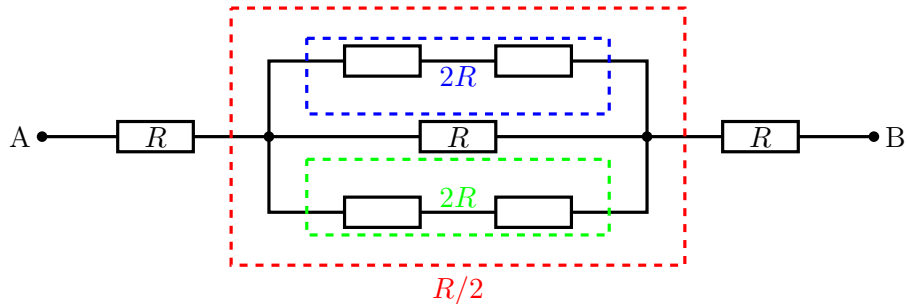
Lösung:

- R_{AB}

Ersatzschaltbild:



Ersatzwiderstände bunt umrandet:

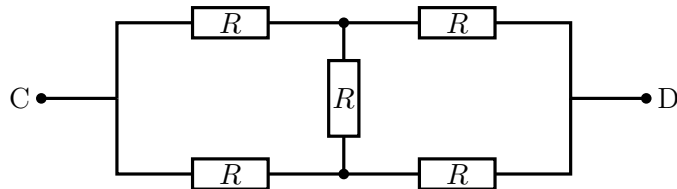


In einem Schritt:

$$R_{\text{ges}} = R + \frac{1}{\frac{1}{2R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{2R}} + R = 2R + \frac{1}{\frac{1}{2R} + \frac{2}{2R} + \frac{1}{2R}} = 2R + \frac{1}{\frac{4}{2R}} = 2R + \frac{R}{2} = 2R + \frac{R}{2} = \frac{5}{2}R = 25\ \Omega$$

- R_{CD}

Ersatzschaltbild:



Der Widerstand in der Mitte ist auf Grund der Symmetrie der Schaltung stromlos, d.h. er kann einfach weggelassen werden. Es ergibt sich damit:

$$R_{\text{ges}} = \frac{1}{\frac{1}{R+R}} + \frac{1}{\frac{1}{R+R}} = \frac{R}{2} + \frac{R}{2} = R = 10\ \Omega$$

- b) Zwischen A und B wird nun eine Spannung von $15\ \text{V}$ angelegt. Welche Stromstärke I fließt durch R_1 , welche Spannung fällt an R_1 ab und mit welcher Leistung wird R_1 erwärmt? $0,15\ \text{A}$; $1,5\ \text{V}$; $0,23\ \text{W}$

Lösung:

Strom durch die Gesamtanordnung:

$$I_{\text{ges}} = \frac{U}{R_{\text{ges}}} = \frac{15\ \text{V}}{25\ \Omega} = 0,6\ \text{A}$$

Damit kann der Spannungsabfall über jeden einzelnen der drei Serienwiderständen R ; $R/2$; R bestimmt werden. Hier ist der Spannungsabfall über $R/2$ entscheidend.

$$U_{R/2} = \frac{R}{2} \cdot I_{\text{ges}} = 3\ \text{V}$$

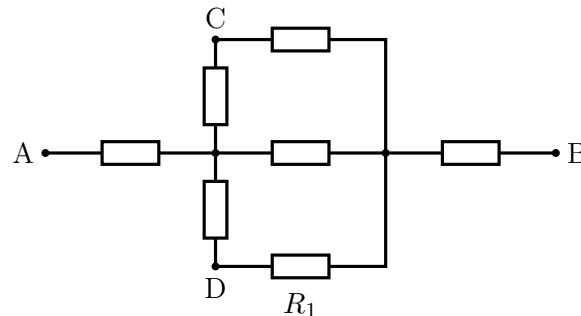
Diese Spannung teilt sich dann nochmals über R_1 und R , da beide gleich groß sind gilt:

$$U_{R_1} = \frac{U_{R/2}}{2} = 1,5 \text{ V}$$

Nun lässt sich I_{R_1} und P_{R_1} bestimmen:

$$I_{R_1} = \frac{U_{R_1}}{R_1} = \frac{1,5 \text{ V}}{10 \Omega} = 0,15 \text{ A}$$

$$P_{R_1} = U_{R_1} \cdot I_{R_1} = 1,5 \text{ V} \cdot 0,15 \text{ A} = 0,23 \text{ W}$$



Quelle: Prüfungsaufgaben zur Experimentalphysik A/B

Aufgabe 8 (Induktion; Prüfung ExPh H2015A8)

[Ag_EXPH_H2015A8.tex](#)

- a) Wie lautet das Induktionsgesetz? Benennen Sie alle in der Formel auftretenden Größen. $U_{\text{ind}} = -\dot{\Phi}$

Lösung:

$$U_{\text{ind}} = -\dot{\Phi}$$

U_{ind} : Induzierte Spannung

$\dot{\Phi}$: zeitliche Änderung des magnetischen Flusses

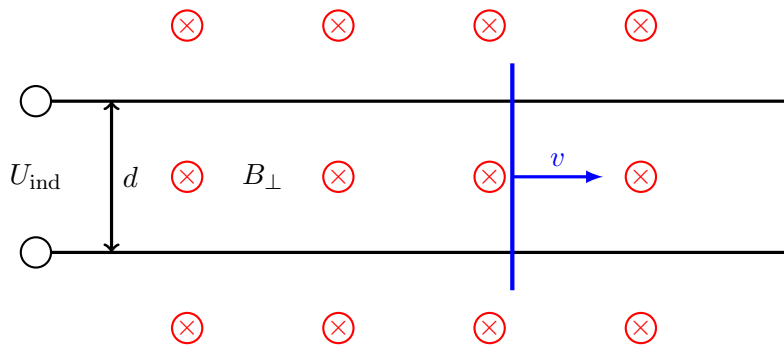
–: Auf Grund der Lenzschen Regel der Ursache entgegen gesetzt.

- b) Ein Zug fährt mit einer Geschwindigkeit $v = 230 \text{ km/h}$ nach Süden über eine gerade Eisenbahnstrecke, deren Schienen einen Abstand d von $1,5 \text{ m}$ haben. Der Zug verbindet über seine Achsen die beiden Schienen elektrisch leitend. Welche Spannung wird aufgrund der Flussdichte des Erdmagnetfeldes B zwischen den Schienen induziert, wenn $|B| = 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ und die B -Richtung um 65° gegen die Vertikale geneigt ist? 0,845 mV

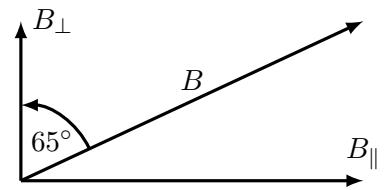
Lösung:

Die Schienen können als offene Leiterschleifen aufgefasst werden, die durch den Zug geschlossen wird. In Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Zuges ändert sich die vom Erdmagnetfeld durchflossene Fläche A mit der Zeit. Dabei ist die Erdmagnetfeldkomponente $B_\perp$ entscheidend, die senkrecht auf die Erdoberfläche zeigt. Betrachte folgende Skizze.

Aufsicht:



Seitenansicht:



Rechnung:

$$\begin{aligned} U_{\text{ind}} &= -\dot{\Phi} = B_{\perp} \cdot \dot{A} = -B_{\perp} \cdot (d \cdot \dot{s}) \\ &= -B_{\perp} \cdot d \cdot \dot{s} = -B_{\perp} \cdot d \cdot v = -B \cos(65^{\circ}) \cdot d \cdot v \\ &= -4,0 \cdot 10^{-5} \text{ T} \cos(65^{\circ}) \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 63,89 \text{ m/s} = -1,6 \text{ mV} \end{aligned}$$

Quelle: Prüfungsaufgaben zur Experimentalphysik A/B

Aufgabe 9 (Optik; Prüfung ExPh F2015A9)

[Ag_EXPH_H2015A9.tex](#)

- a) Nennen Sie zwei grundlegende Phänomene der geometrischen Optik, die an Grenzflächen auftreten.

Reflexion, Brechung

Lösung:

Fällt Licht auf die Oberfläche eines Körpers, so wird ein Teil des Lichtes reflektiert. Es gilt das Reflexionsgesetz.

- b) Schreiben Sie die beiden zugehörigen physikalischen Gesetzte auf. Benennen Sie alle darin auftretenden Größen und zeichnen sie jeweils eine kleine Skizze.

Lösung:

- Reflexionsgesetz:

Wenn Licht an einer Fläche reflektiert wird, so ist der Einfallswinkel gleich dem Reflexionswinkel. Einfallender Strahl, Einfallslot und reflektierter Strahl liegen in einer Ebene.

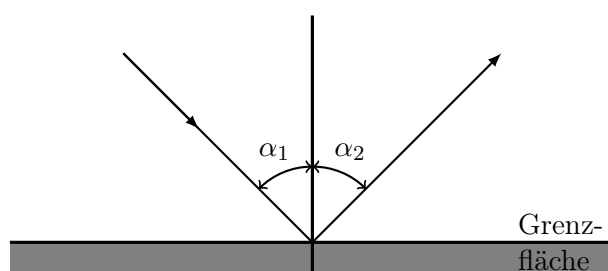
$$\alpha_1 = \alpha_2$$

Mit:

α_1 Winkel des einfallenden Strahls zum Lot.

α_2 Winkel des reflektierten Strahls zum Lot.

Skizze:



- Brechungsgesetz:

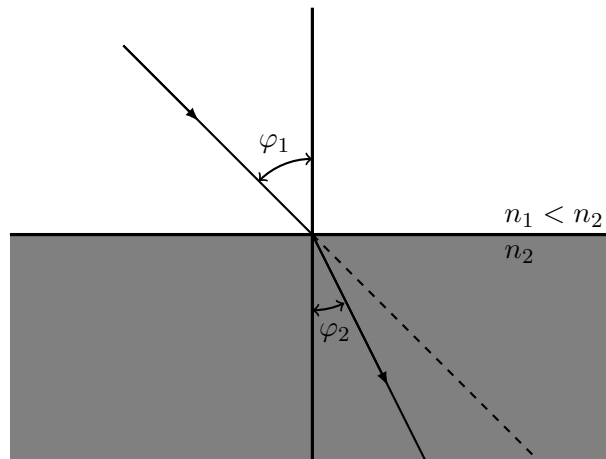
Licht wird nach Snellius beim Übergang vom optisch dünneren zum optisch dichteren Medium zum Lot hin gebrochen bzw. beim Übergang vom optisch dichteren zum dünneren Medium vom Lot weg.

Snellius'sches Brechungsgesetz:

$$\frac{\sin \varphi_1}{\sin \varphi_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Mit:

- φ_1 Winkel des einfallenden Strahls zum Lot.
- φ_2 Winkel des gebrochenen Strahls zum Lot.
- n_1 Brechzahl des Medium des einfallenden Strahls.
- n_2 Brechzahl des Medium des gebrochenen Strahls.



- c) Nennen Sie zwei Phänomene der Wellenoptik, die nicht in der geometrischen Optik vorkommen und erläutern Sie diese Phänomene.

Interferenz und Beugung

Lösung:

- Interferenz

Interferenz beschreibt die Änderung der Amplitude bei der Überlagerung von zwei oder mehr Wellen nach dem Superpositionsprinzip, also die vorzeichenrichtige Addition ihrer Auslenkungen (nicht der Intensitäten) während ihrer Durchdringung. Interferenz tritt bei allen Arten von Wellen auf, also bei Schall-, Licht-, Materiewellen usw. (Quelle: Wikipedia)

- Beugung

Die Beugung oder Diffraktion ist die Ablenkung von Wellen an einem Hindernis. Durch Beugung kann sich eine Welle in den Raumbereichen ausbreiten, die auf rein geradem Weg durch das Hindernis versperrt wären. Jede Art von physikalischen Wellen kann Beugung zeigen. Besonders deutlich erkennbar ist sie bei Wasserwellen oder bei Schall. Bei Licht ist die Beugung ein Faktor, der das Auflösungsvermögen von Kamera-Objektiven und Teleskopen begrenzt. Manche technische Komponenten, wie Beugungsgitter, nutzen die Beugung gezielt aus. Zur Beugung kommt es durch Entstehung neuer Wellen entlang einer Wellenfront gemäß dem Huygens-Fresnelschen Prinzip. Diese können durch Überlagerung zu Interferenzerscheinungen führen. (Quelle: Wikipedia)

- d) Wie groß ist die Lichtgeschwindigkeit in einem Medium mit Brechungsindex $n = 1,33$?

$$2,3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Lösung:

$$c = \frac{c_0}{n} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,33} = 2,3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Quelle: Prüfungsaufgaben zur Experimentalphysik A/B

Aufgabe 10 (Welle-Teilchen-Dualismus; Prüfung ExPh F2015A10)

[Ag_EXPH_F2015A10.tex](#)

a) Was versteht man unter dem Welle-Teilchen-Dualismus?

Lösung:

Unter dem Welle-Teilchen-Dualismus versteht man die Eigenschaft, dass kleine Objekte wie etwa Photonen oder Elektronen je nach durchgeführtem Experiment sowohl Wellen- als auch Teilchen-Eigenschaften zeigen. Dies bedeutet die Objekte sind Wellen und Teilchen zugleich.

b) Welche Frequenz hat Licht, bei dem die Wellenlänge im Vakuum 500 nm beträgt? $6,00 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

Lösung:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{500 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 6,00 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

c) Welchen Impuls, welche Energie und welche Geschwindigkeit hat ein Photon dieser Wellenlänge im Vakuum? $1,33 \cdot 10^{-27} \text{ kg m/s}; 3,98 \cdot 10^{-19} \text{ J}; 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Lösung:

- Impuls:

$$p = mc = \frac{h}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 1,33 \cdot 10^{-27} \text{ kg m/s}$$

- Energie:

$$E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{500 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 3,98 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

- Geschwindigkeit:

Licht breitet sich im Vakuum unabhängig von der Frequenz immer mit der Vakuumlichtgeschwindigkeit $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ aus.

d) Welche Experimente bestätigen den Wellencharakter von Licht?

Beugung, Interferenz, Brechung, Polarisation

Lösung:

Typische Wellenphänomene sind: Beugung, Interferenz, Brechung, Polarisation

e) Nennen und erläutern Sie ein Experiment, das den Teilchencharakter von Licht bestätigt.

Photoeffekt, Compton-Effekt, Paarbildung, Zerstrahlung von e^-/e^+ -Paar

Lösung:

- Photoeffekt:
Elektronen werden durch Photonen aus Metalloberfläche herausgeschlagen:
 - Minimale Frequenz f notwendig um Austrittsenergie W_A zu überwinden
 - E_{kin} ist abhängig von Frequenz f des Photons und steigt linear mit f
 - Anzahl Elektronen ist proportional zur Intensität des Lichts
- Compton-Effekt:
elastischer Stoß zwischen Elektronen und Photonen, Photon gibt Energie ab (Frequenz nach Stoß kleiner) $\rightarrow$ Photonen haben Impuls.
- Paarbildung:
aus einem energiereichen Photon mit $E_{\text{Photon}} = h \cdot f$ bildet sich ein Teilchen- Antiteilchen-Paar (z.B. Elektron-Positron-Paar bei $E_{\text{Photon}} \geq 2m_e \cdot c^2(1 + \Delta)$). Findet entweder im Atomkern statt (z.B. Germaniumdetektor für γ -Spektroskopie, $\Delta \approx 10^{-5}$) oder in der Atomhülle, wenn Photon eine Hüllelektron trifft (sog. Triplettbildung) mit $E_{\text{Photon}} \geq 4m_e \cdot c^2$, wovon $2m_e \cdot c^2$ als kinetische Energie der drei Teilchen auftreten, d.h. $\Delta = 1$.

Quelle: Prüfungsaufgaben zur Experimentalphysik A/B