

PRÜFUNGSVORBEREITUNG PHYSIK: SCHALL, RADIOAKTIVITÄT, RELATIVITÄT

Theoriefragen: Diese Begriffe müssen Sie auswendig in ein bis zwei Sätzen erklären können.

- a) Wie hängen die Wahrnehmung von Tonhöhe und Lautstärke mit den Eigenschaften einer Schwingung zusammen (Frequenz, Amplitude, etc.)?
- b) Intensität
- c) Schallpegel / Warum verwenden wir den Schallpegel?
- d) Lautstärke
- e) Welche Eigenschaften haben elektromagnetische Wellen?
- f) Was deutet darauf hin, dass Licht sich als Welle ausbreitet?
- g) Nennen Sie die drei radioaktiven Strahlungsarten und beschreiben Sie diese
- h) Beschreiben Sie einen radioaktiven Zerfall anhand eines Beispiels
- i) Halbwertszeit
- j) Zerfallskonstante
- k) Aktivität
- l) Energiedosis
- m) Äquivalentdosis
- n) Welche Auswirkungen hat ein zu viel an radioaktiver Strahlung auf den Menschen?
- o) Nennen Sie drei Beispiele, wo wir Quellen radioaktiver Strahlung im täglichen Leben ausgesetzt sind. Wie gross ist jeweils die Belastung (Äquivalentdosis pro Jahr)?
- p) Welches ist die grösste Geschwindigkeit und wie gross ist diese (gerundeter Wert)?
- q) Inertialsystem
- r) Auf welchen zwei Voraussetzungen beruht die spezielle Relativitätstheorie? (Postulate von Einstein)
- s) Welche Folgen haben diese Postulate für *Längen* und *Zeiten* bei hoher Geschwindigkeit?

Physikalische Grössen: Für diese physikalischen Grössen müssen Sie Symbol und Einheit kennen. Die Kenntnis der physikalischen Grössen aus früheren Prüfungen wird vorausgesetzt.

	Symbol	Einheit		Symbol	Einheit
Arbeit			Energie		
Zeit			Leistung		
Fläche			Intensität		
Schallpegel			Lautstärke		
Halbwertszeit			Zerfallskonstante		
Aktivität			Energiedosis		
Äquivalentdosis			Masse		

Fähigkeiten:

- Formeln umformen, Zahlenwerte mit Einheiten einsetzen und ausrechnen
- Resultate auf die richtige Anzahl Ziffern runden
- Mit Diagrammen umgehen
- Winkel vom Gradmass ins Bogenmass umrechnen und umgekehrt
- Mit Logarithmen rechnen

Erlaubte Hilfsmittel: einfacher Taschenrechner (ohne CAS), «Formeln, Tabellen, Begriffe», Formelblatt («Spick», A5 beidseitig beschrieben).

Übungsaufgaben:

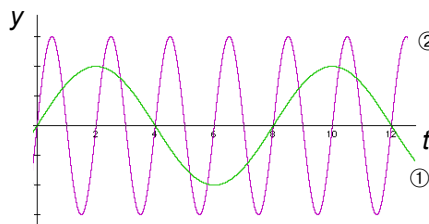
Alle Arbeitsblätter und Aufgabenblätter A11 bis A14

Weitere Aufgaben

1. Ergänzen Sie die folgenden Sätze:
 - a) Wenn die Schallintensität einer Schallquelle mal grösser wird, nimmt der Schallpegel um 10 dB zu.
 - b) Wenn die Schallintensität einer Schallquelle 10'000mal grösser wird, nimmt der Schallpegel um dB zu.
 - c) Bei einem Schallpegel von 100 dB ist die Schallintensität einer Schallquelle ... mal grösser als bei einem Schallpegel von 30 dB.
 - d) Die Hörschwelle liegt bei ca. dB, die Schmerzschwelle liegt bei ca. dB.
 - e) Wenn man die Frequenz einer Schallschwingung verdoppelt, nimmt man einen Ton wahr, der um höher liegt.

2. Hier sehen Sie zwei Schallschwingungen in einem Diagramm dargestellt.

- a) Welcher Ton ist leiser: ① oder ②?
- b) Welcher Ton klingt tiefer: ① oder ②?
- c) Wie viele Oktaven liegen zwischen Ton ① und Ton ②?



3. Eine Schallquelle besitzt in einer Entfernung von 2.00 m eine Intensität von $5.00 \cdot 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$.
 - a) Wie gross ist die Schallintensität in 4.00 m Entfernung?
 - b) Wie gross ist der Unterschied zwischen den beiden Schallpegeln?
4. Ein Lautsprecher ($P = 8.3 \cdot 10^{-7} \text{ W}$) befindet sich im Abstand von 6.5 m von Fritzli.
 - a) Mit welcher Intensität trifft eine Schallwelle aus dem Lautsprecher auf Fritzlis Ohr?
 - b) Wie gross ist der Schallpegel?
 - c) Der Lautsprecher erzeugt anfangs einen Pfeifton von 1'000 Hz und erhöht dann langsam die Tonhöhe auf 8'000 Hz (immer bei gleicher Leistung). Wie verändert sich dabei für Fritzli subjektiv die Lautstärke?
 - d) Bei welchem Abstand von der Schallquelle nimmt Fritzli einen 4'000-Hz Ton mit einer Lautstärke von 85 phon wahr?
5. Um wieviel dB nimmt der Schallpegel ab, wenn die Entfernung zu einer Lärmquelle verdreifacht wird?
6. Eine radioaktive Probe enthält $6.24 \cdot 10^{16}$ Caesium-137 Kerne ($T_{1/2} = 30.17$ Jahre).
 - a) Wie gross ist die Zerfallskonstante?
 - b) Wie gross ist die Aktivität?
 - c) Wie gross ist die Aktivität nach 4.89 Jahren?
 - d) Wie lange dauert es, bis $2.75 \cdot 10^{14}$ Kerne zerfallen sind?

7. In einer radioaktiven Probe von Uran-238 zerfallen jede Minute 1000 Atome.
 - a) Wie viele Atome enthält die Probe?
 - b) Wie gross ist die Masse der Probe?
8. Ein Kupfer-64-Präparat wird hergestellt und verschlossen. Cu-64 ist radioaktiv und zerfällt mit der Halbwertszeit 12.8 h. Nach 20.0 Tagen beträgt die Aktivität noch 20.0 Bq. Wie viele Kerne enthielt die Probe am Anfang?
9. Eine lebende Pflanze nimmt Kohlenstoff aus der Luft auf (Luft enthält CO₂). Dabei baut sie nicht nur das stabile C-12, sondern auch das radioaktive C-14 ein, im gleichen Verhältnis wie es in der Luft vorkommt. Nach dem Tod der Pflanze wird kein Kohlenstoff mehr aufgenommen; die Menge an C-12 bleibt gleich, während die Menge an C-14 abnimmt, weil es zerfällt. 1.00 g einer lebendigen Pflanze weist 15.3 C-14-Zerfälle pro Sekunde auf. Ein altes Holzstück, bei dem der Kohlestoffanteil die Masse 2.00 g hat, weist eine Restaktivität (aus C-14) von 0.250 Bq auf.
 - a) Wie viele C-14-Atome sind noch in dem Holzstück?
 - b) Vor wie vielen Jahren starb das Holzstück ab?
10. Radium-226 wird als Gammastrahler in der Medizin für die Krebstherapie verwendet. Wie lange muss man die Radiumabfälle lagern, bis sie nur noch 10 % ihrer ursprünglichen Aktivität aufweisen?
11. Fritzli ($m = 67.3$ kg) steigt auf den Üetliberg ($h = 396$ m). Je höher er steigt, desto schwerer fällt ihm der Aufstieg. Das führt er auf die relativistische Massenzunahme zurück.
 - a) Warum nimmt seine Masse zu?
 - b) Um wie viel nimmt seine Masse zu?

Lösungen

1.
 - a) Wenn die Schallintensität einer Schallquelle **zehnmal** grösser wird, nimmt der Schallpegel um 10 dB zu.
 - b) Wenn die Schallintensität einer Schallquelle 10'000mal grösser wird, nimmt der Schallpegel um **40** dB zu.
 - c) Bei einem Schallpegel von 100 dB ist die Schallintensität einer Schallquelle **10'000'000mal** grösser als bei einem Schallpegel von 30 dB.
 - d) Die Hörschwelle liegt bei ca. **0** dB, die Schmerzschwelle liegt bei ca. **130** dB.
 - e) Wenn man die Frequenz einer Schallschwingung verdoppelt, nimmt man einen Ton wahr, der um **eine Oktave** höher liegt.
2.
 - a) ① (kleinere Amplitude)
 - b) ① (grössere Periode, kleinere Frequenz)
 - c) die Frequenz von ② ist viermal so gross wie die Frequenz von ①: Ton ② liegt um zwei Oktaven höher als Ton ①

3.
 - a) $P = I_1 \cdot 4\pi \cdot r_1^2 = 2.51 \cdot 10^{-2} \text{ W}$ $I_2 = \frac{P}{4\pi \cdot r_2^2} = 1.25 \cdot 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$
 (Oder: doppelter Abstand \Rightarrow ein viertel der Schallintensität)
 - b) $L_1 = 10 \cdot \lg\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = 10 \cdot \lg\left(\frac{5.00 \cdot 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}\right) = 87 \text{ dB}$
 $L_2 = 10 \cdot \lg\left(\frac{I_2}{I_0}\right) = 10 \cdot \lg\left(\frac{1.25 \cdot 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}\right) = 81 \text{ dB}$ 6 dB weniger
4.
 - a) $I = \frac{P}{A} = \frac{8.3 \cdot 10^{-7} \text{ W}}{4\pi \cdot (6.5 \text{ m})^2} = 1.6 \cdot 10^{-9} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$
 - b) $L = 10 \cdot \lg\left(\frac{I}{I_0}\right) = 10 \cdot \lg\left(\frac{1.6 \cdot 10^{-9} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}\right) = \underline{\underline{32 \text{ dB}}}$

c) Der Ton wird zuerst lauter (bis 4000 Hz) und dann wieder leiser (bis 8000 Hz)

d) 85 phon bei 4'000 Hz: 75 dB. $I = I_0 \cdot 10^{\left(\frac{L}{10}\right)} = 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 10^{7.5} = 3.16 \cdot 10^{-5} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

$$r = \sqrt{\frac{P}{4\pi \cdot I}} = \sqrt{\frac{8.3 \cdot 10^{-7} \text{ W}}{4\pi \cdot 3.16 \cdot 10^{-5} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}} = \underline{\underline{4.6 \text{ cm}}}$$

5. $I = \frac{P}{4\pi \cdot r^2}$ $I_{3\text{facher Abst.}} = \frac{P}{4\pi \cdot (3r)^2} = \frac{1}{9} \cdot \frac{P}{4\pi \cdot r^2} = \frac{1}{9} \cdot I$

$$\Delta L = 10 \cdot \lg\left(\frac{I_{3\text{fach}}}{I_0}\right) - 10 \cdot \lg\left(\frac{I}{I_0}\right) = 10 \cdot \lg\left(\frac{I_{3\text{fach}}}{I}\right) = 10 \cdot \lg\left(\frac{1}{9}\right) = 10 \cdot \lg\left(\frac{1}{9}\right) = \underline{\underline{-9.5 \text{ dB}}}$$

6. a) $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{30.17 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3'600 \text{ s}} = \underline{\underline{7.285 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}}}$

b) $A = \lambda \cdot N = 7.285 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1} \cdot 6.24 \cdot 10^{16} = \underline{\underline{4.55 \cdot 10^7 \text{ Bq}}}$

c) $A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = 4.55 \cdot 10^7 \text{ Bq} \cdot e^{-7.285 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1} \cdot 4.89 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}} = \underline{\underline{4.07 \cdot 10^7 \text{ Bq}}}$

d) $N(t) = 6.24 \cdot 10^{16} - 2.75 \cdot 10^{14} = 6.21 \cdot 10^{16}$

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda \cdot t} \quad \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda \cdot t$$

$$t = \frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{-\lambda} = \frac{\ln\left(\frac{6.2125 \cdot 10^{16}}{6.24 \cdot 10^{16}}\right)}{-7.285 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}} = \underline{\underline{6.06 \cdot 10^6 \text{ s} = 70.2 \text{ Tage}}}$$

7. a) $A = \frac{1'000 \text{ Zerfälle}}{60 \text{ s}} = 16.67 \text{ Bq}$ $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{4.468 \cdot 10^9 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3'600 \text{ s}} = 4.919 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$

$$N = \frac{A}{\lambda} = \frac{16.67 \text{ Bq}}{4.919 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}} = \underline{\underline{3.388 \cdot 10^{18} \text{ Kerne}}}$$

b) $m = N \cdot m_a \cdot u = 3.388 \cdot 10^{18} \cdot 238.051 \cdot 1.6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = \underline{\underline{1.339 \cdot 10^{-6} \text{ kg} = 1.339 \text{ mg}}}$

8. $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{12.8 \cdot 3'600 \text{ s}} = 1.504 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ $A_0 = \frac{A}{e^{-\lambda \cdot t}} = \frac{20.0 \text{ Bq}}{e^{-(1.504 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1} \cdot 20.0 \cdot 24 \cdot 3'600 \text{ s})}} = 3.89 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$

$$N = \frac{A}{\lambda} = \frac{3.89 \cdot 10^{12} \text{ Bq}}{1.504 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}} = \underline{\underline{2.585 \cdot 10^{17} \text{ Kerne}}}$$

9. a) $N = \frac{A}{\lambda} = \frac{A \cdot T_{1/2}}{\ln 2} = \frac{0.250 \text{ Bq} \cdot 5.70 \cdot 10^3 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3'600 \text{ s}}{\ln 2} = \underline{\underline{6.483 \cdot 10^{10} \text{ Kerne}}}$

b) 1.00 g des Holzstücks weist 0.125 Bq auf (die Hälfte, weil nur die halbe Menge vorhanden ist):

$$t = -\frac{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right)}{-\lambda} = -\frac{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right) \cdot T_{1/2}}{\ln 2} = -\frac{\ln\left(\frac{0.125 \text{ Bq}}{15.3 \text{ Bq}}\right) \cdot 5.70 \cdot 10^3 \text{ a}}{\ln 2} = 39532 \text{ a} = \underline{\underline{3.95 \cdot 10^4 \text{ a}}}$$

10. $t = -\frac{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right) \cdot T_{1/2}}{\ln 2} = -\frac{\ln\left(\frac{0.10 \cdot A_0}{A_0}\right) \cdot T_{1/2}}{\ln 2} = -\frac{\ln(0.10) \cdot 1.600 \cdot 10^3 \text{ a}}{\ln 2} = 5'315 \text{ a} = \underline{\underline{5.3 \cdot 10^3 \text{ a}}}$

11. a) Weil seine (Lage-) Energie zunimmt.

b) $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{m \cdot g \cdot h}{c^2} = \frac{67.3 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 396 \text{ m}}{(299'792'458 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2} = \underline{\underline{2.9 \cdot 10^{-12} \text{ kg}}}$