1. Ein **Wasserstoffatom** bewegt sich mit der Geschwindigkeit ***v* = 0,01c** und emittiert dabei die Kα-Linie (**λ = 656,276 nm**).

➔ Berechnen Sie die wahrzunehmende Wellenlänge für folgende Bewegungsfälle:

a) auf den Beobachter zu, *(Lösung:* 649,7 nm*)*
b) vom Beobachter weg, *(Lösung:* 662,9 nm*)*
c) gegen die Beobachtungsrichtung unter einem Winkel von 90°. *(Lösung:* 656,2 nm*)*

2. Ein **Wellenleiter** habe einen rechtwinkligen Querschnitt mit den Abmessungen **5 cm · 10 cm**.

a) Wie groß ist die **untere Grenzfrequenz**? *(Lösung:* ν_c = 1,5 GHz*)*
b) Man skizziere Richtung und räumliche Änderung des elektrischen Feldes im Falle einer Welle mit dieser Grenzfrequenz.
c) Man ermittle die Phasen- und Gruppengeschwindigkeit einer Welle, deren Frequenz das 1,25-fache der Grenzfrequenz ist. *(Lösung:* v_φ = 5c/3, v_G = 3c/5*)*
d) Man ermittle die **Schwächungslänge** einer Welle, deren Frequenz das 0,8-fache der Grenzfrequenz ist! *(Lösung:* δ = 5,3 cm*)*

Hinweis: Die Mode mit der geringsten Grenzfrequenz ist die TE_{10} Mode.

3. **Zweidimensionaler Hohlleiter:** Ein rechteckiger Hohlleiter habe die Breite ***b*** und die Höhe ***h***. Die Höhe ***h*** betrage **5 cm**, und es gelte weiters ***b*** >> ***h***. Das bedeutet, dass der Hohlleiter als Anordnung zweier unendlich ausgedehnter planparalleler Platten beschrieben werden kann.

In diesem Hohlleiter bewegt sich eine elektromagnetische Welle mit der Gruppengeschwindigkeit **$v_G = 1{,}5 \cdot 10^8$ ms^{-1}**.

a) Wie groß ist ihre Phasengeschwindigkeit v_P ? *(Lösung:* v_P = 2c*)*
b) Wie groß sind die Wellenlängen λ_n der elektromagnetischen Wellen (Moden) im Wellenleiter welche sich mit v_P entlang des Hohlleiters ausbreiten (allgemeiner Ausdruck)? *(Lösung:* $\lambda_n = \frac{h}{n}\cdot\sqrt{3}$ *)*
c) Wie groß ist die maximale Wellenlänge λ_{max} der sich mit v_P entlang des Hohlleiters ausbreitenden Wellen? *(Lösung:* λ_{max} = 8,66 *cm)*

4. Die **Resonanzkreisfrequenz** der Stickstoffmoleküle in Luft liegt bei **$\omega_0 = 10^{16}$ rads^{-1}**.

➔ Man berechne die **Brechzahl *n*** von Luft bei Atmosphärendruck für Licht der Wellenlänge **λ = 500 nm** mittels der Beziehung $n = 1 + \frac{Ne^2}{2\varepsilon_0 m_e\left[\left(\omega_0^2-\omega^2\right)+i\gamma\omega\right]}$! *(Lösung:* $n = 1 + 4{,}9 \cdot 10^{-4}$*)*

Hinweis: Stickstoff ist ein farbloses, durchsichtiges Gas!

5. **Wellen in leitenden Medien** (Teil I):

a) Ausgehend von der Gleichung $n^2 = 1 + \frac{Ne^2}{\varepsilon_0 m_e\left(\omega_0^2-\omega^2+i\gamma\omega\right)}$ (Demtröder II, 8.42), leite man einen Ausdruck für die **Brechzahl *n*** für die Fälle **$\omega\tau$ >> 1** (hohe Frequenzen, sichtbares Licht) und **$\omega\tau$ << 1** (niedrige Frequenzen) ab.
b) Man bestimme für den zweiten Fall den **Absorptionskoeffizienten α** und die **Eindringtiefe δ**!

6. **Wellen in leitenden Medien** (Teil II): Für Kupfer gilt: **$\sigma = 6 \cdot 10^7\ \Omega^{-1}$m^{-1}** bei **$\omega$ = 0** und **$\tau = 2{,}7 \cdot 10^{-14}$ s**.

a) Man berechne für die Fälle **$\omega = 10^{13}$ rads^{-1}**, **$\omega = 3 \cdot 10^{15}$ rads^{-1}** (**λ = 600 nm**) und **$\omega = 3 \cdot 10^{12}$ rads^{-1}** (**λ = 600 μm**) den **Absorptionskoeffizienten α** und die **Eindringtiefe δ**.
(Lösung: $\alpha = 3{,}9 \cdot 10^7$ m^{-1}, δ = 26 nm; $\alpha = 1{,}04 \cdot 10^8$ m^{-1}, δ = 9,7 nm; $\alpha = 2{,}1 \cdot 10^7$ m^{-1}, δ = 47 nm*)*
b) Man berechne die **Plasmafrequenz ω_P** und die dazugehörige **Wellenlänge λ**! Was lernt man daraus?
(Lösung: $\omega_P = 1{,}6 \cdot 10^{16}$ rads^{-1}, λ = 119 nm*)*