

Einführung in die Quantenoptik I

Wintersemester 2015/16

Carsten Henkel

Übungsaufgaben Blatt 1

Ausgabe: 15. und 19. Oktober 2015

Besprechung: 22. Oktober 2015

Hinweis. Die Übungsaufgaben sind ein Versuch, verschiedene ‘Geschmäcker’ zu bedienen: mal geht es um Abschätzungen, Einheiten, Größenordnungen. Mal gibt es einiges zu rechnen. Häufig ist schon das Interpretieren des Aufgabentextes Teil der Herausforderung. Und dann gibt es noch *soft skills* wie das Erstellen von Texten, Recherche von Literatur oder anderer Information im Netz.

Es gilt die Regel: Lassen Sie sich von Fehlern in den angegebenen Formeln nicht verwirren. Im Zweifelsfall fehlt eben im Aufgabentext ein Faktor 2, π , i, -1 ...

Problem 1.1 – Typical numbers (7 points)

[given in the lecture] The interaction energy of an electric dipole \mathbf{d} in a field \mathbf{E} is given by $V_{\text{int}} = -\mathbf{d} \cdot \mathbf{E}$. Estimate the laser power where this energy is comparable to the photon energy $\hbar\omega$, for a ‘typical’ atom or molecule.

(i) Translate the power of a laser pointer into its electric field. Find out typical numbers for a laser pointer and for high-power lasers like those of the *National Ignition Facility* (USA). [Bonus question: Why does the *NIF* work with huge beam diameters?]

(ii) Argue that for a ‘typical molecule’ (not too large), the electric dipole moment is of the order of $d \sim ea_0$ where e is the electron charge and a_0 the Bohr radius.

‘Argue’ means: write down hand-waving arguments.

Problem 1.2 – Atoms and molecules are ‘small’ (7 points)

(i) Calculate the ratio between the size of your favourite atom and the wavelength of your favourite colour. What is smaller? Formulate in words what this means when this atom is placed in an electromagnetic field of this colour.

(ii) [given in the lecture] Look up the formulas from QM I that give the ‘typical size’ a of the hydrogen atom and the wavelength λ of its ‘typical’ optical transitions. Show that the ratio a/λ is of the order of the Sommerfeld fine structure constant $\alpha = e^2/(4\pi\epsilon_0\hbar c)$.

(iii) The magnetic dipole moments μ of ‘typical’ atoms and molecules are given by the product of an angular momentum or spin and the ‘Bohr magneton’.

The magnetic interaction energy in a field \mathbf{B} is given by $V_m = -\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{B}$. Look up the definition of the Bohr magneton and show that in a laser beam, the ratio between magnetic and electric interaction energies is of the order of the fine structure constant as well:

$$\frac{V_m}{V_e} \sim \alpha \quad (1.1)$$

Use Maxwell equations to relate electric and magnetic fields of the laser. A plane wave is a useful approximation.

Problem 1.3 – Projekt Netz (6 points)

Anregungen für die Übung am 22. Okt 2015.

(i) Suchen Sie im Katalog der Uni-Bibliothek nach Büchern zur Quantenoptik oder Quantenelektronik. Wie viele Titel gibt es jeweils auf Deutsch, Englisch, Französisch oder Russisch? Finden Sie heraus, wo die Autoren herkommen.

(ii) Schlagen Sie in den Wikipedien, die Sie lesen können, den Eintrag “Quantenoptik” auf und machen Sie einen kritischen Vergleich. Diskutieren Sie mit Ihren Kommilitonen und erstellen Sie eine Liste von Überschriften: welche Information würden Sie unter dem Titel “Quantenoptik” lesen wollen?

(iii) Suchen Sie im Netz nach Arbeitsgruppen in Deutschland, die sich mit Quantenoptik beschäftigen. Welche Vorlesungs-Skripten können Sie finden? Teilen Sie sich in Zweier-Gruppen auf und erstellen Sie eine Liste von ca. fünf Stichworten, die in den Forschungsprojekten von verschiedenen Gruppen “immer wieder” auftauchen.

(iv) Finden Sie wissenschaftliche Tagungen von jetzt bis August 2016, die sich mit “Quantenoptik”, “Photonik” oder “Quantenelektronik” beschäftigen. Versuchen Sie, bei den beteiligten Veranstaltern Namen aus dem deutschsprachigen Raum [siehe (iii)] wiederzufinden. Wohin würden Sie gerne fahren? Mit welchen Leuten würden Sie gerne diskutieren?