

FORMELN:  $c = \lambda f$

$E_\gamma = hf$

$\lambda_{dB} = h/mv$

$mr_{Bohr}v = n \cdot h/2\pi$

DATEN:  $h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

$c = 3.00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$1 \text{ eV} = 1.60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

**1) Cs-133-Atomuhr**

4 Punkte

Die Sekunde ist seit 1967 als das 9'192'631'770fache der Periodendauer einer bestimmten Schwingung im Cäsium-133 Atoms definiert.

- a) Wie gross ist die Frequenz dieser Schwingung (mit maximal sinnvoller Genauigkeit)?
- b) Wie gross sind Energie und Wellenlänge der Quanten, die diese Schwingung anregen?
- c) Sind diese Quanten Teilchen oder Wellen? (Stichworte)

**2) Leuchtdiode**

4 Punkte

- a) Wie gross ist die Frequenz eines «grünen Photons» mit der Wellenlänge 490 nm?
- b) Wie gross ist die Energie dieses Photons eV? Was ist überhaupt 1 eV? (Stichworte)
- c) Eine LED kann als Photozelle wirken. Man hat eine Reihe mit 10 LEDs vom IR über rot-gelb-grün-blau bis ins UV an ein Messgerät angeschlossen. – Was geschieht, wenn man Licht von der grünen LED a) auf diese 10 LEDs leuchtet? (Stichworte)

**3) Louis de Broglies Wellen**

7 Punkte

Ein Helium-Atom hat eine Masse von  $6.64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

- a) Wie schnell darf es sein, wenn die zugehörige de Broglie-Wellenlänge  $1.0 \cdot 10^{-10} \text{ m}$  gross ist?
- b) Man schickt einen Strahl von solchen Atomen durch einen Doppelspalt, dessen Spalten 0.2 mm getrennt sind und misst in 10 m Entfernung hinter dem Spalt. Was beobachtet man auf der Symmetrieachse und wo liegt das erste Nebenmaximum? Begründe deine Rechnung mit einer Skizze.
- c) Wieso merkt man beim Fussballspiel nichts vom Wellenaspekt der Materie? (Stichworte)

**4) Der Zufall in der Quantenwelt**

5 Punkte

- a) Erläutere in Stichworten, wie sich der Zufall beim radioaktiven Zerfall bemerkbar macht. Gehe dazu von 4 radioaktiven Atomen aus und betrachte die Situation nach einer Halbwertszeit T.
- b) Weshalb spielt der Zufall in atomaren und kleineren Dimensionen eine Rolle? (Stichworte)
- c) Erläutere in Stichworten am Beispiel «Doppelspalt», wie sich der Zufall quantenphysikalisch äussert.

**5) Anwendungen**

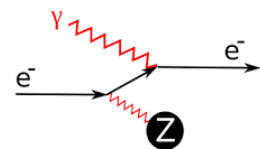
7 Punkte

- a) Der graue Star ist eine bei älteren Menschen weit verbreitete Trübung der Augenlinse. - Weshalb ist daran vor allem der UV-Anteil im Sonnenlicht schuld? (Stichworte)
- b) Wieso ist die Spannung, die eine einzelne Solarzelle liefert, zwischen 1V und 2V? (Stichworte)
- c) Laserkühlung: Wie viele grüne Photonen braucht es ungefähr, um ein  $10^{-26} \text{ kg}$  und  $2 \text{ m/s}$  schnelles Atom auf  $1 \text{ m/s}$  abzubremesen? Welche Annahmen triffst Du bei Deiner Rechnung?
- d) Bei einem Flash-Speicher ist für ein Bit ein sog. Floating-Gate vorhanden, das durch einen 20nm «dicken» Isolator aus  $\text{SiO}_2$  vom Rest getrennt ist. – Wie viele Atomlagen sind das etwa? Wieso kann dieses isolierte Gate trotzdem geladen und entladen werden? (Stichworte)

**6) Lichtverwandlung und Lichterzeugung**

4 Punkte

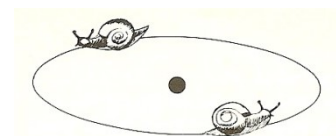
- a) Nebenan ist eine abstrakte Darstellung der «Verwandlung von Licht» z. B. in der Photosynthese. - Erläutere sie stichwortartig einer Biologie-Lehrperson.
- b) Für die Leuchtdiode (LED) gilt ein gleichartiges abstraktes Diagramm, aber mit umgekehrtem Ablauf. - Zeichne es und füge einige erläuternde Stichworte hinzu.



**7) Atommodelle**

8 Punkte

- a) In ungefähr welcher Zeitspanne war das Atom-Modell von Niels Bohr top-modern?
- b) Durch welche Annahme(n) geht Bohrs Modell über das Planetenmodell hinaus? (Stichworte)
- c) Nenne zwei Schwachpunkte von Bohrs Atommodell.
- d) Liefern de Broglies Wellen einen Beweis für Bohrs Atommodell?
- e) Nebenan ist eine Karikatur des He-Atoms im Grundzustand widergegeben. Weise stichwortartig auf Unterschiede zwischen dem Orbitalmodell und dieser Karikatur hin.



- f) Im Labor gelingt es heute, Atome so anzuregen, dass ihre Quantenzahl  $n$  den Wert 100 erreicht. Schätze die Grösse eines solchen Atoms im Bohr-Modell ab, wenn sein Elektron die Geschwindigkeit  $c/10000$  besitzt. (Solche exotischen Atome heissen Rydberg-Atome. Für das äusserste Elektron solcher Atome passt das Atommodell von Niels Bohr recht gut.)
- g) Wieso kann ein Atom stabil sein, dessen Elektronen nicht rotieren? (Stichworte)

**8) Begriffe**

8 Punkte

- a) Erläutere stichwortartig den Begriff «Dualismus».
- b) Erläutere stichwortartig den Begriff «Quantenobjekt».
- c) Wollte Einstein beweisen, dass das Licht aus Lichtquanten besteht? (Stichworte)
- d) Erläutere stichwortartig, weshalb Schrödinger seine berühmte Katze erfunden hat.
- e) Nenne Unterschiede zwischen dem Quantenobjekt «Licht» und dem Quantenobjekt «Elektron».
- f) Erläutere anhand einer Zeichnung den Unterschied zwischen normaler Spiegelung und Bragg-Reflexion.

**9) «Physik und Technik»**

**ODER**

**«Theorie und Experiment»**

7 Punkte

Löse die folgenden Aufgaben für das Thema, das Du gewählt hast:

Schildere allgemein das Verhältnis zwischen den beiden Begriffen in maximal 10 kurzen, ganzen Sätzen. Erwähne dabei mindestens zwei konkrete Beispiele, davon mindestens eines aus der Quantenphysik.

**10) «Panorama 1900» & «Biographie»**

**ODER**

**«Panorama 1925» & «Biographie»**

10 Punkte

Löse die folgenden Aufgaben für den Zeitrahmen und die Person, die Du gewählt hast:

- a) Nenne stichwortartig drei politische Ereignisse aus dem Zeitrahmen des Panoramas.
- b) Nenne stichwortartig drei wissenschaftliche Ereignisse aus dem Zeitrahmen des Panoramas.
- c) Nenne stichwortartig zwei andere kulturelle Ereignisse aus dem Zeitrahmen des Panoramas.
- d) Schildere das Wesentliche aus der Biographie in maximal 10 kurzen, ganzen Sätzen.
- e) Ist die Laufbahn «Deiner» Person typisch? Wieso? Antwort in einigen kurzen, ganzen Sätzen.

**Ergebnis**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Kla.	4	5	4	5.5	5	3.75	3.75	4.75	3	4.25	3.5	5.5	3.75	4	5	6
Ze.	3.5	5.5	4	6	5	4	4.5	5	3.5	4.5	4.5	6	5	4.5	5	6

Die Klausurnoten der 16 Schülerinnen und Schüler und ihre Zeugnisnoten, die auch Leistungen zu anderen Bereichen der Physik einschliessen, zeigen eine hohe Korrelation und einen Ausreisser / eine Ausreisserin: 3.75 ⇔ 5.0!

**Hinweis**

Diese Klausur wurde nach der Arbeit mit der Version 4 der FACETTEN durchgeführt. Die Bedeutung der Zustandsfunktion wurde dort noch nicht stark herausgearbeitet. Dementsprechend wurde in diese Richtung nicht geprüft. Hingegen wurde der Tunneleffekt angesprochen und geprüft.

Hans Peter Dreyer, November 2024