1. **Wellen in leitenden Medien**:

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, 8.32), 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. Es gilt $\gamma = \frac{1}{\tau}$, in beiden Fällen ist $\omega^2 < \omega_p^2 = \frac{N \cdot e^2}{m \cdot \varepsilon_0}$. In Metallen ist $\omega_0 = 0$ und für $\omega \cdot \tau \ll 1$ ist $n \gg 1$.

b) Man bestimme für den zweiten Fall den **Absorptionskoeffizienten α** und die **Eindringtiefe δ**!

2. Zeigen Sie mit Hilfe der **Fresnel-Gleichungen**, dass für den **senkrechten Einfall** einer elektromagnetischen Welle auf eine Grenzfläche zwischen zwei Medien mit den **reellen Brechungsindizes n_1** und **n_2** der **Reflexionskoeffizient ρ_s** gleich **$-\rho_p$** ist. Geben Sie weiters die **Phasenverschiebung Φ** zwischen senkrechter und paralleler Komponente der **einfallenden und reflektierten** Welle für die Fälle $n_1 < n_2$ und $n_1 > n_2$ an.

3. Anwendung der **Fresnel-Formeln**: Für die senkrecht, beziehungsweise parallel zur Einfallsebene gerichtete Komponente ist das **Reflexionsvermögen** an einer Grenzfläche gegeben durch

$$R_s = \frac{A_{rs}^2}{A_{es}^2} = \left(\frac{n_1\cos\alpha - n_2\cos\beta}{n_1\cos\alpha + n_2\cos\beta}\right)^2 \text{ und } R_p = \frac{A_{rp}^2}{A_{ep}^2} = \left(\frac{n_2\cos\alpha - n_1\cos\beta}{n_2\cos\alpha + n_1\cos\beta}\right)^2.$$

a) Wie lautet das Reflexionsvermögen bei senkrechtem Einfall? Es gilt **$T + R = 1$**.
b) Wie lautet das Transmissionsvermögen ***T***?
c) Man berechne für $\alpha = 0°$ ***R*** und ***T*** an einer Grenzfläche Luft-Glas (**$n_1 = 1$, $n_2 = 1{,}5$**).
(Lösung: $R = 0{,}04$, $T = 0{,}96$)
d) Für welche Beziehung zwischen **α** und **β** wird **$A_{rp} = 0$**?
e) Wie hängt der so ermittelte Einfallswinkel von **n_1** und **n_2** ab?
f) Man berechne diesen Winkel für die Grenzfläche Luft-Glas! *(Lösung: 56,3°)*

4. **Fresnel-Formeln** an Metalloberflächen: Bei der **Reflexion an Metalloberflächen** gilt **$n_1 = 1$, $n_2 = n' - i\kappa$**.

a) Man gebe das Reflexionsvermögen für senkrechten Einfall an!
b) Man berechne ***R*** für Aluminium (**$\lambda = 600$ nm, $n' = 0{,}95$, $\kappa = 6{,}4$**). *(Lösung: $R = 0{,}92$)*
c) Man berechne ***R*** für Kupfer (**$\lambda = 500$ nm, $n' = 1{,}031$, $\kappa = 2{,}78$; $\lambda = 1000$ nm, $n' = 0{,}147$, $\kappa = 6{,}93$**). Was läßt sich aus diesem Ergebnis folgern? *(Lösung: $R = 0{,}65$; $R = 0{,}99$)*
d) **Hagen-Rubens Grenzfall:** Berechnen Sie den ersten Term der Abweichung zwischen 100% und der Reflektivität von Metallen in der Näherung: $n \approx \kappa \gg 1$ und $\varepsilon \approx i \cdot \frac{\sigma_{DC}}{\varepsilon_0 \cdot \omega}$. ($\sigma_{DC}$ ist die statische Leitfähigkeit) *(Lösung: $1 - R \approx 2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \omega}{\sigma_{DC}}}$)*

5. **Wellen in guten Leitern**: Für Kupfer gilt: **$\sigma = 6 \cdot 10^7\ \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$** 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}** (**$\lambda = 600$ nm**) und **$\omega = 3 \cdot 10^{12}$ rads^{-1}** (**$\lambda = 600\ \mu$m**) den **Absorptionskoeffizienten α** und die **Eindringtiefe δ**.
(Lösung: $\alpha = 3{,}9 \cdot 10^7$ m^{-1}, $\delta = 26$ nm; $\alpha = 1{,}04 \cdot 10^8$ m^{-1}, $\delta = 9{,}7$ nm; $\alpha = 2{,}1 \cdot 10^7$ m^{-1}, $\delta = 47$ 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}, $\lambda = 119$ nm)

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

a) Man berechne die **Brechzahl *n*** von Luft bei Atmosphärendruck für Licht der Wellenlänge **$\lambda = 500$ 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: $n = 1 + 4{,}9 \cdot 10^{-4}$)*
b) bestimmen Sie den ersten Nichtverschwindenden frequenzabhängigen Term (Dispersion) in der Taylorentwicklung von $n(\omega)$ und $\kappa(\omega)$ für $\gamma \ll \omega \ll \omega_0$.
(Lösung: $Re(n) \approx 1 + \frac{\Delta}{\omega_0^2} + \frac{\Delta}{\omega_0^4} \cdot \omega^2, Im(n) \approx 1 + \frac{\Delta \cdot \gamma}{\omega_0^4} \cdot \omega$, $\Delta = \frac{N \cdot e^2}{2 \cdot \varepsilon_0 \cdot m}$)

Hinweis: Stickstoff ist ein farbloses, durchsichtiges Gas!