

PRÜFUNGSVORBEREITUNG PHYSIK: RELATIVITÄTSTHEORIE, RADIOAKTIVITÄT, SCHWINGUNGEN

Theoriefragen: Diese Begriffe musst du auswendig in ein bis zwei Sätzen erklären können.

- a) Vektor/Skalar
- b) Schwingung
- c) Harmonische Schwingung
- d) Auslenkung
- e) Amplitude
- f) Periode
- g) Frequenz
- h) Winkelgeschwindigkeit/Kreisfrequenz
- i) Nenne die drei radioaktiven Strahlungsarten und beschreibe diese
- j) Beschreibe einen radioaktiven Zerfall anhand eines Beispiels
- k) Halbwertszeit
- l) Zerfallskonstante
- m) Aktivität
- n) Energiedosis
- o) Äquivalentdosis
- p) Welche Auswirkungen hat ein zu viel an radioaktiver Strahlung auf den Menschen? Gib zwei Arten von Strahlenschäden an.
- q) Wie tief dringt radioaktive Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung in menschliches Gewebe ein?
- r) Wie gross ist die Reichweite von radioaktiver Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung in Luft?
- s) Wie kann radioaktive Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung abgeschirmt werden?
- t) Welches ist die grösste Geschwindigkeit und wie gross ist diese (gerundeter Wert)?
- u) Inertialsystem
- v) Auf welchen zwei Voraussetzungen beruht die spezielle Relativitätstheorie? (Postulate von Einstein)
- w) Welche Folgen haben diese Postulate für *Längen* und *Zeiten* bei hoher Geschwindigkeit?
- x) Welche Folgen haben diese Postulate für *Massen* bei hoher Geschwindigkeit?

Fähigkeiten:

- ☞ Formeln umformen, Zahlenwerte mit Einheiten einsetzen und ausrechnen
- ☞ Resultate auf die richtige Anzahl Ziffern runden und mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise schreiben
- ☞ Diagramme zeichnen und interpretieren
- ☞ Elektrische und magnetische Feldlinienbilder interpretieren und zeichnen können
- ☞ Elektrische Schaltpläne interpretieren und zeichnen können
- ☞ Joule in Kilowattstunden umwandeln können und umgekehrt
- ☞ Joule in Elektronvolt umwandeln können und umgekehrt
- ☞ Winkel vom Gradmass ins Bogenmass umrechnen können und umgekehrt
- ☞ Aufgaben mit vektoriiellen Grössen zeichnerisch und rechnerisch lösen
- ☞ Fehlerschranken ausrechnen und korrekt angeben für Resultate, die aus Messwerten (mit Fehlerschranken) berechnet wurden
- ☞ Die Linke-Hand Regel richtig anwenden können
- ☞ Die Drei-Finger-Regel richtig anwenden können
- ☞ Diverse Anwendungen von Elektromagneten erklären können
- ☞ Aufbau und Funktionsweise eines Elektromotors erklären können
- ☞ Aufbau und Funktionsweise eines Generators erklären können

Formeln: An der Prüfung erhältst du ein Formelblatt. Auf dem Formelblatt findest du alle Formeln, die du brauchst, sowie Tabellenwerte und ein paar wichtige Formeln aus der Mathematik. Das Formelblatt kannst du auf massenpunkt.ch anschauen und herunterladen.

Physikalische Grössen: Für diese physikalischen Grössen musst du Symbol und Einheit kennen.

	Symbol	Einheit		Symbol	Einheit
Weg/Strecke			Zeit		
Geschwindigkeit			Beschleunigung		
Kraft			Masse		
Arbeit			Energie		
Leistung			Aktivität		
Zerfallskonstante			Halbwertszeit		
Energiedosis			Äquivalentdosis		
Bewertungsfaktor			Lichtgeschwindigkeit		
Auslenkung			Amplitude		
Periode			Frequenz		
Kreisfrequenz / Winkelgeschwindigkeit			Winkel im Bogenmass		

Übungsaufgaben:

Bei allen Aufgaben muss der Lösungsweg klar ersichtlich sein.

Bei Berechnungen werden für die volle Punktzahl eine algebraische Lösung (das heisst die Formel, umgeformt nach der gesuchten Grösse) und die vollständig eingesetzte Rechnung (das heisst Zahlenwerte mit Einheiten) verlangt.

Resultate müssen unterstrichen sein (Einheiten nicht vergessen!).

Alle Arbeits- und Theorieblätter sowie Aufgabenblätter A73 bis A75 (A75 nur bis und mit Aufgabe 5)

Weitere Aufgaben

- Fritzi ($m = 67.3 \text{ kg}$) steigt auf den Üetliberg ($h = 396 \text{ m}$). Je höher er steigt, desto schwerer fällt ihm der Aufstieg. Das führt er auf die relativistische Massenzunahme zurück.
 - Warum nimmt seine Masse zu?
 - Um wie viel nimmt seine Masse zu?
- Ein Proton wurde mit einer Spannung von 386.2 MV beschleunigt.
 - Wie gross ist die Gesamtenergie des Protons?
 - Wie gross ist die relativistische Masse des Protons?
 - Wie gross ist die Geschwindigkeit des Protons?

3. Ein Proton wird im Vakuum mittels einer Spannung von 0.095000 MV beschleunigt. Die relativistische Massenzunahme soll berechnet werden.
 - a) Markiere bei den benötigten Zahlenwerten die signifikanten Ziffern mit einem Punkt über der Ziffer. Wie viele signifikante Ziffern besitzen diese? Wie viele Ziffern sollte das Resultat besitzen?
 - b) Rechne aus, um wie viel die Masse des Protons zunimmt.
 - c) Notiere das Resultat (in kg) mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise und runde auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.

4. Eine radioaktive Probe enthält $(6.200 \pm 0.005) \cdot 10^{16}$ Strontium-90 Kerne, die mit einer Halbwertszeit von (28.79 ± 0.01) a zerfallen. Gib die Aktivität korrekt mit (absoluter) Fehlerschranke an.

5. 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?

6. 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?

7. 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?

8. Eine lebende Pflanze nimmt Kohlenstoff aus der Luft auf (Luft enthält CO_2). 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?

9. 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?

10. Fritzli ($m = 55$ kg) ist radioaktiver Alpha-Strahlung ausgesetzt und nimmt dabei 170 J Energie auf.
 - a) Wie gross ist die aufgenommene Energiedosis?
 - b) Wie gross ist die aufgenommene Äquivalentdosis?

11. Eine harmonische Schwingung ($f = 0.160$ Hz) hat 0.500 s nach dem Nulldurchgang eine Auslenkung von 8.00 cm. Wie gross ist die Amplitude?

12. Eine andere harmonische Schwingung hat die Frequenz $f = 0.40$ Hz und eine Amplitude von $\hat{y} = 1.7$ cm. Sie beginnt mit der Anfangsphase $\varphi_0 = \frac{\pi}{4}$. Berechne
 - c) die Periode
 - d) die Kreisfrequenz
 - e) die Auslenkung zu den Zeiten $t_1 = 1.2$ s und $t_2 = 2.5$ s.

Lösungen:

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

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

2. a) $W_{\text{Beschleunigung}} = E_{\text{kin}} = q \cdot U = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 386.2 \cdot 10^6 \text{ V} = 6.187 \cdot 10^{-11} \text{ J}$

$$E_0 = m_0 \cdot c^2 = 1.673 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot (299'792'458 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = 1.504 \cdot 10^{-10} \text{ J}$$

$$E = E_{\text{kin}} + E_0 = 6.187 \cdot 10^{-11} \text{ J} + 1.504 \cdot 10^{-10} \text{ J} = \underline{\underline{2.122 \cdot 10^{-10} \text{ J}}}$$

$$b) m_{\text{rel}} = \frac{E}{c^2} = \frac{2.122 \cdot 10^{-10} \text{ J}}{(299'792'458 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2} = \underline{\underline{2.361 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}}$$

$$c) v = c \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{m_0}{m_{\text{rel}}}\right)^2} = 299'792'458 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{1.673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{2.361 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}\right)^2} = \underline{\underline{2.116 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

3. a) $e = \dot{1.602} \cdot 10^{-19} \text{ C}$: 4 signifikante Ziffern, $U = 0.095000 \text{ MV}$: 5 signifikante Ziffern, $c = \dot{2.998} \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ 4 signifikante Ziffern, Resultat; 4 Ziffern

$$b) \Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{e \cdot U}{c^2} = \frac{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 95.000 \cdot 10^3 \text{ V}}{(2.998 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2} = 1.693256 \cdot c) \quad \underline{\underline{1.693 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}}$$

$$4. A = \lambda \cdot N = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot N = \frac{\ln 2}{28.79 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3'600 \text{ s}} \cdot 6.200 \cdot 10^{16} = 47'333'528 \text{ Bq}$$

$$A_{\text{max}} = \lambda \cdot N = \frac{\ln 2}{T_{1/2(\text{min})}} \cdot N_{\text{max}} = \frac{\ln 2}{28.78 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3'600 \text{ s}} \cdot 6.205 \cdot 10^{16} = 47'388'760 \text{ Bq}$$

$$\Delta A = A_{\text{max}} - A = 47'388'760 \text{ Bq} - 47'333'528 \text{ Bq} = 54'632 \text{ Bq} = 50'000 \text{ Bq}$$

$$A = \underline{\underline{(4'733 \pm 5) \cdot 10^4 \text{ Bq}}} = \underline{\underline{(4.733 \pm 0.005) \cdot 10^7 \text{ Bq}}}$$

$$5. a) \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{30.17 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3'600 \text{ s}} = \underline{\underline{7.285 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}}}$$

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

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

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

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

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

$$6. a) A = \frac{1'000 \text{ Zerfälle}}{60 \text{ s}} = 16.67 \text{ Bq} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{4.468 \cdot 10^9 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3'600 \text{ s}} = 4.919 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$$

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

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

$$7. \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{12.8 \cdot 3'600 \text{ s}} = 1.504 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1} \quad A_0 = \frac{A}{e^{-\lambda t}} = \frac{20.0 \text{ Bq}}{e^{-(1.504 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1} \cdot 20.0 \cdot 24 \cdot 3'600 \text{ s})}} = 3.89 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$$

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

$$8. \quad \text{a) } N = \frac{A}{\lambda} = \frac{A \cdot T_{1/2}}{\ln 2} = \frac{0.250 \text{ Bq} \cdot 5.70 \cdot 10^3 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3'600 \text{ s}}{\ln 2} = \underline{\underline{6.483 \cdot 10^{10} \text{ Kerne}}}$$

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

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

$$9. \quad t = -\frac{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right) \cdot T_{1/2}}{\ln 2} = -\frac{\ln\left(\frac{0.10 \cdot A_0}{A_0}\right) \cdot T_{1/2}}{\ln 2} = -\frac{\ln(0.10) \cdot 1.600 \cdot 10^3 \text{ a}}{\ln 2} = 5'315 \text{ a} = \underline{\underline{5.3 \cdot 10^3 \text{ a}}}$$

$$10. \quad \text{a) } D = \frac{E}{m} = \frac{170 \text{ J}}{55 \text{ kg}} = 3.1 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 3.1 \text{ Gy}$$

$$\text{b) } H = q \cdot D = 20 \cdot 3.1 \text{ Gy} = 62 \text{ Sv}$$

$$11. \quad \hat{y} = \frac{y(t)}{\sin(\omega \cdot t)} = \frac{8.00 \text{ cm}}{\sin(2 \cdot \pi \cdot 0.160 \text{ Hz} \cdot 0.500 \text{ s})} = \underline{\underline{16.6 \text{ cm}}}$$

$$12. \quad \text{a) } T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.40 \text{ Hz}} = \underline{\underline{2.5 \text{ s}}}$$

$$\text{b) } \omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot 0.40 \text{ Hz} = \underline{\underline{2.5 \text{ s}^{-1}}}$$

$$\text{c) } y(t_1) = \hat{y} \cdot \sin(\omega \cdot t_1 + \varphi_0) = 1.7 \text{ cm} \cdot \sin\left(2.5 \text{ s}^{-1} \cdot 1.2 \text{ s} + \frac{\pi}{4}\right) = \underline{\underline{-1.0 \text{ cm}}}$$

$$y(t_2) = \underline{\underline{1.2 \text{ cm}}}$$