

0.1 107. Hausaufgabe

0.1.1 Formelsammlung zur Klausur

Formeln zum Photon (mit f als Photonenfrequenz)

- Photonenenergie

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}; \quad [E] = 1 \text{ Js} \cdot 1 \text{ s}^{-1} = 1 \text{ J};$$

Deutung: Es findet ein Energietransfer zwischen Licht und Materie statt (die Richtung ist nicht angegeben), bei der Licht der Frequenz f /Wellenlänge λ Energie der Menge E austauscht.

Größenordnung bei normalen Licht: Einige Elektronenvolt.

- Photonenmasse

$$m(c) = \frac{hf}{c^2}; \quad [m(c)] = 1 \frac{\text{Js} \cdot \text{s}^{-1}}{\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = \frac{\text{Nm} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^2} = 1 \text{ kg};$$

Herleitung durch Umformung von $hf = E(c) = m(c)c^2$ nach $m(c)$.

Nicht: Ein Photon hat eine Masse von $m(c) = \frac{hf}{c^2}$.

Sondern: $m(c)$ ergibt nur im Kontext eines Impulsübertrags Sinn, also beispielsweise in der Berechnung des Photonenimpulses.

- Photonenimpuls

$$p = \frac{hf}{c}; \quad [p] = 1 \frac{\text{Js} \cdot \text{s}^{-1}}{\frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{\text{Nm} \cdot \text{s}}{\text{m}} = \text{Ns};$$

Herleitung über $p = mv = mc$.

Deutung: Es findet ein Impulsübertrag zwischen Licht und Materie statt (die Richtung ist nicht angegeben), bei der Licht der Frequenz f Impuls der Menge p austauscht.

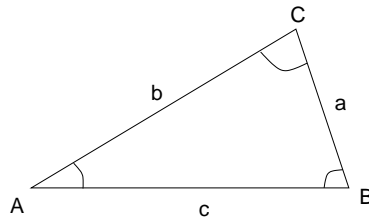
Formeln zum lichtelektrischen Effekt (mit f als Frequenz des einfallenden Lichts)

- Kosinussatz (allgemein)

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \varphi;$$

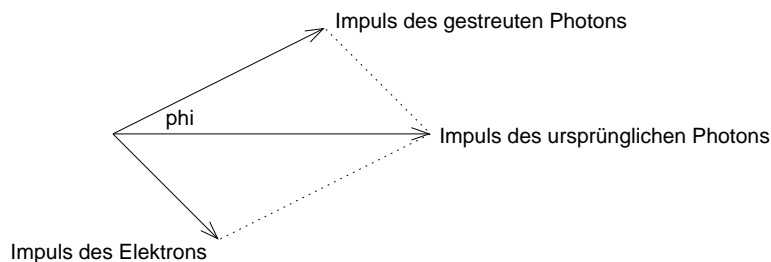
Wobei a , b und c die Längen eines beliebigen ebenen Dreiecks sind und φ der Winkel an der c gegenüberliegenden Ecke ist.

a , b und c können beliebig ausgetauscht werden, sofern man nicht vergisst, auch den Winkel auszutauschen.



- Kosinussatz zum Compton-Effekt

$$p_e^2 = p_\gamma^2 + p_\gamma'^2 - 2p_\gamma p_\gamma' \cdot \cos \varphi; \quad [p_e^2] = (1 \text{ Ns})^2;$$



- COMPTONwellenlänge beim Stoß mit Elektronen

$$\lambda_C = \frac{h}{m_{e0}c}; \quad [\lambda_C] = 1 \frac{\text{Js}}{\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{kg}} = \text{m};$$

- Wellenlängenänderung beim Stoß mit Elektronen

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_{e0}c} (1 - \cos \varphi); \quad [\Delta\lambda] = 1 \text{ m};$$

(φ : Winkel zwischen einfallendem Licht und gestreutem Licht)

Überraschend: $\Delta\lambda$ unabhängig von der Originalfrequenz!

Minimale Wellenlängenänderung bei $\varphi = 0^\circ$: $\Delta\lambda = 0 \text{ nm}$;

Maximale Wellenlängenänderung bei $\varphi = 90^\circ$: $\Delta\lambda = \frac{h}{m_{e0}c} \approx +0,0024 \text{ nm} = +2,4 \text{ pm}$;

Das Licht verliert beim „Stoß“ Energie; mit $E = hf$ nimmt die Frequenz ab; die Wellenlänge wird größer.

Formeln zur Röntgenbremsstrahlung

$$f_{\max} = \frac{eU}{h}; \quad [f_{\max}] = 1 \frac{\text{C}\cdot\text{V}}{\text{J}\cdot\text{s}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{J}\cdot\text{s}} = 1 \text{ Hz};$$

Herleitung über $eU = hf_{\max}$.

