Grundwissen

Physik

Jahrgangsstufe 10

1. Impuls

Definition:

$$p = m \cdot v$$

$$[p] = 1\, kg \cdot \frac{m}{s}$$

Impulserhaltungssatz:

$$p_{vorher} = p_{nachher}$$

$$p = p'$$

$$p_1 + p_2 = p'_1 + p'_2$$

Aufgabe:

$m_1 = 1\text{kg}$ stößt mit $v = 10\, m/s$ auf ruhendes $m_2 = 10\text{kg}$. Beide Körper verbinden sich und bewegen sich gemeinsam weiter.
Bestimme gemeinsame Endgeschwindigkeit und prozentualen "Verlust" an kinetischer Energie.

Lösung:

$$p = p'$$

$$m_1 \cdot v_1 = (m_1 + m_2) \cdot v'$$

$$v' = \frac{m_1 \cdot v_1}{m_1 + m_2} = \frac{1\text{kg} \cdot 10\, m/s}{1\text{kg} + 10\, kg} = \underline{\underline{0{,}91\, m/s}}$$

$$\frac{E'_{kin}}{E_{kin}} = \frac{0{,}5 \cdot (m_1 + m_2) \cdot v'^2}{0{,}5 \cdot m_1 \cdot v_1^2} = \frac{(m_1 + m_2) \cdot v'^2}{m_1 \cdot v_1^2} =$$

$$= \frac{(1\text{kg} + 10\text{kg}) \cdot (0{,}91\, m/s)^2}{1\text{kg} \cdot (10\, m/s)^2} = 0{,}091 = 9{,}1\%$$

Es gehen 90,9% der kin. Energie verloren

Aufgabe:

m_1 und m_2 hängen zusammen, sind zu Anfang in Ruhe und werden durch Sprengung voneinander getrennt.
Bestimme Verhältnis der Nachhergeschwindigkeiten $v'_1 \, und \, v'_2$ in Abhängigkeit von m_1 und m_2.

Lösung:

$$p = p'$$

$$0 = p'_1 + p'_2$$

$$0 = m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2$$

$$-m_1 \cdot v'_1 = m_2 \cdot v'_2$$

$\frac{m_1}{m_2} = -\frac{v'_2}{v'_1}$ oder mit Beträgen $\frac{m_1}{m_2} = \left|\frac{v'_2}{v'_1}\right|$

die Geschwindigkeiten verhalten sich umgekehrt wie die Massen.

2. Waagrechter Wurf

zweidimensionale Bewegung

Trennen der Koordinaten

$$F_x = m \cdot a_x$$
$$x(t) = x_0 + v_{x,0} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a_x \cdot t^2$$
$$v_x(t) = v_{x,0} + a_x \cdot t$$

$$F_y = m \cdot a_y$$
$$y(t) = y_0 + v_{y,0} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a_y \cdot t^2$$
$$v_y(t) = v_{y,0} + a_y \cdot t$$

Aufgabe:

Ein Körper der Masse m=1kg wird mit $v_{x,0} = 10\mathrm{m}/s$ in einer Höhe von 2,0m exakt horizontal abgeworfen.

a) Bestimme die Flugdauer.

b) Bestimme die Flugweite.

c) Bestimme die Ortskurve y(x).

d) Bestimme den Winkel zur Horizontalen, unter dem der Körper auf dem Boden aufschlägt.

e) Bestimme die Geschwindigkeit (Betrag) mit welcher der Körper aufschlägt.

Lösung:

a) $F_y = -m \cdot g \Rightarrow a_y = -g$

$$y(t) = y_0 + 0{,}5 \cdot a_y \cdot t^2$$
$$0 = y_0 - 0{,}5 \cdot g \cdot t_e^2 \Rightarrow t_e = \sqrt{\frac{2 \cdot y_0}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2{,}0\,m}{9{,}81\,m/s^2}}$$
$$\underline{\underline{t_e = 0{,}64\,s}}$$

b) $a_x = 0 \;\Rightarrow\; x(t) = v_{x,0} \cdot t$

$$x_e = v_{x,0} \cdot t_e = 10\mathrm{m}/s \cdot 0{,}64\,s = \underline{\underline{6{,}4\,m}}$$

c) $x(t) = v_{x,0} \cdot t \;\Rightarrow\; t = \frac{x}{v_{x,0}}$ einsetzen in y(t)

$$y = y_0 - \frac{1}{2} \cdot g \cdot \left(\frac{x}{v_{x,0}}\right)^2 = y_0 - \frac{g}{2 \cdot v_{x,0}^2} \cdot x^2$$

Parabel nach unten mit Scheitel in (0/2m)

d) $v_{x,e} = v_{x,0} = 10\mathrm{m}/s$

$$v_{y,e} = -g \cdot t_e = -9{,}81\,m/s^2 \cdot 0{,}64\,s = -6{,}3\,m/s$$
$$\tan\alpha = \frac{v_{y,e}}{v_{x,e}} = \frac{-6{,}3\,m/s}{10\,m/s} = -0{,}63$$
$$\Rightarrow \underline{\underline{\alpha = -32{,}2\,°}}$$

e) $|\vec{v}_e| = \sqrt{v_{x,e}^2 + v_{y,e}^2} = \sqrt{(6{,}3\,m/s)^2 + (10\mathrm{m}/s)^2}$

$$\underline{\underline{|\vec{v}_e| = 11{,}8\,m/s}}$$

3. Gleichförmige Kreisbewegung

gleichförmig heißt: mit konstanter Geschwindigkeit

Parameter:

Frequenz

$$f=\frac{1}{T}$$

T: Umlaufdauer

$$[f]=\frac{1}{s}=1\,Hz$$

Winkelgeschwindigkeit

$$\omega=\frac{\Delta\phi}{\Delta t}=\frac{2\cdot\pi}{T}$$

$$[\omega]=\frac{1}{s}$$

Bahngeschwindigkeit

$$v=\frac{2\cdot\pi\cdot r}{T}$$

Damit sich ein Körper auf einer Kreisbahn bewegt, muss zu jedem Zeitpunkt eine genau richtige Kraft auf den Körper wirken. Diese genau richtige Kraft nennt man dann

Zentripetalkraft

$$F_z=m\cdot\frac{v^2}{r}=m\cdot\omega^2\cdot r$$

Gravitationsgesetz

Kraft zwischen zwei Körpern im Abstand r

$$F_G=G\cdot\frac{m_1\cdot m_2}{r^2} \quad \text{mit Gravitationskonstante} \quad G=6{,}7\cdot10^{-11}\frac{m^3}{kg\cdot s^2}$$

Aufgabe:

Berechne aus den Daten der Kreisbewegung des Mondes um die Erde die Masse der Erde.

$r=3{,}8\cdot10^8\,m;\quad T=2{,}3\cdot10^6\,s$

Lösung:

$$F_z=F_G$$

$$m_M\cdot\frac{v^2}{r}=G\cdot\frac{m_M\cdot m_E}{r^2}$$

$$m_M\cdot\frac{(2\pi)^2 r^2}{T^2\cdot r}=G\cdot\frac{m_M\cdot m_E}{r^2}$$

$$m_E=\frac{(2\pi)^2\cdot r^3}{T^2\cdot G}$$

$$m_E=\frac{(2\pi)^2\cdot(3{,}8\cdot10^8\,m)^3}{(2{,}3\cdot10^6\,s)^2\cdot6{,}7\cdot10^{-11}\,m^3\,kg^{-1}\,s^{-2}}$$

$$\underline{\underline{m_E=6{,}1\cdot10^{24}\,kg}}$$

4. Schwingungen

Parameter:

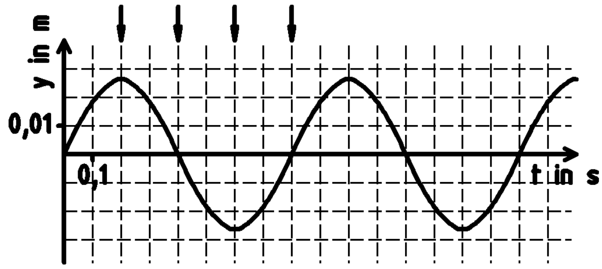
Schwingungsdauer	**Frequenz**	**Amplitude**
$[T]=1\,s$	$f=\frac{\Delta N}{\Delta t}=\frac{1}{T}$ $[f]=\frac{1}{s}=1\,Hz$	$[A_0]=1\text{m}$

Permanente Energie-Umwandlung:

$$E_{pot}\rightarrow E_{kin}\rightarrow E_{pot}\rightarrow E_{kin}\rightarrow\cdots$$

Aufgabe:

a) Bestimme aus dem t-y-Diagramm rechts die Schwingungsdauer, Frequenz und Amplitude der Schwingung.



b) Welche Arten von Energien liegen zu den mit Pfeilen gekennzeichneten Zeitpunkten vor?

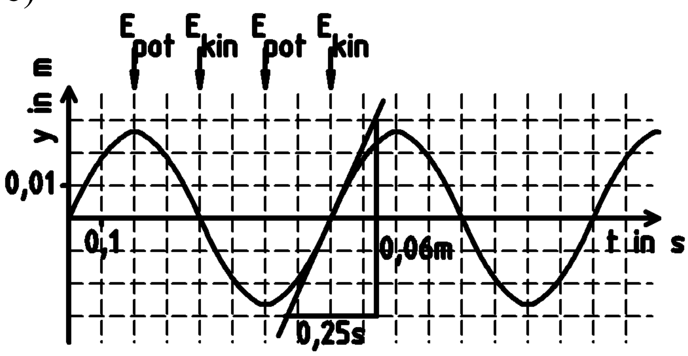
c) Bei t= 0,8s liegt maximale kinetische Energie vor. Bestimme mit Hilfe einer Tangente die Geschwindigkeit und damit die maximale kinetische Energie für den 0,5kg schweren Körper.

d) Wie groß ist der gesamte Energie-Gehalt dieser Schwingung?

Lösung:

a) $T=0{,}8\,s\,;\quad f=\frac{1}{T}=\frac{1}{0{,}8\,s}=1{,}25\,Hz\,;\quad A_0=0{,}027\,m$

b)



c)

$$v_{max}=\frac{0{,}06\,m}{0{,}25\,s}=0{,}24\,m/s$$

$$E_{kin,max}=\frac{1}{2}\cdot 0{,}5\,kg\cdot(0{,}24\,m/s)^2$$

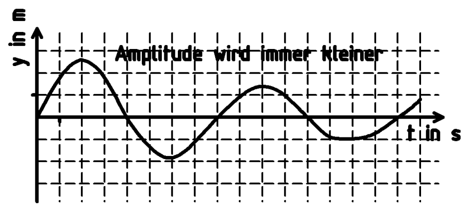
$$\underline{\underline{E_{kin,max}=0{,}0144\,J}}$$

d) Gesamtenergiegehalt ist gleich maximalen kinetischen Energie.

$$\underline{\underline{E_{ges}=0{,}0144\,J}}$$

Gedämpfte Schwingung

Reale Schwingungen sind immer gedämpft → Reibung, permanenter Energie-"Verlust"



5. Wellen

5.1 Grundlegendes

- ➔ Jeder Punkt der Welle führt eine Schwingung aus
- ➔ Zwei Punkte im Abstand λ schwingen gleichphasig, zwei Punkte im Abstand λ/2 schwingen gegenphasig
- ➔ Das momentane Erscheinungsbild der Welle bewegt sich in Ausbreitungsrichtung.
- ➔ Jede Welle braucht einen Erreger

Parameter

Frequenz

$$f=\frac{1}{T}$$

mit Schwingungsdauer T

$$[f]=\frac{1}{s}=1\,Hz$$

Wellenlänge

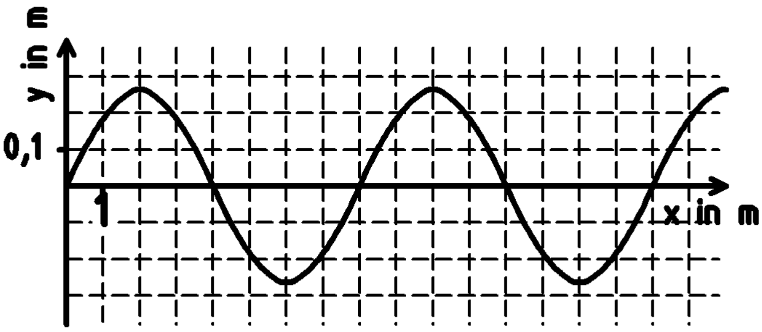
$$[\lambda]=1\text{m}$$

Ausbreitungsgeschwindigkeit

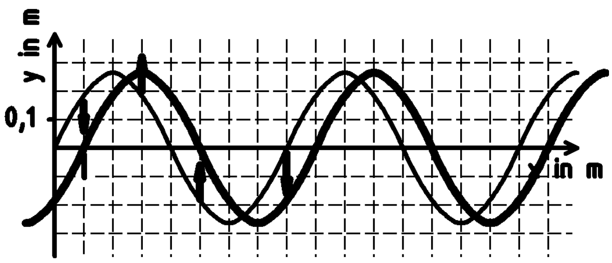
$$c=\lambda\cdot f$$

Ausbreitungsrichtung: In der Regel bewegt sich eine Welle vom Erregerzentrum weg

Aufgabe:
Das Bild rechts zeigt eine Welle der Frequenz f=0,125Hz zum Zeitpunkt t=0.
a) Bestimme Wellenlänge, Schwingungsdauer und Ausbreitungsgeschwindigkeit.
b) Zeichen das Erscheinungsbild der Welle zum Zeitpunkt t=1s.
c) Zeichne die momentane (t=0) Bewegungsrichtung der Teilchen in den Positionen x = 1m; 3m; 5m und 7m ein.



Lösung:



a) $\lambda=8\text{m}\,;\ T=\frac{1}{f}=\frac{1}{0{,}125\,Hz}=8\,s$

$$c=\lambda\cdot f=8\text{m}\cdot 0{,}125\,Hz=1\,\frac{m}{s}$$

b) $c=\frac{\Delta x}{\Delta t}\ \rightarrow\ \Delta x=c\cdot\Delta t=1\,\frac{m}{s}\cdot 1\,s=\underline{1\text{m}}$

c) rauf oder runter; siehe links

5.2 Interferenz (Spezialfall der Beugung)

Allgemeingültige Bedingungen

- ➔ Wenn zwei Wellen am Punkt P gleichphasig schwingen, dann verstärken (konstruktive Interferenz) sich die beiden Wellen am Punkt P. Es entsteht ein Maximum.
- ➔ Wenn zwei Wellen am Punkt P gegenphasig schwingen, dann löschen sich die beiden Wellen am Punkt P teilweise aus. (destruktive Interferenz; Minimum)

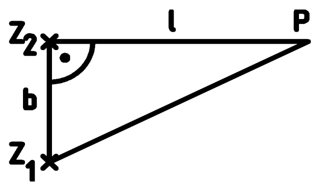
Bedingung für Laufwegunterschied

Maximum bei $\Delta s = k \cdot \lambda ;\ k \in \mathbb{Z}$

Minimum bei $\Delta s = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2} ;\ k \in \mathbb{Z}$

Gilt nur bei gleichphasig schwingenden Wellenzentren!

Aufgabe:
Bestimme den Laufwegunterschied in Abhängigkeit der gegebenen Parameter mit Hilfe von Pythagoras.



Lösung:

$$\Delta s = s_1 - s_2 = \underline{\underline{\sqrt{l^2 + b^2} - l}}$$

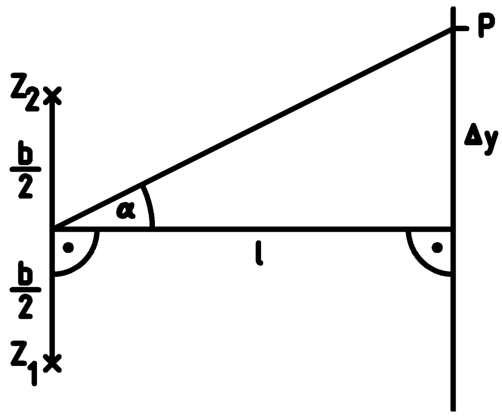
Näherungsformeln
Dafür braucht man immer die Mittelsenkrechte von $[Z_1 Z_2]$!

In großem Abstand der Wellenzentren
also z.B. für $l \gg b$ ist

$$\Delta s = b \cdot \sin \alpha$$

Für $l \gg b$ und zusätzlich kleine Winkel α ist

$$\Delta s = b \cdot \tan \alpha = b \cdot \frac{\Delta y}{l}$$



Bedingungen an das b:

- ➔ Wenn b zu groß ist, dann werden die Winkel α sehr klein und damit schwer oder gar nicht mehr messbar.
- ➔ Wenn b < λ , dann gibt es gar kein Maximum 1.Ordnung mehr und deshalb kein Interferenzmuster. b muss also größer gleich λ sein.

Aufgabe:
Mit den Bezeichnungen von oben
a) Wie groß muss das b für λ = 0,1m sein, damit ein Beugungsbild zustande kommt?
b) Wie viele Maxima kann man dann bei b = 0,45m beobachten?
c) Wie groß darf das b bei λ = 0,0001m sein, wenn man im Abstand l = 5m für das Maximum 1.Ordnung mindestens einen Abstand von 0,01m zum Hauptmaximum braucht, um genau messen zu können?
Lösung:
a) Wegen $b \geqslant \lambda$ muss $b \geqslant 0{,}1\,m$ sein.

b) $$k \cdot \lambda = b \cdot \sin\alpha \;\rightarrow\; k = \frac{b \cdot \sin\alpha}{\lambda} \leqslant \frac{b}{\lambda} = \frac{0{,}45\,m}{0{,}1\,m} = 4{,}5 \;\rightarrow\; k \leqslant 4$$
also auf jeder Seite 4 Maxima, plus Hauptmaximum, gibt 9 Maxima

Kleinwinkelnäherung
c) $$\Delta y \geqslant 0{,}01\,m; \quad \lambda = b \cdot \frac{\Delta y}{l} \;\rightarrow\; b = \frac{\lambda \cdot l}{\Delta y} \leqslant \frac{0{,}0001\,m \cdot 5m}{0{,}01\,m} = 0{,}05\,m$$
b darf höchstens 0,05m sein

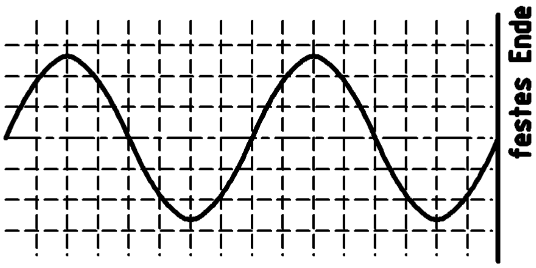
5.3 Stehende Welle

entsteht immer dann, wenn zwei Wellen gleicher Wellenlänge exakt gegeneinander laufen (entgegengesetzte Ausbreitungsrichtung)

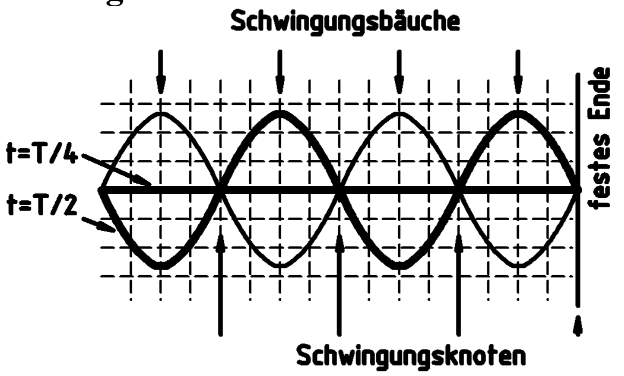
Gestalt
- ➔ Schwingungsknoten (Minima) im Abstand λ/2
- ➔ Schwingungsbäuche (Maxima) genau zwischen den Knoten also auch im Abstand λ/2

Bei Reflexion
- ➔ am festen Ende entsteht ein Schwingungsknoten; nächster Schwingungsbauch bei λ/4
- ➔ am offenen ende entsteht ein Schwingungsbauch

Aufgabe:
Das Bild rechts zeigt das momentane Erscheinungsbild einer stehenden Welle zum Zeitpunkt t = 0.
a) Zeichne das momentane Erscheinungsbild der stehenden Welle für die Zeitpunkte t = T/4 und t = T/2.
b) Beschrifte Schwingungsknoten und Schwingungsbäuche.



Lösung:



Aufgabe:
Im Abstand von 3cm vom festen Ende entsteht der erste Schwingungsbauch.
Berechne die Wellenlänge.

Lösung:
$\lambda = 4 \cdot 3\text{cm} = 12\text{cm}$