

Fach: Experimentelle Physik		
PrüferIn: Wolf		
<input checked="" type="radio"/> BP <input type="radio"/> NP <input type="radio"/> SF <input type="radio"/> EF <input type="radio"/> NF <input type="radio"/> LA	Datum: 09. Februar 2023	Fachsemester: 9
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Ex4, Ex5, Ex6		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Rechnernutzung		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
Verwendete Literatur/Skripte: Wegener-Skript (Ex4 und Ex5), Husemann-Folien (Ex6), Povh, Wikipedia
Dauer der Vorbereitung: 1 Monat intensiv, davor aber Monatelang nebenbei damit beschäftigt
Art der Vorbereitung: VL mit ähnlichem Stoff gehört: Festkörperchemie und TP1, dann wiederholt, dann Skripte mit Teilchen-Nerds durchgegangen
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Protokolle > mit Buch lernen. Allgemeines Verständnis und Zeug schonmal gehört haben, ist meistens viel wichtiger als genaue Werte.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Viele schwierige Themen, ich war öfters mal am Struggeln. Bin aber ruhig geblieben. Für viele der Themensprünge bin ich wahrscheinlich auch selbst verantwortlich...Roger ist aber auch ein super sympathischer Prüfer, bei dem man nur schwer nervös wird.
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Nicht beantwortet hab ich eigentlich nichts, aber wir haben öfters mal über meine Aussagen (teils lang) diskutiert.
Kommentar zur Prüfung: Anders als erwartet, sehr theoretisch (meine Schwäche)
Kommentar zur Benotung: berechtigt (1.3), im Großen und Ganzen zufrieden, wenn auch etwas grummelig
Die Schwierigkeit der Prüfung: Die Theorie. Da kam echt viel von. Hab ich nicht erwartet. Außerdem wurde mein Termin kurzfristig um unbestimmte Zeit nach hinten (ursprünglich sogar auf den nächsten Tag) verschoben, das war...unangenehm. Danke dafür an Rogers Mitarbeiter, die ihn dann doch noch überzeugen konnten, die Prüfung mit mir am gleichen Tag durchzuführen.

Die Fragen

(zum Nachvollziehen: Ich habe teils falsche oder unvollständige Antworten gegeben, über die wir diskutiert haben. Ich schreibe hier nur die richtigen rein. Die Note ist definitiv berechtigt.)

Roger erlaubt es, ein Einstiegsthema selbst vorzubereiten. Da er aber auch sehr gern tiefgründige Zwischenfragen stellt, hab ich mich das dann bei ihm doch nicht getraut. Die Prüfung verlief daher komplett nach seiner "Anleitung".

-- Erzähl mir mal was zum Franck-Hertz-Versuch.

- > Aufgezeichnet, Polung der Gegenspannung, Inhalt des Glasdings, Glühkathode
- Bleiben wir bei der Glühkathode, wie genau funktioniert das?
- > Elektronen werden thermisch aktiviert, Fermi-Verteilung wird ausgeschmiert, Potenzial des Metalls wird überwunden, Ausbildung einer Wolke um die Kathode
- Was ist diese Fermi-Verteilung?
- > aufgezeichnet, Ausschmierung bei höheren Temperaturen erklärt
- Wie hoch ist so die Fermi-Temperatur eines Metalls? Und die Fermi-Energie?
- > Mehrere tausend Kelvin, meist über dem Schmelzpunkt. Die Energie liegt bei einigen eV, das hatte ich selbst falsch. Wusste aber auch der Beisitzer nicht.
- Und wie funktioniert das jetzt so in Metallen, da sind Elektronen, wie kann ich mir das vorstellen?
- > Bändermodell grob erklärt, Leitung in oberstem Band, Fermi-Energie erklärt
- Okay, also die Elektronen werden aktiviert, wie heiß ist denn so die Glühkathode?
- > Hm also das könnte man wahrscheinlich durch die Planck-Verteilung auch einfach spektroskopisch bestimmen (wusste es einfach nicht und hab ihn dann auf Planck gebracht...)
- Tolles Thema! bleiben wir doch dabei! Was ist denn dieser Planck-Strahlungssatz?
- > Hohlraumstrahlung erklärt, Planck-Verteilung aufgezeichnet
- Und was unterscheidet das jetzt vom klassischen Wien'schen Verschiebungsgesetz?
- > Neuen Graphen gezeichnet mit Rayleigh-Jeans-Gesetz
- Ja, die Verteilung geht wie E^3 , das hätten Sie auch im gleichen einzeichnen können. Aber gut, woher kommt denn dieses E^3 bei Rayleigh-Jeans?
- > ...Zustandsdichte ...
- Aha, ja, und wie berechnet man die?
- > ...
- Also das macht man ja normalerweise mit so einem Diagramm, da zeichnet man sich alle Zustände in alle Raumrichtungen ein...
- > JA! Fermi-Kugel!
- Genau, und was ist der Inhalt einer Kugel?
- > $\frac{4}{3} \pi r^3$...oooooh daher kommt das E^3 !
- Richtig! Und was unterdrückt jetzt beim Planck-Gesetz die höheren Frequenzen?
- > Da gibt's so ne Verteilung, die sagt aus welche Zustände bei welcher Temperatur angeregt sind, und die sieht anders aus als die klassische Verteilung.
- Mhm, und wie heißt diese Verteilung?
- > Also die Schwingungen da drin sind ja keine Fermionen, also ist das...die Bose-Einstein-Statistik?
- Kannst du mir die aufzeichnen?
- Und wie sieht das mathematisch aus?
- > Bose-Einstein-Verteilung hingeschrieben
- Okay. Und jetzt nehmen wir mal an, die Energie läuft gegen unendlich. Was passiert dann mit dem Term, welchen Charakter bekommt der?
- > Er wollte hier darauf hinaus, dass sich Bose-Einstein für große E an den Boltzmann-Faktor annähert. Hab ich dann mit seiner Hilfe hinbekommen und dann auch als diesen identifiziert.
- Zurück jetzt zum Franck-Hertz-Versuch. Was passiert jetzt mit dieser Ladungswolke um die Kathode? Ah, und warum ist sie aus Wolfram?
- > Weiter erklärt, Wolfram hohe Temperaturfestigkeit, Spannungen, Diagramm Strom/Spannung aufgezeichnet
- Warum bricht der Strom an diesen Stellen ein?
- > Inelastische Stöße der Elektronen, geben Energie ab, regen Atome an, haben dann zu wenig Energie, um die gegenüberliegende Anode zu erreichen.
- Warum kann man diese Leuchtstreifen sehen? Warum entstehen sie räumlich gesehen an unterschiedlichen Stellen?
- > Wechselwirkungswahrscheinlichkeit erklärt, stoßen im Mittel eben nach so und so viel Abstand mit Quecksilberteilchen zusammen, Anregung führt zu Aussendung eines Photons
- Bleiben wir mal bei diesem Atommodell. Wie kann man sich das vorstellen?
- > Erkläre Relaxation mit dem Bohr'schen Atommodell, zeichne Elektronenkonfiguration für Neon ein.
- Das ist seltsam, wir haben jetzt 8 Elektronen in der zweiten Schale, das klingt jetzt nicht ganz richtig.
- > Gerechtfertigt, wie das in der Chemie gern gezeichnet wird (Besetzung der 2. Periode, etc)
- Na gut, dann bitte mal nach unserem modernen Bild die Besetzung aufzeichnen.
- > Orbitalmodell erklärt, Energien und Besetzung von 1s, 2s, 2p gezeichnet.
- Warum gibt es 3 p-Orbitale?
- > Quantenzahlen erklärt, magnetische Quantenzahl erlaubt 3 unterschiedliche Zustände bei (fast) gleicher Energie (Feinstruktur nur ganz am Rande erwähnt)
- Was sind diese Quantenzahlen? Was beschreibt denn ein solches Atom?
- > Wellenfunktion aufgeschrieben, Kugelwellenfunktionen und Radialanteil erklärt
- Und was reicht jetzt aus, um die Elektronenkonfiguration vollständig zu beschreiben?
- > Eben die Quantenzahlen, n, l, m, Abstand vom Kern, Drehimpuls, z-Ausrichtung des Drehimpulses

-- Warum gibt es nur 2 Elektronen in einem Zustand?
 -> Pauli-Prinzip und Spin
 -- Aber wenn ich jetzt drei Elektronen hier einfach mal ins s-Orbital um den Kern einzeichne (zeichnet 3 Punkte), sind die ja nicht am gleichen Ort. Das sollte doch dann erlaubt sein?
 -> Nee, Wellenfunktion und Wahrscheinlichkeitsverteilung erklärt, Orts-Impuls-Unschärfe
 -- Wenn ich jetzt ein super hochenergetisches Photon auf die Elektronen schieße und eins herauschlage, dann weiß ich doch ganz genau, wo dieses Photon war. Widerspricht das nicht der Unschärfe?
 -> Nein, Photon hat endliche Wellenlänge, kann nur auf diese Distanz auflösen
 -- Naja dann stellen wir uns mal unendliche Energie vor.
 -> *stupidface* wie soll ich mir das vorstellen, das ist unphysikalisch, dann könnten wir auch Lichtgeschwindigkeit erreichen...
 -- (Kam dann irgendwie auf Deltaförmige Peaks und die Fouriertransformation als Zusammenhang zwischen Orts- und Impulsraum zu sprechen) Stellen wir uns eine unendlich ausgedehnte Welle vor. Was ist das Problem damit?
 -> Photonen sind eigentlich Wellenpakete, aber gut, die ist halt nicht ortsgebunden. Unendliche Ausdehnung Fouriertransformation ist ein Delta-Peak.
 -- Und wenn wir jetzt ein solches Photon auf ein Elektron schießen?
 -> Ort jetzt genau bestimmt. Kollaps der Wellenfunktionen, Elektron hat jetzt zwar feste Ortsinfo, aber eine nahezu komplett flache Impulsverteilung, Ausbreitungsrichtung unbestimmt
 -- Und das alles äußert sich dann in welchem Theorem?
 -> Heisenberg-Unschärferelation
 -- Gut, dann kommen wir jetzt nochmal kurz zur Teilchenphysik. Schauen wir uns mal den Beta-Zerfall an. Kannst du mir erklären, wie der nach moderner Wissenschaft funktioniert? Lass mal ein freies Neutron zerfallen.
 -> Alles erklärt, Feynman-Diagramm gezeichnet, Umwandlung $d \rightarrow u$, Vermittlung durch W-Boson, Elektron und Neutrino entstehen.
 -- Gibt es auch Zerfälle, wo kein Elektron ausgesandt wird?
 -> K-Einfang
 -- Warum heißt der so?
 -> Fängt aus K-Schale Elektron ein
 -- Gibt es auch einen L-Einfang? Zeichne doch mal die Wahrscheinlichkeitsverteilung für $l=1$ in dein Atom von vorhin ein.
 -> (nach langer Diskussion): Sehr unwahrscheinlich, weil Nulldurchgang der Verteilung dort, wo der Kern liegt. Ich stimme dem nicht zu, denn K und L beziehen sich auf die Größe von n und nicht von l . Die Radialfunktion für $\{n=2, l=0\}$ ist sehr wohl nichtverschwindend um den Ursprung. Er hatte aber die Verteilung für $l=1$ gezeichnet und das als L-Einfang bezeichnet. Discuss.
 -- Wie groß ist die Ausdehnung des Atomkerns?
 -> 1000x kleiner als die des Elektrons, also wenn der Atomdurchmesser 1Å (Angstrom) ist, dann ist der Atomkern so ca 10^{-13} m weit ausgedehnt. (In Rogers Modell bezeichnete das dann, wenn man integriert, eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für das Elektron, sich im Bereich des Kerns zu befinden.)
 -- Kann auch ein Proton in ein Neutron zerfallen?
 -> Nein, kinematisch nicht erlaubt. u ist leichter als d .
 -- Wo passiert das dann doch?
 -> In Kernen, Bethe-Weizsäcker-Formel, Massenparabel aufgezeichnet, uu und gg erwähnt, Kriterium für Zerfall (niedrigere Energie des Tochterteilchens) erklärt
 -- Schön. Hast du noch ein Thema, was dich besonders interessiert?
 -> Wir haben bisher recht wenig Teilchenphysik gemacht...
 -- Darauf hab ich jetzt aber keine Lust. *lacht* Na gut, dann steigen wir doch nochmal richtig ein! Kennst du einen radioaktiven Zerfall, der keine Neutrinos aussendet?
 -> (Richtig wäre gewesen) Neutrinoloser doppelter Beta-Zerfall. Roger hat mit mir zusammen dann das Feynman-Diagramm hergeleitet und dann das zweite W-Boson verwendet, um ein zweites d -Quark in ein u -Quark umzuwandeln. Tadaa 2 Neutronen zerfallen in 2 Protonen, die Neutrinos werden zwischendurch gefressen.
 -- Es gibt noch eine Eigenschaft von Neutrinos, die hier ganz wichtig wird. Weißt du, welche das ist?
 -> (Richtige Antwort wäre gewesen:) Dass sie ihre eigenen Antiteilchen sind.
 -- Sagt dir das was, weißt du ob es solche Teilchen gibt?
 -> Majorana-Neutrinos erwähnt, Pionen und Kaonen haben diese Eigenschaft auch teilweise
 -- Was ist die wichtigste Eigenschaft, die Teilchen erfüllen müssen, damit sie ihre eigenen Antiteilchen sind?
 -> Müssen Eigenzustände des C-Operators sein. U.a. geht das mit Ladung = 0 einher.
 Prüfungsende. Hm.

