

# Tag 1

---

## Tag 1

### Physik

H10 ■ ■

**Frage 1.1:** Lösung E

Zu (**E**): Die drehbar gelagerte starre Stange bewegt sich auf der linken Seite nach unten und hebt das Gewicht an, wenn das **Drehmoment** auf der linken Seite der Drehachse (die Seite, auf der die Person sitzt) mindestens so groß ist wie auf der rechten Seite der Drehachse. Das Drehmoment  $M$  ist definiert als Kraft  $F$  mal Länge des Hebelarms  $r$ :

$$M = F \cdot r$$

Dabei ist  $r$  die Strecke **vom Drehpunkt bis zum Angriff der Kraft**. In unserem Fall wäre das Drehmoment für die Seite, auf der die Person sitzt:

$$M_1 = F_1 \cdot r_1 = F_1 \cdot 0,8 \text{ m}$$

und für die Seite, auf der das Gewicht liegt:

$$M_2 = F_2 \cdot r_2 = m \cdot g \cdot r_2 = 20 \text{ kg} \cdot g \cdot 0,4 \text{ m}$$

$$= 20 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,4 \text{ m} = 80 \text{ Nm}$$

Die Kraft  $F_2$  lässt sich aus der Gewichtskraft des Gewichts von 20 kg Masse nach  $m \cdot g$  errechnen, die Strecke Kraftangriff bis Drehpunkt beträgt 40 cm (120 cm – 80 cm).

Nun setzen wir beide Drehmomente gleich, da das Drehmoment  $M_1$  ja so groß wie  $M_2$  werden muss, um das Gewicht anheben zu können:

$$M_1 = M_2$$

$$F_1 = 0,8 \text{ m} = 80 \text{ Nm}$$

$$F_1 = \frac{80 \text{ Nm}}{0,8 \text{ m}} = 100 \text{ N}$$

Damit muss die Person (mindestens) 100 N Kraft aufwenden, um das Gewicht anzuheben.

H10 ■

**Frage 1.2:** Lösung E

Zu (**E**): Wird eine Arbeit  $W$  in einem Zeitintervall  $\Delta t$  verrichtet, dann liefert der Quotient  $W/\Delta t$  die Leistung:

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

Die Einheit der Leistung ist Joule/s oder Watt.

Beim Gehen ist der Energieumsatz  $P = 120 \text{ W}$  höher als im Sitzen, und die Frage ist, welche Zeit  $\Delta t$  der Mann gehen muss, um die Energie  $W = 1,8 \text{ MJ}$  mit dem zusätzlichen Energieumsatz  $P$  auszugleichen.

Um die Frage zu beantworten, formen wir die obere Formel um und setzen ein:

$$\Delta t = \frac{W}{P} = \frac{1,8 \text{ MJ}}{120 \text{ W}} = \frac{1,8 \cdot 10^6}{120 \frac{1}{\text{s}}} = \frac{180 \cdot 10^4 \text{ s}}{120} \\ = 1,5 \cdot 10^4 \text{ s} = 15000 \text{ s}$$

Umgerechnet in Minuten ergeben 15000 Sekunden ( $15000/60$ ): 250 min.

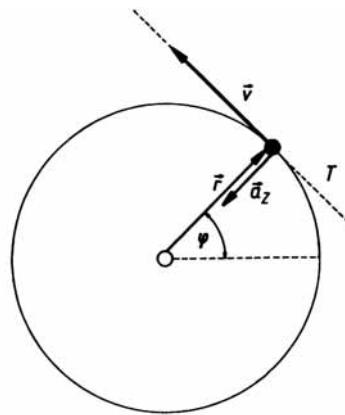
H10 ■

**Frage 1.3:** Lösung D

Zu (**D**): Wenn sich ein Körper mit konstanter Geschwindigkeit auf einer Kreisbahn bewegt, wirkt eine betragsmäßig konstante, zum Kreismittelpunkt gerichtete Beschleunigung  $a_z$  (Radial- oder Zentripetalbeschleunigung), die den Körper in seiner Bahn hält.

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

wobei man  $\omega$  die Kreisfrequenz nennt.



Bewegt sich ein Körper auf einer Kreisbahn mit dem Radius  $\vec{r}$ , dann wirkt eine Zentripetalbeschleunigung  $\vec{a}_z$  zum Kreismittelpunkt, die Momentangeschwindigkeit  $\vec{v}$  ist stets in Richtung der Bahntangente gerichtet.

Die Kreisfrequenz  $\omega$  errechnet sich aus der Frequenz  $f$  und dem Winkel, der von der Verbindungsstrecke Kreismittelpunkt-Körper („Ortsvektor“) überstrichen wird. Für einen Umlauf beträgt dieser (im Bogenmaß)  $2\pi$ :  $\omega = 2\pi f$

In der Aufgabe sind Kreisfrequenz und Radius angegeben. Wir können sie direkt in die obere Formel einsetzen:

$$a_z = \omega^2 \cdot r = \left(300 \frac{1}{\text{s}}\right)^2 \cdot 0,2 \text{ m} = 90000 \frac{1}{\text{s}^2} \cdot 0,2 \text{ m} \\ = 18000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1,8 \cdot 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

**H10 ■■****Frage 1.4:** Lösung C

Zu (C): Die Normalverteilung (Gauß-Verteilung) ist eine kontinuierliche Wahrscheinlichkeitsverteilung. Grafisch dargestellt hat die Gauß-Verteilung die Form einer Glocke.

Die Breite der Normalverteilung hängt von der Streuung der Einzelwerte ab. Die Streuung von Messwerten um den Mittelwert wiederum beschreibt man mit der Standardabweichung  $\sigma$ . Sie errechnet sich nach

$$\delta(X) = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

wobei  $X_i$  den Einzelwert einer Messreihe,  $\bar{X}$  den Mittelwert und  $n$  die Anzahl der Messungen darstellt. Für jeden Einzelwert wird  $(X_i - \bar{X})^2$  berechnet, die Ergebnisse werden aufsummiert und durch  $n-1$  geteilt. Danach wird die Quadratwurzel gezogen und man erhält die Standardabweichung.

Für die Gauß-Verteilung gilt generell folgender Zusammenhang zur Standardabweichung:

- 68,27 % aller Messwerte liegen innerhalb einer Standardabweichung um den Mittelwert,
- 95,45 % aller Messwerte innerhalb von zwei Standardabweichungen und
- 99,73 % aller Messwerte innerhalb von drei Standardabweichungen.

In unserer Aufgabe ist der Mittelwert 110 cm, die Standardabweichung 5 cm. Alle Werte im Intervall von 105 bis 115 cm liegen deshalb im Bereich **einer** Standardabweichung um den Mittelwert. Dies betrifft 68 % der hier vermessenen Mädchen. Außerhalb der Standardabweichung (mit Abweichung nach oben oder unten) liegen daher 32 %. Bei der symmetrischen Gauß-Verteilung liegt die gleiche Anzahl der Verteilungswerte oberhalb und unterhalb der Standardabweichung: 16 % (32/2) oberhalb (von 115 cm, Lösung (C) ist korrekt), und 16 % unterhalb (von 105 cm).

**H10 ■■■****Frage 1.5:** Lösung C

Zu (C): Eine dankbare Frage für alle, die im Rettungsdienst gearbeitet haben. Die Standarddosis bei Reanimationen für die intravenöse Gabe von Suprarenin® (deutscher Handelsname für Adrenalin) sind 1 mg = 1 Ampulle (1 ml) Suprarenin® 1:1000. Wenn noch 9 ml NaCl-Lösung hinzugefügt werden, enthalten 10 ml Lösung 1 mg Adrenalin, also muss von der verdünnten Lösung dementsprechend 1 ml (0,1 mg Adrenalin) zur Therapie der schweren anaphylaktischen Reaktion injiziert werden.

Die physikalische Erklärung:

Die Dichte von Wasser (oder auch näherungsweise Kochsalzlösung) beträgt bekanntlich

$$\rho_{H_2O} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

In 1 ml ( $1 \text{ cm}^3$ ) einer 100 %-igen Adrenalinlösung ist daher 1 g Adrenalin enthalten. Ist die Lösung jedoch nur 0,1 %-ig, enthält 1 ml:  $1 \text{ g} \cdot 0,1\% = 0,001 \text{ g} = 1,0 \text{ mg Adrenalin}$ .

Wenn zu besagtem 1 ml Ausgangslösung nun noch 9 ml isotone Kochsalzlösung hinzugefügt werden, enthalten 10 ml eben 1 mg Adrenalin und 1 ml der Lösung 0,1 mg Adrenalin.

Die in der Aufgabe beschriebene *intravenöse* Gabe von Adrenalin bei schwerer anaphylaktischer Reaktion ist allerdings nicht die ideale erste Maßnahme. Die Therapie (z.B. einer anaphylaktischen Reaktion nach Wespenstich) soll den aktuellen Leitlinien nach schon *vor Legen eines Venenzugangs* durch *intramuskuläre* Gabe von 0,5 mg Adrenalin in die Außenseite des Oberschenkels erfolgen.

**H10 ■■■****Frage 1.6:** Lösung C

Zu (C): Bei dieser Aufgabe geht es um den Zusammenhang zwischen Querschnittsfläche  $A$  einer Röhre (dem Blutgefäß), der Stromstärke  $I$  und der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  einer Flüssigkeit.

Grundsätzlich stellt das Produkt aus Querschnittsfläche und Strömungsgeschwindigkeit die Volumenstromstärke  $I$  dar:

$$I = A \cdot v$$

Bekanntlich lässt sich die Querschnittsfläche  $A$  eines Kreises nach

$A = \pi r^2$  errechnen. Eingesetzt in die obere Formel ergibt sich:

$$I = A \cdot v = \pi r^2 \cdot v. \text{ Wenn der Durchmesser des Gefäßes } 2,0 \text{ cm beträgt, ist der Radius } 1,0 \text{ cm: } I = \pi r^2 \cdot v = 3,14 \cdot (1 \text{ cm})^2 \cdot 20 \text{ cm/s} = 3,14 \text{ cm}^2 \cdot 20 \text{ cm/s} = 62,8 \text{ cm}^3/\text{s} \approx 60 \text{ cm}^3/\text{s}$$

**H10 ■■■****Frage 1.7:** Lösung B

Zu (B): Den Zustand eines idealen Gases beschreibt die „Allgemeine Gasgleichung“ anhand der Größen Druck  $p$ , Volumen  $V$ , Temperatur  $T$ , Anzahl der Gas- teilchen  $n$  und der allgemeinen Gaskonstante  $R(8,31 \text{ J/mol} \cdot \text{K})$ :

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Solange kein Gas entweicht, ist die Teilchenzahl  $n$  konstant, die Gaskonstante  $R$  ist es sowieso. Damit gilt:

$$p \cdot V = \text{const.} \cdot T$$

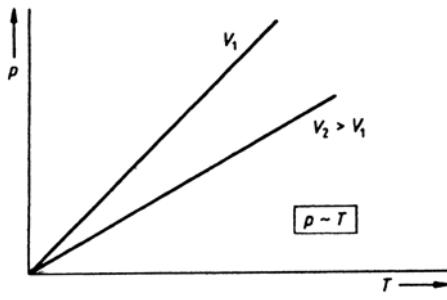
$$\frac{p \cdot V}{T} = \text{const.}$$

Wenn bei einer Zustandsänderung zudem das Volumen eines Gases konstant bleibt ( $V = \text{const.}$ ), nennt man diesen Prozess **isochor**. Für eine isochore Zu-standsänderung gilt also:

$$\frac{p}{T} = \text{const.}$$

## Kommentare

( $p$  ist direkt proportional zu  $T$ ). Wird der Druck  $p$  größer, erhöht sich die Temperatur  $T$  um den gleichen Faktor. Im  $p(T)$ -Diagramm stellt sich dies als ansteigende Gerade (Lösung (B)) dar.



Darstellung von Isochoren ( $V = \text{const.}$ ) im  $p(T)$ -Diagramm. Die Kurven verlaufen um so flacher, je größer das Volumen ist, da mit steigendem Volumen der Druck abnimmt.

## H10 ■■

## Frage 1.8: Lösung B

Zu (B): Hier handelt es sich um eine Reihenschaltung von Widerständen. Der Gesamtwiderstand  $R$  ist bekanntlich die Summe der Einzelwiderstände einer solchen Schaltung:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Gefragt wird hier allerdings nicht nach dem Widerstand, sondern dem **Leitwert G**. Als den Leitwert G bezeichnet man den Reziprokwert des Widerstands:

$$G = \frac{1}{R}$$

Seine Einheit ist

$$\frac{1}{\Omega}$$

und trägt den Namen **Siemens**.

Entsprechend ist

$$R = \frac{1}{G}$$

So können wir die Formel  $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$  umformen in:

$$\frac{1}{G} = \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} + \dots + \frac{1}{G_n}$$

In diese Formel setzen wir jetzt die einzelnen Leitwerte ein:

$$\begin{aligned} \frac{1}{G} &= \frac{1}{1 \text{ mS}} + \frac{1}{2 \text{ mS}} + \frac{1}{1 \text{ mS}} = \frac{2}{2 \text{ mS}} + \frac{1}{2 \text{ mS}} + \frac{2}{2 \text{ mS}} \\ &= \frac{5}{2 \text{ mS}} \end{aligned}$$

$G$  ist der Reziprokwert davon, nämlich

$$\frac{2 \text{ mS}}{5} = 0,4 \text{ mS}$$

## H10 ■■

## Frage 1.9: Lösung B

Zu (B): Ein Plattenkondensator besteht aus zwei gleich großen Leiterplatten (Plattenfläche  $A$ ), die sich im Abstand  $d$  parallel gegenüberstehen. Zwischen ihnen kann sich Luft oder ein beliebiger isolierender Stoff (Dielektrikum mit der Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$ ) befinden. In dieser Aufgabe entspricht das System aus Extra- und Intrazellulärflüssigkeit mit einer Zellmembran den Plattenflächen eines Kondensators. Für die Lösung der Aufgabe ist der Zusammenhang zwischen Kapazität, Ladungsmenge und Spannung am Kondensator hier wegweisend - die Ladungsmenge  $Q$ , die ein Kondensator auf seinen Platten speichern kann, ist abhängig von der angelegten Spannung  $U$ :

$$C = \frac{Q}{U}$$

wobei die Kapazität  $C$  konstant ist, weil sie durch die Bauart des Kondensators mit Größe der Plattenflächen usw. bedingt ist.

Zunächst rechnen wir die Ladungsmenge  $Q$  für einen Kondensator der Kapazität  $1,6 \cdot 10^{-12} \text{ F}$  bei einer Spannung (Potentialdifferenz) von  $10 \text{ mV}$  aus. Dazu formen wir um und setzen ein:

$$\begin{aligned} Q &= C \cdot U = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot 10 \text{ mV} \\ &= 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot 10^{-3} \text{ V} = 1,6 \cdot 10^{-15} \text{ Coulomb} \end{aligned}$$

Um diese Potentialdifferenz mit einem einseitigen Überschuss einwertiger Ionen (geladen mit der Elementarladung  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Coulomb}$ ) zu erzeugen, benötigt man:

$$\begin{aligned} N &= \frac{16 \cdot 10^{-15} \text{ Coulomb}}{\text{Ladung Ion}} = \frac{1,6 \cdot 10^{-14} \text{ Coulomb}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Coulomb}} \\ &= \underline{\underline{10^5 \text{ Ionen}}} \end{aligned}$$

## H10 ■■

## Frage 1.10: Lösung D

Zu (D): Mit der kompliziert klingenden Fragestellung ist nach einem einfachen Zusammenhang gefragt: dem zwischen Wellenlänge  $\lambda$ , Frequenz  $f$  und Ausbreitungsgeschwindigkeit  $c$  einer Welle. Ihn beschreibt unabhängig vom Gewebe, durch das die Welle läuft, die Formel:

$$c = \lambda \cdot f$$

Gesucht wird in unserer Aufgabe die Wellenlänge, deshalb formen wir um:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Wir setzen ein:

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{c}{f} = \frac{1,5 \text{ km/s}}{7,5 \text{ MHz}} = \frac{1,5 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{7,5 \cdot 10^6 \text{ Hz}} = \frac{15 \cdot 10^2 \text{ m/s}}{7,5 \cdot 10^6 \text{ 1/s}} \\ &= 2 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 200 \cdot 10^{-6} \text{ m} = \underline{\underline{200 \mu\text{m}}} \end{aligned}$$

**H10****Frage 1.11:** Lösung A

Zu (A): Ultraviolette (UV-)Strahlung ist eine für den Menschen unsichtbare elektromagnetische Strahlung unterhalb der Wellenlänge des sichtbaren Lichtspektrums. Die Strahlung schließt sich an den Bereich an, den man als violett sehen kann, daher röhrt der Name „Ultraviolet“.

Die größte natürliche Strahlenquelle für UV-Strahlung ist die Sonne. In der Erdatmosphäre wird vor allem in der Ozonschicht UV-Strahlung (vorwiegend UV-B und C-Strahlung) absorbiert, so dass uns ein wesentlich größerer Anteil UV-A- als UV-B-Strahlung erreicht.

Anhand der Wellenlängenbereiche teilt man die UV-Strahlung in verschiedene Strahlungsarten ein:

<b>UV-Strahlung</b>	<b>Wellenlängenbereich in nm</b>	<b>Wellenlängenbereich in µm</b>
<b>UV-A</b>	<b>320–400 nm</b>	<b>0,32 – 0,40 µm</b>
UV-B	280–320 nm	0,28 – 0,32 µm
UV-C	100–280 nm	0,10 – 0,28 µm

UV-A-Strahlung kann durch die Epidermis bis zur Dermis vordringen. Der Körper benötigt grundsätzlich UV-Strahlung, um Vitamin D zu bilden, allerdings kann sie auch Schäden verursachen.

UV-A-Strahlung führt zu einer sofortigen, jedoch kurzfristigen Bräune der Haut, kann bei „Überdosierung“ aber auch eine „Sonnenallergie“ auslösen. Zudem lässt eine übermäßige Exposition gegenüber UV-A-Strahlung die Haut schneller altern, erhöht die Hautkrebsgefahr und kann zu Erbgut-Schäden führen.

**H10 ■****Frage 1.12:** Lösung B

Zu (B): Beim Alphazerfall ( $\alpha$ -Zerfall) wird aus dem zerfallenden Kern (in der Aufgabe Radon-226) ein  ${}^4_2\text{He}$ -Kern (das „ $\alpha$ -Teilchen“) ausgestoßen. Die Alpha-Strahlung besteht aus diesen Strahlungsteilchen.

Jeder Atomkern ist aufgebaut aus Protonen und Neutronen. Um einen Atomkern zu beschreiben, gibt man an

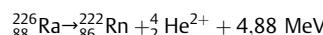
- seine **Protonenzahl Z** (auch Kernladungszahl oder Ordnungszahl genannt) und
- seine **Massenzahl A** (auch Nukleonenzahl genannt). Das ist die Summe aus Protonenzahl Z und Neutronenzahl N im Kern:  $A = Z + N$

Für die formale Charakterisierung eines Kerns schreibt man die Protonenzahl links unten vor das Elementsymbol, die Massenzahl links oben vor das Elementsymbol, allgemein also

${}^Z_X$ , wenn X für das Elementsymbol steht.

Ein  ${}^4_2\text{He}$ -Kern (Alphakern) hat damit die Massenzahl 4 und die Protonenzahl 2. Er besitzt also zwei Protonen und zwei Neutronen. Da dieser Kern sehr schwer ist, kann er nur minimal in Gewebe eindringen.

Der exakte Zusammenhang beim Zerfall von Radon-226 lautet:



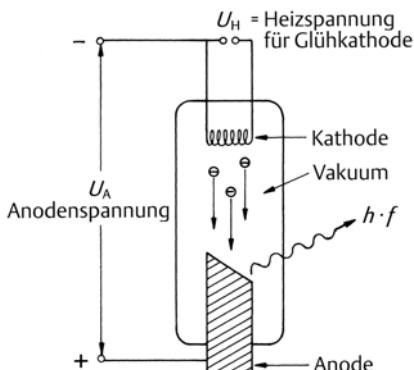
Auch ohne Kenntnisse dieses Zusammenhangs kann man die Aufgabe gut beantworten, man muss allerdings den Aufbau des abgestrahlten Alphateilchens mit Atommasse 4 und Protonenzahl 2 wissen. Die Massenzahl des Ausgangselementes muss um 4 von 226 auf 222 abnehmen. Hiermit bleiben nur die Lösungsmöglichkeiten (A) und (B). Da Elemente durch die Protonenzahl (=Ordnungszahl) definiert werden und diese um zwei abnimmt, muss sich das ursprüngliche Element in ein anderes umwandeln, es bleibt nur Lösungsmöglichkeit (B).

**H10 ■■****Frage 1.13:** Lösung A

Zu (A): Zur Erzeugung von Röntgenstrahlen werden in einem evakuierten Glaskolben (Röntgenröhre) **Elektronen**, die durch Glühemission an einer Kathode freigesetzt werden, durch eine hohe Spannung  $U$  in der Größenordnung von 100 kV zur Anode hin beschleunigt. Beim Auftreffen auf die Anode besitzen sie die kinetische Energie:

$$E_{kin} = e \cdot U \quad (e \text{ ist die Ladung eines Elektrons, Elementarladung } = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C})$$

Diese Bewegungsenergie der Elektronen wird zu einem kleinen Teil durch Stoßprozesse mit den Atomen der Anode (durch Abbremsen, weshalb man auch von Bremsstrahlung spricht) in Röntgenstrahlung umgewandelt. Etwa 99 % davon wird jedoch in Wärme umgesetzt, die durch Kühlung der Röhre abgeführt werden muss.



Aufbau einer Röntgenröhre.