

# Übungen zur Theoretischen Physik II: Quantenmechanik I, SS 2010

Prof. Dr. R.A. Bertlmann, S. Arroyo Camejo B.Sc.

## Blatt 2

- 5) Schätzen Sie anhand der unten dargestellten Messung der kosmischen Hintergrundstrahlung durch den COBE Satelliten die mittlere Photonendichte und Photonenzahl im sichtbaren Universum ab. Das Strahlungsspektrum der kosmischen Hintergrundstrahlung entspricht dabei dem eines Hohlraumkörpers bei  $T = 2,73$  K (siehe Abbildung 1). Nehmen Sie das sichtbare Universum als flaches, homogenes, isotropes Strahlungsvolumen mit einem Radius von  $12 \cdot 10^9$  Lichtjahren an.

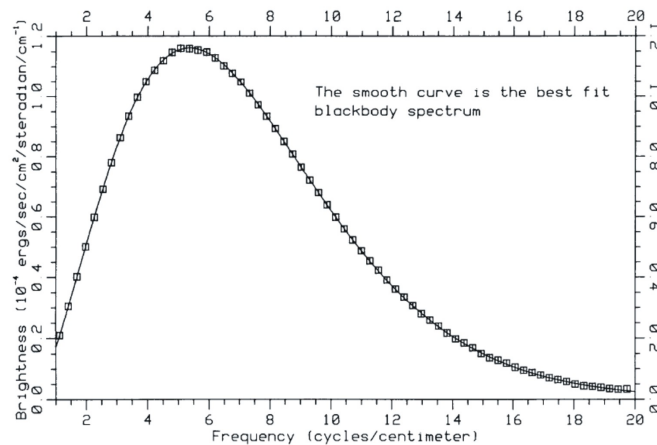


Abbildung 1: Aufnahme des COBE Satelliten von der Hintergrundstrahlung (Achtung: x-Achse ist in Wellenzahlen angegeben!) [1]

*Hinweis:* Nutzen Sie dazu die folgende Darstellung der Riemann'schen Zeta Funktion:

$$\zeta(x) = \frac{1}{\Gamma(x)} \int_0^{\infty} \frac{u^{x-1}}{e^u - 1} du \quad (1)$$

(Näheres z.B. unter <http://mathworld.wolfram.com/RiemannZetaFunction.html>)

- 6) Versuchen Sie den Photoeffekt mit

1. einem klassischem Modell des Lichts
2. einem quantenmechanischen Modell des Lichts

zu beschreiben, aber nehmen Sie die Energieniveaus der Elektronen im Atom als quantisiert an (z.B. Bohrsches Atommodell). Vollziehen Sie nach und erklären Sie an welchen Punkten das klassische und quantenmechanische Lichtmodell gleichermaßen zutreffende

Voraussagen treffen und welche Aspekte im klassischen Bild falsch und im quantenmechanischen Bild richtig beschreiben werden. Berücksichtigen Sie hierbei auch die experimentellen Möglichkeiten bzw. Einschränkungen (z.B. Detektionsgeschwindigkeit).

### 7) Compton-Effekt

- Berechnen Sie die Energie und den Impuls des Photons und die kinetische Energie und den Impuls des Elektrons nach dem Stoß und jeweils in Abhängigkeit des Streuwinkels des Photons  $\theta$  und diskutieren sie die Kurvenverläufe qualitativ.
- Diskutieren Sie qualitativ die Peak-Positionen und Höhen in Abhängigkeit der Wellenlänge und des Detektionswinkels und begründen Sie diese.
- Erklären Sie, warum der Compton-Effekt nicht bei sichtbarem Licht auftritt.

- 8) In einer modernen Version des Doppelspaltexperiments (siehe Abbildung 2 a)) werden  $C_{60}$  Moleküle ( $m_{C_{60}} = 720 \text{ amu}$ ) zur Interferenz gebracht. Das dabei entstehende Interferenzmuster ist in Abbildung 2 b) abgebildet. Berechnen Sie anhand der dargestellten Graphiken die Temperatur, die der Molekülofen bei diesem Experiment gehabt haben muss, wenn er die verwendete Geschwindigkeitsklasse der Moleküle mit höchster Effizienz erzeugt hat. Die wahrscheinlichste Geschwindigkeit der Moleküle ist dabei durch die Temperatur des Molekülofens gegeben:  $\bar{v} = \sqrt{\frac{2k_B T}{m_{C_{60}}}}$ .

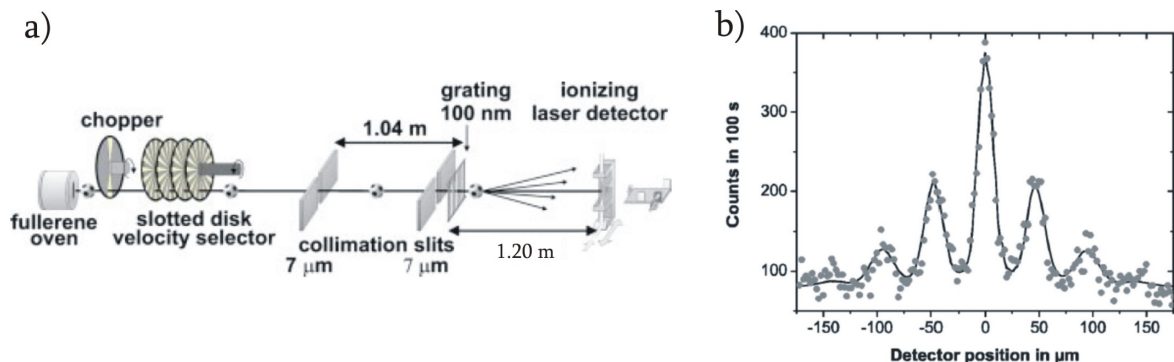


Abbildung 2: a) Versuchsaufbau und b) Interferenzmuster [2, 3]

## Literatur

- [1] J. C. Mather et al.: *A preliminary measurement of the cosmic microwave background spectrum by the cosmic background explorer (cobe) satellite*. *Astrophysical Journal*, 354:L37, 1990.
- [2] O. Nairz, M. Arndt, and A. Zeilinger: *Quantum interference experiments with large molecules*. *American Journal of Physics*, 71(4):319, 2003.
- [3] O. Nairz, M. Arndt, and A. Zeilinger: *Erratum: "quantum interference experiments with large molecules" 71 (4), 319–325 (2003)*. *American Journal of Physics*, 71(10):1084, 2003.