1. **Intrinsischer Halbleiter:** In einem **reinen, undotierten Halbleiter** sei die **Relaxationszeit** der Leitungselektronen $\tau = 10^{-13}$ **s**. Die Temperatur betrage $T = 300$ **K**, die **Bandlücke sei** $\Delta E = 0{,}5$ **eV**. Die **effektiven Massen** der Elektronen, m_e und der Löcherm m_L seien $m^* = m_e = m_L$.

a) Leiten Sie aus der **Bewegungsgleichung für ein einzelnes Elektron** in einem **konstanten elektrischen Feld** E einen Ausdruck für die **elektrische Leitfähigkeit** σ_{el} **her**, wenn die **Ladungsträgerdichte** n_e beträgt. Nehmen Sie dazu an, dass nach der Zeit τ die Geschwindigkeit des Elektrons durch einen Stoss immer auf Null reduziert wird. Geben Sie die aus dieser Beziehung folgende **Beweglichkeit** u eines Ladungsträgers an.

b) Berechnen Sie aus den obigen Daten u, **die Zahl der intrinsischen Ladungsträger** n_i **und** σ_{el}. Wird σ_{el} mit steigender Temperatur wachsen oder fallen?
(Lösung: u=0.0176 m²/(Vs), $n_i = 1.578 \cdot 10^{21}$ m^{-3}, $\sigma_{el} = 8{,}9$ A/(Vm))

2. **Dichte von Kernmaterie:**

a) Wieviele **g** hat ein **cm³** **Kernmaterie**, wenn man davon ausgeht, dass ein **Nukleon** einen **Durchmesser von 1 fm** hat und eine **Masse von 1 u** besitzt. Man vergleiche diesen Wert mit der **Dichte** von **Wasser** und von **Gold**. *(Lösung:* $\rho = 1{,}66$ Gt/cm³*)*
Hinweis: Das Nukleon kann als würfelförmig betrachtet werden.

b) Berechnen Sie die **Fluchtgeschwindigkeit** v von einem Neutronenstern mit einer Dichte von $\rho = 1{,}66$ **Gt/cm³** und einem Radius $R = 10$ **km**. *(Lösung: $v = 0.75 \cdot c$)*

3. **Alpha-Zerfall:** Man berechne die **Zerfallskonstante** λ, sowie die **Halbwertszeit** $t_{1/2}$ eines α-Strahlers.

a) Zunächst allgemein mit Hilfe der folgenden **Modellannahmen für das Kernpotential** und den **Coulomb-Wall**:
Kernpotential: Kastenpotential der Tiefe $-E_1$ und Breite a;
Coulomb-Wall: Potentialschwelle der Höhe $+E_2$ und Breite b;
Energie des α-Teilchens: $+E_3$.
(Lösung: $\lambda = \dfrac{1}{2a}\sqrt{\dfrac{2(E_1+E_3)}{m}} \cdot \dfrac{16E_3}{E_2^2}(E_2-E_3)\exp\left[-\dfrac{2b}{\hbar}\sqrt{2m(E_2-E_3)}\right]$ *)*

b) Mit folgenden **Zahlenwerten**:
Kernpotential: $E_1 = +15$ MeV, $a = 6 \cdot 10^{-15}$ m
Coulomb-Wall: $E_2 = +11$ MeV, $b = 4 \cdot 10^{-14}$ m
Energie des α-Teilchens: $E_3 = +6$ MeV
(Lösung: $t_{1/2} \cong 10^4$ a *)*

c) Leiten Sie eine allgemeine Beziehung für **die Änderung der Halbwertszeit** $t_{1/2}$ **in Abhängigkeit von der Breite** b **des Coulomb-Walles** ab und diskutieren Sie die Konsequenzen für die Halbwertszeiten von α-Strahlern.

4. **Radioaktives Gas:** Zur Zeit $t = 0$ werden **10 g des Isotopes** ^{226}**Ra** (Dichte: $\rho = 5{,}5$ gcm^{-3}) in ein **Glasröhrchen** mit dem **Volumen** $V = 5$ **cm³** eingefüllt. Der **Umgebungsdruck** beträgt 10^5 **Pa**. Das Glasröhrchen wird anschließend **versiegelt** und bei **20 °C** aufbewahrt. ^{226}Ra ($t_{1/2} = 1600$ a) zerfällt in das radioaktive Gas ^{222}**Rn**, welches mit einer Halbwertszeit von $t_{1/2} = 3{,}825$ **d** weiterzerfällt. Das Endprodukt der Zerfallsreihe ist ^{206}Pb.

a) Um welchen **Zerfallsprozess** handelt es sich?

b) Berechnen Sie die Anzahl der ^{222}Rn-Kerne als Funktion der Zeit und tragen Sie diese graphisch auf. Zu $t = 0$ seien keine ^{222}Rn-Kerne vorhanden.
(Lösung: $N_{Rn}(t) = 1{,}75 \cdot 10^{17} \cdot (\exp(-1{,}187 \cdot 10^{-6} \cdot t) - (\exp(-0{,}181 \cdot t))$*)*

c) Wann ist der **Partialdruck des** ^{222}**Rn maximal** und welchen Wert hat er dann? Um wieviele Prozent steigt (in etwa) der **Druck im Röhrchen** an?
(Lösung: nach ca. 66 d wird der Maximalwert erreicht. Druckanstieg: ca. 0,2 %)