

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: 08. September 2022	Fachsemester: 6
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Ex 4-6		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Keine (an Übungen zu Ex6 beteiligt)		

## Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: Keine
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: Keine
Verwendete Literatur/Skripte: Ex4: Demtröder (im Nachhinein nicht empfehlenswert) Ex5: Hunklinger Ex6: Povh, Bleck-Neuhaus (CP-Verletzung), Kolanoski (Detektoren) Bei allen: Internetrecherche
Dauer der Vorbereitung: Literatur durchgehen: etwa 6-8 Wochen (teilweise unterm Semester) Wiederholden/Reden/Auswendig lernen: 3 Wochen
Art der Vorbereitung: Größtenteils alleine (Literatur durcharbeiten und vor mir her reden), ein paar Tage gegen Ende von Freunden abfragen lassen
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Mach dir erstmal einen Überblick über alle Themen (Modulhandbuch) und geh daraufhin Literatur bzw Skripte durch, damit du ein gutes Grundverständnis hast. Ich habe mir bei der Literaturarbeit Zusammenfassungen geschrieben, die ich in der letzten Phase auswendig gelernt habe. Redet viel und am besten nicht nur in Selbstgesprächen, sondern mit Kommilitonen. Die stellen sich oft andere Fragen als ihr selber, wodurch ihr neuen Input von außen bekommt. Durch das Reden merkt ihr auch, ob ihr Themen richtig verstanden habt.

## Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Die Prüfung war viel mehr ein Gespräch mit vielem hin und her und angenehmen Überleitungen als ein Frage-Antwort-Spiel. Herrn Wolf scheint es wichtig zu sein, ein allgemeines Verständnis zu haben und nicht möglichst viel auswendig zu können. Zu Beginn hat Herr Wolf durch Smalltalk versucht ein angenehmes Gesprächsklima herzustellen.
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Formuliere die Frage um, bzw hat einen durch das Gespräch zur Antwort geführt.
Kommentar zur Prüfung: Sehr angenehmes Gespräch. Herr Wolf gibt einem während der Prüfung ein gutes Gefühl, wodurch meine anfängliche Nervosität im Verlaufe der Prüfung verschwunden ist.
Kommentar zur Benotung: 1,0 sehr zufrieden :)
Die Schwierigkeit der Prüfung: Die Themensprünge könnten eine Schwierigkeit sein. Ich fand die Übergänge jedoch sehr angenehm formuliert.

## Die Fragen

W: Wolf

P: Prüfling

..

Das Protokoll kann nicht als wörtlicher Mitschrieb verstanden werden.

..

W: Erklären Sie doch mal einen Versuch, der den Welle-Teilchen-Dualismus bei Licht zeigt.

P: Ich würde den Photoeffekt erklären: Versuchsaufbau gezeichnet (evakuierter Glaskolben, Kathode, Anode, Licht von außen); ob Elektronen ausgelöst werden, ist abhängig von der Frequenz des Lichts und nicht von der Intensität; wenn man eine Gegenspannung anlegt, kann die kinetische Energie der ausgelösten Photonen bestimmt werden (Gerade gezeichnet und daraus  $E=h\nu$ ).

W: Sie haben ja gerade  $E$  über die Frequenz  $\nu$  aufgetragen. Wissen Sie, wie  $I$  über  $U$  (Anoden- bzw Kathode) aufgetragen aussieht?

P: Ach ja, das habe ich schonmal gesehen ...gezeichnet ...und dann kommt es mit steigendem  $U$  in einen Sättigungsbereich.

W: Aha, warum ist das so?

P: Mit Hilfestellung bin ich dann draufgekommen: Es kann ja nur so viel Strom fließen, wie Elektronen ausgelöst werden. Wenn wir also die Intensität des Lichts erhöhen, fließt insgesamt ein größerer Strom (Graph nach oben gestreckt, Nullstelle jedoch gleich). Und bei einer höheren Frequenz verschiebt sich der Graph nach links, da die Elektronen eine höhere kinetische Energie haben, um gegen die Gegenspannung anzukommen.

W: Sehr schön. Und wenn wir jetzt mal anstatt des evakuierten Glaskolbens ein Gas einfüllen und eine Gegenspannung anlegen, was bekommen wir dann?

P: Dann haben wir den Franck-Hertz-Versuch ...gezeichnet und erklärt ...der Glaskolben ist jetzt b. mit Quecksilber-Gas gefüllt.

W: Warum Quecksilber?

P: Keine Ahnung, macht man immer so. Vermutlich haben das Franck und Hertz damals auch so gemacht.

W: \*lacht\* Das weiß ich nicht. Ist ja auch nicht so wichtig. Kann man das denn auch mit einem anderem Gas machen?

P: Klar, dann sieht man halt bei anderen Spannungen einen Stromeinbruch und findet so die Anregungsenergien.

W: Genau, machen Sie mal weiter.

P: Wenn wir jetzt den Strom an der Anode in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung messen, sehen wir bei bestimmten Spannungen (4,9 V und 9,8 V) Einbrüche. Hier stoßen die Elektronen nicht mehr elastisch sondern inelastisch mit den Quecksilberatomen und regen diese in das erste Anregungsniveau an.

W: Was heißt denn elastisch bzw inelastisch?

Q: Also bei elastischen Stößen ist die Summe aller kinetischen Energien vor und nach dem Stoß identisch und bei inelastischen Stößen geht somit kinetische Energie verloren bzw wird umgewandelt.

W: Wie würden Sie denn naiv ein Quecksilber-Atom zeichnen?

P: Also naiv würde ich das Schalenmodell bzw das Bohrsche Atommodell aufzeichnen, real haben wir ja eher das Orbitalmodell ...Atomkern mit mehreren Schalen gezeichnet (nicht wichtig wie viele Schalen Quecksilber hat).

W: Was würde jetzt passieren, wenn ein Elektron von außen angefliegen kommt? Zeichnen Sie das doch mal ein.

P: Dann könnte ein Elektron aus der äußeren Schale herausgelöst werden ...skizziert.

W: Genau, es könnte aber auch ein Elektron aus einer inneren Schale herausgelöst werden. Was passiert dann?

P: Klar, das geht natürlich auch. Dann füllen die Elektronen aus einer höheren Schale das entstandene Loch sukzessive auf. Dabei wird dann ein Photon bei Übergang emittiert. Das Photon kann entweder das Atom verlassen oder von einem Hüllenelektron auf der äußersten Schale absorbiert werden, welches dann mit der gewonnen kinetischen Energie das Atom verlassen kann. Der letztere Prozess wird Auger-Prozess genannt.

# Irgendwie sind wir dann zu Emissions- und Absorptionsspektren gekommen. An den genauen Gesprächsverlauf und konkrete Fragen kann ich mich aber nicht mehr erinnern.

W: Wie würden Sie denn Röntgenstrahlen erzeugen?

P: Mit einer Röntgenröhre. Dabei schießen wir Elektronen aus einer Glühkathode, welche durch eine Beschleunigung werden, auf eine irgendeine Platte. Das Material emittiert dann charakteristische Röntgenspektren und ein Bremspektrum ...Spektrum (Intensität über Frequenz) gezeichnet. (Hier war ich mir nicht so sicher und Herr Wolf hat mir hier gut geholfen)

W: Dieses Bremspektrum, was ist das denn?

P: Ein hochenergetisches Elektron kann beim Durchgang durch Materie Energie verlieren und dabei ein Photon emittieren.

W: Genau. Wie können Photonen bzw Elektronen noch Energie verlieren?

P: Da wäre zum Beispiel noch die Compton-Streuung. Dabei stößt ein Photon elastisch an einem Elektron und ändert dabei seine Wellenlänge. Außerdem der Photoeffekt, den wir am Anfang hatten und Paarbildung. Hierbei wird ein Photon in Anwesenheit eines Kernpotentials (zur Impulserhaltung) in ein Elektron-Positron-Paar umgewandelt.

umgewandelt. Natürlich kann ein Elektron ein Atom auch ionisieren und dabei zusätzlich anregen. Das angeregte Atom geht dann unter Emission eines niederenergetischen Photons wieder in den Grundzustand über. (Das alles war viel mehr eine kleine Diskussion als ein Monolog von mir)

W: Das sollte dann in etwa alles sein. Machen wir mal einen kleinen Themensprung. Wir können ja auch mit einem Elektron einen Festkörper zu Schwingungen anregen. Wie funktioniert das?

P: Also das Elektron kann dann mit dem Gitter über die em-Wechselwirkung durch Austausch eines virtuellen Photons wechselwirken und das dadurch zu Schwingungen anregen.

W: Mit welchem Modell erklären wir das?

P: Modellhaft beschreiben wir das immer mit einer linearen Kette, wobei die Massen durch Federkonstanten gekoppelt sind. Wenn wir jetzt mal von einer zweiatomigen Basis ausgehen, haben wir 2 Massen und 2 Federkonstanten. Das Lösen der Bewegungsgleichungen bringt 2 Lösungen für die Eigenfrequenz  $\omega$ , welche periodisch unter Verschiebungen um einen reziproken Gittervektor ist. Daher bietet sich die Reduktion auf die 1. Brillouin-Zone an ... Dispersionsrelation gezeichnet ... hier haben wir jetzt 2 Zweige. Der untere heißt akustischer Zweig, weil er für  $k$  gegen 0 linear, wie Schall, erscheint. Der obere heißt optischer Zweig, da hier die 2 Massen in Gegenphase schwingen, was mit einem Dipolmoment verbunden ist und somit mit dem em-Feld wechselwirken kann.

W: Was ist denn diese Brillouin-Zone?

P: (Ich weiß nicht, worauf er hinaus wollte, ich habe einfach ein bisschen erzählt) Also das ist sozusagen die Wigner-Seitz-Zelle im reziproken Raum. Also eine primitive Einheitszelle mit hoher Symmetrie.

W: Was ist der reziproke Raum?

P: Die Fouriertransformierte des Ortsraums.

W: Genau. Zeichnen sie mal ein Punktgitter ... und da jetzt die 1. Brillouin-Zone rein.

P: 1. Brillouin-Zone gezeichnet.

W: Genau, ich sehe das können Sie. Jetzt kann man an so einem Gitter auch Licht reflektieren. Wie kommt man von einem Gitter zur Bragg-Bedingung?

P: Auf ein Punktgitter 2 einfallende Strahlen gezeichnet; phasenverschoben reflektiert; konstruktive oder destruktive Interferenz. (nur qualitative Beschreibung wichtig; keine Herleitung!)

W: Machen wir mal wieder einen Themenwechsel. Würden Sie sagen, dass Streuexperimente (unabhängig von der Teilchenphysik) so wichtig sind, dass das schon ein Erstklässler lernen sollte?

P: Mhh, also Erstklässler fände ich jetzt übertrieben \*lacht\*. Aber Streuexperimente sind ja durchaus auch wichtig in der klassischen Physik.

W: Was passiert denn, wenn physikalisch, wenn Sie mich anschauen?

P: Sonnenlicht strahlt auf Sie, wird reflektiert und absorbiert und gelangt dann in meine Augen.

W: Genau und das ist ja nichts anderes als ein Streuexperiment. Wenn Sie sich eine Zelle (Biologie) unter einem Mikroskop anschauen wollen, wie würden Sie das machen?

P: Ich bin mir nicht sicher ob das noch mit Licht geht.

W: Doch das geht. Wovon ist das denn abhängig?

P: Wenn das aufzulösende Objekt eine kleinere Ausdehnung als die Wellenlänge des Lichts hat, kann diese nicht aufgelöst werden. (Irgendwann habe ich auch die de Broglie-Wellenlänge für Materieteilchen erwähnt)

W: Was ist denn so die Wellenlänge des sichtbaren Lichts?

P: Etwa 400 bis 800 nm.

W: Genau, wie würden Sie dann kleinere Strukturen auflösen?

P: Ich würde die Wellenlänge anpassen, also bspw mit UV.

W: Das macht man eher seltener mit UV-Licht. Mit was würde das denn noch gehen?

P: (Ich stand etwas aufm Schlauch)

W: Mit Röntgenlicht, also mit der Röntgenröhre, die Sie am Anfang gebaut haben. Welche Strukturen kann man damit auflösen?

P: Festkörper.

W: Ja und welche Größenordnung haben die?

P: Also Atome haben eine Ausdehnung von  $10^{-5}$  fm bzw 1 Å (Angstrom).

W: Jetzt können wir ja auch mit bspw Heliumkernen an, sagen wir mal, einer Goldfolie streuen. Was passiert dann?

P: Dann haben wir genau den Rutherford'schen Streuversuch. Da die Alphateilchen kaum durch die Atome der Goldfolie abgelenkt wurden, konnte Rutherford das Thomsonsche Atommodell widerlegen und hat sein eigenes aufgestellt. Das Atom besteht aus einem Kern, in welchem die Masse und positive Ladung stark räumlich konzentriert sind. Die Elektronen bewegen sich irgendwie um den Kern.

W: Wie sieht denn unser Kern genauer aus.

P: Also wenn wir mit höheren Energien streuen und Elektronen statt Alphateilchen benutzen, können wir den Kern auflösen.

W: Warum nicht mit Alphateilchen?

P: Elektronen sind deutlich leichter und kleiner. Ich denke wir können Elektronen leichter einen hohen Impuls geben.

W: Wie sieht denn die Größenordnung von einem Heliumkern aus? Der ist auch ein Kern. Sie würden ja auch keinen ICE mit einem ICE auflösen. Ok, machen Sie mal weiter.

P: Also der Kern besteht aus unseren Nukleonen, also Protonen und Neutronen. Diese haben eine weitere Substruktur - Valenz- und Seequarks.

W: Warum bleiben die Kerne denn zusammen? Das macht doch keinen Sinn mit den positiv geladenen Protonen

P: Die Kerne werden durch die starke Kernkraft zusammengehalten. Dabei wird ein Pion zwischen den Nukleonen ausgetauscht. Die Pionen haben nach der Heisenbergschen Unschärferelation nur eine kurze Lebensdauer und damit kurze Reichweite und funktionieren wie ein Kleber.

W: Was für Wechselwirkungen kennen Sie denn noch?

P: Ich kenne die elektromagnetische, starke, schwache Wechselwirkung und natürlich die Gravitation, die ist uns aber nicht so wichtig in der Teilchenphysik.

W: Unter der elektromagnetischen kann ich mir was vorstellen, was ist denn die schwache Wechselwirkung?

P: Also die schwache Wechselwirkung findet man eigentlich immer bei irgendwelchen flavour-changing Zerfällen, bspw \beta-Zerfall. Dabei wird ein virtuelles W-Boson ausgetauscht. Es gibt auch nicht-flavour-Wechselwirkungen. Dann wird ein Z-Boson ausgetauscht.

W: Dann lassen sie doch mal ein Neutron in ein Proton zerfallen.

P: Feynman-Diagramm für den \beta-Zerfall gezeichnet und erklärt.

W: Geht das auch andersrum?

P: Natürlich. Wenn in einem Kern mehr Protonen als Neutronen sind, passiert das. Als freie Teilchen zerfallen nur Neutronen in Protonen, da Neutronen eine leicht höhere Masse haben. (Herr Wolf wollte dann darauf hinaus, dass der Zerfall natürlich immer quantenmechanisch im Rahmen der Heisenbergschen Unschärferelation geht)