1. **Sättigungsspektroskopie**: Ein **angeregter Zustand** in **Neongas** habe eine **Lebensdauer von $\tau = 3 \cdot 10^{-7}$ s**. Die Übergangswellenlänge betrage **λ_0 = 633 nm**. Das Gas habe eine Temperatur von **T = 25°C**. Um welchen **Faktor Q** können Sie die spektrale Auflösung steigern, wenn Sie an diesem Gas **Sättigungsspektroskopie** betreiben. *(Lösung: $Q \cong 2500$)*

2. **Fluoreszenzdetektor**: Ein Laserstrahl einer Leistung von **P_0 = 100 mW** und einer **Wellenlänge von λ = 488 nm** durchlaufe eine Gasabsorptionszelle mit einem **Absorptionskoeffizienten von $\alpha = 10^{-6}$ cm^{-1}**:

a) Wie viele **Fuoreszenzphotonen** werden **pro cm Weglänge in einer Sekunde** emittiert, **wenn jedes absorbierte Laserphoton die Emision eines Fluoreszuenzphotons** zur Folge hat?
(Lösung: $N = 2{,}45 \cdot 10^{11}$ Photonen/s)

b) Wie gross ist der **Ausgangsstrom I_A** eines Photodetektors, welcher die in einen Raumwinkel von **Ω = 0,2 Sterad** emittierte **Fuoreszenzstrahlung** erfasst? Die Detektorkathode habe einen **Quantenwirkungsgrad von η = 20 %**, die **Stromverstärkung** des Detektors sei **$G = 10^6$**
(Lösung: $I_A = 0{,}12$ mA)

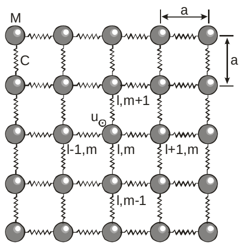
3. **Kristallographie:** Ein kristalliner Festkörper kann als **periodische Anordnung von Atomen** beschrieben werden. Alle Atompositionen lassen sich durch **Translation der sogenannten Elementarzelle** in die drei Raumrichtungen um einen Satz von **Basisvektoren** konstruieren.

a) Interpretieren Sie die Termini **Elementarzelle**, **primitive Elementarzelle**, **Basisvektor**, **primitiver Basisvektor** und **reziprokes Gitter**.

b) Skizzieren Sie eine **Elementarzelle** eines **kubisch raumzentrierten** und eines **kubisch flächenzentrierten** Gitters. Ermitteln Sie **die primitiven Basisvektoren**.

c) Zeigen Sie, dass das **reziproke Gitter des kubisch flächenzentrierten Gitters kubisch raumzentriert** ist.

4. **Schwingungen im quadratischen Gitter – Dispersionsrelation, Brillouin-Zone und Schallgeschwindigkeit:** Gegeben sei ein quadratisches Gitter der **Gitterkonstante *a***. **$u_{l,m}$** sei die Auslenkung des Atomes in der **Spalte *l*** und der **Reihe *m***. Die Auslenkungen ***u*** seien alle **normal** zur eingezeichneten Ebene (siehe Skizze). Die **Masse der Atome sei *M***, die **Federkonstante** zwischen den nächsten Nachbaratomen sei ***C***.



a) Zeigen Sie, dass für **kleine Auslenkungen *u*** die Bewegungsgleichung des Atomes an der Position *l*, *m* folgendermaßen lautet: $M \cdot \frac{d^2 u_{l,m}}{dt^2} = C \cdot \left[\left(u_{l+1,m} + u_{l-1,m} - 2 \cdot u_{l,m} \right) + \left(u_{l,m+1} + u_{l,m-1} - 2 \cdot u_{l,m} \right) \right]$

b) Zeigen Sie, dass mit $u_{l,m} = u(0) \cdot exp\left[i \cdot \left(l \cdot k_x \cdot a + m \cdot k_y \cdot a - \omega \cdot t \right) \right]$ die Bewegungsgleichung erfüllt ist, wenn die Dispersionsrelation $\omega^2 \cdot M = 2 \cdot C \cdot \left[2 - cos(k_x \cdot a) - cos(k_y \cdot a) \right]$ gilt.

c) Bestimmen Sie jenen Bereich des *k*-Raumes, für den **unabhängige Lösungen** der Dispersionsrelation existieren.

d) Zeigen Sie, dass für $k_x \cdot a << 1$ und $k_y \cdot a << 1$ gilt: $\omega = \sqrt{\frac{C \cdot a^2}{M}} \cdot \sqrt{k_x^2 + k_y^2} = \sqrt{\frac{C \cdot a^2}{M}} \cdot K$. Wie hängt dieses Ergebnis mit der **Schallgeschwindigkeit** in Festkörpern zusammen?