Lösung zur Klausur „Physikalische Grundlagen“ Sommersemester 2008

Benjamin Bromberger

4. Juli 2009

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabe 1.

Cap Canaille ist eine senkrechte Felsklippe in Südfrankreich. Der höchste Punkt liegt genau 300m über Meeresniveau.

1.1 a)

Vom oberen Rand der Klippe löst sich ein Stein der Masse 5kg und fällt senkrecht nach unten in das Wasser. Wie lange dauert es vom Loslösen des Steines bis zu seinem Auftreffen auf dem Wasser?

1.2 Lösung zu a)

Formel für den freien Fall:

$$s(t) = \frac{1}{2}gt^2$$

Hierbei ist s die fallend zurückgelegte Strecke, g die Fallbeschleunigung und t die Zeit.Die Masse des Fallenden Körpers spielt keine Rolle!
Gegebene Werte:

$$s = 300m; \quad g = 9,81\frac{m}{s^2}$$

Umstellen der Formel und Lösung:

$$t = \sqrt{2\frac{s}{g}} = \sqrt{2 \cdot \frac{300m}{9,81\frac{m}{s^2}}} \approx 7,82s$$

1.3 b)

Wie groß ist die kinetische Energie des Steins beim auftreffen auf das Wasser.

1.4 Lösung zu b)

Formeln zur kinetischen und potentiellen Energie:

$$E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2; \quad E_{pot} = mgh$$

Hierbei ist m die Masse des Körpers, v dessen Geschwindigkeit und h die Höhe.
Gegebene Werte:

$$h = 300m; \quad g = 9,81\frac{m}{s^2}; \quad m = 300kg$$

Nach dem Prinzip der Energieerhaltung ist potentielle Energie gleich kinetischer Energie. Folglich reicht die berechnung der potentiellen Energie zur Lösung der Aufgabe.
Umstellen der Formel und Lösung:

$$E_{kin} = E_{pot} = mgh = 300kg \cdot 9,81\frac{m}{s^2} \cdot 300m = 882900\ \frac{kg \cdot m^2}{s^2} = 882,9kJ$$

1.5 c)

Um wieviel Kelvin könnte man mit dieser Energie 1l Wasser erwärmen?

1.6 Lösung zu c)

Formeln zur thermischen Energie:

$$E_{therm} = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Hierbei ist ΔT die Temperaturänderung und c die spezifische Wärmekapazität.
Gegebene Werte:

$$E_{therm} = 882,9kJ; \quad m = \rho \cdot V = 0,998203\frac{g}{cm^3} \cdot 1000cm^3 = 0,998kg; \quad c = 4187\frac{J}{kg \cdot K}$$

Umstellen der Formel und Lösung:

$$\Delta T = \frac{E_{therm}}{m \cdot c} = \frac{882,9kJ}{0,998kg \cdot 4187\frac{J}{kg \cdot K}} = 0,211kK = 211K$$

1.7 d)

20m unter dem oberen Rand der Klippe löst sich ein zweiter Stein genau zu diesem Zeitpunkt als der erste von ganz oben vorbei fliegt. Wie groß ist der Abstand der beiden Steine eine Sekunde später?

1.8 Lösung zu d)

Weitere Formeln zum freien Fall:

$$\begin{aligned} v(t) &= v_0 + g \cdot t \\ s(t) &= \frac{1}{2} g t^2 + v_0 t \end{aligned}$$

Hierbei ist v_0 die Anfangsgeschwindigkeit. Die neue Formel $s(t)$ berücksichtigt nun auch eine Anfangsgeschwindigkeit.
Gegebene Werte:

$$t^* = \sqrt{2 \frac{s}{g}} = \sqrt{2 \cdot \frac{20m}{9,81 \frac{m}{s^2}}} \approx 2,02s; \quad t = 1s$$

Hierbei ist t^* die Zeit die der erste Stein braucht um 20m zu fallen. t ist die Zeit die beide Steine noch fallen, nachdem sie sich getroffen haben. Zu berechnen sind nun noch die Anfangsgeschwindigkeit des ersten Steins beim treffen
Umstellen der Formel und Lösung:

$$\begin{aligned} v_{Stein1}(t=0) &= v_0 + g \cdot t^* = 0 + 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 2,02s = 19,82 \frac{m}{s} \\ s_{Stein1}(t=1) &= \frac{1}{2} g t^2 - v_{Stein1} \cdot t = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot (1s)^2 + 19,82 \frac{m}{s} \cdot 1s = 24,73m \\ s_{Stein2}(t=1) &= \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot (1s)^2 = 4,91m \\ d &= s_{Stein1} - s_{Stein2} = 24,73m - 4,91m = 19,82m \end{aligned}$$

Hierbei entspricht t=0 dem Zeitpunkt wo beide Steine aufeinandertreffen und NICHT dem Zeitpunkt bei dem der erste Stein beginnt zu fallen. t^* ist hier die Zeit, die Stein 1 bis zum treffen schon gefallen ist. d ist der gesuchte Abstand

1.9 e)

In welchem Zeitlichen Abstand treffen die Steine aufs Wasser?

1.10 Lösung zu e)

Formel für den freien Fall:

$$s(t) = \frac{1}{2}gt^2$$

Gegebene Werte:

$$s = 280m; \quad g = 9,81\frac{m}{s^2}; \quad t_{Stein1} = 7,82s$$

Umstellen der Formel und Lösung:

$$\begin{aligned} t_{Stein2} &= \sqrt{2\frac{s}{g}} = \sqrt{2 \cdot \frac{280m}{9,81\frac{m}{s^2}}} \approx 7,56s \\ d &= t_{Stein1} - t_{Stein2} = 7,82s - 7,56s = 0,24s \end{aligned}$$

1.11 f)

Nun wirft jemand einen Stein vom oberen Rand der Klippe horizontal ab. mit welcher Geschwindigkeit muss er horizontal werfen, damit der Stein genau 100m vom Fuß der senkrechten klippe ins Meer fällt?

1.12 Lösung zu f)

Formel für den waagerechten wurf:

$$s_x = v_0 \cdot t$$

Hierbei ist s_x der Abstand vom Abwurfpunkt in x-Richtung
Gegebene Werte:

$$t = 7,82s; \quad s_x = 100m$$

Umstellen der Formel und Lösung:

$$v_0 = \frac{s_x}{t} = \frac{100m}{7,82s} = 12,79\frac{m}{s}$$

1.13 g)

Zeichnen sie die Flugbahn des horizontal geworfenen Steins.

1.14 Lösung zu f)

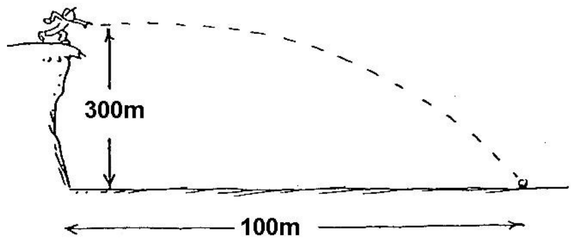

Abbildung 1.1: Bild des Wurfes, Verhältnisse nicht Maßstabsgetreu!

2 Aufgabe 2.

Eine harmonische Welle läuft mit der Geschwindigkeit von $v = 10\frac{m}{s}$ auf einem gespannten Seil entlang. Die Wellenlänge beträgt 5m und die maximale Auslenkung des Seils beträgt 2cm.

2.1 a)

Geben sie die Wellenzahl der Welle an.

2.2 Lösung zu a)

Formel für die Wellenzahl:

$$k = \frac{1}{\lambda}$$

Hier ist k die Wellenzahl und λ die Wellenlänge.
Gegebene Werte:

$$\lambda = 5m$$

Lösung:

$$k = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{5m} = 0,2\frac{1}{m}$$

2.3 b)

Geben sie die Kreisfrequenz ω an.

2.4 Lösung zu a)

Formel für die (Kreis-)frequenz:

$$\begin{aligned} \omega &= 2\pi \cdot f \\ f &= \frac{v}{\lambda} \end{aligned}$$

Hier ist f die Frequenz; v die Ausbreitungsgeschwindigkeit und λ die Wellenlänge.
Gegebene Werte:

$$\lambda = 5m; \quad v = 10\frac{m}{s}$$

Lösung:

$$\begin{aligned} f &= \frac{v}{\lambda} = \frac{10\frac{m}{s}}{5m} = 2\frac{1}{s} = 2Hz \\ \omega &= 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot 2Hz = 12,57Hz \end{aligned}$$

2.5 c)

Das Seil sei entlang der x-Achse gespannt. Geben sie die mathematische Beschreibung der Welle an.

2.6 Lösung zu c)

Formel den Amplitudenverlauf:

$$A(x,t) = A_0 \cdot sin\left(2\pi \cdot f\left(t - \frac{x}{v}\right)\right)$$

Hier ist A die Auslenkung, A_0=2cm die maximale Auslenkung,$f = 2Hz$ die Frequenz; $v = 10\frac{m}{s}$ die Ausbreitungsgeschwindigkeit und t die Zeit.

2.7 d)

Zeichnen sie die Welle in geeignetem Maßstab.

2.8 Lösung zu d)

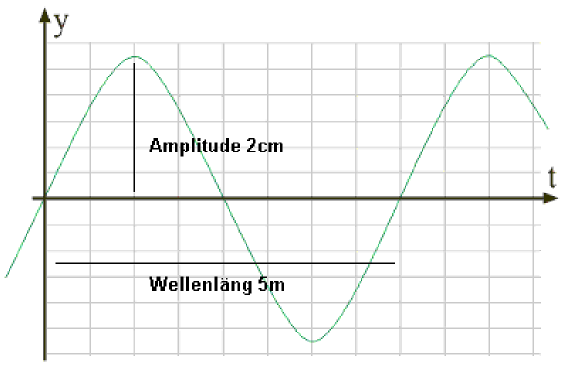

Abbildung 2.1: Bild der Welle, Verhältnisse nicht Maßstabsgetreu! Beim Zeichnen auf unterscheid der Einheiten (cm/m) achten.

3 Aufgabe 3.

Betrachten Sie ein regelmäßiges Strichgitter mit 5000 Strichen pro cm.

3.1 a)

Beschreiben Sie qualitativ was sie beobachten, wenn weißes Licht senkrecht auf das Gitter auftrift.

3.2 Lösung zu a)

Das Licht wird am Gitter abhängig von der Wellenlänge gebeugt. Da weißes Licht ein kontinuierliches Spektrum vieler/aller Wellenlängen enthält wird beim Auftreffen des Lichtes auf das Gitter jede Farbe (entspricht Wellenlänge) unterschiedlich Stark abgelängt und daher sieht man Streifen aller Farben.

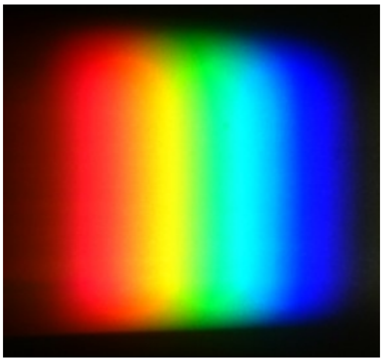

Abbildung 3.1: An einem Gitter gebeugtes Weißes Licht.

3.3 b)

Nennen sie wenigstens eine Anwendung des unter a) beobachteten Effekts.

3.4 Lösung zu b)

Gitterspektrometer; Monochromator;... Wikipedia schreibt:

Optische Gitter werden in optischen Messeinrichtungen zur Monochromatisierung (Monochromator) und Analyse der Spektren (optisches Spektrometer) eingesetzt. Ebenso werden damit Laser frequenzstabilisiert (siehe Bragg-Reflektor, DFB-Laser) und deren Nachverstärkung bei hohen Impulsleistungen ermöglicht (siehe Chirp).

3.5 c)

Nun soll Licht eines He-Ne-Lasers mit der Wellenlänge $\lambda = 630nm$ senkrecht auf das Gitter fallen. Unter welchem Winkel beobachten sie das erste Beugungsmaximum?

3.6 Lösung zu c)

Formel für die Beugung am Gitter:

$$n \cdot \lambda = g \cdot sin\left(\varphi\right)$$

Hier ist g die Gitterkonstante; n die Beugungsordnumg λ die Wellenlänge und φ der Ablenkwinkel.
Gegebene Werte:

$$\lambda = 630nm; \quad n = 1; \quad g = \frac{1cm}{5000} = 0,0002cm$$

Umstellen der Formel und Lösung:

$$\begin{aligned} sin\left(\varphi\right) &= \frac{n \cdot \lambda}{g} = \frac{1 \cdot 630 \cdot 10^{-9}m}{0,0002 \cdot 10^{-2}m} = 0,315 \\ \varphi &= arcsin\left(0,315\right) = 18,36^{\circ} \end{aligned}$$

4 Aufgabe 4.

In einem Zylinder mit einem verschiebbaren Kolben befindet sich 1 Liter ideales Gas mit einem Druck von P=1 bar und bei einer Temperatur von 20°C.

4.1 a)

Wie groß ist die Arbeit, die das Gas bei einer isaobaren Expansion auf ein Volumen von 2 Litern leisten kann?

4.2 Lösung zu a)

Formel für die Arbeit:

$$\Delta W = p \cdot \Delta V$$

Hier ist p der Druck und V das Volumen.
Gegebene Werte:

$$p = 1bar = 1 \cdot 10^5 \frac{kg}{m \cdot s^2}; \quad \Delta V = 1l = 0,001m^3$$

Lösung:

$$\Delta W = 1bar \cdot 1l = 1 \cdot 10^5 \frac{kg}{m \cdot s^2} \cdot 0,001m^3 = 100 \frac{kg \cdot m}{s^2} = 100J$$

4.3 b)

Wie groß ist die Arbeit bei einer isothermen Expansion auf das Volumen 2 Liter?

4.4 Lösung zu b)

Formel für die Arbeit:

$$\Delta W = p_1 V_1 \cdot ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

Hier ist p_1 der Druck vorher und V_1 bzw. V_2 das Volumen vorher und nachher. Gegebene Werte:

$$p_1 = 1bar = 1 \cdot 10^5 \frac{kg}{m \cdot s^2}; \quad V_1 = 1l = 0,001m^3; \quad V_2 = 2l = 0,002m^3$$

Lösung:

$$\Delta W = 1bar \cdot 1l \cdot ln(2) = 1 \cdot 10^5 \frac{kg}{m \cdot s^2} \cdot 0,001m^3 \cdot 0,69 = 69\frac{kg \cdot m}{s^2} = 69J$$

4.5 c)

Erklären Sie, warum die Wärmekapazität C_V bei konstantem Volumen immer kleiner ist als die Wärmekapazität C_p bei konstantem Druck.

4.6 Lösung zu c)

Die Spezifische Wärmekapazität eines Stoffes beschreibt die Eigenschaft, wieviel Wärme ein Körper bei einer Zustandsänderung speichern kann. Bei konstantem Volumen (C_V) wird die aufgewendete Energie vollständig in Temperaturerhöhung umgesetzt, da $\Delta W = 0$ bei isochoren Zustandsänderungen.
Bei konstantem Druck (C_p) wird die aufgewendete Wärmeenergie nur zum Teil in Temperaturerhöhung umgesetzt, zum anderen Teil wird die Wärme wieder in Form von mechanischer Arbeit abgegeben, bei isobaren Zustandsänderungen gilt $\Delta W = p \cdot \Delta V$ (s.o.).