

## ÜBUNGSBLATT 1

### Beispiel 1 (Energie-Impuls Relation) – ohne Unterlagen:

Gehen sie von der relativistischen Energie-Impuls Relation

$$E^2 = (cp)^2 + (mc^2)^2$$

mit  $c$  für Lichtgeschwindigkeit,  $m$  für Masse,  $p$  für Impuls und  $E$  für Gesamtenergie aus.

Leiten sie daraus die Relation zwischen der kinetischen Energie und dem Impuls, die Dispersionsrelation, den Zusammenhang zwischen Wellenlänge und kinetischer Energie sowie die Phasen und Gruppengeschwindigkeit her.

(Hinweis:  $E = E_{Kin} + E_{Ruhe}$  mit  $E_{Ruhe} = mc^2$ )

(Annahme: Vakuum)

- (a) für Photonen (Hinweis:  $m = 0$ )
- (b) für Elektronen (Hinweis:  $E_{Kin} \ll E_{Ruhe}$ )

### Beispiel 2 (fotoelektrischer Effekt) – ohne Unterlagen:

Nickel mit der Austrittsarbeit  $W=4.6\text{eV}$  wird mit monochromatischem Licht beleuchtet.

- (a) Erklären sie den Fotoeffekt (Skizze; kinetische Energie der Elektronen vs. Frequenz).
- (b) Wie groß ist die Geschwindigkeit der Photonen und der austretenden Elektronen für  $\lambda=250\text{nm}$ . (Hinweis:  $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$  und  $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ )
- (c) Wie groß ist der austretende elektrische Strom bei einer Lichtleistung von  $10\text{mW}$  und einer Lichtwellenlänge von  $\lambda=250\text{nm}$ . Nehmen sie einen Wirkungsfaktor von  $1\%$  an.

**Bemerkung - ohne Unterlagen heisst ohne Unterlagen, nur der Übungszettel**

**Beispiel 3 (Reflexion) – ohne Unterlagen:**

Eine Welle [Radiowelle:  $E_{in}(x, t) = E_0 \sin(2\pi/\lambda(x - c_0 t))$ ] mit einer elektrischen Feldstärke  $E_0 = 1 \mu\text{V/cm}$  und einer Wellenlänge  $\lambda = 3 \text{ m}$  trifft von  $x = -\infty$  kommend bei  $x = 0$  auf eine metallische Wand und wird zur Gänze reflektiert.

- (a) Welcher allgemeine mathematische Ansatz ist für die reflektierte Welle  $E_{refl}(x, t)$  zu machen?
- (b) Zeigen Sie, daß die Überlagerung der einfallenden mit der reflektierten Welle zu einer stehenden Welle im Halbraum  $x < 0$  führt. Hinweis: Das elektr. Feld im Metall muß verschwinden.
- (c) In welchen Abständen von der Wand hat die stehende Welle Knoten bzw. Wellenbäuche?
- (d) Wie groß ist die elektrische Feldstärke in den Wellenbäuchen?

**Beispiel 4 (laufende und stehende Wellen) :**

Welche der folgenden Funktionen stellen laufende oder stehende Wellen dar? Bestimmen Sie die Ausbreitungsrichtung und die Ausbreitungsgeschwindigkeit!

- a)  $\Psi(x, t) = \exp(-x^2 + 2xt - t^2)$
- b)  $\Psi(x, t) = \sin(x) \cos(t) + \cos(x) \sin(t)$
- c)  $\Psi(x, t) = \exp(-x^2 - t^2)$
- d)  $\Psi(x, t) = \sin(x) \cos(t)$
- a)  $\Psi(x, t) = x^2 - 2xt + t^2$