

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: 21. Dezember 2023	Fachsemester: 7
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Ex 4-6		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? keine		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: keine Absprache, aus Altprotokollen war allerdings bekannt, dass Wolf Festkörperphysik nicht so gerne macht
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
Verwendete Literatur/Skripte: Vorlesungsskripte/-mitschriften: Ex 4 - Hunger - SoSe22 Ex 5 - Wulfhekel - WS22/23 Ex 6 - Drexlin, Klute - SoSe23 Die endlosen Weiten des Internets
Dauer der Vorbereitung: 4-6 Wochen
Art der Vorbereitung: 2-3 Wochen durcharbeiten von Ex 4-6 Vorlesungsunterlagen, Abfrage von Lernpartner und schlussendlich 1-2 Wochen selbst ein paar Protokolle abfragen lassen.
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Da Wolf sehr gerne Versuche abfragt, kann ich nur empfehlen diese alle möglichst gut zu lernen. Es lohnt sich außerdem sehr sich so oft wie möglich abfragen zu lassen, auch wenn es immer wieder dasselbe ist, da man mit der Zeit immer flüssiger Vortragen kann. Das gilt vor allem auch für die Versuche, am Besten man strukturiert sich deren Erklärung durch.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Die Prüfung war ein sehr angenehmes Gespräch, zwar habe ich an einigen Stellen nicht direkt weiter gewusst und etwas länger für die Antwort gebraucht, aber ich habe mich zu keinem Zeitpunkt wirklich unwohl gefühlt. Der Verlauf der Prüfung war sehr stark durch meine Antworten beeinflusst und Wolf ist auf genannte Themen/Begrifflichkeiten eingegangen.
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Wenn ich nicht direkt eine Antwort wusste hat Wolf etwas gewartet und mir Zeit zum überlegen gelassen, wenn ich nicht weiter wusste hat er manchmal versucht die Frage umzuformulieren oder hat, wenn es aussichtslos das Thema übersprungen.
Kommentar zur Prüfung: Ich habe oft etwas lange für die Antworten gebraucht und konnte nicht alles so klar formulieren.
Kommentar zur Benotung: Benotung war mit 1,7 sehr fair (Selbsteinschätzung wurde auch gefragt)

Die Schwierigkeit der Prüfung: Frage zum Neutrino im Betazerfall,
Funktionsweise der Glühkathode (siehe Protokoll)

Die Fragen

Reihenfolge möglicherweise gegen Ende nicht mehr ganz richtig.

W: Was ist das neue an der modernen Physik?

S: Wir betrachten Teilchen anders als in der klass. Physik, so gibt es bspw. den Welle-Teilchen-Dualismus, diskrete Energieniveaus und andere Effekte, welche mit dieser nicht erklärbar sind.

W: Was für Versuche gibt es denn, die diese nicht mit klass. Phys. erklärbaren Effekte zeigen?

S: Frank-Hertz-Versuch, Photoeffekt, Rutherford-Streuversuch, Comptoneffekt

(-> diesen hätte ich lieber nicht erwähnt, er kam meines Wissens in keinem der Altprotokolle vor,

Wolf hat die Gelegenheit, dass ich den Versuch genannt habe nutzen und mal was neues zu Fragen.

Ich hatte den Versuch natürlich gelernt, aber ich hatte ihn nicht richtig geübt zu erklären, hatte ihn nicht so klar im Kopf

und habe mir dabei sehr schwer getan. Er hat gemerkt, dass ich darauf nicht vorbereitet war und meinte am Ende,

dass ich mir dadurch, dass ich den Versuch erwähnt habe ein Eigentor geschossen habe, weil er den Versuch normalerweise nicht abfragt)

W: Erklär mir mal den Comptoneffekt.

S: (Nach etwas überlegen, sehr zögerlich)...Der Comptoneffekt ist der Effekt der auftritt, wenn ein Photon elastisch mit einem Elektron stößt, dabei wird dessen Energie vermindert und somit nimmt dessen Wellenlänge zu.

W: Was heißt denn elastisch Stoßen?

S: Elastisch Stoßen heißt, dass die kinetische Energie erhalten bleibt.

W: Wie du sicherlich weißt frage ich gerne den Franck-Hertz-Versuch ab, erklär mal.

S: Aufbau, Strom-Spannungskurve skizziert und erklärt: Heizspannung, Glühkathode -> Emission von Elektronen, Beschleunigungsspannung in mit Hg-Gas gefülltem Kolben, Gegenspannung, Schirm -> Strommessung
e- werden beschleunigt, ab bestimmter Energie können sie inelastisch mit e- der Hg-Atome stoßen und verlieren Energie

-> nicht genug Energie um Gegenspannung zu überwinden -> Stromabfall; Leuchtschicht(en) bei inelastischen Stoß,

wichtig stochastischer Prozess, nicht alle e- stoßen nach der selben zurückgelegten Distanz, mittlere freie Weglänge

(Wolf wollte dann noch wissen, warum die e- nicht auf der Gitteranode auftreffen und hat selbst noch etwas dazu gesagt, weiß ich leider aber nicht mehr)

S: Man sieht daran, dass es im Hg-Atom diskrete Energieniveaus gibt.

W: Nun zum Photoeffekt, was passiert da?

S: Versuch skizziert und erklärt - man erkennt den Teilchencharakter, Elektronen werden erst ab bestimmter Frequenz der Photonen (-> Energie $E=hf$) emittiert.

W: Nochmal zum Franck-Hertz-Versuch, wie funktioniert denn so eine Glühkathode?

S: Die Elektronen in der Glühkathode werden durch die Heizspannung angeregt, bis deren Energie groß genug ist,

um die Austrittsarbeit zu verrichten.

W: Was für Statistiken kennst du denn?

S: Bose-Einstein und Fermi-Dirac

W: Kannst du mir bitte mal die beiden Verteilungsfunktionen skizzieren?

S: (Habe das am Tag vorher noch mit meinem Lernpartner besprochen und hatte an der Stelle einen absoluten Totalausfall,

habe eine der beiden skizziert, wusste aber nicht welche es war, Wolf hat versucht mir weiterzuhelfen, ohne Erfolg;

Er wollte an dieser Stelle noch weiter auf die Glühkathode eingehen, es lohnt sich also diese ausführlich zu lernen)

W: Na gut, machen wir mal weiter, welche Atommodelle kennst du?

S: Rosinenkuchenmodell -> positive Ladung mit negativen Ladungen gleichmäßig darin verteilt;

Schalenmodell -> positiver Atomkern aus p und n darum auf verschiedenen Schalen e-, beschreibt diskrete Energieniveaus

Orbitalmodell -> e- durch Wellenfkt.en beschrieben, da Schalenmodell nicht stabil durch Synchrotron-Strahlung -> Energieverlust der e-

W: Was hat der Rutherford-Streuversuch damit zu tun?

S: Streuversuch skizziert, Aufbau erklärt - Teilchen werden auf Goldfolie geschossen,

gemessen wird wo diese auf den Schirm rundherum auftreffen, also die Streuung an den Goldatomen. Deutlich weniger Streuung als man mit dem Rosinenkuchenmodell erwarten würde, fast alle fliegen unabgelenkt durch.

W: Was für Teilchen werden da denn genutzt?

S: Alpha-Teilchen (He-Kerne)

W: Gehen wir mal zur Kernphysik, welche Kernmodelle kennst du?

S: Schalenmodell -> n und p in verschiedenen Schalen verteilt, diskrete Energieniveaus

Tröpfchenmodell -> inkompressibler Kern aus p und n, Bindungsenergie beschrieben durch Bethe-Weizsäcker Massenformel (Volumenterm, Oberflächenterm, ...)

Fermigasmodell -> n und p ohne Wechselwirkung in Potentialtopf

W: Was kennst du denn für Zerfälle?

S: Alpha-, Beta- und Gamma-Zerfall.

W: Erklär mal wie es zum Alpha-Zerfall kommt.

S: Um so größer die Atome, desto instabiler werden sie bei gleicher Anzahl von p und n aufgrund der zusätzlichen Coulomb-WW der p,

deshalb kommt es zu einem Zerfall bei welchem ein stabilerer Zustand erreicht wird.

W: Warum gibt es dann überhaupt diese Atome und sie zerfallen nicht direkt, welches Modell erklärt das?

S: Das kann man mit dem Fermigasmodell erklären (habe hier den Potentialtopf mit n und den mit p skizziert, dabei allerdings

das Coulombpotential vergessen. Wolf hat mir dann nachdem ich nicht weiterkam geholfen und dieses eingezeichnet).

W: Jetzt haben wir durch das Coulombpotential eine Potentialbarriere, was passiert hier?

S: Um die Potentialbarriere zu durchdringen müssen die Teilchen tunneln, da dies nur mit einer gewissen Wk. geschieht

kommt es nicht sofort zum Zerfall.

W: Sehr gut, kommen wir jetzt zum Beta-Zerfall.

S: Feynman-Diagramm skizziert, n zerfällt in p, über W- Boson zu e- und Antielektronenneutrino

W: Wie hat man denn herausgefunden, dass ein weiteres Teilchen, das Neutrino am Zerfall beteiligt ist?

S: Nach etwas Überlegen - Keine Ahnung

W: Wie sieht denn die Energieverteilung des e- aus wenn es kein weiteres Teilchen gibt?

S: (Diese Frage hat mich total verwirrt, da wir schon die Energie der Teilchen angesprochen hatten und ich wusste, dass die Energie 1 MeV sein muss, aber nicht daran gedacht habe, dass dies einfach einer Deltafkt. entspricht.) - Verteilungsfkt!?

Wolf hat versucht mir weiter zu helfen, hatte an dieser Stelle aber leider einen Totalausfall.

W: Die Energieverteilung entspricht einer Deltafunktion, da dies aber in der Realität anders aussieht muss ein weiteres Teilchen beteiligt sein, damit Energieerhaltung gilt.

Fach: Experimentelle Physik

PrüferIn: Wolf

☒ BP ☐ NP ☐ SF ☐ EF ☐ NF ☐ LA

Datum: 18. Dezember 2023

Fachsemester: 7

Welche Vorlesungen wurden geprüft? Moderne Experimentalphysik 4,5,6

Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Keine

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: Habe gefragt, was ich wissen soll. Er hat gemeint, für eine 1.0 alles :D (Muss man aber nicht)

Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -

Verwendete Literatur/Skripte: Ex 4 Google

Ex 5 Google/Hunklinger

Ex 6 Husemann/Valerius Vorlesung 2020, Povh

Dauer der Vorbereitung: 2 Monate

Art der Vorbereitung: Alle Fragen aus Altprotokollen rausgeschrieben, dann die Fragen beantwortet, dann Fragen auswendig gelernt, dann prüfung simuliert.

Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Reden, reden, reden. Gerade in der experimentellen Physik, in der man nicht so viel rechnet, ist es wichtig zu reden. Erst wenn man es anderen erklärt merkt man, was man weiß, was man nicht weiß und was man kann.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Super entspannt. Haben uns in einen Seminarraum gesetzt. Roger hat immer eine Frage gestellt, ich habe geantwortet. Er hat mich immer reden lassen und auch zu Ende reden lassen, selbst wenn man schon gemerkt hat, dass ich die Antwort kenne. Das hat das Tempo ein bisschen reduziert. Einstiegsthema kann man wohl vorbereiten, bei mir gings aber direkt los.

Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Hat mich überlegen lassen oder entsprechend nochmal nachgehakt.

Kommentar zur Prüfung: Entspannt

Kommentar zur Benotung: Nett, hatte zwischen 1.3 und 1.0 geschweift, da ich aber über all zumindest etwas wusste und ich bei Sachen die ich nicht wusste dann nachgefragt habe hat er sich für die 1.0 entschieden.

Die Schwierigkeit der Prüfung: Joa gabs eigentlich nicht. Ich fand das Unschärfezeugs und Lokalisation von Teilchen in Stoßprozessen ein bisschen weird, weil man sich das ja wegen Welle-Teilchen Dualismus eh nicht so gut vorstellen kann.

Die Fragen

R: Roger

I: Ich

R: Fangen wir an mit dem Übergang zur Quantenphysik. Was ist denn der Unterschied zur klassischen Physik was ist da relevant?

I: Von paar Grenzen geredet, die durch Experimente aufgezeigt wurden, Photo-Effekt, Ultraviolett Katast: usw.

R: Ich behaupte, dass ich schon beim elektrischen Feld einer Punktladung Grenzen der klassischen Physik sind. Zeichnen Sie mir mal das elektrische Feld einer Punktladung auf und zeigen Sie eventuelle Grenzen

I: Erstmal radialsymmetrisches Feld aufgezeichnet, dann überlegt, Coulomb-Gesetz aufgeschrieben und auf Divergenz im Ursprung hingewiesen.

R: Lassen Sie uns über den Photoeffekt reden. Was ist das?

I: erklärt

R: Wie sieht denn das UI Diagramm aus?

I: Oh, das kenne ich nicht. Aber ich überlege mal. Also Strom ist Ladung pro Zeit, daher schau ich mir mal an, was denn jetzt letztenendes die Anzahl der erzeugten Ladung beeinflusst. Ein Punkt ist die Intensität des Lichts. Anderer Punkt bestimmt die Größe der Elektrode, welche die Elektronen auffängt. Mit steigender Spannung werden auch mehr Elektronen abgesaugt, bis zu einem maximalen Wert, weil alle Elektronen auf die Elektrode treffen. Dann eine Sättigungslinie eingezeichnet, war wohl richtig.

R: Welches andere Experiment war denn noch wichtig?

I: Franck-Hertz, erklärt, waren viele Fragen dabei, welches Gas man verwendet, die Kurve erklären, warum die Kurve nicht auf null geht, viel über elastische und inelastische Stöße geredet und über Energ: Nix wildes. Er ist impressed, wenn man weiß, dass bei Quecksilber die Peaks 4.9 eV auseinander sind und das der Übergang vom 6S zum 6P ist.

R: Was ist denn der Unterschied zwischen Franck-Hertz und Photoeffekt?

I: Bei Franck-Hertz beweisen wir die Quantisierung der Strahlung, beim Photoeffekt die Quantisierung in Atomen.

R: Wie sehen denn Atome aus?

I: Bohrsches Atommodell hingemalt?

R: Zeichnen Sie mal einen inelastischen Stoß ein

I: Getan

R: Was passiert, wenn wir jetzt das Gas entfernen und die Elektronen schnell machen?

I: Dann haben wir eine Röntgenröhren. Den ganzen Bums dazu erklärt, Aufbau, Material, Spektrum, Entsteh: von Spektrum, K, L Linien und so, dass die nach Physiker benannt sind.

R: Wieviel Spannung braucht man dafür?

I: Laut meinem Zahnarzt kV. Kann es aber auch nochmal ausrechnen über die Wellenlänge von Röntgenphoton: :D

R: Bleiben wir doch bei Wellen, was sind denn elektromagnetische Wellen?

I: Irgendwas zu EM-Feld philosophiert und dann einfach eben Welle als Lösung der Maxwell Gleichung hingeschrieben.

R: Zeichnen Sie mir doch mal einen Prozess mit so einer Welle?

I: Zeichnet Paarerzeugung hin.

R: Können wir rausfinden, wo das Photon ist?

I: Als ebene Welle nicht. Die hat eine unendliche Ausdehnung. In der Blaskammer, könnte man aber die e+e- detektieren und dann den Ort des Photons angeben.

R: Das stimmt so aber nicht, schauen Sie sich den Prozess noch einmal an.

I: Ach ja, stimmt. Ich habe den dritten Partner bei der Paarerzeugung vergessen, den benötigt man für die Impulserhaltung.

R: Können Sie mir das beweisen?

I: (der nie was gerechnet hat in der Vorbereitung...) Öhhhhm. Joa ich würde jetzt mal Impulserhaltung aufstellen. Die Viererimpulse sind allgemein so (ganz langsam etwas aufgeschrieben):

R: unterbricht mich, rechnen Sie doch mal die invariante Masse aus

I: Öhhhm

R: Was für eine Masse hat denn das Photon?

I: joa 0

R: Aha. (dann hat er mich weiter geführt und wir kamen dann drauf, dass man da noch nen dritten Partner braucht. Wir haben auch noch einiges über Unschärfe philosophiert, fand ich gar nicht geil. Aber naja. Wegen dem dritten Partner kann man übrigens auch nichts über die Position des Photons im Paarerzeugungs: erfahren.)

R: Sind dann irgendwie auf beta Zerfall gekommen. Feynman Diagramm bitte einmal zeichnen.

I: Fängt an zu zeichnen, erwähnt währenddessen, dass er das gerne nochmal am Ende überprüfen würde, ob es auch richtig ist und Roger doch kurz warten soll. Fertig gezeichnet, alle Erhaltungssätze (laut) überprüft, Ladung, Leptonenzahl, Baryonenzahl usw. auf die Pfeile geachtet. Hat gepasst.

R: Wo findet der beta Zerfall denn statt?

I: Alle möglichen Arten aufgelistet und erklärt, freies Proton kann nicht decayn zum Beispiel.

R: Was sind Pionen?

I: Leichtesten Mesonen.

R: In was zerfallen sie?

I: Sie wollen auf die Unterdrückung hinaus oder? (Roger lacht, ja genau) in zwei drei Sätzen das dann abgefrühstückt, weil ich noch mehr TP machen wollte

R: Wie sieht das denn in so nem Nukleon aus?

I: Modelle hingemalt, erst nur Quarks, dann mit Bindung, dann mit QAntiQ erzeugung und immer die Masse beschrieben. Strukturfunktionen aufgeschrieben, wobei ich nicht mehr uwsste, was auf der y Achse war. Da hab ich dann nachgefragt (R: lacht, "Ich bin doch der Prüfer!" Fand er im Nachhinein cool, weil

ich dadurch gezeigt habe, dass ich Interesse habe und was lernen will und gerade das ja Physiker ausmacht

R: Hm wir haben nicht mehr soviel Zeit, lass uns noch ein bisschen Festkörperphysik machen. Es gibt ja Quasiteilchen im Festkörper, welche sind das.

I: Phononen, Dispersionsrelation aufgemalt und erklärt. Auf die Grenzfälle eingegangen und ein bisschen über die Herleitung aus der linearen Kette gequatscht.

R: Was sind denn eigentlich Dispersionsrelationen?

I: Abhängigkeit von Größen von der Frequenz. Die geben auch an, ob die Welle dispergiert, wenn Gruppen und Phasengeschwindigkeit unterschiedlich sind.

R: Was sind denn Gruppen und Phasengeschwindigkeit?

I: Wellenpaket aufgezeichnet und erklärt

R: Gut, dann gehen Sie mal kurz raus, aber nicht wegrennen!

Generell waren noch viel mehr Fragen dabei, man muss damit rechnen, dass man jeden Fakt, den man sagt, auch erklären/begründen kann. Es ist aber ein super entspanntes Gespräch. Im Prinzip, wie wenn man mit jemandem lernt und der einfach die ganze Zeit Sachen fragt.

Fach: Experimentelle Physik

PrüferIn: Wolf

☒ BP ☐ NP ☐ SF ☐ EF ☐ NF ☐ LA

Datum: 10. November 2023

Fachsemester: 7

Welche Vorlesungen wurden geprüft? Ex4,5,6

Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Keine

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: Keine

Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: Keine

Verwendete Literatur/Skripte: Ex4: Eigentlich nur Wikipedia und Altprotokolle

Ex5: Mitschrieb Wulfhekel

Ex6: Folien Drexlin

Dauer der Vorbereitung: Insgesamt ca 2 Monate (davon 2 Wochen intensiv Ex5, 2 Wochen intensiv Ex6, 2 Tage Ex4, ca 1-2 Wochen Pause wg. O-Phase und ca 2 Wochen Protokolle abfragen)

Art der Vorbereitung: zunächst mit Lernpartner Ex5 gelernt, Ex6 weitestgehend alleine durchgegangen, und zwischendurch Kommilitonin abgefragt, die vor mir bei Wolf Prüfung hatte

Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Für Ex4 reichen eigentlich die Standardfragen aus seinen Altprotokollen (Photoeffekt, Franck-Hertz...)

Ansonsten Lernen zu 2. fürs tiefere Verständnis, aber alleine konzentriert Lernen für einen groben Überblick hat auch gut funktioniert

Altprotokolle grenzen Themen dann gut ein, hab in den letzten beiden Wochen dann nur noch diese angeschaut

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Entspannte Atmosphäre, Kaffee angeboten bekommen. Einstieg wie aus Altprotokollen üblich mit Photoeffekt, danach dann ein lockeres Gespräch

Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Hat Zeit gegeben, Fragen umformuliert und nach und nach Tips gegeben (ist eigentlich ganz nett, aber hilft nicht wirklich, wenn man weiß dass man nicht drauf kommt)

Kommentar zur Prüfung: Ich kannte Herr Wolf über Tutorentätigkeit im P1/P2 schon persönlich, waren in der Prüfung auch per Du. Allerdings hat es sich weniger wie eine Prüfung zu Mod.Ex. angefühlt, sondern mehr wie eine Abfrage über diverse P1-P3 Themen. Ich glaube, er dachte, dass mir Praktikumsnahe Themen ja liegen müssten und er da Dinge einbringen kann. Er hat mich im Endeffekt damit aber einfach nur verunsichert und verwirrt, weil ich mich auf solche Themen logischerweise nicht im Detail vorbereitet habe..

Kommentar zur Benotung: 1.3 (hätte mir selbst nach dem Prüfungsverlauf eher 2.0 gegeben, die Bewertung fühlt sich zu gut an dafür, wie ich die Prüfung empfunden habe)

Die Schwierigkeit der Prüfung: Themen aus klassischer Physik (thematisch P1-P3, z.B. Drehspiegelmethode) in Details abgefragt, auf die ich so nicht vorbereitet war
Ex5 leider gar nicht abgefragt, obwohl ich darauf am besten vorbereitet war

Die Fragen

W: Wolf

I: Ich

Prüfung hat im SR im 9. Stock am Physik Hochhaus auf Papier stattgefunden (leider mir pfeifender/rausch Geräuschkulisse von irgendwas was in dem Raum anscheinend üblich ist und am Anfang bisschen in der Konzentration gestört hat), Prüfungsatmosphäre ansonsten aber relativ entspannt, sogar einen Kaffee angeboten bekommen.

W: Dann fangen wir mal an, es gibt ja einige Versuche, bei denen die klassische Physik an ihre Grenzen kommt, kannst du da mal einen erklären?

I: Da gäbe es den Photoeffekt, den man nur durch die Lichtquanten erklären kann.

W: Sehr gut, dann erklär den doch mal.

I: (erkläre den Photoeffekt, mit beiden relevanten Kennlinien)

W: Okay, wie kann man denn den y-Achsenabschnitt bei der Energie über Frequenz erklären?

I: Das ist die Austrittsarbeit, die Elektronen haben müssen, um aus dem Metall auszutreten. (Hab ich davor vergessen, zu sagen)

W: Ein weiterer Versuch ist der Franck-Hertz-Versuch, was kannst du mir dazu sagen?

I: Zeichne Aufbau, charakteristische U-I-Kurve und erkläre alles, was mir dazu einfällt.

W: Wir haben da jetzt ja die Glühkathode, wie funktioniert die denn genau?

I: (habe befürchtet, dass diese Frage kommt) die Elektronen werden thermisch angeregt, und wenn sie genügend Energie besitzen können sie aus dem Metall austreten.

W: Welcher Verteilung folgen Elektronen denn?

I: Fermi-Dirac gesagt und aufgezeichnet

W: Und dann zeichne nochmal die Boltzmann-Verteilung ein

I: (gemacht)

W: Wo sind die beiden denn gleich?

I: (kurz verwirrt) Bei der Fermi-Energie?

W: Nein, was heißt es denn, dass die beiden für hohe Energien ineinander übergehen?

I: (bin dann mit seiner Hilfe drauf gekommen, dass das für die Ausläufer gilt, die sich bei großen Energien beide der 0 annähern)

W: Okay, zurück zur Glühkathode, was ist denn die Verlustleistung von so einem Draht?

I: (war da schon etwas verunsichert, weil er da auch noch 1-2 andere Fragen zur Glühkathode gestellt hat, die ich nicht beantworten konnte) Uff, da komme ich grade nicht drauf (Er wollte einfach nur auf $P = U \cdot I = R \cdot I^2$ hinaus...)

W: So eine Glühkathode braucht man ja auch bei der Röntgenröhre, wie funktioniert die denn?

I: Elektronen werden auch hier ausgedampft, über eine hohe Beschleunigungsspannung auf eine Metallplatte geschossen und dort entsteht dann Bremsstrahlung und charakteristische Röntgenstrahlung.

W: Zeichne doch mal das Spektrum auf

I: (zeichne Intensität über Wellenlänge) Da sieht man dann die charakteristischen Peaks der Röntgenstrahlung die aus dem Bremsstrahlungsspektrum herausstechen.

W: Warum hat die Kurve für die Bremsstrahlung einmal einen harten Cut und einmal ein abflachendes Ende?

I: Die Elektronen können ja nicht beliebig viel Energie abgeben, sondern nur so viel wie sie durch die Beschleunigungsspannung besitzen. Sie können sehr wenig bis 0 Energie abgeben (smooth für λ gegen unendlich), bis hin zu ihrer maximale Energie, aber eben nicht mehr (harter Cut bei kleinem λ)

W: Ja genau. Wenn man sich Spektren jetzt so allgemein anschaut: Was für Arten von Spektren gibt es denn?

I: Absorptions- und Emissionsspektrum, beim Emissionsspektrum gibt es farbige Linien, beim Absorptionsspektrum gibt es schwarze Streifen im bunten Spektrum.

W: Eine Frage, auf die ich immer wieder spannende Antworten von Studierenden höre, ist folgendes: Wenn etwas Strahlung absorbiert, wird es ja angeregt. Und wenn es wieder zurückfällt, emittiert es ja auch wieder die gleiche Frequenz. Dann müsste ich doch im Absorptionsspektrum gar nichts sehen, oder?

I: (Hab die Frage noch nie in einem Altprotokoll von ihm gelesen, musste dementsprechend viel überlegen. Hmm, vielleicht weil diese Strahlung dann innerhalb des Materials wieder andere Atome anregt und das immer so weiter geht, und dann gar nicht nach außen dringt?)

W: Nein, denk mal an den Detektor

I: (war von der Glühkathode und der Richtung, die das Gespräch genommen hat, relativ verwirrt und bin nicht drauf gekommen) Mit seiner Hilfe dann schließlich darauf gekommen, dass der Detektor fürs Absorpt:

hinter der Probe mit einer kleinen Öffnung ist, die Strahlung aber in alle Richtungen abgestrahlt wird und daher eine sehr geringe Intensität->dunkler Streifen beobachtet wird.

W: Okay, wenn wir jetzt mal so einen QM harm.Osz. betrachten, wie kann ich den denn beschreiben?

I: (kurz an mdl. Theo Prüfung erinnert, weil ich das vor ca. nem halben Jahr da als Einstiegsthema hatte) Auf- und Absteiger erwähnt, $E = h\nu(n+1/2)$ angesprochen

W: Wie kommt denn da der Faktor $1/2$ zustande?

I: Das bekommt man heraus, wenn man das mit Auf-und Absteiger durchrechnet...

W: Und was hat das dann anschaulich für eine Bedeutung?

I: (Wusste nicht genau worauf er hinaus will, er hat dann Unschärferelation in den Raum geworfen) Wenn man ein Teilchen im Potential, hier quadratischen Potential, einsperrt, kann man den Impuls und damit die Energie nur begrenzt genau bestimmen, daher dann auch die von 0 verschobene Energie für den Grundzu-

W: Okay, kannst du mal das Feld eines Dipols aufzeichnen?

I: (sehr überfordert davon in dem Moment, weil ich das das letzte Mal in TheoC bewusst gesehen habe) hab eine falsche Skizze gezeichnet, bin aber auch nicht auf die richtige gekommen weil ich wirklich verwirrt war

W: (Hat dann die Skizze gezeichnet, mir ist sie dann auch wieder eingefallen als ichs gesehen hab, aber war halt zu spät) Okay, dann machen wir mal weiter: In der QM ist es ja auch wichtig, dass die Lichtgeschwindigkeit einen endlichen Wert hat, wie können wir die denn messen?

(spätestens hier hab ich mich wie in einer Abfrage zu P1-P3 gefühlt, aber nicht wie in der modernen Ex Prüfung)

I: Es gibt da die Drehspiegelmethode

W: Und wie funktioniert die denn?

I: habe irgendwas mit Phasendifferenz, konstanter Winkelgeschwindigkeit und Wegunterschied geredet, weil ich es wirklich nicht im Detail wusste

W: (hat mit mir dann irgendwie noch das Prinzip hergeleitet, aber immerhin ohne Formeln) Alles klar, dann gehen wir mal in die Teilchenphysik über: Was für Zerfälle gibt es denn?

I: Alpha (He-Kerne, doppelt magische Zahl erwähnt), Beta -/+ mit Abstrahlung von Elektron bzw. Positron und Gamma aus angeregten Kernzuständen

W: Bleiben wir mal beim Beta Zerfall, zeichne mal auf wie ein Neutron zerfällt.

I: (war mir in meinem Zustand nach knapp über der Hälfte der Zeit tatsächlich unsicher, ob es ein beta + oder - Zerfall ist, obwohl ich es zur Vorbereitung zig mal runtergezeichnet habe) Das müsste ein beta- Zerfall sein, wobei, vlt doch ein beta+? Hab das Feynmann Diagramm gezeichnet und dann nach ein bisschen Hin-und-Her dann das W- Boson eingezeichnet bekommen...

W: Ja genau, jetzt haben wirs. Kann denn auch ein Proton einfach so zerfallen?

I: Nein, das Neutron ist nämlich etwas schwerer, daher kann es mit einer Zerfallszeit von ca. 15min in ein Proton zerfallen (Haben dann ein bisschen diskutiert, wie viele Minuten es genau sind, Beisitzer wusste es auch nicht exakt) Im Kern von Atomen ist es aber möglich, wenn die Bindungsenergie es zulässt die wird durch die Bethe-Weizsäcker-Formel beschrieben (bin mündlich die einzelnen Terme durchgegangen)

W: Okay, wir haben jetzt ja dieses Neutrino hier. Wie ist man darauf gekommen, dass es das geben muss?

I: (habe erstmal was von Drehimpulserhaltung geredet, was aber nicht so wirklich richtig war und wurde unterbrochen) Ah ja, wenn man sich das Spektrum vom beta-Zerfall anschaut, hat man kontinuierliche Energien, und das geht nur wenn man das Neutrino noch zusätzlich berücksichtigt

W: Wie sieht das Spektrum denn aus?

I: Das kommt darauf an, ob das Neutrino Masse hat oder nicht, je nachdem unterscheidet sich der Verlauf am Ende.

W: Kannst du den Verlauf da mal zeichnen?

I: (Habe eine kleine undeutliche Skizze gemacht, weil ich es nicht im Detail wusste, wie der Verlauf für verschiedene Massen am Ende des Spektrums ist)

W: Und was davon ist jetzt was?

I: Hab zugegeben, dass ich da jetzt raten müsste

W: (nach ca. 55min) Okay, dann will ich dich jetzt nicht weiter quälen, wenn du einmal kurz vor die Tür gehst können wir uns kurz besprechen

Als ich wieder reingekommen bin, hat er mich nach meiner Selbsteinschätzung gefragt. Hab gesagt, dass ich wirklich unzufrieden bin, wie es gelaufen ist weil vieles in der Vorbereitung deutlich besser geklappt hat, und ich von vielem auch überrascht war, aber bei manchem (Dipol-Feld) eigentlich auch drauf hätte kommen müssen.

Wolf hat dann noch gesagt, dass er gerne überprüft, was für ein guter allgemeiner Physiker man ist, und nicht nur ob man einfach alles auswendig gelernt hat. Meinte, das hat er schon erkennen können weil ich einiges auch mit ihm zusammen dann hinbekommen habe, aber weil ich halt auch manches nicht wusste gibt er eine 1.3 (hat sich so gar nicht mit meiner Selbstwahrnehmung gedeckt, Ich meinte dann, dass ich mir selbst eher 1.7-2.0 gegeben hätte, damit aber natürlich sehr gut leben kann, zumal Festkörper was ich im Master weiter mache auch gar nicht abgefragt wurde, und dann noch ein bisschen entspannter Smalltalk zur Verabschiedung)

Fach: Experimentelle Physik

PrüferIn: Wolf

☒ BP ☐ NP ☐ SF ☐ EF ☐ NF ☐ LA Datum: 30. Oktober 2023 Fachsemester: 6

Welche Vorlesungen wurden geprüft? EX 4,5,6

Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? keine

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -

Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -

Verwendete Literatur/Skripte: EX4: Demtröder

EX5: Steven H.Simon "The Oxford Solid State Basics" (zur Übersicht)

Gross,Rudolf,Marx,Achim "Festkörperphysik" (hauptsächlich)

Hunklinger "Festkörperphysik" (ergänzend)

EX6: Povh "Teilchen und Kerne"

Folien Wolf 2017 (von seiner Website), Folien Drexlin 2023

Dauer der Vorbereitung: ca. 8 Wochen

Art der Vorbereitung: allein

Allgemeine Tips zur Vorbereitung: In meiner Prüfung musste ich keine einzige Formel aufschreiben. Primärer Fokus liegt darauf, dass ein gutes Verständnis vorhanden ist, insbesondere bei grundlegenden Themen (z.B. H-Atom, Franck-Hertz, Potentialtopf etc.).

Weitergehend sollte man einige Skizzen reproduzieren und erklären können (z.B. Rutherford WQS, Betaspektrum, Schwarzkörperspektrum, Dispersion linearer Kette etc.)

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Sehr angenehm; Bevor die Prüfung losging hat mir Herr Wolf einen Kaffee gebracht und dann die Prüfung begonnen.

Generell verläuft die Prüfung wie ein Gespräch. Nachdem Wolf ein Thema eingeleitet hat und dann eine Frage gestellt hat, lässt er einen erzählen und stellt dann an spezifischen Stellen kleine Zwischenfragen.

Es ist durchaus auch möglich im Rahmen des aktuellen Themas das Gespräch in Richtung der eigenen präferierten Unterthemen zu steuern.

Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Wolf gibt einem Zeit nachzudenken und gibt einem, falls man nicht weiterkommt, Hilfestellung.

Kommentar zur Prüfung: Kurzweilige Atmosphäre & angenehmes Tempo. Mir wurde die Wahl zwischen Tafel und Papier gestellt. Nach 45min vorbei.

Kommentar zur Benotung: 1,0

Die Schwierigkeit der Prüfung: Higgs-Zerfall

Die Fragen

P: Prüfer

S: Student

P: Kurze Einleitung über die Entwicklung der QM. Erzählen sie mir was zum Franck-Hertz-Experiment.

S: Aufbau aufgezeichnet. Generelles zum Ablauf erklärt, dass bei niedrigen Beschleunigungsspannungen nur elastische Stöße stattfinden ab gewisser Grenze auch inelastische Stöße stattfinden können. Dann noch die Strom-Spannungskurve skizziert. Habe dabei auch direkt erwähnt dass das Experiment zur experimentellen Bestätigung der quantisierten Energien im Bohr-Modell verwendet werden kann.

P: *zeigt auf die Stromminima*. Wie kommt es, dass der Strom an den Minimalstellen nicht auf 0 abfällt ?

S: Nicht alle Elektronen stoßen auf ihrem Weg zur Anode mit Gasatomen.

P: Gut. Wie könnte man denn jetzt abschätzen, wie viele Elektronen mit den Gasatomen inelastisch stoßen ?

S: Kurz überlegt. Dann gesagt, dass man aus dem Stromverlauf vor dem Minima mit der bekannten Beschleunigung abschätzen kann, wie viele Elektronen pro Zeit aus der Glühkathode gelöst werden. Durch Vergleich des theoretischen Stroms (ohne inelast. Stoß) an der Minimalstelle mit den experimentellen Werten kann dann die Zahl der inelast. gestoßenen Elektronen abschätzen.

P: Sehr gut. Sie haben jetzt schon einige male über "elastische" und "inelastische" Stöße geredet. Was ist denn das ?

S: Erklärt dass bei elastischen Stößen (kinetische) Energie und Impuls erhalten bleibt, während es bei inelastischen Stößen zu Anregungen innerer Freiheitsgrade kommt.

P: Wie sieht es denn mit der Energie des Elektrons bei einem elastischen Stoß an einem Atom aus ?

S: Bei el. Stoß an ruhenden schweren Atomen wird kaum Energie an den Stoßpartner abgegeben und somit gilt in guter Näherung Energieerhaltung für das Elektron. Falls die Masse des Stoßpartners in der selben Größenordnung wie die des Elektrons liegt, muss die übertragene Energie beachtet werden.

P: Sie haben jetzt bereits erwähnt, dass durch den Verlauf der Strom-Spannungs-Kennlinie der Franck-Hertz die Quantisierung der Energieniveaus der Elektronen im Atom beobachtet werden kann. Kann man diese in diesem Versuchsaufbau noch auf eine andere Art beobachten ?

S: Ja, es bilden sich Leuchtringe aus...

P: Wo bilden sich diese aus ?

S: ...beginnend bei der Beschleunigungsanode. Beim Erhöhen der Beschleunigungsspannung wandern diese in Richtung der Kathode. Bei genügend hoher Spannung entstehen weitere Ringe an der Anode.

P: Gut. Und wie kann man aus diesen Leuchtringen jetzt die Energieniveaus des Gases bestimmen.

S: Durch Spektralanalyse des emittierten Lichts können die Frequenzen des ausgesandten Lichts bestimmt werden.

P: Von wo kann denn das Licht denn beobachtet werden ?

S: *kurz verwirrt was genau er meint* Von überall, da die Emission isotrop ist.

P: Genau. Jetzt haben wir ja nur das Emissionsspektrum der Röhre betrachtet. Könnte man die Energieniveaus auch über die Absorption beobachten ?

S: Ja, wenn man einen möglichst monochromatischen (Laser-)Strahl mit passender Frequenz auf das Gas sendet wird ein Intensitätsabfall gegenüber dem Strahl der nur durchs Vakuum läuft beobachtbar.

-Zu diesem Zeitpunkt waren bereits ca. 15 Min, also ca. 1/3 der Prüfung vergangen-

P: Ok gehen wir mal zum nächsten Thema. Sie haben ja bereits über die quantisierten Energien des atomaren Elektrons geredet. Mit welchem Atommodell wurde dies denn historisch gesehen erklärt, und welche Atommodelle kennen sie noch ?

S: Die quantisierten Energien ließen sich durch das Bohrsche Atommodell "erklären". *kurz aufgezeichnet* Weitere Atommodelle waren das Thomsonsche Atommodell bei dem Elektronen in homogen geladener positiver Grundmasse verteilt sind, das Rutherford Modell mit punktförmig zentrierter pos. Ladung, welches aufgrund des im Rutherford-Experiment beobachteten WQS entwickelt wurde um die gemessene Abweichungen vom Thomson zu erklären und schließlich das moderne "Schrödinger-Modell".

P: Ok, dann lassen Sie uns doch nach dieser Steilvorlage mal über das Rutherford-Experiment reden. Skizzieren sie doch bitte mal den Aufbau.

S: Skizziert; Alpha-Teilchenstrahl wird auf Goldtarget geschossen, welches umkreist ist von Photoplatte

P: Ok und welche Energie haben denn diese Alphateilchen ?

S: Einige MeV.

P: Ja; jetzt bauen wir genau diesen Versuchsaufbau für einen Praktikumsversuch nach und detektieren...gibt es nichts. Woran kann dies liegen ?

-Diese Frage hat er glaube ich gestellt, da ich das Goldtarget als Block gezeichnet habe und nicht erwähnt habe, dass es sich um eine dünne Folie handelt.-

S: Ähhh...die Energie des Strahls ist zu niedrig ?

P: Ja könnte auch sein; aber sehen sie sich mal ihr Target an.

S: Ah; im realen Experiment wurde eine dünne Goldfolie verwendet. Vielleicht wäre die Probe zu dick.

P: Ja genau. Was passiert denn in dicken Targets mit meinen Alphateilchen ?

S: Habe hier gesagt, dass die Alphateilchen viel ihrer Energie durch Ionisation des Mediums verlieren, wodurch sie letztendlich quasi zum Stillstand abgebremst werden und dabei auf die Bethe-Bloch Formel hingewiesen.

Wolf wirkte überrascht, dass ich hier mit der B.-B.-Formel argumentiert habe, meinte aber dass dies korrekt sei. Er wollte nur hören, dass die Teilchen in dicken Targets abgebremst werden.

P: Ok, dann zeichnen sie mir doch noch bitte den WQS des Experiments.

S: *gemacht*

P: Und wieso konnte anhand dieser Messung angenommen werden, dass das Thomson Modell nicht richtig ist ?

S: Das Thomson Modell hat bei hohen Streuwinkeln viel kleinere Wirkungsquerschnitte hervorgesagt als gemessen wurde. Wegen dieser Diskrepanz musste das Thomson-Modell verworfen werden.

- Hier kam es zu einer Diskussion über den Thomson-WQS und meine Argumentation. Herr Wolf und der Beisitzer meinten, dass primär der WQS bei Vorwärtstreuung relevant seien, da die Alphas in ausgedehntem Thomson "stecken bleiben" also Vorwärtstreuung gegenüber Rutherford unterdrückt sei. Ich meinte darauf hin, dass meines Wissens insbesondere die Rückstreuung relevant sei. -

P: Gut lassen wir das. Im Experiment wurden ja Alphas verwendet. Wie erzeugen wir die denn ?

S: Über Alpha Zerfall. Potentialbarriere aufgezeichnet, Alphateilchen mit positiver Energie eingezeichnet und erwähnt, dass das Alpha durch diese hindurch tunneln kann.

P: Zeichnen sie mir doch bitte mal einen Potentialtopf mit unendlich hohen Wänden.

S: *tiefen Kasten gezeichnet*

P: Ok und dann setzen wir hier mal ein Teilchen rein. Wie sehen denn die Energien hier aus.

S: Erwähnt dass Energien quantisiert sind also nur diskrete Energieniveaus angenommen werden können.

P: Ok zeichnen sie mir doch mal bitte mal ein paar mögliche Wellenfunktionen ein.

S: *gemacht*

P: Und woran sieht man jetzt hier, dass eine Quantisierung der Energie entsteht.

S: Wenn die Schrödingergleichung des Problems gelöst wird ergibt sich ein diskretes Energiespektrum.

P: Ok und woran sieht man dass hier ein diskretes Spektrum entsteht, ohne die Schrödingergleichung explizit zu lösen ?

S: Aus der Bedingung, dass die Wellenfunktion am Rand verschwinden muss ergeben sich nur bestimmte mögliche Lösungen.

P: Genau, an den Randbedingungen.

P: Was ist denn die niedrigste Energie, die ein Teilchen in diesem Topf haben kann S: Hab hier gesagt $E=0$ was natürlich Schwachsinn ist.

-Wolf erklärt mir, dass Teilchen im Potentialtopf nichtverschwindende Grundzustandsenergie haben. Er hat diesen Punkt später als einen der Negativpunkte der Prüfung erwähnt. Lohnt sich also evtl nochmal anzuschauen :D -

P: Ok gehen wir zurück zum Alpha-Zerfall. Können sie mir in Ihre Skizze die Wellenfunktion des Alphateilchens einzeichnen ?

S: Eingezeichnet, analog zum Potentialwall.

P: Genau. Was kennen sie den noch für radioaktive Zerfälle ?.

S: Kernspaltung, analoger Ablauf zum Alpha-Zerfall, Beta, Gamma.

P: Wie sieht denn der Beta-Zerfall aus ?

S: Es gibt zwei Arten vom Beta Zerfall, einmal den Zerfall eines Neutrons in ein Proton und umgekehrt. Hab dann die "Reaktionsgleichungen" der beiden Zerfälle aufgeschrieben (in der Form $p \rightarrow n + \dots$) und erwähnt, dass nur der Neutronzerfall bei freien Teilchen auftritt, da die Masse kleiner ist als die des Protons.

P: Wie würde man denn nach heutigem Verständnis die beiden Betazerfälle graphisch darstellen ?

S: Durch die entsprechenden Feynmandiagramme. *Aufgezeichnet für Neutronzerfall*

P: Was sind die Massen der beteiligten Teilchen.

S: Proton 938,...MeV, Neutron 939,...MeV, Elektron 511keV.

P: Und die des W-Bosons ?

S: ...ca. 80 GeV ?

P: Fast, es sind 80. Wie kann es jetzt sein, dass das W-Boson erzeugt wird, obwohl dessen Masse deutlich größer ist als die des zerfallenden Neutrons ?

S: Durch die Energie-Zeit-Unschärferelation *aufgeschrieben* ist kurzzeitige Verletzung der Energieerhaltung erlaubt bzw. nicht messbar, womit das W-Boson als virtuelles Teilchen erzeugt werden kann.

P: Ok sie haben jetzt ja schon die Energie-Zeit-Unschärfe erwähnt. Kennen sie noch weitere derartige Beziehungen ?

S: Hier habe ich dann zuerst die allgemeine Unschärferelation für ein beliebiges Paar von Operatoren aufgeschrieben (vgl. Theo D) und danach noch explizit die Orts-Impuls-Unschärfe.

P: Ah sehr gut. Sind virtuelle Zustände denn jetzt real ?

S: Im Rahmen der Störungstheorie treten die virtuellen Zustände mathematisch in der Summation über ungestörte Eigenzustände auf und sind somit in dieser Hinsicht "real". In Experimenten lassen sich diese aber, aufgrund der E-t-Unschärfe nicht direkt nachweisen.

P: Ja. *Erzählt noch ein wenig über Protonzerfall bevor er überleitet*

P: Wo wir schon bei Feynman-Diagrammen sind; können sie mir bitte die Erzeugung eines Higgs-Bosons aus zwei Gluonen aufzeichnen ?

- Bei dieser Frage habe ich kompletten Schabernack fabriziert, da ich mir Higgs-Zeugs nicht angeschaut hatte -

S: Zeichnet den Zerfallsprozess eines Higgs in zwei Photonen in umgekehrter Reihenfolge. (wie gesagt ist Schwachsinn)

P: Ok und jetzt lassen sie mir das Higgs in zwei Z-Bosonen zerfallen.

S: Gemacht

P: Ok und jetzt lassen sie mir die Z-Bosonen in jeweils zwei Leptonen zerfallen. Das Obere bitte in Elektronen und das untere in Myonen.

S: Hier habe ich zunächst ein virtuelles Photon zwischen den Vertices von Z und Lepton-Antilepton-Paar eingezeichnet. Habe dies dann nach Hinweis korrigiert.

P: Ok genug davon. Wir haben ja schon von einzelnen Nukleonen und Atomen geredet. Welche Vielteilchensy von Teilchen kennen sie denn sonst noch?

S: Festkörper/Kristalle, Moleküle.

P: Sonst noch was?

S: Ähh...Photonengas,Elektrongas?

P: Ja genau, Gase! Und was gibt es dann noch?

S: Flüssigkeit, Bose Einstein Kondensat, Plasma.

P: Ja und eins noch? Wenn sie aus dem Fenster schauen?

S: Ähh...kein Plan.

P: Glas ist meines Wissens nach noch eins. (er meinte wohl amorphe Festkörper)

Erklären sie mir doch bitte wie so ein Festkörper aussieht.

S: Was möchten sie denn haben; el. Leitung, Gitterschwingungen, ...?

P: Legen sie mal einfach los.

S: Habe dann grob einige fundamentale Eigenschaften von Festkörpern erwähnt:

- Aus diskreter Translationssymmetrie folgt endliche Anzahl von möglichen

Translationsgittern/Bravaisgittern

- Auf jeden Gitterpunkt des Bravaisgitters wird die Basis gesetzt, welche aus Atomen, Molekülen etc. bestehen kann

- Die Atome können in bestimmten Fällen Elektronen zu einem quasifreien Elektronengas beitragen (-> (Halb-)Metalle)

- In anderen Fällen Elektronen stark an einzelne Gitteratome gebunden.

-> Isolator

- Das Gitter selbst kann zum Schwingen angeregt werden (-> Phononen)

P: Die Gitterschwingungen werden ja durch eine fundamentale Relation beschrieben. Welche ?

S: Dispersionsrelation.

P: Und was ist das?

S: $w(k)$; Kreisfrequenz der Schwingung in Abhängigkeit vom Wellenvektor.

P: Genau. Durch welches Modell lassen sich denn die Schwingungen des Gitters untersuchen ?

S: Lineare Kette. Man hat eine Kette aus Atomen, entwickelt das Wechselwirkungspotential zwischen sei bis zur quadratischen Ordnung und nimmt noch an, dass nur die WW mit dem nächsten Nachbarn relevant ist. *aufgezeichnet mit Federn zwischen Punkten auf einer Kette*

P: Ok, wie sieht denn jetzt die Dispersion für diese Kette aus ?

S: Wieviele Atome möchten sie in der Basis haben ?

P: Eins.

S: Aufgezeichnet $\text{abs}(\sin(ka/2))$. Habe zudem die 1. Brillouinzone mit gestrichelten Linien eingegrenzt.

P: Ah was sind denn diese gestrichelten Linien ?

S: Das ist die 1.Brillouinzone. Bezüglich derer ist die Dispersion periodisch.

P: Von wo bis wo läuft diese denn ?

S: $-\pi/a$ - $+\pi/a$

P: Ah ich sehe sie können das. Die Zeit ist schon fast rum. Möchten sie noch eine Frage?

S: Von mir aus. (dumme Antwort)

P: Ok, dann erklären sie mir doch bitte mal was ein entartetes Fermigas ist.

- Mir war hier entfallen wofür genau der Begriff "entartet" in diesem Kontext verwendet wird. Ich habe dies erwähnt, woraufhin ich, nach scherzhaften Gespräch darüber, dass ich mir diese Frage mit meiner Antwort selbst eingebrockt habe, kurz ein Elektronengas in einem Potentialtopf einzeichnen sollte. Nachdem ich dies gemacht hatte löste er auf, dass Entartung in dem Kontext bedeutet, dass die Fermitemp deutlich größer ist als die "thermische" Temperatur, womit die thermische Anregung näherungsweise Vernachlässigt werden kann (z.B. in Metallen).-

- Danach wurde ich kurz rausgeschickt. In der Nachbesprechung meinte Herr Wolf, dass ihn insbesondere die Fehler beim Potentialtopf (Nullenergie) und bei der Higgserzeugung gestört hätten. -

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: 28. September 2023	Fachsemester: 6
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Ex4, Ex5, Ex6		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? keine		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
Verwendete Literatur/Skripte: Ex 4: ehemalige Aufschriebe, Wikipedia Ex 5: Groß & Marx paar Kapitel durchgearbeitet Ex 6: Povh mehr oder weniger durchgearbeitet
Dauer der Vorbereitung: eigentlich 6 Wochen vorgenommen, aber mehr oder weniger 3 Wochen zusammengefasst und die letzten 3 Tage Prüfungsprotokolle durchgegangen
Art der Vorbereitung: allein (Recherche und am Ende laut vor sich herreden)
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Es wäre nicht schlecht einen groben Überblick über alle Themen zu haben :)

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Wolf ist wirklich ein super toller Prüfer, der eine tolle Atmosphäre schafft, richtig gesagtes lobt und einem Tipps gibt, wenn man was nicht direkt weiß. Er ist begeistert von der Physik und das steckt an. Haben viel gelacht. Und der Beisitzer war auch voll cool
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Formuliert seine Frage nochmal neu oder gibt einen Tipp
Kommentar zur Prüfung: war supi
Kommentar zur Benotung: 1,0
Die Schwierigkeit der Prüfung: Ich hatte Probleme zu erkennen, wann er über den eigentlichen Stoff hinaus gefragt hat und war dann bei den "unorthodoxen Fragen" ziemlich schnell verunsichert (aber liegt an mir und nicht an ihm)

Die Fragen

W: Wolf

S: Student

(Gedanken)

Nach kurzem Smalltalk ging es direkt los.

W: Stimmt es, dass wir heute Experimentalphysik 1-3 prüfen?

S: Genickt (dachte mir er meint safe Moderne Experimentalphysik)

W: Dann wird es die nächsten 45 Minuten darum gehen (haben aber trotzdem 60 Minuten gemacht). In der Experimentalphysik 1-3 geht es ja zum Beispiel um den Übergang von der klassischen Physik zur Quantenmechanik. Erzählen Sie mal, was ist denn der Unterschied zwischen diesen beiden.

S: Naja, so wie es Name schon sagt, haben wir es in der Quantenmechanik mit Quanten zu tun und diskreten Werten. Es gibt zum Beispiel auf einmal quantisierte Zustände wie zum Beispiel das Photon.

W: Ja, sehr gut. Was ist denn das Photon?

S: Also mathematisch ist das eine ebene Welle. In der Realität ist das ne gute Frage :D In manchen Experimenten eine Welle und in anderen ein Teilchen. (hier haben wir noch kurz drüber geredet aber nix großartiges)

W: Passt. Mit welchen Experimenten hat die Quantenmechanik denn begonnen?

S: Zum Beispiel der Photo Effekt. (aufgezeichnet) Kathode, Anode, Beschleunigungsspannung und Strommessung. Verschiedene Wellenlängen draufleuchten, Intensität ändert nichts bei niederfrequentem Licht. Plot dazugezeichnet, Austrittsarbeit erklärt, Grenzfrequenz, Lichtquantenhypothese 1905 von Einstein eingeführt $E=h*f$

W: Sehr gut. Wie ich sehe kennen Sie den Photo Effekt sehr gut :D Schreiben Sie mal bitte noch den Zusammenhang zwischen Frequenz und Wellenlänge

S: $f = c/\lambda$

W: Und können Sie mir noch die anderen Zusammenhang mit der Energie und der Kreisfrequenz aufschreiben, nur damit es auch auf diesem Blatt steht.

S: $E=h*\omega$

W: Sehr gut :D Und jetzt noch zwischen der Frequenz und der Wellenzahl

S: $\omega = c*k$

W: Was ist eigentlich der Zusammenhang zwischen den beiden Frequenzen?

S: $\omega = 2*\pi*f$

W: Und jetzt noch den Zusammenhang zwischen der Wellenzahl und der Wellenlänge

S: (hier dachte ich mir echt was will er eigentlich von mir... :D) ...Die ganzen Zusammenhänge stehen doch schon alle auf dem Blatt. Das ist nur noch Umstellen und Einsetzen

W: Machen Sie das bitte

S: paar Formeln umgestellt und kam dann auf $\lambda = 2*\pi / k$

(ich weiß grad gar nicht mehr was wir dann mit den ganzen Formeln gemacht haben.. da kam noch irgendeine Frage dazu aber auch nichts wildes)

W: Okay dann gab es ja noch einen weiteren wichtigen Versuch für die Quantenmechanik, welcher diskrete Energieniveaus nachweisen konnte. Beschreiben Sie den mal bitte

S: Frank-Hertz-Versuch. (aufgezeichnet) Glühkathode, Anodengitter, Auffangschirm, U_B , U_G Gegenfeldmetode. Plot hingezeichnet und dann erklärt wie die Peaks zustande kommen. Zuerst elastische Stöße, dann inelastische Stöße, dabei werden noch Photonen emittiert und es ist ein Leuchtstreifen in der Nähe des Gitters zu sehen

W: Was sind denn die Unterschiede zwischen elastischen und inelastischen Stößen?

S: Bei elastischen Stößen bleibt die Gesamtenergie vor und nach dem Stoß erhalten und bei inelastischen Stößen nicht. In diesem Fall werden ja auch die Hg Atome angeregt, Elektron befindet sich im energetisch ungünstigen Zustand -> fällt runter, emittiert Photon

W: Was passiert wenn ich die Beschleunigungsspannung noch weiter erhöhe? Was passiert mit dem Leuchtstreifen?

S: Der wandert langsam Richtung Glühkathode, da Elektronen immer früher benötigte Energie besitzen um Hg Atome anzuregen und irgendwann sogar 2. Leuchtstreifen weil die Elektronen genug Energie haben um 2 mal inelastisch zu stoßen. Setzt sich periodisch fort

W: Was passiert mit den Elektronen wenn sie inelastisch gestoßen sind?

S: Sie geben ihre Energie ab, bei Hg sind das eben genau 4,9 Volt

W: Aber wieso fallen dann in Ihrem Plot die Minima nicht auf 0 ab, wenn sie danach nicht genug Energie haben um zum Auffangschirm zu kommen?

S: Es gibt eine mittlere freie Weglänge der Elektronen, das heißt es muss nicht jedes Elektron mit jmd zusammenstoßen und es kommen noch welche mit 4,9 Volt beim Schirm an.

W: Okay jetzt erhöhen wir aber noch weiter U_B .

S: Dann kommen immer mehr von diesen Leuchtstreifen

W: Ja, aber jetzt erhöhen wir U_B wirklich unglaublich hoch... also so richtig richtig richtig hoch bis zum Maximum. Wir Physiker wollen immer mehr und immer bis zum Maximum :D..

S: Dann gibt es vermutlich einen Überschlag, elektrische Entladung und es entsteht ein Plasma.

W: Ja genau! Das leuchtet dann wie ein Weihnachtsbaum :D Zeichnen Sie mir doch mal den dazugehörigen Stromverlauf auf, den man dann messen würde

S: Ich denke mal fast 0? Keine Ahnung ob da dann überhaupt noch was zu messen ist :D

W: Das weiß ich auch nicht. (irgendeine Überleitung zu Niels Bohr) Wie hat sich Bohr das Atom vorgestellt?

S: So wie wir das aus der 7. Klasse Physik kennen :D

W: Super! Ich mache auch total gerne immer Vergleiche mit der Schule (hat da noch kurz erklärt warum)

S: (aufgezeichnet) Positiver Kern in der Mitte, Elektronenbahnen außenrum.

W: Welche Probleme gibt es hier?

S: 1) Instabilität der Atome, Kreisbewegung der Elektronen müsste em. Strahlung abstrahlen, Energie verlieren und in den Kern stürzen. 2) keine diskreten Energiewerte, da alle Elektronenbahngeschwindigkeiten erlaubt sind. Bohr hat dann Postulate aufgestellt ohne diese richtig zu begründen (Postulate aufgezählt)

W: Wie stellen wir uns heute das Atom vor?

S: Orbitalmodell erklärt. Aktuell können wir es nur für das Wasserstoff-Atom exakt lösen

W: Was ist mit dem Helium-Atom? Kann ich es da nicht exakt lösen?

S: Näherungsverfahren und nur numerisch, nicht analytisch in sich geschlossen

W: Genau. Es wäre traurig, wenn wir es bis jetzt nur geschafft hätten das Wasserstoff-Atom zu berechnen

:D Dann lösen Sie doch mal das Wasserstoff-Atom analytisch

S: Zeitabhängige Schrödinger-Gleichung aufgeschrieben. Hamilton-Operator mit kinetischem Term und Coulomb Radialsymmetrisches Potential -> Kugelkoordinaten, Separationsansatz. Radialteil aus Laguerre Polynome, Kugelflächen-Fkt. Mit zugeordneten Legendre-Polynomen

W: Wie bekomme ich die stationäre Schrödi.Gl.?

S: Kann man aus der zeitabhängigen herleiten, indem man mit dem Zeitentwicklungsoperator multipliziert und dann separiert etc.

W: Was ist das für eine Gleichung und was ist das Besondere an ihr?

S: Eigenwertgleichung und nicht von Zeit abhängig.

(Hier habe ich dann noch von Eigenwerten, Eigenvektoren usw geredet und er wollte das ich das dann irgendwie wie in HM2 betrachte, hab das Gefühl wir haben hier kurz aneinander vorbei geredet :D ah und hier ging es noch um Erhaltungsgrößen)

W: Zeichnen Sie doch mal paar Orbitale

S: (zwei S und drei P Orbitale aufgezeichnet) Und ab dem D Orbital wird's bisschen wilder :D

W: Das stimmt :D Wie würden Sie in diese Orbitale jetzt Elektronen auffüllen? Wie kann man sich das vorstellen? Können Sie das am Beispiel von Kohlenstoff machen?

S: Für so eine niedrige Ordnungszahl wie 6 benötigen wir noch kein Madelungs-Schema, hier ist die Reihe noch einfach: 1s, 2s, 2p. (eingezeichnet) Nun werden die Hundschen Regeln verwendet. Die erste ist das volle Schalen/Unterschalen einen Gesamtdrehimpuls von 0 haben müssen, das geht direkt aus dem Pauli-Prinzip hervor ...

W: Kurze Zwischenfrage - Wieso geht das aus dem Pauli-Prinzip hervor?

S: Weil sich nach dem Pauli-Prinzip Elektronen nicht in allen Quantenzahlen gleichen dürfen, deswegen wurde der Spin eingeführt - Spin up und down. Das gleicht sich dann aus und der Gesamtdrehimpuls ist dann automatisch auch 0.

W: Sie sagen Spin up & Spin down. Gibt es nur diese beiden Möglichkeiten? Kann der Spin nicht nach links und rechts schauen (irgendwie so)?

S: Doch, aber muss halt auf einer Achse liegen

W: Auf welcher Achse liegt er denn?

S: Die Physiker haben einfach mal die z-Achse gewählt.

W: Wieso in z?

S: Angefangen aus theo zu erklären :D ... Operatoren welche mit dem Hamiltonoperator kommutieren sind erhalten. Dies ist für Operator L^2 der Fall und eine Komponente von L auch, man hat dann einfach z gewählt

W: Was ist mit x und y? Sind diese Komponenten erhalten?

S: Nein, diese sind nicht erhalten. Deswegen präzediert der Spin auch in x-y-Richtung.

W: Genau darauf wollte ich hinaus! Okay machen wir weiter mit Kohlenstoff :D

S: Ja genau, dann gibt es noch die zweite Hundsche Regel: Spins möglichst parallel, deswegen schauen beide Spins in 2p in eine Richtung. Und nach der dritten Hundschen Regel muss der Gesamtspin maximal sein, das heißt $m_l=1$ und $m_l=0$ sind belegt.

W: Perfekt, so genau wollte ichs gar nicht wissen. Wie schaut es bei Sauerstoff aus?

S: Sauerstoff hat 2 Elektronen mehr (in das gleiche eingezeichnet)

W: Sagt Ihnen die Oktettregel was?

S: Ja, Elemente streben Edelgaskonfiguration an mit 8 Valenzelektronen in der äußersten Schale, daher der Name.

W: Was würde passieren wenn Kohlenstoff und Sauerstoff miteinander reagieren?

S: Sie würden kovalente Bindungen eingehen.

W: Zeichnen Sie das explizit auf.

S: (Nochmal Kohlenstoff daneben gezeichnet und dann die Spins von Sauerstoff eingekreist und an den Plätzen beim Kohlenstoff platziert) Jetzt sind beide Elemente happy weil die Außenschale von C voll ist und von O auch.

W: Sie haben jetzt genau dieses Elektron an diesen Platz gezeichnet. Muss das exakt so aussehen und ist das die einzig mögliche Kombination?

S: Nein, es sind ja alles Elektronen, es gibt verschiedene Möglichkeiten, aber das ist ja egal.

W: Aber können sie das wirklich wissen welches Elektron jetzt welchen Weg geht?

S: Nein.

W: Wieso?

S: Weil wenn man nachschaut, sich durch die Beobachtung bestimmt wieder was verändert. (er wollte hier auf ununterscheidbare Teilchen heraus, hab das dann auch mehr oder weniger gesagt)

W: Ja, sehr gut. Und in welcher Schale ist die Oktettregel am sinnvollsten (irgendwie so)?

S: In der $n=2$ Schale, da hier Platz für genau 8 Elektronen ist wie es der Name sagt und in höheren Schalen wird es komplizierter.

W: Genau, das stimmt. Den Chemikern reicht die zweite Schale, darüber wird es wirklich kompliziert..

Kommen wir nochmal zum Frank-Hertz-Versuch. Zeichnen sie doch mal in ihr Bohrsches Atommodell die Anregung von einem Hg-Atom ein.

S: (eingezeichnet)

W: Und was ist wenn das jetzt nicht Hg ist sondern ein anderes Atom?

S: (verstehe nicht, was er will.. dachte mir soll das gerade eine Überleitung zur Röntgenstrahlung sein? Aber dachte irgendwie das wär zu verrückt :D) Können Sie die Frage bitte nochmal formulieren?

W: Sagen wir es ist nicht ein anderes Atom, sondern eine Metallplatte. Wie zum Beispiel bei einer Röntgenröhre (da hab ich mich geärgert, weil ich mit meiner Vermutung ja doch richtig lag :D). Kurze Zwischenfrage: Wieso ist in Röntgenröhren das Metall eigentlich vorne nicht gerade wo die Elektronen aufkommen, sondern wird immer so schräg angekantet?

S: Das hat bestimmt einen guten Grund :D

W: Das wissen Sie bestimmt. Ich geb Ihnen mal einen Tipp: Optik.

S: Ahh ja klar aus praktischen Gründen, Einfallswinkel = Ausfallswinkel, dann kann man die entstehende Röntgenstrahlung besser nutzen.

W: Ja genau, sehr gut. Kommen wir zurück zur Röntgenstrahlung. Was ist das?

S: Besteht aus einem kontinuierlichen Bremsspektrum, da die Elektronen durch das Abbremsen abstrahlen und einem Linienspektrum der charakteristischen Strahlung, je nachdem welches Material man verwendet.

W: Zeichnen Sie den dazugehörigen Plot bitte und wählen Sie, ob Sie Frequenz oder Wellenlänge auf der x-Achse nehmen

S: Ich wähle Wellenlänge (plot gezeichnet)

W: Sehr schön. Und Tschuldigung, ich zeichne jetzt einfach mal was in ihr Atommodell rein. (zeichnet weitere Elektronenbahnen und weitere emittierte Photonen und beschriftet sie mit γ_1 , γ_2 ,...) Bitte ordnen Sie jetzt meine eingezeichneten emittierten Photonen den entsprechenden Peaks in Ihrem Diagramm zu.

S: (zugeordnet und emittierte Photonen mit Energiedifferenz der verschiedenen Schalen erklärt)

W: Sehr schön! Bei Wasserstoff ist das übrigens genau das gleiche, da geht es auch von rechts nach links. Wissen Sie zufällig wie diese Absorptionslinien heißen?

S: Ja, zum Beispiel die Balmer-Serie.

W: Korrekt! Wie ist das jetzt eigentlich mit Elektronen? Wie besetzen diese das Metall in der Röntgenröhre eigentlich?

S: Elektronen sind Fermionen -> Fermi-Dirac-Statistik. (Plot aufgezeichnet und erklärt)

W: Alle nehmen immer $T=0$:D Zeichnen Sie noch bitte andere Temperaturen ein und können Sie mir die Formel dazu aufschreiben?

S: (gezeichnet und aufgeschrieben)

W: Wenn ich das Integral unter diesen Kurven berechnen würde, wie groß wäre das unter den verschiedenen Kurven?

S: Für alle Temperaturen gleich groß.

W: Das heißt die Aufweichung der Fermi-Kante ist wie groß?

S: (Flächen unter der Kurve gezeigt, welche gleich groß sind)

W: Und jetzt noch in den Plot die Boltzmann-Statistik einzeichnen bitte und die dazugehörige Formel aufschreiben

S: (beides gemacht)

W: Und jetzt nochmal die Boltzmann-Statistik und die dazugehörige Formel

S: Meinen Sie die Bose-Einstein-Statistik? Die Boltzmann-Statistik hab ich ja schon eben gemacht :D

W: Ahja hups genau die meine ich :D

S: (gezeichnet & aufgeschrieben)

W: Erklären Sie mir bitte alle Kurven

S: Fermi-Dirac erklärt, Fermionen können nicht höheren Wert als 1 annehmen in der Besetzungszahldichte - anhand der Formel erklärt, weil da ja ein plus 1 steht, Bose-Einstein/Boltzmann können höhere Werte annehmen (hier hab ich ziemlich ausführlich erklärt und auch kurz übers Phasenraumvolumen geredet)

W: Wie erhalte ich aus der Formel der Fermi-Dirac-Statistik die Boltzmann-Statistik?

S: Für extrem hohe Energien nähern sich die beiden Kurven

W: Und an welchen Wert nähern sie sich an?

S: Sie nähern sich der x-Achse also 0 an.

(hier haben wir gelacht weil meine Zeichnung bisschen scheps war und das nicht ersichtlich war aus meiner Zeichnung)

W: In welchem Bereich befinden wir uns in diesem Plot in der aktuellen Physik?

(wusste es nicht und er hat mir dann im Plot gezeigt wo - irgendwo bei hohen Energien. Dann hat er noch irgendwas gefragt wo die Antwort boltzmann-faktor war :D dann ging es noch allgemein um die Fermi-Energie, Fermi-Temperatur)

- AB JETZT WURDE ES WILD. Bis zu dem Zeitpunkt hat die Prüfung eigentlich echt Spaß gemacht und ich konnte alles ohne große Hilfestellungen beantworten, aber ab dem nächsten Zeitpunkt war mein Kopf nur noch Matsch: -

Er hat angefangen über thermodynamische Statistik (ich kann dieses Thema nicht leiden) zu sprechen und ich sollte alles Mögliche abschätzen. Wie hoch die Fermi-Geschwindigkeit ist, wie schnell sich Elektronen im elektrischen Feld bewegen, wieso man überhaupt Strom messen kann wenn Elektronen so langsam sind, wie groß das arithmetische Mittel der Geschwindigkeiten der Elektronen ist (Antwort war 0), wie man das arithmetische Mittel berechnet, wie man die Standardabweichung und die Varianz berechnet, was ich denke was die Standardabweichung im Fall der Elektronengeschwindigkeiten ist, wie die Elektronen innerhalb von so einem Kupferstück stoßen, irgendwas mit Gruppenbewegungen, dann über mittlere freie Weglänge wieder gesprochen aber diesmal über Elektronen in Metallen, dann wie viele Elektronen in so einem Metall-Stück sind, wieso Statistik so gut durchführbar ist in der Festkörperphysik, dann sollte ich die Avogadro-Konstante nennen und haben über die gesprochen und über die Einheit Mol, dann noch wie die Wahrscheinlichkeit ist, dass ein Elektron thermisch angeregt wird (in Prozent), generell nochmal über thermische Anregungen und Glühkathoden gesprochen, dann noch ein Kastenpotential zeichnen mit den Moden und da kamen auch noch irgendwelche statistischen Fragen - so im Nachhinein muss ich sagen war das eigentlich so ein interessantes „fachsimpeln“ über Festkörperphysik aber in dem Moment hab ich mich komplett lost gefühlt und er hat dann einen kurzen Monolog gehalten wie faszinierend das alles ist - es war aber auch wirklich interessant.

W: Okay machen wir mal weiter mit Festkörperphysik, das verstehe ich nämlich auch nicht wirklich. Wie stellen sich Festkörperphysiker Dinge vor (oder so)? Zum Beispiel Leiter?

S: Kristallstrukturen. Und es gibt unterschiedliche Modelle für unterschiedliche Bereiche. Weil Sie eben Leiter angesprochen haben, da gibt es zum Beispiel das Bändermodell. Lineare Kette & Phononen erklärt.

W: Haben das Bändermodell und die lineare Kette was miteinander zu tun?

S: Ja, gleiches Modell (irgendwie so)

W: Richtig. Dann gibt es hier ja auch einen Zusammenhang zwischen der Frequenz und der Wellenzahl. Zeichnen Sie die doch bitte für Phononen auf.

S: Ja genau die Dispersionsrelation. (aufgezeichnet) 1. Brillouin-Zone erklärt (hier kamen dann paar Späße wegen Frankreich) Das ist die akustische Mode und ... (wollte hier die Proportionalität nennen aber war mir dann doch unsicher).

W: Wollten Sie gerade noch was dazusagen und haben dann vorsichtig abgebrochen um das zu vertuschen weil sie sich doch nicht sicher waren mit dem was sie sagen wollten?

S: (hab mich ertappt gefühlt) ja :D

W: Ich hätte jetzt aber sowieso nach der Proportionalität gefragt (kann er Gedanken lesen ?:0)

S: (ist mir in der Zeit wo er geredet hat wieder eingefallen) $\sin(ka/2)$

W: Fehlt da nicht noch was?

S: Ahja, der Betragstrich, kann ja nur positive Werte annehmen.

W: Was ist a?

S: Abstand Punktteilchen der linearen Kette

W: Was kann man für kleine k machen?

S: Sinus als Gerade nähern, wie bei Schall, deshalb auch akustische Mode.

W: Wie groß sind hier die Gruppen und Phasengeschwindigkeiten?

S: Gleich groß

W: Wie groß ist die Gruppengeschwindigkeit am Rand?

S: Die ist da 0, es bilden sich stehende Wellen.

W: Wie groß ist die Phasengeschwindigkeit am Rand?

S: Also sie schwingt auf jeden Fall in Phase und man kann das mit der Höhe des y-Achsenabschnitts berechnen

W: Ja genau, sie haben Recht - man muss es halt einfach ausrechnen, man kann es nicht direkt sagen wie groß sie genau ist. Wenn wir schon bei Gruppen und Phasengeschwindigkeiten sind, kommen wir mal zum Gaußschen Wellenpaket. Können Sie mir das aufzeichnen und nochmal die beiden Geschwindigkeiten erklären?

S: (aufgezeichnet und nochmal erklärt)

W: Sehr schön. Und in welche Richtung bewegt sich dieses Paket?

S: (gezeigt)

W: Hm.... Sollen wir überhaupt noch weitermachen?

S: Was steht denn sonst zur Auswahl? :D (habe gehofft er sagt die Prüfung ist vorbei)

W: Naja wir könnten noch weiter Festkörperphysik machen oder Teilchenphysik.

S: Dann bitte Teilchenphysik.

W: Oh super das freut mich! Weil Sie haben hier zwei Experten sitzen (zeigt auf Beisitzer). Erzählen Sie doch mal welche fundamentalen Teilchen Sie kennen.

S: Fermionen erklärt: 6 Arten Quarks mit jeweils 3 verschiedenen Farbladungen, 6 Arten Leptonen - 3 elektrisch geladene und 3 elektrisch neutrale. Eichbosonen erklärt als Austauschteilchen der WW: Gluon - starke WW, Photon - em., W&Z Boson schwache WW. Und natürlich das Higgsboson.

W: Was ist der Unterschied zwischen einem Quark und einem Elektron?

S: Quark trägt Farbladung, Elektron nicht

W: Noch ein Unterschied

S: Unterschiedliche Masse

W: Noch ein Unterschied

S: (nochmal irgendwas aufgezählt)

W: Noch ein Unterschied

S: Puuuuhh.. (wie gesagt mein Kopf war langsam wirklich Matsch) keine Ahnung, sind halt komplett unterschiedliche Teilchen auf was wollen Sie hinaus?

(hier gings dann irgendwie noch darum mit welchen Teilchen sie koppeln können und nicht und um elektrische Ladungen und die Reichweite von Photonen)

W: Jetzt kommt wieder eine gehässige Frage. Welchen Flavour hat das Elektron?

S: Hmm.. also Quarks können verschiedene Farbladungen tragen, aber Elektron puuhh..

W: Ja ich meine aber das Elektron.

(hier war ich wieder lost und ging bisschen hin und her bis er aufgelöst hat, der Flavour ist: Elektron :D ... ohman :D und er und der Beisitzer haben gelacht die ganze Zeit :D haben dann noch über Neutrinos gesprochen (mit dem Beisitzer zusammen) war im Nachhinein entspannt aber währenddessen hab ich gar nicht gecheckt wie wir so abdriften konnten)

W: Nennen Sie mir doch bitte die Quantisierungsbedingungen der Masse im Standardmodell.

S: (noch nie davon gehört) Meinen Sie wie die Teilchen Masse bekommen? Angefangen mit dem Higgs-Boson und dem Higgs-Feld zu erklären. (schaut ihn hoffnungsvoll an und hofft dass die Antwort so okay war)

W: Nein, das meine ich nicht. Ich möchte mit ihnen einfach über die quantisierten Masseverteilungen sprechen. Wie sind diese und warum denken Sie, dass das so ist?

S: (immernoch lost und stammelt irgendwas rum) Meinen Sie die Unterschiede der Masseverteilungen der Eichbosonen (wollte dann hier grad anfangen mit spontaner Symmetriebrechung) Wollen Sie darauf hinaus?

W: Nein nein nein, ich möchte nirgendswo hinaus. Ich möchte einfach mit Ihnen bisschen darüber sprechen

S: Tschuldigung, aber ich verstehe die Frage einfach nicht. Mir sind keine Quantisierungsbedingungen der Masse bekannt.

W: Ja, mir auch nicht :D Kein Wunder, dass sie das nicht wissen. Die gibt es nämlich gar nicht. Ist das nicht verrückt und faszinierend wieso fast alles quantisiert ist - die Masse dann aber nicht?

(dann haben wir hier angefangen bisschen zu philosophieren aber mein Kopf war immernoch Matsch und ich glaub er hat wieder gemerkt, dass ich wieder kurz davor bin abzuschalten wie bei der Statistik :D)

W: Okay okay okay, wissen Sie was? Sie dürfen sich das nächste Thema aussuchen. Wollen sie mir erzählen wie ein Neutron in ein Proton zerfällt oder wie ein Pion zerfällt oder über die Substruktur von Protonen was erzählen?

S: Ich nehme einfach mal das erste (hätte zu allem aber was sagen können). Beta-Zerfall erklärt und Feynman-Diagramm hingezeichnet mit Abspaltung W Boson und anschließend in ein Elektron und Antielektron und noch über Leptonenzahlerhaltung geredet.

W: Wie schwer ist das Neutron und das Proton und das W Boson?

S: Proton wirkt 980 GeV oder so und das Neutron ist aber bisschen schwerer. Das W Boson wiegt 80 GeV.

W: Wieso kann das Proton in das Neutron zerfallen?

S: Das passiert meistens nur in Kernen, da das Proton die Energie kurz woanders hernehmen kann.

W: Nein, tatsächlich kann das auch in der freien Natur zerfallen.

S: Okay :D

W: Wie kann das W Boson entstehen?

S: Das ist nur virtuell. Hängt mit der Unschärferelation zusammen. Darf die Energieerhaltung verletzen, wenn es nur sehr kurzlebig ist.

W: Gibt es eigentlich auch reelle Bosonen?

S: Ja, meine gelesen zu haben die gibt es aber mehr dazu kann ich nicht sagen.

W: Wirklich?? Wo haben Sie das denn gelesen, das würde mich wirklich interessieren... (irgendwas ob ich die selbst entdeckt hab oder keine Ahnung - war wieder lost)

S: Im Povh

(W und Beisitzer lachen wieder :D ich weiß auch nicht was das Problem war, hab jetzt im Nachhinein nochmal nachgeschaut Kapitel 12.1 heißt Reelle W Bosonen....)

W: Erklärt irgendwas zu Bosonen und Verticles und Propagatortermen und stellt irgendwelche Fragen dazu (habe davon schon gehört, aber dachte eig das ist doch alles TTP0)

S: (hat sich versucht da irgendwie durchzumogeln)

W: Keine Sorge das zählt nicht mehr in die Prüfung mit hinein, die ist vorbei aber wir können trotzdem noch kurz darüber reden (haben das dann gemacht)

W: Super, das wars dann auch schon. Sie dürfen vor die Tür und bitte nicht weglaufen. Das sag ich jedes Mal, obwohl das wirklich noch keiner gemacht hat.

Beisitzer: Weglaufen?

W: Ja genau, jedes mal wenn ich die Tür aufgemacht hab waren die Studenten noch da :D

Die Unterhaltung war irgendwie witzig, aber ich war so fertig mit den Nerven weil die ganzen Themen am Ende so überwältigend waren irgendwie. Bin dann raus, als ich wieder reingegangen bin wurde ich nach einer Selbsteinschätzung gefragt: Hab gesagt die erste Hälfte war komplett problemlos und entspannt aber der letzte Part lief gefühlt ja gar nicht gut aber ich konnte wenigstens was neues Lernen :D hab mich auf ne 2,0 eingeschätzt. Er meinte dann, dass ich zu bescheiden bin und ich super viel gelernt hab und alle normalen Fragen perfekt beantworten konnte, nur dass er gemerkt hat dass ich innerhalb der Prüfung einen „Shut down“ hatte (er meinte wohl das Statistik Thema :D) und gefühlt kurz innerlich eingeschlafen bin :D Und dass mir sicher aufgefallen ist, dass er extrem viele unorthodoxe und gehässige Fragen gestellt hat, aber dass ers toll fand wie ich an die Sachen rangegangen bin. Der Beisitzer und er finden ich hab das sehr gut gemacht und ne 1,0 gegeben. Hat dann noch bisschen Werbung für sein Institut gemacht und das wars :)

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: 19. September 2023	Fachsemester: 6
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Ex4, Ex5, Ex6		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? -		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
Verwendete Literatur/Skripte: Bei allem auch Internet, hauptsächlich Wikipedia Ex4: Demtröder 3, viel Internet Ex5: Gross & Marx Festkörperphysik Ex6: Povh Teilchenphysik
Dauer der Vorbereitung: 4 Wochen
Art der Vorbereitung: Zuerst alle Protokolle durchgeschaut und Themen rausgeschrieben. Dann 3 Wochen zusammengefasst. Die Letzte Woche Protokolle durchgegangen und alles gelernt. Hauptsächlich alleine gearbeitet und bei Fragen mit Kommilitonen ausgetauscht.
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Dadurch, dass ich die Vorlesungen nach dem jeweiligen Semester nicht zusammengefasst habe, konnte ich nicht alles lernen was so gemacht wurde in den 3 Semestern. Dadurch, dass Wolf viele Standardthemen hat, ist das auch in Ordnung. Am Ende habe ich nochmal ein wenig Prüfungssimulation gemacht (würde ich auch echt empfehlen). Ich war teilweise echt froh zuerst die Theo Prüfung abgelegt zu haben, da ich einige Sachverhalte dann auch erst richtig verstanden hatte (z.B. Wasserstoffatom und Korrekturen).

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Ich war nicht so aufgeregt. Es war auch von Anfang an entspannt. Es hat sich angefühlt wie ein angenehmes Gespräch und nicht wie eine harte Abfrage. Die Fragen die jedoch gestellt wurden waren teilweise unvorhersehbar. Andererseits konnte man mit bestimmten Begriffen das Gespräch auch lenken.
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Wolf hat versucht Hilfestellungen zu geben und zu der Antwort hinzuleiten. Jedoch hat er sich auch gemerkt, dass man Hilfe gebraucht hat.
Kommentar zur Prüfung: Den Prüfer kann ich weiterempfehlen.
Kommentar zur Benotung: 1,3. Es hat wohl daran gelegen, dass nicht alles aus der Pistole geschossen kam und ich auch zum Beispiel bei dem Thema von den Photonen als Quasiteilchen nicht wirklich ne Ahnung hatte. Jedoch hat ihm sehr gefallen, dass ich bei anderen Themen, die ich nicht direkt wusste, mir die Antwort erarbeiten konnte. Darauf legt er wirklich viel Wert.
Die Schwierigkeit der Prüfung: Eigentlich keine so richtig, paar Random fragen halt.

Die Fragen

W: Wolf

S: Student

Zu Beginn gabs ein wenig small talk, da ich zu früh da war. Herr Wolf hat mir Kaffee angeboten und von seinen Kindern erzählt. Die Atmosphäre war von Anfang an sehr entspannt. Zu Beginn der Prüfung meinte er, dass er vor hat 45 Minuten zu machen, jedoch waren es am Ende doch 60.

W: Wir werden testen was sie wissen und was sie können. Letzteres ist jedoch wichtiger.

W: Was waren die ersten wichtigen Experimente, die die Quantenmechanik eingeleitet haben?

S: Zum einen gab's da den Photoeffekt. Habe die Skizze dazu aufgezeichnet und dann erzählt, dass Lenard 1902 das Experiment gemacht hatte und Einstein dieses 1905 erklärte. Daraufhin hat er mir paar Sidefacts zu Lenard erzählt, weil er, Wolf, an Lenards Institut in Heidelberg promoviert hatte.

Wir sind jedoch nicht wirklich tiefer in die Materie gegangen, die Plots wollte er nicht sehen.

W: Welches weitere Experiment gab es, dass auch die Quantisierung von Atomen zeigte?

S: Franck-Hertz-Versuch. Die haben dann sozusagen das Bohrsche Atommodell bewiesen, obwohl sie das gar nicht wollten.

W: Genau. Die haben erst nicht dran geglaubt.

S: Habe dann den Versuchsaufbau skizziert und die Spannungs-Strom-Kennlinie aufgezeichnet und erklärt was passiert.

W: Erklären sie mal, wie eine Röntgenröhre funktioniert.

S: Da war ich mir zunächst unsicher, weil ich das nicht so wirklich gelernt hatte. Habe das auch artikuliert, dass er sieht, dass ich nachdenken muss.

Dachte erst, dass die Röhre Röntgenstrahlung misst. Da hat er mich direkt korrigiert und gesagt, dass sie diese erzeugt. Habe dann durch ein wenig nachdenken eine grobe Skizze gezeichnet mit einer Röhre, in der sich eine Kathode und eine Anode befindet. Habe erklärt, dass die Elektronen aus der Kathode gelöst werden und durch das E-Feld auf die Anode schießen. Dort werden sie dann durch die Nähe von Atomkernen abgelenkt und emittieren somit Bremsstrahlung. Außerdem gibt es auch Elektronen die inelastisch mit den Atomen stoßen und somit charakteristische Röntgenstrahlung entsteht.

W: Was für ein Röntgenspektrum erhält man bei der charakteristischen Röntgenstrahlung?

S: Er wollte das Wort Linienspektrum hören. Habe das auch so ähnlich gesagt.

W: Woher kommen die Linien und wie unterscheiden sie sich?

S: Dadurch, dass verschiedene Elektronen angeregt werden können in den Atomen gibt es verschiedene Frequenzen. Jedoch ist es statistisch unwahrscheinlicher, dass beispielsweise Elektronen aus inneren Schalen herausgeschlagen werden. D.h. die Linien unterscheiden sich in ihrer Höhe.

W: Schätzen sie mal welche Spannung man benötigt um dann wirklich Röntgenstrahlung zu bekommen.

S: Da hab ich's mir erst schwer getan. Aber mein Gedankengang war, dass ich wusste, dass Elektronen eine Ruheenergie von 500keV haben. Hab dann überlegt, dass das dann vielleicht auch mit der De Broglie Wellenlänge des Elektrons zu tun hat und hab dann als Antwort kV gesagt. Das war auch richtig. Habe jedoch das mit der Ruheenergie des Elektrons nicht laut ausgesprochen, weil ich mir nicht sicher war, ob das Sinn macht.

W: Wie kommt man denn eigentlich von der Energie in eV auf Joule?

S: einfach mit der Elementarladung multiplizieren.

W: Genau. Steht ja auch schon da ($eV=e \cdot V$).

Hier hat er irgendwas gefragt, ob diese Spannung nun gefährlich sei in der Röntgenröhre, aber ich weiß nicht mehr, was die Antwort darauf war. Hab erst gesagt, dass es wahrscheinlich nicht gefährlich ist, da der Elektronenstrom ja nicht hoch ist, weiß aber nicht mehr ob das richtig war.

W: Wie sieht denn nun das Spektrum der in der Röntgenröhre erzeugten Strahlung aus? Passen sie auf ob auf die x-Achse Frequenz oder Wellenlänge kommt.

S: Hier habe ich mich dunkel an einen Plot aus dem Demtröder erinnert und eben diese abfallende Kurve gezeichnet, die das Bremsspektrum darstellt, und einzelne Spitzen, die die charakteristische Röntgenstrahlung ist. Bei der x-Achsenbeschriftung war ich überfordert und habe gegambelt. Hab Frequenz hingeschrieben, aber das war falsch, habe es dann zu Wellenlänge korrigiert.

W: Für welche Wellenlängen gibt es also mehr Röntgenstrahlung? (irgendwie so)

S: Für kurze Wellenlängen. Da ist die Kurve ja höher.

W: Gut. (Hat irgendwie eine Überleitung zum Bohrschen Atommodell gemacht beziehungsweise hat dann auch recht schnell nach der heutigen Methode gefragt, wie man Atomorbitale berechnet).

S: Exakt kann man das nur für das Wasserstoffatom machen mit der Schrödingergleichung.

W: Schreiben sie mal hin.

S: Ich schreibe die stationäre Schrödingergleichung auf und erkläre die Terme.

W: Was ist der Unterschied zur normalen Schrödingergleichung?

S: Diese ist zeitabhängig. Man kann durch die Multiplikation der SSG mit dem Zeitentwicklungsoperator die allgemeine SG bekommen.

W: Was für eine Art von Gleichung ist die SSG?

S: Das ist ein Eigenwertproblem.

W: Sehr gut. Was ist das Besondere an dem Problem, dass es für uns lösbar wird?

S: Das Coulomb Potential macht das Problem radialsymmetrisch und somit zu einem Zweikörperproblem im Zentralfeld, welches exakt lösbar ist. Man teilt dann die SSG in Schwerpunkts- und Relativkoordinaten auf. Die Lösung von ersterem sind einfach Wellenpakete. Interessanter wird es bei den Relativkoordinaten: die die Bewegung der beiden Teilchen umeinander beschreiben. Habe kurz die SSG in Relativkoordinaten aufgeschrieben.

W: Wie löst man diese nun?

S: Man geht in Kugelkoordinaten. Man bekommt also drei Variablen, die beiden Winkel und den Abstand r . Durch einen Separationsansatz löst man den Winkelanteil getrennt vom Radialanteil. Dadurch bekommt man dann Kugelflächenfunktionen und die Radialfunktionen, die multipliziert die Wellenfunktion des Wasserstoffatoms geben. Habe das hingeschrieben.

W: Was sind diese Buchstaben? (n, l, m)

S: Das sind die Quantenzahlen (Hauptquantenzahl mit $n \geq 0$, Nebenquantenzahl $0 \leq l \leq n-1$, Magnetquantenzahl $-l \leq m \leq l$). Quantenmechanisch entsprechen sie den Operatoren, welche Erhaltungsgrößen sind. Also n entspr. dem Hamiltonian, l entspricht L^2 und m entspricht L_z .

W: Warum ausgerechnet L_z ?

S: Das ist nur Konvention. Es muss eine Komponente des Drehimpulses sein.

W: Richtig.

S: Außerdem ist noch $L_x^2 + L_y^2$ erhalten was für eine Drehimpulspräzession sorgt (habe die Skizze hier aufgezeichnet).

W: Was ist der Eigenwert von $L_x^2 + L_y^2$?

S: $L_x^2 + L_y^2 = L^2 - L_z^2 = \hbar^2 l(l+1) - \hbar^2 m^2$

W: Gut. Was sind die Energien für das H-Atom?

S: $-R_y/n^2$

W: Hier hat er gemeint, ob ich sicher bin mit dem n^2 oder es nicht doch n war. Habe gesagt, dass ich mir ziemlich sicher bin mit n^2 (Er wusste es selbst nicht genau). Was heißt es nun, dass die Energie nur von n abhängt?

S: Das bedeutet eine Energieentartung. Es gibt mehrere Zustände mit derselben Energie. Der Entartungsgrad ist gerade n^2 bzw. $2n^2$, wenn man den Spin berücksichtigt.

W: Wie füllt man jetzt so Orbitale auf?

S: Allgemein macht man das mit dem Pauli Prinzip und den Hundschen Regeln. Könnte ich das an einem Beispiel zeigen?

W: Nehmen wir mal Kohlenstoff.

S: Okay. Also Kohlenstoff hat $1s^2 2s^2$ und $3p^2$. Habs dann aufgezeichnet und erklärt.

W: Was besagt das Pauli Prinzip?

S: Zwei Fermionen können sich niemals in allen Quantenzahlen gleichen.

W: Wissen Sie auch warum das gelten muss?

S: Weil sie sonst nicht mehr unterscheidbar wären.

W: Ja quasi. Sagt ihnen Satz von Liouville was?

S: Joa aus Theo aber kann dazu gerade nichts sagen.

W: Also da geht's darum dass die Fläche im Phasenraum erhalten ist. Wissen sie was die Koordinaten des Phasenraums sind?

S: Impuls und Ort.

W: Genau, konjugierter Ort und kanonischer Impuls (Oder so). Das Fermion nimmt dann einen Punkt in diesem Phasenraum ein. Dementsprechend kann an diesem Punkt kein anderes Fermion mehr sitzen.

S: Ja macht Sinn.

W: Gilt das Pauli Prinzip auch für Bosonen?

S: Nein, es könnten beispielsweise alle Bosonen eines Systems im Grundzustand verharren während Fermionen die Niveaus von unten nach oben füllen würden.

(Bin mir hier nicht sicher, ob er gefragt warum es für Bosonen nicht gilt, aber glaube nicht.)

Irgendwie kam die Frage was der Unterschied zwischen Fermionen und Bosonen.

S: Fermionen haben halbzahligen Spin und Bosonen ganzzahligen Spin.

W: Nennen sie mal ein Boson

S: Photon.

W: Genau das wollte ich. Wie beschreibt man es mathematisch?

S: Ebene Welle. Aufgeschrieben. Gesagt, dass es im ganzen Raum definiert ist aber die Aufenthaltswahrsch. nicht konstant ist im ganzen Raum.

W: Was ist die Dispersionsrelation?

S: Hab die erstmal verkackt doch mit einem kleinen hint hab ich dann $E = \hbar \omega$ geschrieben (aber schon peinlich).

W: Ist das Photon nun ein Teilchen?

S: Habe mit Welle-Teilchen-Dualismus argumentiert.

W: Naja, eigentlich ist da nicht so klar. Hier meinte er, dass das Photon ein Quasiteilchen sei.

S: Hier war ich bisschen lost, weil ich mich damit nicht auseinandergesetzt hatte. Habe gesagt, dass ich das nicht so genau verstehe, aber gesagt, dass Phononen auch Quasiteilchen mit nur einem Quasiimpuls sind. Sind dann irgendwie zu diesem Thema gedriftet. Habe erklärt was ein Quasiimpuls ist, und was ein Quasiteilchen ausmacht. Hab aber nicht gesehen, warum dann ein Photon ein Quasiteilchen ist, glaube das gab gut Abzug.

Sind dann eben bei Phononen hängen geblieben und hab halt erzählt, dass das mathematische Konstrukt der Phononen analog zu dem der Photonen ist (ist ganz gut im Gross & Marx erklärt).

W: Wie sieht denn die Dispersion aus von so einem Phonon?

S: Lineare monoatomare Kette nehmen und die Bewegungsgleichung lösen bekommen wir $\omega^2 \sim \sin^2$. Hab den Plot hingezeichnet und erklärt, was die erste Brillouin Zone ist und warum es physikalisch nur Sinn macht auch nur dieses zu betrachten (die Schwingungen zwischen den Gitterpunkten interessieren uns nicht, weil wir sie eh nicht sehen können).

W: Wie kommt man auf das $\omega^2 \sim \sin^2$?

S: Man sieht das Ganze als punktförmige Teilchen, die mit Federn verbunden sind und dann halt ausgelenkt werden. Also mathematisch dann Bewegungsgleichungen aufstellen und beim Lösen dann nur auf die Wechselwirkung von direkt benachbarten Atomen beschränken.

W: Genau. Wie sieht die Dispersionsrelation am Ursprung aus?

S: Sie ist linear da wir für kleine k den Sinus kleinwinkelnähern können.

W: Was haben wir am Rand der Brillouin Zone?

S: Da haben wir stehende Wellen, weil die Gruppengeschwindigkeit da null ist. Rechnerisch ergibt sich das aus der Überlagerung von e^{ik} und e^{-ik} und somit dann sinus oder cosinus.

Hier wollte er noch bisschen was über Gruppen und Phasengeschwindigkeit wissen und das eben am Ursprung die beiden gleich sind. Außerdem wollte er hören, dass Phononen eben die Ausbreitung des Schalls $\omega \propto k$ (deswegen auch akustischer Zweig), wenn man die longitudinale Schwingung betrachtet. Da hab ich es mir bisschen schwer getan.

W: Wie sieht das bei einer zweiatomigen Basis aus?

S: Da bekommen wir mehrere Lösungen. Habe in die vorherige Skizze noch den optischen Zweig eingezeichnet und erklärt was dieser ist, also gegenphasige Schwingung, führt zu Dipolmomenten die optische Effekte erzeugen.

W: Okay. Wir haben wenig Zeit übrig. Wollen wir noch weiter über Ex5 reden oder sollen wir noch was zu Ex6 machen?

S: Ich würde gerne über Ex6 reden.

W: Alles klar. Bei Ex5 hätte ich noch über die Boltzmannkonstante und die Glühkathode geredet.

Welche Elementarteilchen kennen Sie?

S: Hab halt angefangen und bin zu Quarks gekommen. Ich sollte dann was zu der Anzahl der Quarks sagen und welche Ladungen bzw. Erhaltungsgrößen es da gibt. Also elektrische Ladung, Farbladung und schwache Ladung bzw. schwacher Isospin.

W: D.h. also es gibt weitaus mehr als 6 Quarks aufgrund dieser ganzen Unterscheidungen.

S: Habe im Laufe der Erklärung für die starke WW die Gluonen erwähnt.

W: Wie viel Gluonen gibt es denn?

S: Dadurch, dass sie Farbladung haben koppeln sie aneinander und gruppentheoretisch gibt es ein Oktett und ein Singulett. Jedoch ist das Singulett farbneutral, was eine unendliche Komponente der starken WW voraussagen würde, falls dieses eben existiere. Da dem nicht so ist, existiert es auch nicht, also gibt es 8 Gluonen (nur das Oktett).

Habe dann im Zuge dessen, dass er meinte es gebe viel mehr als 6 Quarks noch die Wechselwirkungszustände der Quarks erklärt, also d' , s' und b' .

W: Genau richtig. Eine letzte Frage: In was zerfällt ein Pion⁻?

S: Es zerfällt hauptsächlich in ein Myon und Antimyonenneutrino oder Elektron und Antielektronenneutrino.

W: Kennen sie das Verhältnis der Zerfälle?

S: Der Zerfall in ein Elektron ist um den Faktor 1/8000 unterdrückt.

W: Ja genau richtig. Also eigentlich zerfällt es nur in ein Myon. Zeichnen sie mal noch das Feynman Diagramm von dem Zerfall.

S: Hab erst die antiup und down Linien parallel gezeichnet, hab dann gemerkt dass da zu nix führt und habs dann nochmal verbessert. Also antiup und down werden zusammen zu einem W und dieses zerfällt weiter in das Myon und das Antimyonenneutrino. Über die elektrische Ladung hab ich mir hergeleitet, dass das W-Boson ein W⁻ sein muss.

Ende

Fach: Experimentelle Physik

PrüferIn: Wolf

☒ BP ☐ NP ☐ SF ☐ EF ☐ NF ☐ LA

Datum: 19. September 2023

Fachsemester: 6

Welche Vorlesungen wurden geprüft? Ex4, Ex5, Ex6

Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? -

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -

Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -

Verwendete Literatur/Skripte: Bei allem auch Internet, hauptsächlich Wikipedia

Ex4: Demtröder 3, viel Internet

Ex5: Gross & Marx Festkörperphysik

Ex6: Povh Teilchenphysik

Dauer der Vorbereitung: 4 Wochen

Art der Vorbereitung: Zuerst alle Protokolle durchgeschaut und Themen rausgeschrieben. Dann 3 Wochen zusammengefasst. Die Letzte Woche Protokolle durchgegangen und alles gelernt. Hauptsächlich alleine gearbeitet und bei Fragen mit Kommilitonen ausgetauscht.

Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Dadurch, dass ich die Vorlesungen nach dem jeweiligen Semester nicht zusammengefasst habe, konnte ich nicht alles lernen was so gemacht wurde in den 3 Semestern. Dadurch, dass Wolf viele Standardthemen hat, ist das auch in Ordnung.

Am Ende habe ich nochmal ein wenig Prüfungssimulation gemacht (würde ich auch echt empfehlen).

Ich war teilweise echt froh zuerst die Theo Prüfung abgelegt zu haben, da ich einige Sachverhalte dann auch erst richtig verstanden hatte (z.B. Wasserstoffatom und Korrekturen).

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Ich war nicht so aufgeregt. Es war auch von Anfang an entspannt. Es hat sich angefühlt wie ein angenehmes Gespräch und nicht wie eine harte Abfrage. Die Fragen die jedoch gestellt wurden waren teilweise unvorhersehbar. Andererseits konnte man mit bestimmten Begriffen das Gespräch auch lenken.

Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Wolf hat versucht Hilfestellungen zu geben und zu der Antwort hinzuleiten. Jedoch hat er sich auch gemerkt, dass man Hilfe gebraucht hat.

Kommentar zur Prüfung: Den Prüfer kann ich weiterempfehlen.

Kommentar zur Benotung: 1,3. Es hat wohl daran gelegen, dass nicht alles aus der Pistole geschossen kam und ich auch zum Beispiel bei dem Thema von den Photonen als Quasiteilchen nicht wirklich ne Ahnung hatte. Jedoch hat ihm sehr gefallen, dass ich bei anderen Themen, die ich nicht direkt wusste, mir die Antwort erarbeiten konnte. Darauf legt er wirklich viel Wert.

Die Schwierigkeit der Prüfung: Eigentlich keine so richtig, paar Random fragen halt.

Die Fragen

W: Wolf

S: Student

Zu Beginn gabs ein wenig small talk, da ich zu früh da war. Herr Wolf hat mir Kaffee angeboten und von seinen Kindern erzählt. Die Atmosphäre war von Anfang an sehr entspannt. Zu Beginn der Prüfung meinte er, dass er vor hat 45 Minuten zu machen, jedoch waren es am Ende doch 60.

W: Wir werden testen was sie wissen und was sie können. Letzteres ist jedoch wichtiger.

W: Was waren die ersten wichtigen Experimente, die die Quantenmechanik eingeleitet haben?

S: Zum einen gab's da den Photoeffekt. Habe die Skizze dazu aufgezeichnet und dann erzählt, dass Lenard 1902 das Experiment gemacht hatte und Einstein dieses 1905 erklärte. Daraufhin hat er mir paar Sidefacts zu Lenard erzählt, weil er, Wolf, an Lenards Institut in Heidelberg promoviert hatte.

Wir sind jedoch nicht wirklich tiefer in die Materie gegangen, die Plots wollte er nicht sehen.

W: Welches weitere Experiment gab es, dass auch die Quantisierung von Atomen zeigte?

S: Franck-Hertz-Versuch. Die haben dann sozusagen das Bohrsche Atommodell bewiesen, obwohl sie das gar nicht wollten.

W: Genau. Die haben erst nicht dran geglaubt.

S: Habe dann den Versuchsaufbau skizziert und die Spannungs-Strom-Kennlinie aufgezeichnet und erklärt was passiert.

W: Erklären sie mal, wie eine Röntgenröhre funktioniert.

S: Da war ich mir zunächst unsicher, weil ich das nicht so wirklich gelernt hatte. Habe das auch artikuliert, dass er sieht, dass ich nachdenken muss.

Dachte erst, dass die Röhre Röntgenstrahlung misst. Da hat er mich direkt korrigiert und gesagt, dass sie diese erzeugt. Habe dann durch ein wenig nachdenken eine grobe Skizze gezeichnet mit einer Röhre, in der sich eine Kathode und eine Anode befindet. Habe erklärt, dass die Elektronen aus der Kathode gelöst werden und durch das E-Feld auf die Anode schießen. Dort werden sie dann durch die Nähe von Atomkernen abgelenkt und emittieren somit Bremsstrahlung. Außerdem gibt es auch Elektronen die inelastisch mit den Atomen stoßen und somit charakteristische Röntgenstrahlung entsteht.

W: Was für ein Röntgenspektrum erhält man bei der charakteristischen Röntgenstrahlung?

S: Er wollte das Wort Linienspektrum hören. Habe das auch so ähnlich gesagt.

W: Woher kommen die Linien und wie unterscheiden sie sich?

S: Dadurch, dass verschiedene Elektronen angeregt werden können in den Atomen gibt es verschiedene Frequenzen. Jedoch ist es statistisch unwahrscheinlicher, dass beispielsweise Elektronen aus inneren Schalen herausgeschlagen werden. D.h. die Linien unterscheiden sich in ihrer Höhe.

W: Schätzen sie mal welche Spannung man benötigt um dann wirklich Röntgenstrahlung zu bekommen.

S: Da hab ich's mir erst schwer getan. Aber mein Gedankengang war, dass ich wusste, dass Elektronen eine Ruheenergie von 500keV haben. Hab dann überlegt, dass das dann vielleicht auch mit der De Broglie Wellenlänge des Elektrons zu tun hat und hab dann als Antwort kV gesagt. Das war auch richtig. Habe jedoch das mit der Ruheenergie des Elektrons nicht laut ausgesprochen, weil ich mir nicht sicher war, ob das Sinn macht.

W: Wie kommt man denn eigentlich von der Energie in eV auf Joule?

S: einfach mit der Elementarladung multiplizieren.

W: Genau. Steht ja auch schon da ($eV = e \cdot V$).

Hier hat er irgendwas gefragt, ob diese Spannung nun gefährlich sei in der Röntgenröhre, aber ich weiß nicht mehr, was die Antwort darauf war. Hab erst gesagt, dass es wahrscheinlich nicht gefährlich ist, da der Elektronenstrom ja nicht hoch ist, weiß aber nicht mehr ob das richtig war.

W: Wie sieht denn nun das Spektrum der in der Röntgenröhre erzeugten Strahlung aus? Passen sie auf ob auf die x-Achse Frequenz oder Wellenlänge kommt.

S: Hier habe ich mich dunkel an einen Plot aus dem Demtröder erinnert und eben diese abfallende Kurve gezeichnet, die das Bremsspektrum darstellt, und einzelne Spitzen, die die charakteristische Röntgenstrahlung ist. Bei der x-Achsenbeschriftung war ich überfordert und habe gegambelt. Hab Frequenz hingeschrieben, aber das war falsch, habe es dann zu Wellenlänge korrigiert.

W: Für welche Wellenlängen gibt es also mehr Röntgenstrahlung? (irgendwie so)

S: Für kurze Wellenlängen. Da ist die Kurve ja höher.

W: Gut. (Hat irgendwie eine Überleitung zum Bohrschen Atommodell gemacht beziehungsweise hat dann auch recht schnell nach der heutigen Methode gefragt, wie man Atomorbitale berechnet).

S: Exakt kann man das nur für das Wasserstoffatom machen mit der Schrödingergleichung.

W: Schreiben sie mal hin.

S: Ich schreibe die stationäre Schrödingergleichung auf und erkläre die Terme.

W: Was ist der Unterschied zur normalen Schrödingergleichung?

S: Diese ist zeitabhängig. Man kann durch die Multiplikation der SSG mit dem Zeitentwicklungsoperator die allgemeine SG bekommen.

W: Was für eine Art von Gleichung ist die SSG?

S: Das ist ein Eigenwertproblem.

W: Sehr gut. Was ist das Besondere an dem Problem, dass es für uns lösbar wird?

S: Das Coulomb Potential macht das Problem radialsymmetrisch und somit zu einem Zweikörperproblem im Zentralfeld, welches exakt lösbar ist. Man teilt dann die SSG in Schwerpunkts- und Relativkoordinaten auf. Die Lösung von ersterem sind einfach Wellenpakete. Interessanter wird es bei den Relativkoordinaten: die die Bewegung der beiden Teilchen umeinander beschreiben. Habe kurz die SSG in Relativkoordinaten aufgeschrieben.

W: Wie löst man diese nun?

S: Man geht in Kugelkoordinaten. Man bekommt also drei Variablen, die beiden Winkel und den Abstand r . Durch einen Separationsansatz löst man den Winkelanteil getrennt vom Radialanteil. Dadurch bekommt man dann Kugelflächenfunktionen und die Radialfunktionen, die multipliziert die Wellenfunktion des Wasserstoffatoms geben. Habe das hingeschrieben.

W: Was sind diese Buchstaben? (n, l, m)

S: Das sind die Quantenzahlen (Hauptquantenzahl mit $n \geq 0$, Nebenquantenzahl $0 \leq l \leq n-1$, Magnetquantenzahl $-l \leq m \leq l$). Quantenmechanisch entsprechen sie den Operatoren, welche Erhaltungsgrößen sind. Also n entspr. dem Hamiltonian, l entspricht L^2 und m entspricht L_z .

W: Warum ausgerechnet L_z ?

S: Das ist nur Konvention. Es muss eine Komponente des Drehimpulses sein.

W: Richtig.

S: Außerdem ist noch $L_x^2 + L_y^2$ erhalten was für eine Drehimpulspräzession sorgt (habe die Skizze hier aufgezeichnet).

W: Was ist der Eigenwert von $L_x^2 + L_y^2$?

S: $L_x^2 + L_y^2 = L^2 - L_z^2 = \hbar^2 l(l+1) - \hbar^2 m^2$

W: Gut. Was sind die Energien für das H-Atom?

S: $-R_y/n^2$

W: Hier hat er gemeint, ob ich sicher bin mit dem n^2 oder es nicht doch n war. Habe gesagt, dass ich mir ziemlich sicher bin mit n^2 (Er wusste es selbst nicht genau). Was heißt es nun, dass die Energie nur von n abhängt?

S: Das bedeutet eine Energieentartung. Es gibt mehrere Zustände mit derselben Energie. Der Entartungsgrad ist gerade n^2 bzw. $2n^2$, wenn man den Spin berücksichtigt.

W: Wie füllt man jetzt so Orbitale auf?

S: Allgemein macht man das mit dem Pauli Prinzip und den Hundschen Regeln. Könnte ich das an einem Beispiel zeigen?

W: Nehmen wir mal Kohlenstoff.

S: Okay. Also Kohlenstoff hat $1s^2 2s^2$ und $3p^2$. Habs dann aufgezeichnet und erklärt.

W: Was besagt das Pauli Prinzip?

S: Zwei Fermionen können sich niemals in allen Quantenzahlen gleichen.

W: Wissen Sie auch warum das gelten muss?

S: Weil sie sonst nicht mehr unterscheidbar wären.

W: Ja quasi. Sagt ihnen Satz von Liouville was?

S: Joa aus Theo aber kann dazu gerade nichts sagen.

W: Also da geht's darum dass die Fläche im Phasenraum erhalten ist. Wissen sie was die Koordinaten des Phasenraums sind?

S: Impuls und Ort.

W: Genau, konjugierter Ort und kanonischer Impuls (Oder so). Das Fermion nimmt dann einen Punkt in diesem Phasenraum ein. Dementsprechend kann an diesem Punkt kein anderes Fermion mehr sitzen.

S: Ja macht Sinn.

W: Gilt das Pauli Prinzip auch für Bosonen?

S: Nein, es könnten beispielsweise alle Bosonen eines Systems im Grundzustand verharren während Fermionen die Niveaus von unten nach oben füllen würden.

(Bin mir hier nicht sicher, ob er gefragt warum es für Bosonen nicht gilt, aber glaube nicht.)

Irgendwie kam die Frage was der Unterschied zwischen Fermionen und Bosonen.

S: Fermionen haben halbzahligen Spin und Bosonen ganzzahligen Spin.

W: Nennen sie mal ein Boson

S: Photon.

W: Genau das wollte ich. Wie beschreibt man es mathematisch?

S: Ebene Welle. Aufgeschrieben. Gesagt, dass es im ganzen Raum definiert ist aber die Aufenthaltswahrsch. nicht konstant ist im ganzen Raum.

W: Was ist die Dispersionsrelation?

S: Hab die erstmal verkackt doch mit einem kleinen hint hab ich dann $E = \hbar \omega$ geschrieben (aber schon peinlich).

W: Ist das Photon nun ein Teilchen?

S: Habe mit Welle-Teilchen-Dualismus argumentiert.

W: Naja, eigentlich ist da nicht so klar. Hier meinte er, dass das Photon ein Quasiteilchen sei.

S: Hier war ich bisschen lost, weil ich mich damit nicht auseinandergesetzt hatte. Habe gesagt, dass ich das nicht so genau verstehe, aber gesagt, dass Phononen auch Quasiteilchen mit nur einem Quasiimpuls sind. Sind dann irgendwie zu diesem Thema gedriftet. Habe erklärt was ein Quasiimpuls ist, und was ein Quasiteilchen ausmacht. Hab aber nicht gesehen, warum dann ein Photon ein Quasiteilchen ist, glaube das gab gut Abzug.

Sind dann eben bei Phononen hängen geblieben und hab halt erzählt, dass das mathematische Konstrukt der Phononen analog zu dem der Photonen ist (ist ganz gut im Gross & Marx erklärt).

W: Wie sieht denn die Dispersion aus von so einem Phonon?

S: Lineare monoatomare Kette nehmen und die Bewegungsgleichung lösen bekommen wir $\omega^2 \sim \sin^2$. Hab den Plot hingezeichnet und erklärt, was die erste Brillouin Zone ist und warum es physikalisch nur Sinn macht auch nur dieses zu betrachten (die Schwingungen zwischen den Gitterpunkten interessieren uns nicht, weil wir sie eh nicht sehen können).

W: Wie kommt man auf das $\omega^2 \sim \sin^2$?

S: Man sieht das Ganze als punktförmige Teilchen, die mit Federn verbunden sind und dann halt ausgelenkt werden. Also mathematisch dann Bewegungsgleichungen aufstellen und beim Lösen dann nur auf die Wechselwirkung von direkt benachbarten Atomen beschränken.

W: Genau. Wie sieht die Dispersionsrelation am Ursprung aus?

S: Sie ist linear da wir für kleine k den Sinus kleinwinkelnähern können.

W: Was haben wir am Rand der Brillouin Zone?

S: Da haben wir stehende Wellen, weil die Gruppengeschwindigkeit da null ist. Rechnerisch ergibt sich das aus der Überlagerung von e^{ik} und e^{-ik} und somit dann sinus oder cosinus.

Hier wollte er noch bisschen was über Gruppen und Phasengeschwindigkeit wissen und das eben am Ursprung die beiden gleich sind. Außerdem wollte er hören, dass Phononen eben die Ausbreitung des Schalls zeigen (deswegen auch akustischer Zweig), wenn man die longitudinale Schwingung betrachtet. Da hab ich es mir bisschen schwer getan.

W: Wie sieht das bei einer zweiatomigen Basis aus?

S: Da bekommen wir mehrere Lösungen. Habe in die vorherige Skizze noch den optischen Zweig eingezeichnet und erklärt was dieser ist, also gegenphasige Schwingung, führt zu Dipolmomenten die optische Effekte erzeugen.

W: Okay. Wir haben wenig Zeit übrig. Wollen wir noch weiter über Ex5 reden oder sollen wir noch was zu Ex6 machen?

S: Ich würde gerne über Ex6 reden.

W: Alles klar. Bei Ex5 hätte ich noch über die Boltzmannkonstante und die Glühkathode geredet.

Welche Elementarteilchen kennen Sie?

S: Hab halt angefangen und bin zu Quarks gekommen. Ich sollte dann was zu der Anzahl der Quarks sagen und welche Ladungen bzw. Erhaltungsgrößen es da gibt. Also elektrische Ladung, Farbladung und schwache Ladung bzw. schwacher Isospin.

W: D.h. also es gibt weitaus mehr als 6 Quarks aufgrund dieser ganzen Unterscheidungen.

S: Habe im Laufe der Erklärung für die starke WW die Gluonen erwähnt.

W: Wie viel Gluonen gibt es denn?

S: Dadurch, dass sie Farbladung haben koppeln sie aneinander und gruppentheoretisch gibt es ein Oktett und ein Singulett. Jedoch ist das Singulett farbneutral, was eine unendliche Komponente der starken WW voraussagen würde, falls dieses eben existiere. Da dem nicht so ist, existiert es auch nicht, also gibt es 8 Gluonen (nur das Oktett).

Habe dann im Zuge dessen, dass er meinte es gebe viel mehr als 6 Quarks noch die Wechselwirkungszustände der Quarks erklärt, also d' , s' und b' .

W: Genau richtig. Eine letzte Frage: In was zerfällt ein Pion⁻?

S: Es zerfällt hauptsächlich in ein Myon und Antimyonenneutrino oder Elektron und Antielektronenneutrino.

W: Kennen sie das Verhältnis der Zerfälle?

S: Der Zerfall in ein Elektron ist um den Faktor 1/8000 unterdrückt.

W: Ja genau richtig. Also eigentlich zerfällt es nur in ein Myon. Zeichnen sie mal noch das Feynman Diagramm von dem Zerfall.

S: Hab erst die antiup und down Linien parallel gezeichnet, hab dann gemerkt dass da zu nix führt und habs dann nochmal verbessert. Also antiup und down werden zusammen zu einem W und dieses zerfällt weiter in das Myon und das Antimyonenneutrino. Über die elektrische Ladung hab ich mir hergeleitet, dass das W-Boson ein W⁻ sein muss.

Ende

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: 14. September 2023	Fachsemester: 6
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Ex4, Ex5, Ex6 (fast gar nicht)		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Keine		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
Verwendete Literatur/Skripte: Ex 4: Demtröder-Atomphysik (Keine Empfehlung) Ex 5: Gross und Marx, Simon-Solid State Basics Ex 6: Povh, Griffiths-Elementary Particles
Dauer der Vorbereitung: 6 Wochen
Art der Vorbereitung: Die Bücher durcharbeiten (alleine)
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Vor allem die Basics in Ex 4 (v.a. Franck-Hertz-Versuch, Photoeffekt und generell Streuexperimente) sollten sitzen.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Mega entspannt! Wolf ist ein mega lockerer Typ, sodass es sich eigentlich nicht wie eine Prüfung angefühlt hat, sondern eher wie ein entspanntes Gespräch.
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Hat nachgeholfen, die Frage anders gestellt und Tipps gegeben.
Kommentar zur Prüfung: Er wollte eigentlich nur 45min abfragen (warum auch immer). Am Ende waren es dann doch knapp über 60min.
Kommentar zur Benotung: 1.0. Habe erwartet, dass mir meine Fehler während der Prüfung negativ angerechnet werden. Er meinte aber, dass es ihm sehr gefallen hat, wie ich mir die Dinge hergeleitet habe. Er legt wohl viel Wert auf ein physikalisches Verständnis hat er gesagt.
Die Schwierigkeit der Prüfung: Wolf meinte selbst, dass er bei mir mal etwas anders gefragt hat und nicht die Standardfragen stellen wollte. Dementsprechend muss man schon ein tiefes Verständnis der Themen haben.

Die Fragen

W: Wolf

S: Student

W: Einer der ersten und vielleicht bedeutendsten Versuche zur Quantenhypothese ist der Photoeffekt. Erklären Sie den bitte.

S: Aufbau mit Metallplatte, einfallendes Licht und Anode erklärt. Auf Nachfrage skizziert. Charakterist. Diagramm (Energie über Spannung) aufgezeichnet und erklärt. (Hatte hier zuerst durch Aufregung statt der Energie den Strom auf der y-Achse).

W: Bewirkt eine Steigerung der Lichtintensität eine Erhöhung des Stroms?

S: Oberhalb der Grenzfrequenz ja, unterhalb nicht.

W: Müsste dann die Steigung der Gerade nicht steiler werden?

S: Ab dem Punkt habe ich dann gesehen auf was er hinaus will und habe I zu $E_{\text{kin,max}}$ auf der y-Achse geändert. Daraufhin den richtigen Strom-Spannungs-Graphen gezeichnet und erklärt.

W: Was war nun das Bahnbrechende an dem Versuch?

S: Licht verhält sich nicht wie klassisch zu erwarten, dass eine Erhöhung der Intensität bei beliebiger Wellenlänge den Strom erhöht, sondern erst ab einer Grenzfrequenz können Elektronen aus dem Material ausgeschlagen werden. Dies kann damit erklärt werden, dass Licht in Form von gequantelten Energiepaketen (Photonen) vorliegt.

W: Ein weiterer wichtiger Versuch ist der Franck-Hertz Versuch. Was passiert da?

S: Groben Aufbau mit Glühkathode, monoatomares Gas mit geringem Druck (habe Hg genommen) und Beschleunigung und Gegenspannung skizziert. Außerdem Strom-Spannungs-Graphen mit Peaks und Minima gezeichnet. Hierbei erwähnt, dass bis 4.9eV nur elastische Stöße der Elektronen mit den Hg-Atomen möglich sind und ab 4.9eV auch inelastische Anregungen der diskreten (Bohrschen-) Energieniveaus im Atom möglich sind.

W: Fällt der Strom in den Minima bis zu 0 ab?

S: Hierbei zuerst die Verbreiterung der Peaks durch thermische Bewegung der Hg-Atome erklärt und aus der Not hinaus gesagt, dass dies auch die Minima erklärt. Ich habe mich aber sofort korrigiert und erklärt, dass Elektronen mit 4.9eV nicht sofort mit den Hg-Atomen inelastisch stoßen, sondern es eine mittlere freie Weglänge gibt. Damit können auch Elektronen mit über 4.9eV an der Anode beobachtet werden.

W: Inwiefern unterscheiden sich denn elastische und inelastische Stöße hier?

S: Fälschlicherweise erst behauptet, dass bei elastischen Stößen die Energie des Elektrons und des Hg-Atoms gleich bleiben. (Allgemein habe ich hier viel Stuss erzählt. Ich kann mich aber nicht mehr an alles erinnern. Habe kurzerhand auch irgendwas bei inelastischen Stößen behauptet, welches die Franck-Hertz-Gesetze verletzen würde.)

W: Das heißt, dass hier bei elastischen Stößen keine Energie übertragen wird?

S: Habe daraufhin gemeint, dass zwar Energie übertragen wird, diese aber ziemlich gering ist wegen der großen Masse des Hg-Atoms und habe dies an der Formel $E' = E / (1 + E / (Mc^2) * (1 - \cos\theta))$ erklärt (E ist Energie des Elektrons vor dem Stoß und E' danach, M ist die Masse des Hg-Atoms).

W: Also wird beim elastischen Stoß doch Energie übertragen. Stellen Sie sich zwei Kugeln gleicher Masse vor, die elastisch stoßen. Ist die eine in Bewegung und die andere ruht, so ruht daraufhin die erste und die zweite bewegt sich.

S: (Erst hier habe ich meinen anfänglichen Fehler verstanden und mich korrigiert.)

W: Und wie sieht das nun bei inelastischen Stößen aus?

S: Im Gegensatz zu elastischen Stößen ist hier die kinetische Energie nicht erhalten und ein Teil davon wird in potentielle Energie (bzw. innere Energie) umgewandelt. Das Quecksilberatom wird durch den Stoß auf ein höheres Energieniveau angeregt.

W: Genau. Meine Kinder spielen gerne mit Knete. Wenn die Knetballen miteinander stoßen, dann kleben sie danach zusammen und die kinetische Energie wird zur Verformung aufgebracht. Die kinetische Energie ist also danach in der Knete enthalten. Dies ist hier genauso, da danach die kinetische Energie im Quecksilberatom enthalten ist. Können Elektronen überhaupt inelastisch stoßen?

S: (War hier kurz verwirrt, worauf seine Frage abzielt.) Wollen Sie darauf hinaus, dass Elektronen punktförmig sind?

W: Ja, richtig!

S: Wenn ich mir eine Teilchenkollision wie einen klassischen Stoß zweier Kugeln vorstelle, dann kann ich einen inelastischen Stoß eigentlich nur erhalten, wenn sich die Kugeln deformieren können.

W: Exakt, durch die fehlende innere Struktur des Elektrons kann dieses nicht wie das Quecksilberatom auf ein höheres Energieniveau angeregt werden. Also ist ein Stoß nur elastisch möglich. (Hier haben wir noch ein wenig darüber diskutiert inwiefern der Stoß mit einem Hüllatom des Quecksilbers als inelastisch bezeichnet werden kann. Er hat auch kurz tiefeinelastische Streuung in diesem Kontext erwähnt. Zeichnen Sie doch mal, wie sich Bohr ein Atom vorgestellt hat.)

S: 2-dimensionale Kreisbahn um Kern skizziert und Quantelung des Drehimpulses bzw. der Wellenlänge erklärt.

W: Kommen wir nochmal zurück zum Franck-Hertz Versuch. Welches Elektron wird angeregt und wie sieht der Übergang aus?

S: Zeichne einen Pfeil vom einem Elektron in der äußersten besetzten Schale in die nächste unbesetzte.

W: Ist es nicht dieser Übergang? (Zeichnet Pfeil vom innersten Elektron nach außen)

S: Wenn ich mich richtig erinnere, war es der Übergang 6S → 6P.

W: Richtig, Franck und Hertz haben das ursprünglich falsch angenommen. Sie dachten, dass Sie nicht eine Anregung der (Bohrschen-) Energieniveaus beobachten, sondern die Ionisationsenergie messen würden. Sie glaubten nicht an das Bohrsche Atommodell. Ist der angeregte Zustand stabil?

S: Nein, das Atom fällt nach kurzer Zeit zurück in den Grundzustand und emittiert ein Photon dabei.

W: Welche Farbe hat das?

S: (Wollte hier anfangen die Wellenlänge auszurechnen)

W: Ich glaube Ihnen, dass sie das können. Lila hätte mir gereicht. Wenn ich nun Photonen in das Gas einstreue, beobachte ich ja genau das Gegenteil. Anstatt dass ich einzelne feine Linien der Emission sehe, habe ich schmale Linien der Absorption. Was passiert hier?

S: Das Photon wird vom Atom absorbiert und auf dasselbe Energieniveau angeregt.

W: Aber wir haben doch gerade gesagt, dass dieser Zustand instabil ist. Beim Zerfall müsste also ein Photon gleicher Wellenlänge emittiert werden. Warum beobachte ich das nicht?

S: Die Emission ist isotrop in alle Raumrichtungen.

W: Genau! Was passiert, wenn ein Elektron auf einer Kreisbahn ist? Dreht es sich dort für immer?

S: Nein, das Elektron sollte eigentlich Synchrotronstrahlung abstrahlen, damit Energie verlieren und schlussendlich in den Kern fallen.

W: Wenn sie schon Synchrotronstrahlung erwähnen, zeichnen sie doch mal eine Antenne und sagen in welche Richtung elektromagnetische Wellen abgestrahlt werden.

S: Habe einen Hertzschen Dipol gezeichnet und gesagt, dass eine Abstrahlung nur senkrecht zur Antenne möglich ist.

W: Genau! Wenn sie jetzt Angst vor Strahlung haben, wo würden sie sich dann positionieren?

S: An den Enden bzw. auf der Geraden durch die Enden, da dort im Idealfall gar keine Strahlung abgestrahlt wird.

W: Wenn Sie unter einer Hochspannungsleitung stehen, sind Sie dann Strahlung ausgesetzt und wenn ja ist diese gefährlich? Ich meine wenn es anfängt zu knistern und ich stehe unter einer Leitung, dann ist mir auch ein wenig unwohl.

S: Analog zum Hertzschen Dipol sind wir dort elektromagnetischer Strahlung ausgesetzt. Sonderlich gefährlich kann das aber nicht sein, sonst würde man die Leitungen ja höher bauen.

W: Haha, ja so kann man das sagen. Wie nimmt denn die Intensität mit dem Abstand ab?

S: Puh, wenn ich mich richtig erinnere war das $1/r^3$?

W: Nicht ganz, es ist $1/r$ (Hier meinte er glaube ich die Feldstärken und nicht die Intensität. $1/r^3$ ist im Nahfeld, das habe ich durcheinandergebracht). Wir müssen uns also keine Sorgen unter Hochspannung machen. In welche Richtung wird die Synchrotronstrahlung abgestrahlt?

S: Aufgrund der relativistischen Geschwindigkeit ist das Maximum in Vorwärtsrichtung und die Abstrahlung ist tangential.

W: Welche Erklärung hatte Bohr dafür, dass Atome dennoch stabil sind?

S: Dass der Drehimpuls gequantelt ist und damit durch die Drehimpulserhaltung nur stabile Kreisbahnen erlaubt sind. Eine Spiralbahn in den Kern wäre somit verboten.

W: Tatsächlich hatte er gar keine Erklärung dafür. Es ist einfach ein Postulat. Wie macht man das denn richtig?

S: Man muss die Schrödingergleichung lösen.

W: Schreiben Sie die doch mal für das Wasserstoffatom hin.

S: Die zeitabhängige oder die zeitunabhängige?

W: Das überlasse ich Ihnen, wie sie wollen.

S: Schreibe die zeitabhängige Schrödingergleichung in der Form $i\hbar \frac{d\Psi}{dt} = H \Psi$ hin.

W: Das ist jetzt so eine Theoretikerschreibweise. Da müssen Sie mir schon sagen, was das H ist.

S: Als kinetischen Term und Coulomb Potential ausgeschrieben.

W: Welche besondere Eigenschaft hat jetzt das Coulomb Potential?

S: Es ist kugelsymmetrisch. Das heißt wir können eine Separation in einen Radialanteil und einen Winkelanteil machen und so die SG lösen. Der Winkelanteil ist hierbei durch die Kugelflächenfunktionen gegeben.

W: Zeichnen Sie mir doch mal zwei Orbitale.

S: Fange an den Radialanteil zu skizzieren...

W: Erstmal nur den Winkelanteil.

S: Skizziere das 1s und das 2p Orbital.

W: Und wie sieht der Radialanteil dafür aus?

S: Skizziere diesen. Er unterbricht und meint, dass der Radialanteil doch nicht durch die Quantenzahl l beeinflusst werden sollte. Ein 2s Orbital also den gleichen Radialanteil wie ein 2p Orbital haben müsste. (Dem sollte aber nicht so sein, da der Radialanteil von n und l abhängt.)

W: Man spricht in diesem Kontext auch von „guten Quantenzahlen“. Was bedeutet das?

S: Das bedeutet, dass sie Erhaltungsgrößen sind. Also die dazugehörigen Operatoren mit dem Hamiltonoperator kommutieren.

W: Wenn wir den Spin des Elektrons berücksichtigen, dann haben wir ja auch höhere Korrekturen zur Wasserstoffenergie. Wie sieht denn diese Spin-Bahn-Kopplung aus?

S: Der Term ist proportional zu $L \cdot S$.

W: Genau. Ist das auch eine Erhaltungsgröße?

S: Wir können den Term schreiben als $L \cdot S = \frac{1}{2}(J^2 - S^2 - L^2)$ mit dem Gesamtdrehimpuls $J = L + S$. Da das alles Erhaltungsgrößen sind ist also auch $L \cdot S$ erhalten.

W: Wenn wir jetzt ein Atom haben. Wie werden dann die Orbitale besetzt? Damit ich selbst nicht durcheinander kommen wir mal Sauerstoff.

S: Für größere Ordnungszahlen brauchen wir die Madelungsregel. Da Sauerstoff nur die Ordnungszahl 8 hat, ist es hier aber relativ einfach. Die Orbitale werden gemäß der Hundschen Regel (erklärt) besetzt, sodass die Elektronenkonfiguration $1s^2 2s^2 2p^4$ ist.

W: Warum kann ich nur zwei Elektronen in ein Orbital packen?

S: Das liegt am Pauli-Prinzip. Die Gesamtwellenfunktion muss antisymmetrisch sein, da Elektronen Fermionen sind. Deshalb dürfen nicht alle Quantenzahlen gleich sein. In einem Orbital sind aber alle Quantenzahlen identisch außer m_s (Ausrichtung des Spins). Da es hierfür zwei Möglichkeiten $+1/2$ und $-1/2$ gibt, kann man zwei Elektronen in ein Orbital packen.

W: Das ist doch eigentlich ganz intuitiv. Im Phasenraum darf jeder Ort nur von einem Elektron besetzt sein. Was ist sonst?

S: Dann sind sie ununterscheidbar.

W: Richtig. Kommen wir zurück zum Sauerstoffatom. Was machen diese zwei einzelnen Elektronen in den $2p$ Orbitalen?

S: Sie bilden Moleküle, also eine Doppelbindung. (Hat mich hier auch noch gleich nach Bindung mit Wasser gefragt und wie das Wassermolekül aussieht.)

W: Hier haben wir ja eine kovalente Bindung. Was ist eine ionische Bindung?

S: Ionische Bindungen haben wir in Salzen. Hierbei ist die Elektronegativität der beteiligten Atome so unterschiedlich, dass das eine praktisch seine Elektronen an das andere abgibt. Hierbei entstehen dann Kristallgitter.

W: Wenn ich ein Kristall in Wasser gebe, wird dieser dann gelöst?

S: Ja, da das Wassermolekül polar ist (Sauerstoff praktisch zweifach negativ geladen und die Wasserstoff positiv).

W: Und was ist, wenn ich Öl in Wasser gebe?

S: Das wird nicht gelöst, da Öl apolar ist.

W: Und wenn wir schon dabei sind. Was sind Tenside?

S: Auf der einen Seite polar und auf der anderen Seite apolar. Sie können damit dafür sorgen, dass sich apolare und polare Stoffe vermischen, also Fette in Wasser gelöst werden. (Da hat sich Chemie auch mal gelohnt.)

W: Machen wir einen Themenwechsel. Wie funktioniert eine Röntgenröhre?

S: Elektronen werden auf eine Metallplatte geschossen. In dieser können sie Elektronen aus den inneren Schalen heraus schlagen, wobei in diese Löcher dann Elektronen „hinunterkaskadieren“. Es werden dabei charakteristische Photonen emittiert, die im Röntgenbereich sind und deren Wellenlänge vom Material abhängt.

W: Welche Strahlung wird noch emittiert? Zeichnen Sie doch mal ein solches Spektrum.

S: (Habe den Plot für die Intensität über die Photonenfrequenz gezeichnet.) Es wird zusätzlich Bremsstrahlung durch die Ablenkung der Elektronen im Material frei. Außerdem gibt es noch Lilienfeldstrahlung, über die kann ich aber nichts sagen.

W: Gut, ich auch nicht. Welche Arten von Energieverlusten von Elektronen beim Durchgang in einem Material gibt es?

S: Bremsstrahlung, Ionisierung, Elastische und inelastische Stöße mit den Atomen (Habe bestimmt irgendwie vergessen.)

W: Kommen wir zu einem Teilchendetektor. Zeichnen sie den doch mal und sagen in welchen Bereichen welche Art von Energieverlust überwiegt.

S: (Ganz ehrlich. Hatte keine Ahnung von Teilchendetektoren. Ich habe mich da irgendwie durchgemogelt und eigentlich nur geraten. Er hat sehr stark geholfen und nach einigen nicht beantworteten Fragen sind wir dann auch zum nächsten Thema übergegangen.)

W: Machen wir ein bisschen Festkörperphysik. Was ist eine Dispersionsrelation.

S: Zusammenhang zwischen Frequenz und Wellenzahl bzw. Energie und Impuls, z.B. $w = ck$ für Photonen und $E = \hbar^2 k^2 / 2m$ für freie Elektronen.

W: Hier kann man zwei verschiedene Geschwindigkeiten für ein Teilchen definieren. Welche sind das?

S: Man kann die Phasengeschwindigkeit $v_{ph} = w/k$ und die Gruppengeschwindigkeit $v_g = dw/dk$ definieren. Im Fall von Photonen sind diese gleich.

W: Für relativistische Teilchen. Welche Relation gilt dort?

S: Da haben wir die relativistische Energie-Impuls-Beziehung $E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$.

W: Was ist der Unterschied zu der Relation für freie Elektronen $E = \hbar^2 k^2 / 2m$?

S: Für nichtrelativistische Geschwindigkeiten reduziert sich die relativistische Energie-Impuls-Beziehung auf $E = p^2 / 2m$ wie klassisch zu erwarten.

W: Welches Problem haben wir denn im relativistischen Fall? Dort haben wir ja die Größen zum Quadrat?

S: Wenn wir dort die Energie schreiben als $E = \sqrt{(pc)^2 + (mc^2)^2}$, dann haben wir die Wurzel aus dem Nabla-Operator und das ist nicht gut.

W: Warum ist das schlimm?

S: Wir können eine Reihenentwicklung der Wurzel vornehmen und erhalten unendlich hohe Potenzen des Nabla-Operators (Damit sind Raum und Zeit nicht mehr gleich in der Schrödingergleichung, da wir eine einfache Zeitableitung auf der einen und unendlich hohe Ortsableitungen auf der anderen Seite haben.)

W: Genau, und deswegen brauchen wir eine neue Gleichung, was dann schlussendlich zur Dirac-Gleichung führt. Zeichnen Sie doch mal die Dispersionsrelation für freie Elektronen.

S: Habe daraufhin mehrere verschobene Parabeln skizziert und die 1. Brillouinzone eingezeichnet (Erstmal doppelt so groß, daraufhin hat er mich korrigiert.)

W: Und wenn wir dann einen Festkörper betrachten, entstehen diese Bandlücken (zeichnet sie in dem Plot ein. Hat dann noch eine passende Überleitung zu Phononen gemacht.)

S: Habe zuerst gesagt, dass Schwingungen des Gitters gequantelt sind und man diese als Quasiteilchen (Phononen) interpretieren kann. Er hat dann nach der Dispersionsrelation gefragt und war begeistert, dass ich diese kenne (Anscheinend hatte er nicht erwartet, dass man die Proportionalität $|\sin(ka/2)|$ im eindimensionalen Fall kennt.) Habe dabei den akustischen und den optischen Zweig eingezeichnet.

W: Warum heißt der eine akustisch und der andere optisch?

S: Hierbei hat ihm meine Erklärung glaube ich nicht ganz gereicht. Ich habe argumentiert, dass der akustische Zweig die Eigenschaften einer Schallwelle hat, da w für $k \rightarrow 0$ gegen 0 geht und Gruppen- und Phasengeschwindigkeit für $k \rightarrow 0$ identisch sind. Beim optischen habe ich die Dispersionsrelation von Photonen eingezeichnet und den Schnittpunkt mit dem optischen Zweig als mögliche Absorption interpretiert. (Er wollte wohl auf die gleichphasige und gegenphasige Schwingung der Zweige hinaus. Er meinte hierbei, dass der optische Zweig eine transversale Schwingung sei. Vielleicht habe ich ihn hier aber auch falsch verstanden.)

W: Wie bestimmt man die Phasen- und Gruppengeschwindigkeit des akustischen Zweiges?

S: Man kann für kleine k den Sinus als Gerade nähern und sieht dann, dass $v_{ph} = v_g$.

W: Erzählen sie mir was über den p-n-Übergang.

S: Haben wir einen Halbleiter wie z.B. Silizium, so können wir einzelne Atome durch Donatoren (bspw. Bor) und Akzeptoren (bspw. Phosphor) ersetzen. Hierdurch erhalten wir zusätzliche freie Elektronen oder Elektronenfehlstellen. Ein p-n-Übergang ermöglicht nun, dass Strom nur in eine Richtung (Durchlassrichtung) fließen kann und in Sperrrichtung nicht betrieben werden kann.

W: Wie muss ich die Spannungsquelle für die Durchlassrichtung gepolt sein?

S: Hmm, da muss ich immer erstmal überlegen...

W: Gut, ich auch!

S: (Nach ein wenig überlegen:) Der positive Pol muss an die p-Schicht angeschlossen sein. (Mussten hier noch kurz überlegen, ob das wirklich richtig ist.)

W: Warum haben wir eine Durchlassrichtung und eine Sperrrichtung?

S: Erklärt wie die Raumladungszone und Diffusion der Ladungsträger in den anderen Bereich entsteht und warum die Elektronen in Sperrrichtung gegen die Potentialdifferenz ankämpfen müssen. (Wollte hier nochmal den Bogen zu Detektoren spannen und was mit Elektronen passiert, welche durch das Raumladungsgefälle fliegen... Aber wie schon gesagt, hatte keine Ahnung von Detektoren.)

W: Wir sprechen bei Metallen ja von freien Elektronen. Das ist doch eigentlich nicht ganz richtig... Sie sind ja an die Atomrümpfe gebunden?

S: Hier habe ich etwas mit der Fermi-Dirac-Verteilung durcheinandergebracht und erst gemeint, dass diese sehr verschmiert sei. Hat mich dann korrigiert, dass sie besonders scharf ist. Wollte wahrscheinlich darauf hinaus, dass man bei Metallen Elektronen leicht im Leitungsband anregen kann. Hatten aber schon das Thema gewechselt.

W: Wie ist denn die Fermi-Temperatur eines Metalls?

S: So um die 70000K für Kupfer, also sehr hoch.

W: Genau, das bedeutet, dass wir sehr viele schon besetzte Zustände haben. Wie schnell ist denn die Fermi-Geschwindigkeit der Elektronen?

S: So um die 1% der Lichtgeschwindigkeit?

W: Den genauen Wert weiß ich jetzt nicht, aber auf jeden Fall sehr hoch. Wie schnell sind die Elektronen in einem Draht, wenn man sie durch ein elektrisches Feld beschleunigt?

S: Auf jeden Fall viel langsamer. Ich würde mal 1cm/s Sekunde sagen.

W: Ich glaube es sind sogar noch viel weniger. Ein paar Mikrometer pro Sekunde. Aber schauen Sie das lieber nochmal nach!

(Daraufhin hat er mich gebeten vor der Tür zu warten und hat mich im Anschluss nach meiner Selbsteinschätzung gefragt. Wegen einigen Fehlern, die ich gemacht habe, hätte ich mir eine 1.3 gegeben. Er hat sich sehr über die realistische Einschätzung gefreut und hat mir dann doch die 1.0 gegeben.)

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: 06. Juni 2023	Fachsemester: 8
Welche Vorlesungen wurden geprüft? EX 4,5,6		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Keine		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
Verwendete Literatur/Skripte: Ex 6: Husemann Folien Ex 5: Hunklinger Generell seehr viel Wikipedia und dann bei einzelnen Themen Bücher zur vertiefung, z.B. Povh
Dauer der Vorbereitung: ca. 3 Monate, mit anfangs quasi keinem Vorwissen und zu beginn sehr geringe Intensität. Die letzten 3 Wochen dann ziemlich viel gelernt und mit Freunden durchgesprochen.
Art der Vorbereitung: Angefangen mit Ex6 und Husemann Folien, dann sehr schnell die wichtigsten Themen aus den Protokollen extrahiert und sehr viel Wikipedia Quergelesen. Einzelnen schlüssel-Themen zusammengefasst und mit freunden durchgesprochen. Die Letzte Woche Protokolle abfragen lassen und disskutieren geübt.
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Grundlegendes Verständnis ist wichtig und Herr Wolf diskutiert gerne irgendwelche Fragestellungen, dass sollte man evtl. üben.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Sehr angenehm, haben früher angefangen und etwas überzogen. Prüfung fand im Büro auf Papier statt. Wolf gibt einzelne Fragestellungen/Themen vor, lässt einen erstmal erzählen und hakt dann teilweise nach, regt Diskussion an durch "naive" Zwischenfragen oder ergänzt einfach selbst Dinge, dann mehr oder weniger geschmeidige Überleitungen zum nächsten Thema.
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Sehr entspannt, lässt einem Zeit nachzudenken, gibt dann immer mehr Hinweise und wenn man gar nicht weiterkommt gibt er auch eine Lösung und eine kurze Erklärung. Sagt häufig Sätze wie "Das ist auch gar nicht weiter schlimm, dass können wir uns auch herleiten"...
Kommentar zur Prüfung: Angenehme Atmosphäre, ging sehr schnell rum
Kommentar zur Benotung: 1,3, sehr fair!
Die Schwierigkeit der Prüfung: Mein Problem waren die (wirklich sehr grundlegenden) Formeln, die er abgefragt hat. Hier hatte ich ziemlich zu kämpfen, ein paar Basics sollten sitzen!

Die Fragen

W: Wolf

S: Student

DISCALIMER: Ich habe sicher nicht mehr alles richtig im Kopf, vor allem die Reihvnvolge war sicher anders, aber hier mal der Versuch:

W Haben sie ein Thema vorbereitet, dass Sie gerne vortragen möchten?

S Nein

W Gut, ich auch nicht.

W Dann fangen wir doch mal mit dem Franck-Hertz Versuch an, erzählen Sie mal.

S Relativ ausführlich den Veruch beschrieben, er hat sich über Details wie zusätzliche e- durch Photoef. gefreut, Verlauf Strom über Spannung aufgezeichnet usw.

W Ich sehr sie kennen sich aus, was war denn das bahnbrechende an dem Versuch?

S Damit lies sich das Borsche Atommodell und seine Postulate untermauern. Irgendwas mit diskreten Energ.

W Diskrete Energieniveaus konnte man ja auch schon vorher bei irgendwelchen Spektren beobachten ~~~

Irgendwie auf Röntgenspektrum gekommen.

Wie funktioniert den so eine Röntgenröhre?

S Aufgezeichnet, beschrieben, es gibt kontinuierliches Bremsspektrum und diskrete Röntgenpeaks zu gewiss. Übergängen.

W Mit welchen Spannungen wird denn so eine Röhre ca. betrieben?

S Joa, also höher als bei Franck-Hertz, joa ...

W Also üblicherweise im Kilovolt-Bereich.

W *Zeichnet mehrerer kleiner werdende Peaks links von meinen Peaks ein*, Woher kommen denn die?

S Leere Schale wird wieder aufgefüllt usw.

W Ja genau, und die Energien werde immer kleiner zwischne den Schalen...

W Wie stellen wir uns denn heute ein Atom vor?

S Grob Orbitalmodell erklärt, Auf nachfrage noch verschiedenstes diskutiert, insbesondere:

- Schrödingergleichung wollte er sehen
- Radiale Verteilung zu den Qauntenzahlen $n \rightarrow$ nicht verschwindende Aufenthaltswarscheinlichkeit im kern für $n=1$
- Bedeutung der Quantenzahlen Richtungs-quauntelung, Entartung

-- Spätestens ab hier ist die Reihenfolge bestimmt anders gewesen ...

S Kamen irgendwann mal auf Magische Zahlen zu sprechen, dann Übergang zu Atommodellen

Kernmodelle, Primär Betehe-Weitzäcker beschrieben, Will "Tröpfchnmodell" hören

- "Chemie"

W Wie sie ja sicher in den Protokollen gelesen haben frage ich das immer, also hier zur entspannung:

Was ist die elektronenkonfiuration von Sauerstoff?

S Suswahlregeln genutzt, dann Hundsche regeln, Oktett regel angesprochen...

W Aha, also haben wir hier zwei unvollständig besetzte Zustände, was bedeutet das ?

S Reaktionsfreudig, will gerne noch zwei e'

W Ahha und im Vergleich dazu Kohlenstoff mit Ordnungszahl 6 ? ...

S Molekül ...

W Was kennen wir denn grundlegend für zwei Bindungen, für Moleküle und für Salze?

S Kovalente Bindung und Ionenbindung.

W Ahhja also machen wir ein bisschen Festkörperphysik, Wie kann man denn so was beschreiben?

S Kurz was mit Gittervektoren gemurmelt und mit Einheitszellen, monataomare Kette beschrieben, möglich weil Potentialnäherungsweise quadratisch usw.

W Jetzt gibt es da eine besondere Relation...

S Dispersionsrelation aufgezeichnet, erst Akustische Moden, Gruppengeshhwindigkeit an Zonengrenzen $=0$, Stehnede Wellen, Bragg-Refelxion

W Sehr gut, jetzt gibt es da auch noch andere Moden?

S Optische Ergänzt, was dazu erzählt...

(W stichelt während dessen ein bisschen an der Festkörperphysik herum :D)

W Okay, jetzt hier mal ein Harter Übergang, machen wir mal ein bisschen Teilchenphysik:

W Was kennen sie für Fundametale Kräfte?

S Gravitation(Erwähne, das wir das in der Teilchenphysik ignorieren), em, Schach, Stark

W Warum könne wir das einfach so Ignoriereren, Welche Kräfte beobachten wir im Alltag, Warum wenig em-Kraft, ist doch auch endlose reichweite???

S HABEN in einemAngenhemn Gespräch darübre diskutiert, z.B. wenig em, weil positive und negative Ladung sich aufheben ...

W Wie stellen wir uns heute das Proton vor?

S Naiven Qarkmodel gezeichnet, geredet über Gluonen und starke WW, gemeinsam kurzer Exkurs zum Pionen-A-

S Beta- Zerfall diskutiert

W Fragt nach Massen, und wie man da denn überhaupt schweres W-Boson erzeugen will

S Unschärfereleation, nur Virtuelles Teilchen ...

W Hat dass denn hier diese Masse von ~ 80 GeV?

S Nein da s ist "off-Shell"

W Aha, was bedeutett das denn?

S Hab ich leider nie so richtig verstanden

W Super, dann klären wir das jetzt hier:

Dann gemeinsam hergelitten ;), dass rel. Energie-Impulsrelation auf Kugelschale führt (Hier habe ich mit den Formeln gestruggelt und er hat recht viel geholfen)

W Was gibt es denn für andere Radioaktive Zerfälle?

S Beta+, Elektroneneinfang (Hier kurze Rückfrage, "Warum auch K-Einfang?"), alpha-Zerfall, Gamma-Zerfall jeweils kurz erklärt.

W Aha, also beim Gamma Zerfall, wie sieht denn da das Spektrum aus, im Vergleich zu dem Röntgenspektrum da?

S Joa also auch Übergänge zwischen Schalen

W Ja eigentlich ist es genau das gleiche Modell.

W Irgendwie im Gespräch über Pionen Massen nochmal zurück gekommen auf Massen im Standardmodell, Schwier: Quark-Massen zu definieren, wegen Confinement. Aber es gibt eine Ausnahme...

S Top-Quark, so großer Masseunterschied...

W Ja genau, zerfällt schneller, als es hadronisieren kann, dass ist doch Toll oder? (noch irgendwas zu Fermis Goldener Regel gefragt)

W Kurze frage zu Feynmann Diagrammen, ob ich weis, wie man das in Rechnung überführt, wenn nicht auch nicht schlimm...

S Nicht wirklich, bissl was zu Vertices usw. erzählt .

W So, ich fand es sehr angenehm, jetzt müssen Sie uns kurz alleine lassen, aber nicht weglaufen...

Im Gespräch nach Selbsteinschätzung Gefragt.

1,3, weil bis auf Schwierigkeiten mit Formeln gut.

Noch Tipps für Theo-Prüfung gegeben :D

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 Monatlang 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 meistes 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 bestätigen 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 Verschiebungssatz?
- > 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, nlm, 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 herausschlage, 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 1 Å (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.

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: 07. November 2022	Fachsemester: 7
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Ex4/5/6		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Keine		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: Keine
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: Keine
Verwendete Literatur/Skripte: Vorlesungsskripte, die ich auch besucht hatte. Wikipedia
Dauer der Vorbereitung: ca. 3 Wochen, nicht sehr intensiv
Art der Vorbereitung: Ein paar Protokolle mit Freunden durchgegangen, aber hauptsächlich alleine
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Zeit nehmen, manche Sachen sacken zu lassen. Bei mir war er etwas unzufrieden, dass er manche Sachen aus mir raus quetschen musste. Ich würde empfehlen, dass man vielleicht einfach mal zu einem Thema losplappert.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Sehr angenehm
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Bei mir wurde nicht sehr viel nachgebohrt, er hat mir ein paar Sachen einfach erklärt.
Kommentar zur Prüfung: Sehr angenehmer Prüfer, er gibt sich auch Mühe, gute Überleitungen zu finden, was mir gut gefallen hat.
Kommentar zur Benotung: 1.3
Die Schwierigkeit der Prüfung: Themenumfang

Die Fragen

P: Prüfer

S: Student

Zuerst kamen wie bei den anderen Protokollen Photoelektrischer Effekt, sowie Frack-Hertz Versuch. Haben dann auch noch ein bisschen geredet, wie genau die Elektronen mit Quecksilber stoßen, einmal inelastisch mit Hüllenelektronen oder elastisch. (Die beiden Sachen lohnt es sich einzuprägen)

Dann sollte ich die Atommodelle beschreiben.

Hab bei den alten Griechen angefangen, dann Rosinenbrot und dann Bohr und dann Heisenberg.

P: Wie sieht ein Wasserstoffatom aus?

S: Bohr-atom hingezeichnet

P: Damit kann man jetzt zwar die quantisierten Energien erklären, aber wie würden Sie jetzt ein Wasser beschreiben?

S: Heisenberg Modell, Gleichung hingeschrieben und Lösungsansatz erklärt.

P: Wieso funktioniert der Ansatz?

S: Mathematik? Aber darauf wollen Sie wohl nicht raus. Hmm. Dann vielleicht wegen Rotationsinvarianz des Systems.

P: Ja genau. Wie sehen denn dann die Lösungen aus?

S: 1s, 2s, 2p Orbital hingemalt

P: Elektronenkonfiguration von Sauerstoff (Er hat selbst angemerkt, dass das eine seiner Standardfragen ist :)).

S: hingemalt

P: Wieso ist Sauerstoff so reaktiv, (oxidativ)?

S: Weil es in der 2p Schale gerne noch 2 Elektronen haben möchte, sodass die dann voll ist.

P: Wie sieht das denn aus, wenn ich Sauerstoff mit Wasserstoff zusammen packe?

S: (Ist mir etwas peinlich, dass ich kurz überlegen musste was ein mysteriöses Molekül da wohl raus kommt). H₂O, Das ist effektiv ein Dipol durch die starke Elektronegativität von O.

P: Meine Kinder kleben gerne Sticker auf Bänke, wie mache ich die weg?

S: Etwas Perplex, also Flüssigkleber trocknen ja fest... (Wusste nicht worauf er hinaus wollte) Vielleicht Aceton?

P: Man braucht irgendwas apolares, Öl oder sowas.

(Fun Fact: Mir ist Aceton nur eingefallen, weil ich das als gutes Lösungsmittel kenne und unterbewusst dann Kleber lösen mit Lösungsmittel in Verbindung gebracht habe)

P: Wie kann man das System H₂O anregen? Also zu Beginn haben wir ja gesehen, dass die Elektronen angeregt werden können, was gibt es denn noch?

S: Nach 2 aufeinanderfolgenden Denkpausen: Schwingungen und Rotation.

P: Wie viel Drehfreiheitsgrade hat denn H₂?

S: Absolut überfordert, hab erstmal 3 Drehachsen geraten.

P: Das ist genau falsch.

S: Perfekt, dann hab ich noch ein bisschen Stuss erzählt, bis er es aufgelöst hat.

P: Die Achse entlang des Molekülachse zählt nicht, weil man quantenmechanisch gar keine Drehung messen kann, deshalb sind es nur 2. Diese Freiheitsgrade kann man auch durch die Wärmekapazität bestimmen. Jetzt hatten wir genug Chemie, weiter zu Festkörperphysik. Wir haben schon über Schwingungen erzählt, was ist denn die monoatomare Kette?

S: Konzept erklärt, dass mit der Taylorentwicklung, um auf das Potential zu kommen scheint ihm eine wichtige Info zu sein.

P: Wie sieht die Dispersionsrelation aus?

S: $w = 2\sqrt{\kappa/m} |\sin(ka/2)|$, Graph hingezeichnet.

P: Was folgt daraus für die Gruppen/-und Phasengeschwindigkeit?

S: Im Ursprung $k=0$ ist die Gruppengeschwindigkeit = Phasengeschwindigkeit, am Rand nicht, da ist V_{group}

P: Wieso?

S: Ich habe das nie richtig verstanden, hab aber irgendwo gelesen, dass sich am Rand stehende Wellen bilden, und die sich dann destruktiv interferieren.

P: Hat sich Mühe gegeben, mir das zu erklären, aber ist an meiner Inkompetenz gescheitert.

P: Wie sehen den Wellenfunktionen in einem Kastenpotential aus?

S: Hab versucht stehende Wellen in einen Kasten zu malen mit verschiedenen Anzahlen an Knoten und Bäuchen.

P: Wie ist man darauf gekommen, dass das Rosinenbrotmodell falsch ist?

S: Rutherford, kurz erklärt inklusive Wirkungsquerschnitt.

P: Was passiert mit schnelleren Teilchen und Teilchen mit Spin?

S: Mott Streuung, deren Wirkungsquerschnitt setzt sich dann aus dem quadrierten Formfaktor, dem Rutherford und einem relativistischen Faktor zusammen.

P: Und wenn Ich 2 Elektronen zusammenschick?

S: Hatte keinen blassen Schimmer, er hat dann irgendwas von Dirac ...gesagt (ich hab vergessen, was das Wort bei ...war, irgendwas wie Schnitt oder Querschnitt keine Ahnung, hatte ich noch nie gehört)

P: Wie sieht denn die Rutherford Streuung im Experiment aus?

S: Hab den Rutherford-querschnitt als Einhüllende gezeichnet, und dann diese Bäuche, die von dem Vorfaktor herkamen. (Die Zeichnung war grauenhaft, unter anderem Achsenbeschriftung vergessen)

P: Finden Sie diese Bäuche überraschend?

S: Ja.

Danach hat er versucht, mit Streuung am Spalt auf den Sprung zu helfen, da musste ich aber mein Erinnerungs bis zum Maximum strapazieren. (Das Interferenzmuster an einem Spalt ist durch $\sin(x)/x$ eingehüllt und hat darunter nochmal Minima und Maxima.) Danach hat er mich gefragt wie das an einem Loch anstatt einem Spalt aussähe.

S: Ich erinnere mich da an Neumann und Bessel-funktionen, ist das einfach dieses $\sin x/x$ Bild einmal um die y-Achse rotiert?

P: Genau, und wie sieht das dann aus?

S: hab versucht das Bild in meinem Kopf pantomimisch darzustellen, war sicherlich lustig anzusehen. Und dann macht das mit dem Rutherford Zeug tatsächlich Sinn, weil die Streu-teilchen an diesem Vielspal- quasi Interferenz Muster machen.

P: Nochmal richtige Teilchenphysik, welche Kräfte kennen Sie?

S: Stark, schwach, elektromag., und gravitativ.

P: die zugehörigen Austauschteilchen?

S: Z,W+,W- bei schwach, Gluonen bei stark die wirken auf Teilchen mit Farbladung.

P: (Unterbrochen) Wie viele Gluonen gibt es? (Ich weiß nicht wieso er die Frage so gerne stellt, da man die Frage, auf die er hier hinaus wollte, wieso es nur 8 statt 9 wirklich gibt, mit dem Wissen aus Ex6 eig. nicht beantworten kann)

S: Es gibt mathematisch 9, aber eigentlich nur 8 wegen Confinement oder so.

P: Falsch, es gibt auch mathematisch nur 8. Egal, Wie zerfällt ein Neutron?

S: Beta zerfall kurz erklärt, Masse von Neutron ist größer als Proton, deshalb energetisch günstig.

P: Malen Sie mal eine Skizze.

S: Ich versuch mich mal an dem Feynman-Diagramm, auch wenn ich mich mit denen noch nicht so wohl fühle.

P: Das können Sie machen, müssen Sie jedoch nicht. (Scheinbar setzt er es nicht voraus, dass man sowas kann, würde mich aber nicht darauf verlassen).

S: zeichnet mit kleiner Denkpause, als er merkt, dass es ein W- Boson sein muss, wenn man Ladungserhalt voraussetzt.

S: Okay, das sieht doch halbwegs ok aus, geht der Prozess auch anders herum?

S: Ja, es gibt den Elektroneneinfang.

P: Genau, der heißt auch K Einfang. Wieso heißt der so und wie geht der?

Nach Schweigepause hat er dann erklärt, dass aufgrund der Radialwellenfunktion in der K-Schale eine nicht verschwindende Wsk. ist, dass das Elektron im Kern ist. Bei der L Schale ist diese jedoch 0, woher dann der Name kommt.

THE END

Fach: Experimentelle Physik

PrüferIn: Wolf

☒ BP ☐ NP ☐ SF ☐ EF ☐ NF ☐ LA

Datum: 19. Oktober 2022

Fachsemester: 6

Welche Vorlesungen wurden geprüft?

Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? -

Zur Vorbereitung

Abprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -

Abprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -

Verwendete Literatur/Skripte: Ex IV: Folien von Prof. Hunger

Ex V: Mitschrieb bei Prof. Wernsdorfer

Ex VI: Folien von Prof. Drexlin

Dauer der Vorbereitung: 3 Wochen

Art der Vorbereitung: Die ersten 2 Wochen und 5 Tage alles zusammengefasst, die letzten zwei Tage Protokolle gelernt

Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Lernt nicht nur die Themen, sondern übt auch das Vortragen und stellt euch dabei selbst kritische Nachfragen.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Ich war sehr aufgeregt, Herr Wolf hat es mit seiner entspannten Art (und einem Merci) jedoch geschafft mir diese zu nehmen. Danach war die Prüfung ein Gespräch, bei dem sehr konkrete Fragen gestellt wurden. Die Struktur war durch meine Antworten nicht beeinflussbar und es gab gelegentliche Themensprünge. Insgesamt kann ich Herrn Wolf sehr weiterempfehlen. Ist ein sehr sympathischer Prüfer!

Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Er formulierte die Frage um oder versuchte mir mit Tipps oder Analogien auf die Sprünge zu helfen.

Kommentar zur Prüfung: Der Prüfer ist sehr weiterzuempfehlen

Kommentar zur Benotung: 1,0

Die Schwierigkeit der Prüfung: Zum einen die Themensprünge, zum anderen war mir gelegentlich seine Fragestellung nicht ganz klar.

Die Fragen

I: Ich

P: Prüfer

Ich schreibe das ganze Frage-Antwort-Spiel jetzt in einem flüssigen Gespräch auf. Davon sollte man sich nicht verunsichern lassen, in der Prüfung selbst war sehr viel gestammel, gezögere und weiteres herumgeunsichere.

Nach ein bisschen Small Talk und etwas Schokolade:

P: Fangen wir an. Stellen Sie sich vor, Sie haben zwei Elektroden und legen da ne Spannung an. Um die Elektroden herum haben Sie eine Glaskuppel mit einem Vakuum.

Wie sieht hier die Strom-Spannungs-Kennlinie aus?

I: Wenn die Spannung groß genug ist, um die Bindungsenergie der Elektronen an die Atomrümpfe zu überwinden, werden vereinzelt Elektronen freigesetzt, die anschließend vom elektrischen Feld zur Anode hin beschleunigt werden.

P: Nehmen wir mal an wir haben eine Glühkathode.

I: Dann werden konstant Elektronen mit einem Impuls in eine zufällige Richtung freigesetzt. Wenn wir jetzt die Spannung erhöhen, steigt der Strom zunächst an und erreicht schließlich eine Sättigung, wenn das Feld groß genug ist, um alle freien Elektronen zur Anode zu beschleunigen.

P: Warum heißt das überhaupt Glühkathode?

I: Weil sie glüht? (Ich wollte hier eigentlich etwas zum Planck'sche Strahlungsgesetz idealer schwarzer Körper sagen, hab in der Aufregung aber den Namen vergessen)

P: Ja, warum genau werden denn nun Elektronen freigesetzt?

I: Die Energieverteilung von Elektronen entspricht ja einer Fermi-Verteilung. Ist die Temperatur groß genug, so gibt es Elektronen, deren Energie größer ist als die Bindungsenergie im Metall, sodass sie freigesetzt werden.

P: Genau. Was passiert, wenn wir jetzt Licht einstrahlen?

I: Dann werden durch den Photoeffekt Elektronen freigesetzt, indem Photonen absorbiert werden und zur anderen Platte beschleunigt. Um die kinetische Energie der Elektronen zu bestimmen kann man ein Gegenfeld anlegen und bei fester Frequenz die Gegenspannung erhöhen, bis man keinen Strom mehr misst. (Gerade von eU über f gezeichnet mit Steigung h und Achsenabschnitt erklärt)

P: Wie beeinflusst die Intensität des Lichts diese Gerade?

I: Gar nicht. Dadurch werden nur mehr Elektronen freigesetzt, aber nicht mit größerer Energie. Das ist gerade der Widerspruch zur klassischen Welle, bei der die Energie in der Intensität und nicht der Frequenz liegt.

P: Okay sehr gut. Was passiert jetzt, wenn wir die Kuppel mit einem Gas füllen?

I: Dann bekommen wir bei sehr großen Spannungen einen Überschlag, weil sich ein Plasma bildet. (Ich habe hier noch was zu Franck-Hertz gesagt, dann aber selbst gemerkt, dass das damit nichts zu tun hat, weil die Elektronen kein Gegenfeld überwinden müssen.)

P: Wenn Sie schon Franck-Hertz erwähnen. Wie funktioniert der?

I: Wir beschleunigen Elektronen über ein Feld. Durch inelastische Stöße mit den Gasatomen werden diese sobald sie genügend Energie abgebremst, sodass sie das anschließende Gegenfeld nicht mehr überwinden können. Das gibt die typische Franck-Hertz-Kurve.

P: Was passiert bei einem elastischen Stoß mit dem Atom?

I: Gar nichts, es ändert nur seinen Impuls.

P: Und bei tiefinelastischen Stößen? Können sie mir das mal aufzeichnen?

I: Ich nutze zur Anschauung mal das Bohrsche Atommodell, habe also einen Atomkern und drum herum Kreise, die den Hauptquantenzahlen entsprechen. Im Beispiel von Sauerstoff habe ich dann 2 Elektronen in der ersten und 6 in der zweiten Schale. Bei einem inelastischen Stoß hebe ich die Elektronen in eine höhere Schale oder ionisiere das Atom sogar. Nach kurzer Zeit fällt dann ein anderes (oder das gleiche) Elektron wieder in den freien Platz, wobei ein Photon abgegeben oder ein anderes Elektron angeregt wird.

P: Jetzt haben Sie mir was über das Bohrsche Atommodell erzählt. Wie sieht das denn in der Quantenmechanik aus?

I: Da habe ich dann die Schrödingergleichung (Jetzt habe ich den Hamiltonian hingeschrieben, die stationäre Schrödingergleichung und die Lösungen des Wasserstoffproblems erklärt)

P: Gehen wir nochmal zurück zur Rutherford. Da gibt es ja auch einen Streuversuch zu. Können Sie den mal erklären?

I: Ja. Dabei werden Alpha-Teilchen an einer dünnen Goldfolie gestreut. Anders als ursprünglich erwartet kommt es zu deutlich mehr Rückstreuung.

P: Zu Rückstreuung? Sind Sie sicher? Was war denn das damalige Atommodell?

I: (Ziemlich verunsichert) Man ging davon aus, dass die Atome aus einer positiv geladenen durchlässigen Masse mit punktförmigen Elektronen darin bestand. Deshalb wird das auch als Rosinenkuchenmodell bezeichnet.

P: Genau, das heißt man hat mehr Rückstreuung erwartet als man bekommen hat.

I: (Habe das so stehen lassen, weil ich mir unsicher war. Laut Wikipedia hat man aber weniger Rückstreuung erwartet, weil die Masse ja als durchlässig angenommen wurde)

P: Was ist denn die Rutherfordsche Streuformel?

I: Der differentielle Wirkungsquerschnitt ist proportional zu $\sin(\theta/2)^{-4}$.

P: Genau, können Sie das mal aufzeichnen?

I: (Zeichne es hin)

P: Das war jetzt das Rutherford'sche Modell. Wie sieht das in der Realität aus?

I: Wenn wir Spin haben, wird die Rückstreuung am Kern unterdrückt aufgrund der Erhaltung der Helizität.

P: Wir gehen davon aus, dass wir keinen Spin haben.

I: (Hier stand ich auf dem Schlauch)

P: (Hat mir dann mehrere Maxima aufgezeichnet)

I: Ahh, wenn die Energie groß genug ist, sodass die De-Broglie-Wellenlänge in der Größe des Kerns liegt kommt es zu Streuung an diesem.

P: Und warum sieht das so aus?

I: Nach dem Bloch-Theorem entspricht das gerade der Streuung an nem Spalt in Kernform. Demnach bekommt man so ein Interferenzmuster.

P: Was für einer Kernstruktur entspricht das?

I: (Mir fällt der Name nicht ein aber ich beschreibe ein Saxon-Woods-Potential)

P: Okay, kommen wir zu einem ganz anderen Thema. Sie kennen sicher den Beta-Zerfall. Was passiert da?

I: Je nachdem ob wir nen Beta-Plus oder Beta-Minus-Zerfall haben, zerfällt ein Proton in ein Neutron oder umgekehrt und dabei werden ein Lepton und Antineutrino bzw. die entsprechenden Antiteilchen emittiert. (Habe dann das Feynmandiagramm dazu hingezeichnet).

P: Kann beim Beta-Minus-Zerfall das W^- auch in ein Positron zerfallen?

I: Nein, wegen Ladungserhaltung

P: Kann das W^- auch in etwas anderes zerfallen?

I: (Haben dann überlegt, ob das auch in ein Myon zerfallen kann, da war er sich beim Beta-Zerfall energy aber selbst nicht sicher.)

P: Sagt ihnen K-Einfang etwas?

I: Nein

P: Okay, das ist, wenn der Kern ein Elektron aufnimmt und dann ein Beta-Plus-Zerfall passiert. Können Sie sich vorstellen, wofür das K steht?

I: Vermutlich für die K-Schale des Atoms.

P: Genau. Kann das auch beim Beta-Minus-Zerfall passieren?

I: In der Regel befindet sich in einem Atom kein Positron, insofern nein.

P: Okay, jetzt noch eine andere Sache: Wissen Sie denn, was ein Proton wiegt?

I: Etwa 940 MeV.

P: Ja, knapp unter 1GeV. Wissen Sie auch was ein W-Boson wiegt?

I: Etwa 80 GeV.

P: Genau. Können Sie mir erklären, wie also ein Proton in ein W-Boson zerfallen kann?

I: Das liegt daran, dass das W-Boson nur virtuell existiert. Nach Heisenberg gilt Energie- mal Zeitunschärfe ist etwa \hbar . Die Energieerhaltung kann also verletzt werden, allerdings liegt die Lebenszeit dann auch in der Größenordnung der Zeitunschärfe.

P: Genau, kann auch die Impulserhaltung verletzt werden?

I: Ja, es gilt das gleiche für Orts- und Impulsunschärfe.

P: Können Sie sich erklären woher das kommt?

I: Wenn wir ein Teilchen als Wellenpaket in Gauß-Form mit der Breite Δx beschreiben und das Fouriertransformieren bekommen wir wieder eine Gaußform mit der Breite Δk .

P: Genau, das ist ein Satz aus der Fourieranalysis.

I: (Wir haben vorher noch ein bisschen allgemein über Wellen geredet, aber das bekomme ich nicht mehr zusammen.)

P: So, dann machen doch noch ein bisschen Festkörperphysik. Was können Sie mir zur monoatomaren Kette sagen?

I: Bei einer monoatomaren Kette liegen Atome im Minimum vom Potential. Das lässt sich für jedes Atom parabolisch nähern (hier hat er kurz nachgehakt und Taylorentwicklung hören wollen), sodass wir das dann als Massepunkte auffassen können, die mit Federn verbunden sind. Wenn wir die Newtonsche Bewegungsgleichungen für jeden Massepunkt aufstellen kommen wir mit einem Wellenansatz auf eine Dispersionsrelation, die etwa so aussieht (zeichnet versehentlich die für Elektronen auf, also ohne einen Knick im Ursprung)

P: Was ist das für eine Funktion?

I: Sinus zum Quadrat von $k \cdot a/2$

P: Nein, das ist der Betrag vom Sinus. Warum haben Sie jetzt aufgehört bei $k = \pi/a$ zu zeichnen? Geht das für höhere k nicht weiter?

I: Nein, sobald die halbe Wellenlänge kleiner als der Atomabstand ist tritt der Alias-Effekt ein, sodass größere k -Werte kleineren k -Werten entsprechen.

P: Wie bekomme ich jetzt die Schallgeschwindigkeit?

I: Indem ich den Sinus in erster Ordnung nähere

P: Ist das eine Gruppen oder Phasengeschwindigkeit?

I: Beides, weil die Dispersionsrelation linear ist.

P: Und wenn Sie ein Teilchen in Wellenform beschreiben? Ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit dann ne Phasen- oder Gruppengeschwindigkeit?

I: Gruppengeschwindigkeit

P: Was passiert für k am Rand der Brillouinzone?

I: Da bekomme ich eine ebene Welle.

P: Wie erzeugen Sie die?

I: (Kommt nicht auf das was er hören möchte)

P: Indem Sie zwei Wellen gegeneinander laufen lassen. Wie passiert das hier im Kristall?

I: Die Welle "reflektiert" am Kristallende.
P: Genau. Sollen wir nochmal Teilchenphysik machen?
I: Gerne
P: Wir haben vorher über die schwache Wechselwirkung gesprochen. Was für Kräfte kennen Sie noch?
I: Die starke, die elektromagnetische und die gravitative Kraft. Letztere wird aber nicht durch das Standardmodell beschrieben.
P: Können mir Sie erklären, was bei der starken Kraft passiert?
I: Prinzipiell wechselwirken alle Teilchen die eine Farbladung haben mittels Gluonen. Die bestehen aus immer genau einer Farbe und Antifarbe, bis auf die zwei farblosen Gluonen, bei denen ist das ein bisschen komplizierter. Eine antisymmetrische Farbkonstellation wirkt insgesamt dann anziehend.
P: Und wie funktioniert das zwischen einzelnen Nukleonen?
I: Da geschieht der Austausch über Pionen.
P: Wie kann das sein, haben Pionen eine Farbladung?
I: Die Pionen als ganzes sind farbneutral, aber das Quark und Antiquark besitzen eine Farbe und die zugehörige Antifarbe.
P: Haben Sie da eine klassische Analogie für?
I: (Mir fällt nichts ein)
P: Sagt Ihnen Van der Waals etwas?
I: Ja, wenn Moleküle ein spontanes Dipolmoment ausbilden erzeugt das ein elektrisches Feld. Das induziert in den umliegenden Molekülen auch ein Dipolmoment, sodass insgesamt eine Anziehung entsteht.
P: Nochmal zu den Pionen. Gibt es auch angeregte Pionen?
I: Ja, aber die heißen dann nicht mehr Pionen.
P: Sondern?
I: (Mir fällt es nicht mehr ein)
P: Das sind dann rho-Mesonen. Was ist an denen anders?
I: Die haben nen Spin von 1, das heißt die Spins summieren sich auf.
P: Gibt es auch Spin 1/2 Mesonen?
I: Nein, die Addition von zwei halbzahligen Spins ist immer ganzzahlig
P: Okay. Eine letzte Frage noch: Wie würden Sie jetzt experimentell testen, ob die Quarks wirklich existieren?
I: Mit tiefinelastischer Streuung.
P: Was würden Sie dabei für Teilchen verwenden?
I: Elektronen?
P: Ja, noch ein anderes Beispiel?
I: Neutronen?
P: Neutronen würde ich eher nicht nehmen. Haben Sie eine Idee warum?
I: Wegen der inneren Struktur?
P: Genau, Neutronen haben selber nochmal eine Struktur. Damit machen Sie es sich nur unnötig schwer. Wie sieht dann die Strukturfunktion im Proton aus?
I: (Weiß grade nicht mehr, was die Strukturfunktion war)
P: Diese Funktion, bei der Sie auf der x-Achse die Bjorken-Skalenvariable haben.
I: Ahh. (Ich zeichne sie auf)
P: Jetzt ist die Zeit auch schon vorbei. Gehen Sie bitte kurz vor die Tür.

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: 19. Oktober 2022	Fachsemester: 6
Welche Vorlesungen wurden geprüft?		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? -		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
Verwendete Literatur/Skripte: Ex IV: Folien von Prof. Hunger Ex V: Mitschrieb bei Prof. Wernsdorfer Ex VI: Folien von Prof. Drexlin
Dauer der Vorbereitung: 3 Wochen
Art der Vorbereitung: Die ersten 2 Wochen und 5 Tage alles zusammengefasst, die letzten zwei Tage Protokolle gelernt
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Lernt nicht nur die Themen, sondern übt auch das Vortragen und stellt euch dabei selbst kritische Nachfragen.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Ich war sehr aufgeregt, Herr Wolf hat es mit seiner entspannten Art (und einem Merci) jedoch geschafft mir diese zu nehmen. Danach war die Prüfung ein Gespräch, bei dem sehr konkrete Fragen gestellt wurden. Die Struktur war durch meine Antworten nicht beeinflussbar und es gab gelegentliche Themensprünge. Insgesamt kann ich Herrn Wolf sehr weiterempfehlen. Ist ein sehr sympathischer Prüfer!
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Er formulierte die Frage um oder versuchte mir mit Tipps oder Analogien auf die Sprünge zu helfen.
Kommentar zur Prüfung: Der Prüfer ist sehr weiterzuempfehlen
Kommentar zur Benotung: 1,0
Die Schwierigkeit der Prüfung: Zum einen die Themensprünge, zum anderen war mir gelegentlich seine Fragestellung nicht ganz klar.

Die Fragen

I: Ich

P: Prüfer

Ich schreibe das ganze Frage-Antwort-Spiel jetzt in einem flüssigen Gespräch auf. Davon sollte man sich nicht verunsichern lassen, in der Prüfung selbst war sehr viel gestammel, gezögere und weiteres herumgeunsichere.

Nach ein bisschen Small Talk und etwas Schokolade:

P: Fangen wir an. Stellen Sie sich vor, Sie haben zwei Elektroden und legen da ne Spannung an. Um die Elektroden herum haben Sie eine Glaskuppel mit einem Vakuum.

Wie sieht hier die Strom-Spannungs-Kennlinie aus?

- I: Wenn die Spannung groß genug ist, um die Bindungsenergie der Elektronen an die Atomrümpfe zu überwinden, werden vereinzelt Elektronen freigesetzt, die anschließend vom elektrischen Feld zur Anode hin beschleunigt werden.
- P: Nehmen wir mal an wir haben eine Glühkathode.
- I: Dann werden konstant Elektronen mit einem Impuls in eine zufällige Richtung freigesetzt. Wenn wir jetzt die Spannung erhöhen, steigt der Strom zunächst an und erreicht schließlich eine Sättigung, wenn das Feld groß genug ist, um alle freien Elektronen zur Anode zu beschleunigen.
- P: Warum heißt das überhaupt Glühkathode?
- I: Weil sie glüht? (Ich wollte hier eigentlich etwas zum Planck'sche Strahlungsgesetz idealer schwarzer Körper sagen, hab in der Aufregung aber den Namen vergessen)
- P: Ja, warum genau werden denn nun Elektronen freigesetzt?
- I: Die Energieverteilung von Elektronen entspricht ja einer Fermi-Verteilung. Ist die Temperatur groß genug, so gibt es Elektronen, deren Energie größer ist als die Bindungsenergie im Metall, sodass sie freigesetzt werden.
- P: Genau. Was passiert, wenn wir jetzt Licht einstrahlen?
- I: Dann werden durch den Photoeffekt Elektronen freigesetzt, indem Photonen absorbiert werden und zur anderen Platte beschleunigt. Um die kinetische Energie der Elektronen zu bestimmen kann man ein Gegenfeld anlegen und bei fester Frequenz die Gegenspannung erhöhen, bis man keinen Strom mehr misst. (Gerade von eU über f gezeichnet mit Steigung h und Achsenabschnitt erklärt)
- P: Wie beeinflusst die Intensität des Lichts diese Gerade?
- I: Gar nicht. Dadurch werden nur mehr Elektronen freigesetzt, aber nicht mit größerer Energie. Das ist gerade der Widerspruch zur klassischen Welle, bei der die Energie in der Intensität und nicht in der Frequenz liegt.
- P: Okay sehr gut. Was passiert jetzt, wenn wir die Kuppel mit einem Gas füllen?
- I: Dann bekommen wir bei sehr großen Spannungen einen Überschlag, weil sich ein Plasma bildet. (Ich habe hier noch was zu Franck-Hertz gesagt, dann aber selbst gemerkt, dass das damit nichts zu tun hat, weil die Elektronen kein Gegenfeld überwinden müssen.)
- P: Wenn Sie schon Franck-Hertz erwähnen. Wie funktioniert der?
- I: Wir beschleunigen Elektronen über ein Feld. Durch inelastische Stöße mit den Gasatomen werden diese sobald sie genügend Energie abgebremst, sodass sie das anschließende Gegenfeld nicht mehr überwinden können. Das gibt die typische Franck-Hertz-Kurve.
- P: Was passiert bei einem elastischen Stoß mit dem Atom?
- I: Gar nichts, es ändert nur seinen Impuls.
- P: Und bei tiefinelastischen Stößen? Können sie mir das mal aufzeichnen?
- I: Ich nutze zur Anschauung mal das Bohrsche Atommodell, habe also einen Atomkern und drum herum Kreise, die den Hauptquantenzahlen entsprechen. Im Beispiel von Sauerstoff habe ich dann 2 Elektronen in der ersten und 6 in der zweiten Schale. Bei einem inelastischen Stoß hebe ich die Elektronen in eine höhere Schale oder ionisiere das Atom sogar. Nach kurzer Zeit fällt dann ein anderes (oder das gleiche) Elektron wieder in den freien Platz, wobei ein Photon abgegeben oder ein anderes Elektron angeregt wird.
- P: Jetzt haben Sie mir was über das Bohrsche Atommodell erzählt. Wie sieht das denn in der Quantenmechanik aus?
- I: Da habe ich dann die Schrödingergleichung (Jetzt habe ich den Hamiltonian hingeschrieben, die stationäre Schrödingergleichung und die Lösungen des Wasserstoffproblems erklärt)
- P: Gehen wir nochmal zurück zur Rutherford. Da gibt es ja auch einen Streuversuch zu. Können Sie den mal erklären?
- I: Ja. Dabei werden Alpha-Teilchen an einer dünnen Goldfolie gestreut. Anders als ursprünglich erwartet kommt es zu deutlich mehr Rückstreuung.
- P: Zu Rückstreuung? Sind Sie sicher? Was war denn das damalige Atommodell?
- I: (Ziemlich verunsichert) Man ging davon aus, dass die Atome aus einer positiv geladenen durchlässigen Masse mit punktförmigen Elektronen darin bestand. Deshalb wird das auch als Rosinenkuchenmodell bezeichnet.
- P: Genau, das heißt man hat mehr Rückstreuung erwartet als man bekommen hat.
- I: (Habe das so stehen lassen, weil ich mir unsicher war. Laut Wikipedia hat man aber weniger Rückstreuung erwartet, weil die Masse ja als durchlässig angenommen wurde)
- P: Was ist denn die Rutherfordsche Streuformel?
- I: Der differentielle Wirkungsquerschnitt ist proportional zu $\sin^2(\theta/2)^{-4}$.
- P: Genau, können Sie das mal aufzeichnen?
- I: (Zeichne es hin)
- P: Das war jetzt das Rutherford'sche Modell. Wie sieht das in der Realität aus?
- I: Wenn wir Spin haben, wird die Rückstreuung am Kern unterdrückt aufgrund der Erhaltung der Helizität.
- P: Wir gehen davon aus, dass wir keinen Spin haben.
- I: (Hier stand ich auf dem Schlauch)
- P: (Hat mir dann mehrere Maxima aufgezeichnet)

I: Ahh, wenn die Energie groß genug ist, sodass die De-Broglie-Wellenlänge in der Größe des Kerns liegt kommt es zu Streuung an diesem.

P: Und warum sieht das so aus?

I: Nach dem Bloch-Theorem entspricht das gerade der Streuung an nem Spalt in Kernform. Demnach bekommt man so ein Interferenzmuster.

P: Was für einer Kernstruktur entspricht das?

I: (Mir fällt der Name nicht ein aber ich beschreibe ein Saxon-Woods-Potential)

P: Okay, kommen wir zu einem ganz anderen Thema. Sie kennen sicher den Beta-Zerfall. Was passiert da?

I: Je nachdem ob wir nen Beta-Plus oder Beta-Minus-Zerfall haben, zerfällt ein Proton in ein Neutron oder umgekehrt und dabei werden ein Lepton und Antineutrino bzw. die entsprechenden Antiteilchen emittiert. (Habe dann das Feynmandiagramm dazu hingezeichnet).

P: Kann beim Beta-Minus-Zerfall das W- auch in ein Positron zerfallen?

I: Nein, wegen Ladungserhaltung

P: Kann das W- auch in etwas anderes zerfallen?

I: (Haben dann überlegt, ob das auch in ein Myon zerfallen kann, da war er sich beim Beta-Zerfall energiegelaber aber selbst nicht sicher.)

P: Sagt ihnen K-Einfang etwas?

I: Nein

P: Okay, das ist, wenn der Kern ein Elektron aufnimmt und dann ein Beta-Plus-Zerfall passiert. Können Sie sich vorstellen, wofür das K steht?

I: Vermutlich für die K-Schale des Atoms.

P: Genau. Kann das auch beim Beta-Minus-Zerfall passieren?

I: In der Regel befindet sich in einem Atom kein Positron, insofern nein.

P: Okay, jetzt noch eine andere Sache: Wissen Sie denn, was ein Proton wiegt?

I: Etwa 940 MeV.

P: Ja, knapp unter 1GeV. Wissen Sie auch was ein W-Boson wiegt?

I: Etwa 80 GeV.

P: Genau. Können Sie mir erklären, wie also ein Proton in ein W-Boson zerfallen kann?

I: Das liegt daran, dass das W-Boson nur virtuell existiert. Nach Heisenberg gilt Energie- mal Zeitunsicherheit ist etwa \hbar . Die Energieerhaltung kann also verletzt werden, allerdings liegt die Lebenszeit dann auch in der Größenordnung der Zeitunsicherheit.

P: Genau, kann auch die Impulserhaltung verletzt werden?

I: Ja, es gilt das gleiche für Orts- und Impulsunsicherheit.

P: Können Sie sich erklären woher das kommt?

I: Wenn wir ein Teilchen als Wellenpaket in Gauß-Form mit der Breite Δx beschreiben und das Fouriertransformieren bekommen wir wieder eine Gaußform mit der Breite Δk .

P: Genau, das ist ein Satz aus der Fourieranalysis.

I: (Wir haben vorher noch ein bisschen allgemein über Wellen geredet, aber das bekomme ich nicht mehr zusammen.)

P: So, dann machen doch noch ein bisschen Festkörperphysik. Was können Sie mir zur monoatomaren Kette sagen?

I: Bei einer monoatomaren Kette liegen Atome im Minimum vom Potential. Das lässt sich für jedes Atom parabolisch nähern (hier hat er kurz nachgehakt und Taylorentwicklung hören wollen), sodass wir das dann als Massepunkte auffassen können, die mit Federn verbunden sind. Wenn wir die Newtonsche Bewegungsgleichung für jeden Massepunkt aufstellen kommen wir mit einem Wellenansatz auf eine Dispersionsrelation, die etwa so aussieht (zeichnet versehentlich die für Elektronen auf, also ohne einen Knick im Ursprung)

P: Was ist das für eine Funktion?

I: Sinus zum Quadrat von $k \cdot a/2$

P: Nein, das ist der Betrag vom Sinus. Warum haben Sie jetzt aufgehört bei $k = \pi/a$ zu zeichnen? Geht das für höhere k nicht weiter?

I: Nein, sobald die halbe Wellenlänge kleiner als der Atomabstand ist tritt der Alias-Effekt ein, sodass größere k -Werte kleineren k -Werten entsprechen.

P: Wie bekomme ich jetzt die Schallgeschwindigkeit?

I: Indem ich den Sinus in erster Ordnung näherere

P: Ist das eine Gruppen oder Phasengeschwindigkeit?

I: Beides, weil die Dispersionsrelation linear ist.

P: Und wenn Sie ein Teilchen in Wellenform beschreiben? Ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit dann ne Phasen- oder Gruppengeschwindigkeit?

I: Gruppengeschwindigkeit

P: Was passiert für k am Rand der Brillouinzone?

I: Da bekomme ich eine ebene Welle.

P: Wie erzeugen Sie die?

I: (Kommt nicht auf das was er hören möchte)

P: Indem Sie zwei Wellen gegeneinander laufen lassen. Wie passiert das hier im Kristall?

I: Die Welle "reflektiert" am Kristallende.

P: Genau. Sollen wir nochmal Teilchenphysik machen?

I: Gerne

P: Wir haben vorher über die schwache Wechselwirkung gesprochen. Was für Kräfte kennen Sie noch?

I: Die starke, die elektromagnetische und die gravitative Kraft. Letztere wird aber nicht durch das Standardmodell beschrieben.

P: Können mir Sie erklären, was bei der starken Kraft passiert?

I: Prinzipiell wechselwirken alle Teilchen die eine Farbladung haben mittels Gluonen. Die bestehen aus immer genau einer Farbe und Antifarbe, bis auf die zwei farblosen Gluonen, bei denen ist das ein bisschen komplizierter. Eine antisymmetrische Farbkonstellation wirkt insgesamt dann anziehend.

P: Und wie funktioniert das zwischen einzelnen Nukleonen?

I: Da geschieht der Austausch über Pionen.

P: Wie kann das sein, haben Pionen eine Farbladung?

I: Die Pionen als ganzes sind farbneutral, aber das Quark und Antiquark besitzen eine Farbe und die zugehörige Antifarbe.

P: Haben Sie da eine klassische Analogie für?

I: (Mir fällt nichts ein)

P: Sagt Ihnen Van der Waals etwas?

I: Ja, wenn Moleküle ein spontanes Dipolmoment ausbilden erzeugt das ein elektrisches Feld. Das induziert in den umliegenden Molekülen auch ein Dipolmoment, sodass insgesamt eine Anziehung entsteht.

P: Nochmal zu den Pionen. Gibt es auch angeregte Pionen?

I: Ja, aber die heißen dann nicht mehr Pionen.

P: Sondern?

I: (Mir fällt es nicht mehr ein)

P: Das sind dann rho-Mesonen. Was ist an denen anders?

I: Die haben nen Spin von 1, das heißt die Spins summieren sich auf.

P: Gibt es auch Spin 1/2 Mesonen?

I: Nein, die Addition von zwei halbzahlgigen Spins ist immer ganzzahlig

P: Okay. Eine letzte Frage noch: Wie würden Sie jetzt experimentell testen, ob die Quarks wirklich existieren?

I: Mit tiefeinelastischer Streuung.

P: Was würden Sie dabei für Teilchen verwenden?

I: Elektronen?

P: Ja, noch ein anderes Beispiel?

I: Neutronen?

P: Neutronen würde ich eher nicht nehmen. Haben Sie eine Idee warum?

I: Wegen der inneren Struktur?

P: Genau, Neutronen haben selber nochmal eine Struktur. Damit machen Sie es sich nur unnötig schwer. Wie sieht dann die Strukturfunktion im Proton aus?

I: (Weiß grade nicht mehr, was die Strukturfunktion war)

P: Diese Funktion, bei der Sie auf der x-Achse die Bjorken-Skalenvariable haben.

I: Ahh. (Ich zeichne sie auf)

P: Jetzt ist die Zeit auch schon vorbei. Gehen Sie bitte kurz vor die Tür.

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: September 2022	Fachsemester: 6
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Ex 4, Ex 5, Ex 6		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? keine		

Zur Vorbereitung

Abprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: keine
Abprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: keine
Verwendete Literatur/Skripte: Ex 4 Folien von Hunger Ex 5 Wernsdorfer Aufschriebe Ex 6 Folien von Drexlin und SS 17 Wikipedia
Dauer der Vorbereitung: 3 Wochen
Art der Vorbereitung: allein
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Versucht so viel wie möglich zu verstehen und nicht nur auswendig zu lernen. Am Anfang fande ich es hilfreich mir einen Überblick über den Stoff zu verschaffen, bevor ich in die Tiefe gegangen bin.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Wir haben uns systematisch durch die Themen gearbeitet. Dabei hatte Dr. Wolf zwar insbesondere zur Festkörperphysik Fragen vorbereitet, aber es kam nie das Gefühl eines klassischen Frage-Antwort-Spiels auf. Stattdessen gab es ein sehr organisches Gespräch, indem ein Thema in den Raum geworfen wurde, zu dem ich dann was erzählt habe und dabei Zwischenfragen gestellt bekommen habe.
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Versucht umzuformulieren bzw. anders an das Thema heranzugehen. Dann löst er auf. Man wird aber nicht zappeln gelassen, wenn er auf ein Stichwort hinauswill, das man nicht findet.
Kommentar zur Prüfung: Ich kann Dr. Wolf weiterempfehlen. Wir sind leider kaum zu Ex 6 gekommen. Um das zu vermeiden, bietet es sich an ein entsprechendes Einstiegsthema zu wählen. Sonst sollte man sich ausreichend auf Festkörperphysik vorbereiten.
Kommentar zur Benotung: 1,0 Kleine Wackler werden einem nicht sehr negativ ausgelegt.
Die Schwierigkeit der Prüfung: Festkörperphysik zu einem größeren Umfang als erwartet.

Die Fragen

Photoeffekt

- Aufbau des Versuchs

- Strom über Beschleunigungsspannung bei verschiedenen Intensitäten auftragen
- max. Gegenspannung über Frequenz
- Quantenhypothese und Widerspruch zur klassischen Physik

Franck-Hertz-Versuch

- Aufbau
- Strom über Beschleunigungsspannung auftragen
- Interpretation (diskreten Energieniveaus)

Atommodelle

- Thomson
- Bohr
- Schalenmodell
- Hundesche Regeln am Beispiel Sauerstoff

Rutherford'scher Streuversuch

- Aufbau
- Winkelabhängigkeit
- Interpretation der Ergebnisse

Wasserstoffatom

- Hamiltonoperator
- Lösungsansatz
- Energieniveaus
- Korrekturen

Moleküle

- Kovalente Bindungen
- Molekülorbitale
- Oktettregel
- Anregungen/Schwingungen (Übergang zu Ketten von Atomen)

Monoatomische/Diatomische Kette

- Dispersion
- Unterscheidung optischer/akustischer Zweig
- Reziprokes Gitter
- Brillouinzonen

freies Elektronengas

- Fermitemperatur
 - Dispersion
 - Sommerfeld vs Drude
- Hier waren schon gute 45-50 Minuten vorbei-

Ex6

- Kernbestandteile
- Wechselwirkungen und Austauschteilchen
- Mott-Streuung
- Streuung bei hohen Energien
- Formfaktoren

Insgesamt wurde leicht überzogen (~65 Minuten)

Die Fragen zu den einzelnen Themen sind in den anderen Altprotokollen sehr gut dargestellt.

Fach: Experimentelle Physik

PrüferIn: Wolf

☒ BP ☐ NP ☐ SF ☐ EF ☐ NF ☐ 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

Abgabe mit PrüferIn über folgende Themengebiete: Keine

Abgabe 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)

Wiederholen/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? Formulierte 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 ν aufgetragen. Wissen Sie, wie I über U (Anoden- bzw Kathoden- 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 Anregungsspannung.

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 Beschleunigungsspannung beschleunigt 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 virtuell 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 ω , 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 (Ångström).

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. β -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 β -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)

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: 19. Oktober 2022	Fachsemester: 6
Welche Vorlesungen wurden geprüft?		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? -		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
Verwendete Literatur/Skripte: Ex IV: Folien von Prof. Hunger Ex V: Mitschrieb bei Prof. Wernsdorfer Ex VI: Folien von Prof. Drexlin
Dauer der Vorbereitung: 3 Wochen
Art der Vorbereitung: Die ersten 2 Wochen und 5 Tage alles zusammengefasst, die letzten zwei Tage Protokolle gelernt
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Lernt nicht nur die Themen, sondern übt auch das Vortragen und stellt euch dabei selbst kritische Nachfragen.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Ich war sehr aufgeregt, Herr Wolf hat es mit seiner entspannten Art (und einem Merci) jedoch geschafft mir diese zu nehmen. Danach war die Prüfung ein Gespräch, bei dem sehr konkrete Fragen gestellt wurden. Die Struktur war durch meine Antworten nicht beeinflussbar und es gab gelegentliche Themensprünge. Insgesamt kann ich Herrn Wolf sehr weiterempfehlen. Ist ein sehr sympathischer Prüfer!
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Er formulierte die Frage um oder versuchte mir mit Tipps oder Analogien auf die Sprünge zu helfen.
Kommentar zur Prüfung: Der Prüfer ist sehr weiterzuempfehlen
Kommentar zur Benotung: 1,0
Die Schwierigkeit der Prüfung: Zum einen die Themensprünge, zum anderen war mir gelegentlich seine Fragestellung nicht ganz klar.

Die Fragen

I: Ich
P: Prüfer

Ich schreibe das ganze Frage-Antwort-Spiel jetzt in einem flüssigen Gespräch auf. Davon sollte man sich nicht verunsichern lassen, in der Prüfung selbst war sehr viel gestammel, gezögere und weiteres herumgeunsichere.

Nach ein bisschen Small Talk und etwas Schokolade:

P: Fangen wir an. Stellen Sie sich vor, Sie haben zwei Elektroden und legen da ne Spannung an. Um die Elektroden herum haben Sie eine Glaskuppel mit einem Vakuum.

Wie sieht hier die Strom-Spannungs-Kennlinie aus?

- I: Wenn die Spannung groß genug ist, um die Bindungsenergie der Elektronen an die Atomrümpfe zu überwinden, werden vereinzelt Elektronen freigesetzt, die anschließend vom elektrischen Feld zur Anode hin beschleunigt werden.
- P: Nehmen wir mal an wir haben eine Glühkathode.
- I: Dann werden konstant Elektronen mit einem Impuls in eine zufällige Richtung freigesetzt. Wenn wir jetzt die Spannung erhöhen, steigt der Strom zunächst an und erreicht schließlich eine Sättigung, wenn das Feld groß genug ist, um alle freien Elektronen zur Anode zu beschleunigen.
- P: Warum heißt das überhaupt Glühkathode?
- I: Weil sie glüht? (Ich wollte hier eigentlich etwas zum Planck'sche Strahlungsgesetz idealer schwarzer Körper sagen, hab in der Aufregung aber den Namen vergessen)
- P: Ja, warum genau werden denn nun Elektronen freigesetzt?
- I: Die Energieverteilung von Elektronen entspricht ja einer Fermi-Verteilung. Ist die Temperatur groß genug, so gibt es Elektronen, deren Energie größer ist als die Bindungsenergie im Metall, sodass sie freigesetzt werden.
- P: Genau. Was passiert, wenn wir jetzt Licht einstrahlen?
- I: Dann werden durch den Photoeffekt Elektronen freigesetzt, indem Photonen absorbiert werden und zur anderen Platte beschleunigt. Um die kinetische Energie der Elektronen zu bestimmen kann man ein Gegenfeld anlegen und bei fester Frequenz die Gegenspannung erhöhen, bis man keinen Strom mehr misst. (Gerade von eU über f gezeichnet mit Steigung h und Achsenabschnitt erklärt)
- P: Wie beeinflusst die Intensität des Lichts diese Gerade?
- I: Gar nicht. Dadurch werden nur mehr Elektronen freigesetzt, aber nicht mit größerer Energie. Das ist gerade der Widerspruch zur klassischen Welle, bei der die Energie in der Intensität und nicht der Frequenz liegt.
- P: Okay sehr gut. Was passiert jetzt, wenn wir die Kuppel mit einem Gas füllen?
- I: Dann bekommen wir bei sehr großen Spannungen einen Überschlag, weil sich ein Plasma bildet. (Ich habe hier noch was zu Franck-Hertz gesagt, dann aber selbst gemerkt, dass das damit nichts zu tun hat, weil die Elektronen kein Gegenfeld überwinden müssen.)
- P: Wenn Sie schon Franck-Hertz erwähnen. Wie funktioniert der?
- I: Wir beschleunigen Elektronen über ein Feld. Durch inelastische Stöße mit den Gasatomen werden diese sobald sie genügend Energie abgebremst, sodass sie das anschließende Gegenfeld nicht mehr überwinden können. Das gibt die typische Franck-Hertz-Kurve.
- P: Was passiert bei einem elastischen Stoß mit dem Atom?
- I: Gar nichts, es ändert nur seinen Impuls.
- P: Und bei tiefinelastischen Stößen? Können sie mir das mal aufzeichnen?
- I: Ich nutze zur Anschauung mal das Bohrsche Atommodell, habe also einen Atomkern und drum herum Kreise, die den Hauptquantenzahlen entsprechen. Im Beispiel von Sauerstoff habe ich dann 2 Elektronen in der ersten und 6 in der zweiten Schale. Bei einem inelastischen Stoß hebe ich die Elektronen in eine höhere Schale oder ionisiere das Atom sogar. Nach kurzer Zeit fällt dann ein anderes (oder das gleiche) Elektron wieder in den freien Platz, wobei ein Photon abgegeben oder ein anderes Elektron angeregt wird.
- P: Jetzt haben Sie mir was über das Bohrsche Atommodell erzählt. Wie sieht das denn in der Quantenmechanik aus?
- I: Da habe ich dann die Schrödingergleichung (Jetzt habe ich den Hamiltonian hingeschrieben, die stationäre Schrödingergleichung und die Lösungen des Wasserstoffproblems erklärt)
- P: Gehen wir nochmal zurück zur Rutherford. Da gibt es ja auch einen Streuversuch zu. Können Sie den mal erklären?
- I: Ja. Dabei werden Alpha-Teilchen an einer dünnen Goldfolie gestreut. Anders als ursprünglich erwartet kommt es zu deutlich mehr Rückstreuung.
- P: Zu Rückstreuung? Sind Sie sicher? Was war denn das damalige Atommodell?
- I: (Ziemlich verunsichert) Man ging davon aus, dass die Atome aus einer positiv geladenen durchlässigen Masse mit punktförmigen Elektronen darin bestand. Deshalb wird das auch als Rosinenkuchenmodell bezeichnet.
- P: Genau, das heißt man hat mehr Rückstreuung erwartet als man bekommen hat.
- I: (Habe das so stehen lassen, weil ich mir unsicher war. Laut Wikipedia hat man aber weniger Rückstreuung erwartet, weil die Masse ja als durchlässig angenommen wurde)
- P: Was ist denn die Rutherfordsche Streuformel?
- I: Der differentielle Wirkungsquerschnitt ist proportional zu $\sin(\theta/2)^{-4}$.
- P: Genau, können Sie das mal aufzeichnen?
- I: (Zeichne es hin)
- P: Das war jetzt das Rutherford'sche Modell. Wie sieht das in der Realität aus?
- I: Wenn wir Spin haben, wird die Rückstreuung am Kern unterdrückt aufgrund der Erhaltung der Helizität.
- P: Wir gehen davon aus, dass wir keinen Spin haben.
- I: (Hier stand ich auf dem Schlauch)
- P: (Hat mir dann mehrere Maxima aufgezeichnet)

I: Ahh, wenn die Energie groß genug ist, sodass die De-Broglie-Wellenlänge in der Größe des Kerns liegt kommt es zu Streuung an diesem.

P: Und warum sieht das so aus?

I: Nach dem Bloch-Theorem entspricht das gerade der Streuung an nem Spalt in Kernform. Demnach bekommt man so ein Interferenzmuster.

P: Was für einer Kernstruktur entspricht das?

I: (Mir fällt der Name nicht ein aber ich beschreibe ein Saxon-Woods-Potential)

P: Okay, kommen wir zu einem ganz anderen Thema. Sie kennen sicher den Beta-Zerfall. Was passiert da?

I: Je nachdem ob wir nen Beta-Plus oder Beta-Minus-Zerfall haben, zerfällt ein Proton in ein Neutron oder umgekehrt und dabei werden ein Lepton und Antineutrino bzw. die entsprechenden Antiteilchen emittiert. (Habe dann das Feynmandiagramm dazu hingezeichnet).

P: Kann beim Beta-Minus-Zerfall das W- auch in ein Positron zerfallen?

I: Nein, wegen Ladungserhaltung

P: Kann das W- auch in etwas anderes zerfallen?

I: (Haben dann überlegt, ob das auch in ein Myon zerfallen kann, da war er sich beim Beta-Zerfall energiegelaber aber selbst nicht sicher.)

P: Sagt ihnen K-Einfang etwas?

I: Nein

P: Okay, das ist, wenn der Kern ein Elektron aufnimmt und dann ein Beta-Plus-Zerfall passiert. Können Sie sich vorstellen, wofür das K steht?

I: Vermutlich für die K-Schale des Atoms.

P: Genau. Kann das auch beim Beta-Minus-Zerfall passieren?

I: In der Regel befindet sich in einem Atom kein Positron, insofern nein.

P: Okay, jetzt noch eine andere Sache: Wissen Sie denn, was ein Proton wiegt?

I: Etwa 940 MeV.

P: Ja, knapp unter 1GeV. Wissen Sie auch was ein W-Boson wiegt?

I: Etwa 80 GeV.

P: Genau. Können Sie mir erklären, wie also ein Proton in ein W-Boson zerfallen kann?

I: Das liegt daran, dass das W-Boson nur virtuell existiert. Nach Heisenberg gilt Energie-mal Zeitunsicherheit ist etwa \hbar . Die Energieerhaltung kann also verletzt werden, allerdings liegt die Lebenszeit dann auch in der Größenordnung der Zeitunschärfe.

P: Genau, kann auch die Impulserhaltung verletzt werden?

I: Ja, es gilt das gleiche für Orts- und Impulsunschärfe.

P: Können Sie sich erklären woher das kommt?

I: Wenn wir ein Teilchen als Wellenpaket in Gauß-Form mit der Breite Δx beschreiben und das Fouriertransformieren bekommen wir wieder eine Gaußform mit der Breite Δk .

P: Genau, das ist ein Satz aus der Fourieranalysis.

I: (Wir haben vorher noch ein bisschen allgemein über Wellen geredet, aber das bekomme ich nicht mehr zusammen.)

P: So, dann machen doch noch ein bisschen Festkörperphysik. Was können Sie mir zur monoatomaren Kette sagen?

I: Bei einer monoatomaren Kette liegen Atome im Minimum vom Potential. Das lässt sich für jedes Atom parabolisch nähern (hier hat er kurz nachgehakt und Taylorentwicklung hören wollen), sodass wir das dann als Massepunkte auffassen können, die mit Federn verbunden sind. Wenn wir die Newtonsche Bewegungsgleichungen für jeden Massepunkt aufstellen kommen wir mit einem Wellenansatz auf eine Dispersionsrelation, die etwa so aussieht (zeichnet versehentlich die für Elektronen auf, also ohne einen Knick im Ursprung)

P: Was ist das für eine Funktion?

I: Sinus zum Quadrat von $k \cdot a/2$

P: Nein, das ist der Betrag vom Sinus. Warum haben Sie jetzt aufgehört bei $k = \pi/a$ zu zeichnen? Geht das für höhere k nicht weiter?

I: Nein, sobald die halbe Wellenlänge kleiner als der Atomabstand ist tritt der Alias-Effekt ein, sodass größere k -Werte kleineren k -Werten entsprechen.

P: Wie bekomme ich jetzt die Schallgeschwindigkeit?

I: Indem ich den Sinus in erster Ordnung näherere

P: Ist das eine Gruppen oder Phasengeschwindigkeit?

I: Beides, weil die Dispersionsrelation linear ist.

P: Und wenn Sie ein Teilchen in Wellenform beschreiben? Ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit dann ne Phasen- oder Gruppengeschwindigkeit?

I: Gruppengeschwindigkeit

P: Was passiert für k am Rand der Brillouinzone?

I: Da bekomme ich eine ebene Welle.

P: Wie erzeugen Sie die?

I: (Kommt nicht auf das was er hören möchte)

P: Indem Sie zwei Wellen gegeneinander laufen lassen. Wie passiert das hier im Kristall?

I: Die Welle "reflektiert" am Kristallende.

P: Genau. Sollen wir nochmal Teilchenphysik machen?

I: Gerne

P: Wir haben vorher über die schwache Wechselwirkung gesprochen. Was für Kräfte kennen Sie noch?

I: Die starke, die elektromagnetische und die gravitative Kraft. Letztere wird aber nicht durch das Standardmodell beschrieben.

P: Können mir Sie erklären, was bei der starken Kraft passiert?

I: Prinzipiell wechselwirken alle Teilchen die eine Farbladung haben mittels Gluonen. Die bestehen aus immer genau einer Farbe und Antifarbe, bis auf die zwei farblosen Gluonen, bei denen ist das ein bisschen komplizierter. Eine antisymmetrische Farbkonstellation wirkt insgesamt dann anziehend.

P: Und wie funktioniert das zwischen einzelnen Nukleonen?

I: Da geschieht der Austausch über Pionen.

P: Wie kann das sein, haben Pionen eine Farbladung?

I: Die Pionen als ganzes sind farbneutral, aber das Quark und Antiquark besitzen eine Farbe und die zugehörige Antifarbe.

P: Haben Sie da eine klassische Analogie für?

I: (Mir fällt nichts ein)

P: Sagt Ihnen Van der Waals etwas?

I: Ja, wenn Moleküle ein spontanes Dipolmoment ausbilden erzeugt das ein elektrisches Feld. Das induziert in den umliegenden Molekülen auch ein Dipolmoment, sodass insgesamt eine Anziehung entsteht.

P: Nochmal zu den Pionen. Gibt es auch angeregte Pionen?

I: Ja, aber die heißen dann nicht mehr Pionen.

P: Sondern?

I: (Mir fällt es nicht mehr ein)

P: Das sind dann rho-Mesonen. Was ist an denen anders?

I: Die haben nen Spin von 1, das heißt die Spins summieren sich auf.

P: Gibt es auch Spin 1/2 Mesonen?

I: Nein, die Addition von zwei halbzahlgigen Spins ist immer ganzzahlig

P: Okay. Eine letzte Frage noch: Wie würden Sie jetzt experimentell testen, ob die Quarks wirklich existieren?

I: Mit tiefeinelastischer Streuung.

P: Was würden Sie dabei für Teilchen verwenden?

I: Elektronen?

P: Ja, noch ein anderes Beispiel?

I: Neutronen?

P: Neutronen würde ich eher nicht nehmen. Haben Sie eine Idee warum?

I: Wegen der inneren Struktur?

P: Genau, Neutronen haben selber nochmal eine Struktur. Damit machen Sie es sich nur unnötig schwer. Wie sieht dann die Strukturfunktion im Proton aus?

I: (Weiß grade nicht mehr, was die Strukturfunktion war)

P: Diese Funktion, bei der Sie auf der x-Achse die Bjorken-Skalenvariable haben.

I: Ahh. (Ich zeichne sie auf)

P: Jetzt ist die Zeit auch schon vorbei. Gehen Sie bitte kurz vor die Tür.

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: 19. Dezember 2019	Fachsemester: 7
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Ex 4 - 6		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Keine		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: Schwerpunkt: Teilchenphysik. Wenn ich möchte, kann ich mit Einstiegs/Vortragsthema anfangen (Kann ich nur empfehlen).
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: - Bogdan Povh "Teilchen Kerne" - Peter Schmüser "Eichtheorien für Experimentalphysiker" - Es gibt wohl noch ein gutes Detektorbuch von Wermes/Kollanowski Außerdem hat er auf die Themenliste im Modulhandbuch und auf die Nobelpreise verwiesen.
Verwendete Literatur/Skripte: Internet/Wikipedia, Povh, Zusammenfassungen von anderen (Sehr zu empfehlen: https://github.com/umute97/oralexam_prep/releases).
Dauer der Vorbereitung: 4 Wochen sehr wenig (z.B. alle Physik Nobelpreisträger durchgegangen.) 3 Wochen intensiv (neben Regulären Vorlesungen)
Art der Vorbereitung: überwiegend alleine, wöchentlich mal gegenseitige Abgefragt
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Geht die Themen des Modulhandbuches durch (dann habt ihr eine Struktur) - zu jedem Modul gibt es einen Punkt Inhalt, in dem die Wichtigsten begriffe, genannt werden. Vergesst dabei klassische Ex 1-3 nicht. Ich wusste am Ende zu jedem Thema was zu sagen. Ich denke, das ist Herrn Wolf gar nicht so wichtig.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Anfangs der Vortrag (ging mit rückfragen Plötzlich 20 Minuten)
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Hilft. Vermittelt einem ein beruhigendes Gefühl und das es nicht so schlimm ist. Kam z.T. unauffällig später darauf zurück und gibt noch eine Chance.
Kommentar zur Prüfung: Ich denke, der Anfang lief gut. Gegen Ende kam dann aber kein so wirkliches Gespräch mehr zustande. Das hat er aber denke ich nicht bewertet. Ich kann Herrn Wolf auf jeden Fall weiterempfehlen.
Kommentar zur Benotung: 1.7 fair. Für "Neben Bei" sehr zufrieden.
Die Schwierigkeit der Prüfung: Allgemein der wechsel zwischen den Fragen/Gebieten (Roge war sehr um einen Roten Faden in seinen Fragen bemüht). Themen wurden z.T. Oberflächlich abgefragt, z.T. aber auch sehr speziell. Schaut euch Symmetriebrechung und die Zusammenhänge zur Masse an.

Die Fragen

Vieles lässt sich nicht wirklich im Frage Antwort-Spiel verpacken. Das Protokoll darf keineswegs als wörtlicher Mitschrieb betrachtet werden.

W: Wolf

G: Gefragter

W: Macht am Anfang noch ein paar Witze. Führt einen Zaubertrick vor. Versucht eine entspannte Atmosphäre zu erzeugen. Liest dann grob die Inhalte der Prüfung, bzw. 3 Semester vor.

W: Ich habe mir ein paar fragen ausgedacht: Zeichnen sie mir bitte den Photoelektrischen Effekt auf.

G: Wirft ein er könnte als Anfangsthema die Grundlagen eines Halbleiterdetektors erklären.

W: Ja das passt auch.

G: Fängt mit Skizze eines freien Elektrons im eindimensionalen reziproken Raum (eine Parabel in der Brillouinzone von $-\pi/a$ bis π/a).

W: (unterbricht) Was soll dieses k Sein

G: Die Fouriertransformation des Impulses. (wollte auf "Wellenzahl" hinaus).

Es folgt eine verwirrende Diskussion, ob die parabelförmige Dispersionsrelation wirklich für ein freies Elektron gilt. Am Ende springt der Beisitzer ein.

G: Zeichnet die Parabel der nächsten Brillouinzone (Ursprung bei $2\pi/a$) ein. Aufgrund der Lauebedingungen muss am Rande der Brillouinzone die Dispersionsrelation abflachen/Null sein (Sidenotes: Anschaulich kommt es deshalb auch zu stehenden Wellen.

Aufgrund der Symmetrie kann man die Parabeln in eine Brillouinzone projizieren.)

Insgesamt kommt man dann zu Energieniveaus auf der Parabel (Valenzband) und einer Bandlücke und darüber dann wieder zum Leitungsband.

Fermienergie erklärt.

Unterschied von Leiter (Fermienergie liegt innerhalb der des Leitungsbandes, Oszillation wenn Spannu. anliegt.), Halbleiter (Bandlücke kleiner als 4eV), Isolator (Bandlücke größer 4eV).

Auf P(Bohr) und N(Phosphor) Dotierung eingegangen.

W: Warum Dotiert Bohr?

G: 5tes Element -> Dritte Hauptgruppe. Nach Madelungsschema wird erst die 1s Schale und die 2s Schale aufgefüllt und dann wird die 2p Schale mit einem Elektron angebrochen. Hier fehlen noch 5 weitere (4 kommen aus der Kovalenten Bindung des Si Atoms) -> deshalb haben wir hier quasi ein "Loch".

(W: Was passiert bei der Dotierung?)

G: Bei der p-Dotierung werden zusätzliche "Andockstellen" in die Bandlücke eingebracht. Dabei wird das Fermienergie-Niveau (innerhalb der Bandlücke) nach unten verschoben. Am Ende liegt aber die Fermienergie innerhalb des gesamten Festkörpers auf einem Niveau, weshalb sich effektiv das Valenz- und das Leitungsband nach oben verschiebt (Achtung die Größe der Bandlücke bleibt immer gleich).

Bei der n-Dotierung werden anschaulich Elektronen in die Bandlücke gebracht und das Fermienergie-Niveau wird nun zum Valenzband hin verschoben. Insgesamt wird Valenz und Leitungsband nach unten verschoben.

G: Erklärt weiter wie eine Diode mit einer N und einer P dotierten Seite und der Verarmungszone funktioniert (Sperrrichtung: Mit P-Schicht am Minus-Pol <-> hier musste ich kurz überlegen und W. meinte er würde hier auch leicht durcheinander kommen..)

(W: Wie Kann man jetzt mit der Diode Photonen detektieren?)

G: Ein Photon kann aus dem Valenzband ein Elektron heraus anregen und ins Leiterband schlagen. Dort fließt es dann aufgrund der Dotierung in ?N? Richtung ab. Dieser Strom kann dann gemessen werden. Anschaulich kommt das eher noch einer Solarzelle gleich, da das Elektron z.B. auch andere Elektronen mit ausschlagen kann.

Legt man eine Spannung in Sperrrichtung an kann man so die Verarmungszone über das gesamte Gitter ausbreiten und bekommt analog einen kontrollierter Detektion.

(W: was hat das mit dem Photoelektrischen Effekt zu tun.

G: Hat das ganze dann noch mit dem Photoelektrischen Effekt und erklärt diesen noch relativ detailliert. Skizziert die materialspezifischen Gerade(n) (Energie über Anzahl herausgeschlagener Elektronen mal Gegenspannung # Energie).

W: Ist das wirklich eine Gerade?

G: Ja, mit Steigung h .

W: Was bedeutet eine höhere (Photonen)Energie?

G: Bei gleichbleibender Frequenz: das mehr Photonen auf die Platte auftreffen. Bei gleichbleibender Anzahl an Photonen eine höhere Frequenz. Die höhere Photonenfrequenz bedeutet: die einzelnen Photonen haben mehr Energie und können die Elektronen auf eine höhere Schale schlagen.

W: Schreiben sie die Gleichung für eine ebene Welle hin.

G: (Hier habe ich mich ziemlich verrannt) $A \cdot \exp(k_{\text{vec}} \cdot x_{\text{vec}} - \omega \cdot t)$.

W: Was bedeutet das, wie kann man sich das vorstellen?

G: (bin mir nicht ganz sicher worauf er hinaus wollte) Wenn man sich an einem Ort befindet (also x , bzw. $k \cdot x$ konstant hält) so wird man ein Auf und Ab mit der Frequenz ω sehen. Betrachtet man die Welle zu einer festen Zeit, sieht man wie diese mit k_{vec} im Ort oszilliert.

W: Eine Abwandlung ist der Frank Herzversuch. Wie funktioniert der?

G: Elektronen treten an einer Glühkathode beschleunigt aus. Werden durch ein Gas geleitet, mit dem sie wechselwirken. Wenn die Elektronen noch genug Energie haben, überwinden sie nach dem Gas noch eine Gegenspannung und werden an Detektor_hinten oder am Detektor_mitte (ohne Gegenfeld). Trägt man Anzahl der Elektronen die die Gegenspannung überwinden über die Beschleunigungsspannung auf, so sieht man mehrer Dippes. diese Dippes entsprechen gerade den Absorptionsniveaus der Gases. -> Absorptionsenergie ist quantisiert.

W: Wann wurde ungefähr dafür der Nobelpreis verliehen.

G: glaube so 1920

W: Fast, 1914. Was schließen wir den daraus? Bzw. Was war den die Vorstellung vor Frank Herz

G: Rosinenkuchenmodell.

W: Genau das ist das Thompsonmodell welche Modelle kennen sie noch und durch was wurde das Thompson abgelegt?

G: Bohrsches Atommodell

W: Sehr gut und was hat das Atommodell damit zu tun.

G: Beim Bohrschen Atommodell ist die Energie quantisiert.

W: Kann man das im Bohrschen Atommodell erklären?

G: Diskussion -> Nein, ist ein Postulat.

W: Wie würden sie das Wasserstoffatom beschreiben

G: Schrödingergleichung, Separationsansatz(Radial und Winkelanteil), Randbedingung.

W: Woher genau kommt die Diskretisierung der Energie?

G: Randbedingung Potentialtopf. (freies Elektron hat keine Energieniveaus).

W: Was beschreibt denn die Wellenfunktion?

G: Wahrscheinlichkeitsdichte. Also erst das Betragsquadrat ist die Wahrscheinlichkeit.

W: Letzter Teil: Welche Elementarteilchen kennen sie?

G: Teilchenzoo aufgezählt, Quarks, Leptonen, Bosonen.

W: Was haben Leptonen und Quarks gemeinsam?

G: Beides Fermionen (halbzahliger spin)

W: Welche fundamentalen WW kennen Sie?

G: Starke, Schwache, Elektromagnetische. (Gravitativ, Higgs WW)

W: Was hat die Gravitativ WW im Standardmodell mit dem Higgsboson zu tun?

G: nichts.

W: Warum gibt es im Standardmodell doch Masse?

G: ...

W: Wer behauptet denn dass bewegte Teilchen eine Masse haben?

W: Niemand behauptet das.

W: Nennen sie mir 2 Beispiele für Kraftvereinheitlichung?

G: Schwache und Elektromagnetische Vereinheitlichung.

W: Gibt es noch eine?

G: die elektromagnetische Kraft.

W: Wenn wir ein WW feld haben, Wie viel Austauschteilchen haben wir da?

G: Elektron, Myon, Tauon,...

W: Austauschteilchen

G: Virtuelle Pion im Kern.

W: Nicht unbedingt falsch.

G: Gluonen

W: Wieviele Gluonen gibt es?

G: Es sind acht (Eigentlich neun, aber der neutrale Mischzustand hat keine Bedeutung)

W: Welche Masse hat das Gluon?

G: .. 0

W: Wie ist die Masse des Photons

G: auch 0

W: Wie kommt es dass Bosonen nicht die Masse 0 haben.

G: (hat es erst versucht mit der Neutrinooszillation zu vergleichen und zu begründen.

W: Ist einfach eine mathematische Notwendigkeit. Symmetriebrechung, ... (hier hat er noch einiges erklärt

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: 18. April 2019	Fachsemester: 7
Welche Vorlesungen wurden geprüft?		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Ex 6		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
Verwendete Literatur/Skripte: Ex 4: Haken-Wolf Ex 5: Gross: "Festkörperphysik" Ex 6: Povh Außerdem alles, was ich zum ersten Mal gehört habe, auf Wikipedia nachgelesen.
Dauer der Vorbereitung: ~5-6 Wochen
Art der Vorbereitung: handschriftliche Zusammenfassung geschrieben und gelernt, in der letzten Woche abfragen lassen
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Da es bisher nur zwei Protokolle für Prüfungen beim Wolf gab, habe ich zum Teil mit Husemann-Protokollen gelernt. Die Prüfungsstile und -themen sind zwar ziemlich unterschiedlich zwischen den beiden, es war aber auf jeden Fall hilfreich.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Er meinte von Anfang an, dass es eher ein lockeres Gespräch werden soll, und so lief es dann auch. Vor allem stellt er viele und klare Zwischenfragen. Es gab kein "Was können Sie mir denn darüber so erzählen?". Er hatte Fragen vorbereitet, hat dann aber eher spontan gefragt, was ihm gerade so einfiel.
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Lässt nicht lange zappeln, sondern formuliert um, stellt eine ähnliche Frage oder gibt Antwort einfach selber und folgert daraus dann aber direkt die nächste Frage.
Kommentar zur Prüfung: Sehr entspannte Atmosphäre.
Kommentar zur Benotung: 1,0. Hätte mir vielleicht bisschen was abgezogen wegen Defiziten bei Detektoren und Festkörpern, aber er meinte, dass ich eigentlich zu allem genug "anbieten" konnte. Hab mich nicht weiter beschwert.
Die Schwierigkeit der Prüfung: Bin eher schlecht im Zahlenwerte auswendig wissen bzw. abschätzen.

Die Fragen

W - Wolf

I - Ich

W: Haben Sie irgend ein Thema vorbereitet, mit dem Sie gerne anfangen würden?

I: Joa, hätte die CP-Verletzung beim neutralen Kaonen-Zerfall vorbereitet.

W: Da hör ich doch gerne zu, legen Sie mal los.

I: Ok. Also ein neutrales Kaon besteht aus einem Down- und einem Anti-Strange-Quark.

W: Was wäre denn ein Down und ein Anti-Down für ein Teilchen?

I: Ein π^0 .

W: Gäbe es noch eine andere Quark-Zusammensetzung, die ein π^0 ergeben würde?

I: Ja, das π^0 ist eine Superposition aus Down-Anti-Down und Up-Anti-Up.

W: Gut. Was hat so ein Kaon denn für eine Masse?

I: ...*Mist, das sollte ich wissen*

W: Fangen wir kleiner an, wie sieht es denn mit dem Pion aus?

I: ...

W: Noch kleiner, das Elektron?

I: 511 keV.

W: Genau. Das Pion liegt bei bisschen über 100 MeV und das Kaon bei knapp unter 500 MeV. Wieso ist das Kaon denn so viel schwerer als das Pion?

I: Wegen dem Strange-Quark?

W: Ja, könnte man meinen, aber kennen Sie die Massen der einzelnen Quarks?

I: Up und Down haben nur wenige MeV, das Strange knapp 100 MeV glaube ich.

W: So ist es. Die 500 MeV des Kaons können also nicht nur vom Strange kommen und meine Frage ist absolut nicht trivial. Aber egal, machen wir mal weiter.

I: Ok, das K^0 kann jetzt entweder semileptonisch zerfallen oder in zwei oder drei Pionen. Das gleiche gilt für das Anti- K^0 . Da wir ja zur CP-Verletzung kommen wollen, wenden wir mal den CP-Operator auf die Zustände vor und nach dem Zerfall an. Der P-Operator auf das Pion angewandt gibt jeweils eine -1 da es ein Meson ist.

W: Wieso haben Mesonen eine Parität von -1?

I: Hm, die intrinsische Parität von Teilchen folgt doch aus der Dirac-Theorie...

W: Genau. Da wählen wir für Fermionen eine Parität von 1 und für Anti-Fermionen eine von -1. Was heißt das jetzt für das Meson?

I: Das besteht gerade aus Fermion und Anti-Fermion und daher kommt die -1.

W: So ist es. Aber gilt das immer, oder gibt es noch eine andere Eigenschaft der Teilchen, die da mit rein spielt?

I: Der Drehimpuls.

W: Genau. Wissen Sie, wie das Meson aus Down und Anti-Down mit Spin 1 heißt?

I: ...ne, fällt mir nicht ein.

W: Das ist das ρ^0 . Man sagt ja, es gibt "Vektorbosonen" und "skalare" und so...was wäre denn das π^0 ?

I: Pseudoskalar, da Spin 0 aber negative Parität.

W: Genau. Machen Sie mal weiter.

I: Ähm...ja, also der P-Operator gibt uns wie gesagt für jedes Pion eine -1, der C-Operator lässt das π^0 ein π^0 sein und wandelt π^+ und π^- jeweils ineinander um. Damit ist der Zustand mit zwei Pionen ein CP-Eigenzustand mit Eigenwert +1 und der mit drei Pionen einer mit Eigenwert -1. Wenden wir CP jetzt aber auf die Kaonen an, so führen wir K^0 gerade in Anti- K^0 über und umgekehrt.

W: Was ist K^0 also für ein CP-Eigenzustand.

I: Gar keiner.

W: Ganz genau. *grinst*

I: Wir nutzen nun aus, dass K^0 und Anti- K^0 über die schwache Wechselwirkung mischen, was man ja direkt daran sieht, dass sie in die gleichen Endzustände zerfallen können und basteln uns aus einer Superposition CP-Eigenzustände die folgendermaßen aussehen. * K_1^0 und K_2^0 aufgeschrieben* K_1^0 ist ein CP-Eigenzustand mit Eigenwert +1 und dürfte damit unter der Voraussetzung, dass CP-Symmetrie besteht, nur in zwei Pionen zerfallen, K_2^0 hat den CP-Eigenwert -1 und dürfte damit nur in drei Pionen zerfallen. Da die Masse von drei Pionen zusammen schon fast so groß ist, wie die Kaonmasse, ist hier das Phasenraumvolumen viel kleiner als für den Zwei-Pionen-Zerfall und die Lebensdauer sollte nach Fermis Goldener Regel deutlich kürzer sein. Im Experiment beobachtet man genau das, langlebige und kurzlebige Kaonen. Wenn wir jetzt einen Detektor weit genug weg vom Entstehungsort aufstellen, sollten alle kurzlebigen zerfallen sein und wir dürften nur noch Zerfälle in drei Pionen beobachten können. Tatsächlich beobachtet man aber auch einen kleinen Anteil an Zerfällen in zwei Pionen und damit ist die CP-Symmetrie verletzt.

W: Malen Sie doch mal auf, wie das Experiment aussehen würde, also die Quelle, den Detektor...

I: Ähm...also als Quelle kann man z.B. π^- und Protonen miteinander kollidieren lassen...

W: Genau, ist aber nicht so wichtig.

I: *malt 'nen Kasten hin, aus dem ein Strahl an Kaonen kommt und einen Detektor aus mehreren Schichten um den Strahl herum*

W: Wie würden Sie den Detektor denn jetzt aufbauen?

Dann ging es ein wenig darum, wie Kalorimeter funktionieren, wie wir durch die Impulse und Energien, die wir messen, sichergehen können, dass wir wirklich zwei/drei Pionen aus einem Kaonen-Zerfall gemessen haben, wie man ein Magnetfeld da einbringen würde, um die Teilchen nach Ladung zu sortieren...Hab mich

vor allem bei den Kalorimetern eher schwer getan, weil ich mir Detektoren nicht so genau angeschaut hatte, bin aber mit seiner Hilfe halbwegs gut durchgekommen. An den genauen Gesprächsverlauf kann ich mich nicht erinnern.

W: Wechseln wir mal das Thema. Sagt Ihnen der Name J. J. Thomson etwas?

I: Jap, der hat das Elektron entdeckt.

W: Kennen Sie auch seine Vorstellung eines Atoms?

I: Ahja, von ihm stammt das Rosinenkuchenmodell, das besagt, dass die Elektronen im Atom in einen gleich positiven Hintergrund eingebettet seien.

W: Genau, und wessen Experiment hat etwas anderes gezeigt?

I: *Ich hab zuerst an das Bohr-Modell gedacht und hab angefangen von der Balmer-Serie zu reden*

W: War da nicht noch was schon vorher?

I: Achja, klar, der Streuversuch von Rutherford. Er hat alpha-Teilchen auf eine dünne Goldfolie geschossen beobachtet, dass die meisten nur leicht abgelenkt werden und daraus gefolgert, dass die positive Ladung im Atom in einem kleinen, massiven Kern vereint sein muss.

W: Genau. Gerade haben Sie schon vom Bohrschen Modell geredet. Wie viel Quantenmechanik steckt da denn drin?

I: Hm, naja, ein bisschen halt, insofern, dass nur diskrete Energieniveaus erlaubt sind...

W: Hach, das würde ich jetzt nicht sagen, eher ganz, ganz wenig Quantenmechanik... *lacht* Was waren denn seine Postulate?

I: *Aufgezählt*

W: Wissen Sie, was das mit der De-Broglie-Wellenlänge des Elektrons zu tun hat?

I: *Wusste ich nicht. Anscheinend gelten im Bohrmodell die Bahnen als stabil, deren Umfang ein ganzzahliges Vielfaches der De-Broglie-Wellenlänge betragen, oder so ähnlich*

W: Und wie sieht das dann quantenmechanisch aus?

I: Da entsprechen den stationären Zuständen Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die Elektronen, die wir als Orbitale beschreiben.

Dann ging es um die Quantenzahlen, die die Orbitale beschreiben und das Madelung-Schema, die Oktettregel (hatte ich vorher noch nie gehört, ist anscheinend in der Chemie gebräuchlich) und den Grund, wieso die Edelgase so wenig reaktiv sind

W: Und andersrum, wieso ist das Wasserstoffatom dann so reaktionsfreudig?

I: Weil der Spin des einzigen Elektrons eben nicht durch ein anderes kompensiert wird.

W: Also finden wir Wasserstoff normalerweise in welcher Form?

I: Als H₂-Molekül, also kovalent gebunden.

W: So, dass sich die Spins der beiden Elektronen gerade aufheben können, genau. Hm...sagen Sie doch mal alles, was Sie zum Franck-Hertz-Versuch wissen.

I: *gemacht*

W: Was würden Sie denn für eine Spannung an die Glühkathode anlegen?

I: Ähhmmm...

W: Damit haben Sie nicht gerechnet, was? Normalerweise nur ein paar Volt. Was passiert denn an der Glühkathode?

I: Die thermische Bewegung der Elektronen wird so stark, dass sie die Bindungsenergie an das Kathodenmaterial überwinden und frei werden.

Hier wurde das Gespräch für mich ziemlich durcheinander und ich kann mich nicht so gut daran erinnern. Ich habe ihm auf jeden Fall die Fermi-Dirac-Verteilung und das Bändermodell erklärt (auch, wie sich die Bänder in der Näherung quasifreier Elektronen ergeben) und dass die Geschwindigkeitsverteilung der Elektronen einer Boltzmann-Verteilung entspricht... letztendlich wollte er auf die Fermitemperatur von Kupfer hinaus, die ich abschätzen sollte. Ich hatte wirklich überhaupt keine Ahnung, weil ich mir unter der Fermitemperatur nicht so viel vorstellen konnte (obwohl er mir gesagt hatte, dass sie sich nach $E = 3/2 kT$ aus der Fermienergie ergibt) und er hat mir schließlich einfach den Zahlenwert genannt, der ziemlich hoch war.

W: Festkörperphysik hätten wir damit auch... *schaut auf die Uhr, 45 Minuten waren schon rum* Ein bisschen können wir ja nochmal zur Teilchenphysik kommen. Wie viele Grundkräfte und Elementarteilchen kennen Sie denn?

I: *aufgezählt*

W: Welche der Elementarteilchen denken Sie, befinden sich gerade mit uns im Raum?

I: Naja Up-, Down-Quarks, Elektronen...

W: Jo das war es dann auch schon, plus vielleicht ein paar kosmische Myonen. Hm, das ist jetzt keine Wissensfrage, aber welche der Grundkräfte finden Sie denn am intuitivsten?

I: Hm, wahrscheinlich die elektromagnetische...

W: Nicht die Gravitation?

I: Habe letztes Semester General Relativity gehört...

W: Seit dem nicht mehr? *lacht* Ok, dann frage ich anders. Was ist denn das besondere an den Vektorbosonen unter den Elementarteilchen im Vergleich zu den Fermionen?

I: Zum einen haben sie Spin 1, im Vergleich zum Spin 1/2 der Fermionen, und außerdem sind sie Vermittler der starken, schwachen und elektromagnetischen Kraft.

W: Fangen wir mal mit der starken Kraft an, wie läuft das bei der denn ab?

I: Quarks sind farbgeladen, Gluonen tragen Farbe und Antifarbe und werden unter Quarks ausgetauscht

W: Gibt es auch starke WW, bei der keine Farbe ausgetauscht wird.

I: Glaube nicht.

W: Doch gibt es tatsächlich. *grinst*

I: Aber war da nicht was mit Oktett und Singulett, und dass das Singulett keine Wechselwirkung vermittelt da es die Farbe nicht ändern kann?

W: Habe auch nicht behauptet, dass es was mit dem Singulett zu tun hat. Aber das war auch eine gemeine Frage. Hm...das π^0 , in was zerfällt das denn dominant?

I: Zwei Photonen.

W: Sehr gut. Und das π^+ ?

I: Anti-Myon und Myon-Neutrino.

W: Durch welche Wechselwirkungen finden diese beiden Prozesse statt?

I: Bei π^0 elektromagnetisch, bei π^+ schwach.

W: Wie ist die Lebensdauer des π^+ so ungefähr?

I: Bei schwachen Zerfällen ist 10^{-10} s glaube ich immer eine gute Schätzung.

W: Weiß ich grad selber nicht so genau, aber scheint sinnvoll. Und im Vergleich dazu das π^0 ?

I: Das lebt deutlich kürzer, der Zerfall des π^+ ist durch die Masse des W-Bosons unterdrückt.

W: Jetzt sagt man ja immer so daher, dass die schwache Wechselwirkung maximal paritätsverletzend sei...s das?

I: Ähm...das steht zumindest überall so...:D

W: Woran sieht man diese Paritätsverletzung z.B.?

I: W-Bosonen koppeln nur an links-chirale Teilchen -> es existieren nur linkshändige Neutrinos

W: Super. Welches Teilchen vermittelt noch die schwache Wechselwirkung?

I: Das Z-Boson.

W: Genau, und das koppelt eben auch schwach an rechtshändige Teilchen. Ähm...jetzt haben wir ja vorher gesagt, dass die Masse des W-Bosons den Zerfall unwahrscheinlich macht...wieso ist dann der schnellste bekannte Zerfall trotzdem ein schwacher?

I: Sie wollen wohl auf das Top-Quark hinaus. Das zerfällt so schnell, weil der Massenunterschied zum Bottom-Quark so hoch ist.

W: Und nach welcher Regel folgt da ein schneller Zerfall? Das hatten Sie ganz am Anfang schon erwähnt.

I: Fermis Goldene Regel aufgeschrieben

W: Wo spielt da jetzt die Masse des W-Bosons rein?

I: In das Übergangsmatrixelement.

W: Und wo der Massenunterschied?

I: Größeres Phasenraumvolumen.

Dann wurde noch kurz die CKM-Matrix von ihm erwähnt, von mir erklärt, und das war es.

Die Prüfung ging insgesamt knapp eine Stunde.

Natürlich kann ich mich nicht so genau an jede kleine Zwischenfrage erinnern, von denen es einige gab.

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: 06. August 2018	Fachsemester: 6
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Ex 4, 5, 6		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Ex 6		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
Verwendete Literatur/Skripte: Ex 4: Folien/Übungen Drexlin Ex 5: Skript Wegener, Prüfungstrainer Physik (für kurzen Überblick), Internet Ex 6: Skript Wolf/Müller, Povh(!), Internet
Dauer der Vorbereitung: Zusammenfassung getext (2 Monate, gute 70 Seiten), wirklich gelernt 2 Wochen á 2h. Wichtiger ist sowieso, das Thema jeden Tag um sich herum zu haben, wenn man die Denkweise erlernt hat, kann man im Grunde alles mögliche herleiten.
Art der Vorbereitung: Immer allein, wär aber rückblickend besser gewesen, jemanden abfragen zu lassen ne Woche oder so.
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Dr. Wolf legt viel Wert darauf, dass ihr versteht, was ihr sagt. Als Teilchenphysiker fragt er natürlich sehr tiefgehend Ex 6/4 und dann noch bisschen Ex 5. Er hat bis jetzt kein Standardverfahren, er fragt einfach, was ihn gerade interessiert, es ist mehr ein Gespräch als eine sture Sammlung von Fragen. Wenn ihr ein Einstiegsthema vorbereitet, dann solltet ihr es vollstens und in allen Einzelheiten durchdrungen haben, er quetscht euch diesbezüglich aus.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? War ne super Atmosphäre, Dr. Wolf ist n cooler Typ, er redet auf Augenhöhe mit euch. Ihr könnt durch geschickte Antworten gut lenken, er wechselt aber recht eindeutig die Themengebiete. Ihm sind eher Zusammenhänge wichtig.
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Er formuliert die Frage um und schaut, dass die Prüfung nicht ins Stocken gerät.
Kommentar zur Prüfung: Ez game.
Kommentar zur Benotung: 1.0
Die Schwierigkeit der Prüfung: Keine unverständlichen Fragen, er formuliert recht eindeutig aus, aber wenn ihr aufgeregt seid (wie ich) dann steht ihr euch selbst im Weg.

Die Fragen

Mein Einstiegsthema war CP-Verletzung im neutralen Kaonenzerfall, er hat immer wieder kurze Fragen

eingeworfen, das Thema hat etwa 12 Minuten gedauert.

Ich schreibe nur Dinge auf, an die ich mich explizit erinnere, das ist aber sehr lückenhaft, es kamen dazwischen immer so kleine Nachfragen, wie in einem Gespräch halt üblich.

W - Wolf

U - unpersönlicher Prüfling

U: Die schwache Wechselwirkung hat die coole Eigenschaft, alles zu verletzen, was nicht bei 3 auf den Bäumen ist. So verletzt sie zum Beispiel die CP-Symmetrie. Um das zu demonstrieren, schauen wir uns doch mal den Zerfall des neutralen Kaons an. Ein K_0 besteht als Meson aus zwei Quarks: down und anti-st

W: Ich werfe hin und wieder einfach mal Fragen ein: Woraus würde dann ein \bar{K}_0 bestehen?

U: Aus anti-down und strange.

W: Genau.

U: So. Neben den dominanten Zerfällen in ein Myon und Myon-Anti-Neutrino kann ein Kaon auch in zwei und drei pionische Endzustände zerfallen. Um uns die Paritätsverletzung vor Augen zu führen, schauen wir uns doch mal die Paritäten in den Prozessen an.

Ein K_0 hat als Meson die intrinsische Parität von -1 . Zwei-Pion-Zustände haben dann natürlich eine Parität von $+1$.

W: Warum?

U: Weil ein Pion jeweils als Meson eine Parität von -1 hat und zusammen gibt das dann $+1$.

W: Genau.

U: Drei-Pion-Zustände dann natürlich -1 . Die Tatsache, dass wir überhaupt in zwei und drei Pionen mit jeweils unterschiedlichen Paritäten zerfallen können zeugt bereits von der Paritätsverletzung in diesem Prozess. Aber darum geht es und ja hier nicht, ist aber ne gute Nebenbemerkung.

W: Ja, richtig.

U: Genau, um uns die CP-Verletzung anzuschauen, wenden wir doch mal den CP-Operator auf die Pionzustände an. Wir sehen, dass die pionischen Zustände Eigenzustände bezüglich des CP-Operators sind, dabei hat das Zwei-Pion-System den Eigenwert $+1$ und das Drei-Pion-System einen von -1 .

(Ich hätte hier eigentlich erwartet, dass er wieder "Warum?" fragt, hat er aber aus irgendwelchen Gründe nicht. Es war warm im Zimmer.)

U: Bei den Kaonen haben wir aber ein Problem, die sind keine Eigenzustände bezüglich des CP-Operators.

W: Wie sähe die Anwendung des CP-Operators auf die Kaonzustände denn aus?

U: (hingeschrieben)

W: Mmmh, beim \bar{K}_0 wirklich ein Minus?

U: Ja.

W: Ja, stimmt. Okay.

U: Nun, wenn wir aber annehmen, dass die schwache Wechselwirkung CP-erhaltend ist, dann muss vor dem Zerfall ja ein Eigenzustand vorgelegen haben.

W: Das wäre gut, ja.

U: Aber kein Problem. Die Eigenzustände besorgen wir uns wie gewohnt aus der QM über eine Superposition der Kaonzustände. Soll ich das genau hinschreiben?

W: Ja, bitte.

U: (hingeschrieben, war aufgeregt und hab + und - vertauscht)

W: Welches Vorzeichen gehört wo hin?

U: (verweist auf Blatt)

W: Das ist nicht ganz richtig. Das muss anders herum sein.

U: (schaut sich das nochmal genau an) Oh ja, natürlich, sieht man ja auch, wenn man CP wirken lässt. Ausrechnen kann ich Ihnen das natürlich, ist immer ne Frage von auswendig merken, das kann ich nicht so gut.

W: Ja, klar, ist auch nicht so wichtig.

U: Jedenfalls können wir nun auf die neuen Zustände CP wirken lassen und finden heraus, dass der K^0_{1-2} einen Eigenwert von $+$ und der K^0_{2-2} -Zustand einen Eigenwert von $-$ hat. Damit müsste der Einser in zwei Pionen und der Zweier in drei Pionen zerfallen, wenn CP erhalten ist.

Schauen wir uns nun den Phasenraum für die Zerfälle an. Als Zweikörperzerfall hat der Zwei-Pionen-Endzustand natürlich einen höheren Phasenraum zur Verfügung als der Drei-Pionen-Zustand, da nicht noch die Masse vom dritten Pion erzeugt werden muss.

Durch die Regel von Sargent wissen wir nun auch, dass ein größerer Phasenraum zu einer kleineren Lebensdauer führt...

W: Genau das wollte ich gerade fragen!

U: (lächelt) Daher müsste es kurz- und langlebige Kaonen geben.

W: Sehr richtig.

U: Und in der Tat beobachten wir bei solchen Zerfällen auch genau das.

W: In welchem Bereich liegt die Lebensdauer dieser Kaonen denn etwa?

U: Hmm...ich weiß, dass sich die Lebensdauern um etwa den Faktor 500 unterscheiden...So etwa 10^{-10} s?

W: Ja, das ist etwa der Bereich und das mit dem Faktor ist auch richtig.

U: Gut, um unsere Annahme zu überprüfen machen wir doch mal ein kleines Experiment.

W: Mhm!

U: Wir nehmen uns einfach eine neutrale Kaonenquelle daher...

W: Was könnte das sein?

U: Zum Beispiel...ein Pion-Minus auf ein Proton klatschen, da entsteht dann neben einem Lambda-Baryon ein Kaon.

W: Ja, sehr gut.

U:...und stellen unseren Detektor in einiger Reichweite auf, sodass, bis wir den Detektor mit dem Kaon erreicht haben, die K^0_S bereits zerfallen sind und nur die K^0_L übrig sind. Laut unserer Herleitung von vorhin müssten wir bei einer CP-Erhaltung ja nur noch Zerfälle in drei Pionen im Detektor messen.

W: Aber was passiert jetzt?

U: Ja, jetzt kommt natürlich der Rausschmeißer: Wir messen zu einem geringen Anteil natürlich noch Zwei-Pion-Zerfälle.

W: Ja, genau, dafür gab's dann den Nobelpreis.

U: Genau.

W: Und wie erklärt man sich das dann?

U: Man sagt, dass die $K^0_{\{1/2\}}$ -Zustände nicht identisch mit den $K^0_{\{L/S\}}$ -Zuständen sind und führt einen komplexen Mischungsparameter ein, der dann diese Zustände gewichtet.

W: Ja, genau. Und wissen Sie wie der zeitliche Verlauf bei dieser Mischung ist? Kriegt man den Kaonenstrahl wirklich sehr rein hin?

U: Wenn ich mir die zeitliche Entwicklung anschau, dann können wir ja diesen schönen Graphen aus der Übung zeichnen, da sieht man, dass der K^0_L -Anteil nur ganz wenig unter die 0.5-Rate kommt. Also würde ich schon sagen, dass es recht rein wird.

W: Wissen Sie, woher das kommt?

U: (fängt an zu stammeln, denkt er weiß die Antwort nicht, aber es ist wirklich simpel) Nun, ich würde meinen, dass...hmm...jetzt sage ich bestimmt was offensichtliches, aber ich denke, dadurch dass K_0 und \bar{K}_0 mischen über Strangeness-Oszillationen?

W: Ja! Es ist immer das Offensichtliche! Genau deswegen. Und was würden Sie jetzt sagen, wenn ich behaupte, dass man explizit nach so einer CP-Verletzung gesucht hat, weil das sehr gut für das SM war? Welche Matrix könnte da eine Rolle spielen?

U: Die CKM-Matrix! Hat verschiedene Eigenschaften, unitär...usw.

W: Ja, das ist nicht so interessant, aber was enthält sie?

U: Sie wollen wohl auf die komplexe Phase hinaus, durch die diese ganze CP-Verletzung möglich ist. Und das geht nur in drei Quarkgenerationen.

W: Ja, das wollte ich hören, genau.

Jetzt ist ihr Thema ja ein Beispiel für eine indirekte CP-Verletzung, was gibt es denn für andere Arten?

U: Um ehrlich zu sein, habe ich das nicht ganz durchblickt, als ich es mir durchgelesen habe. Allerdings ist die CP-Verletzung indirekt, weil wir sie nur durch die Mischung reinbekommen und nicht durch den Zerfall direkt, was dann eine direkte CP-Verletzung ist.

W: Na also, haben Sie doch verstanden. Ja genau, beim Skript vom Husemann glaube ich gab es drei Arten von Verletzungen, für mich gibt es eben direkte und indirekte.

Na ja, dann mal was anderes, bleiben wir aber bei schwachen Prozessen. Warum sind die denn so schwach?

U: Aufgrund der massiven Eichbosonen. Die Massen von denen tauchen im Propagatorterm der Feynmanamplitude bei schwachen Prozessen im Nenner auf und dadurch wird der Prozess unwahrscheinlich.

W: Auf welcher Regel beruht das?

U: Fermis Goldene Regel.

W: Und was steht da so drinnen?

U: Irgendein Vorfaktor - eh wieder $2\pi/\hbar$ - ...

W: (lacht) Ja, stimmt sogar.

U: ...die Feynmanamplitude im Quadrat, die wir aus den zugrundeliegenden Feynmandiagrammen ableiten können und der Phasenraumfaktor.

W: Genau. Die schwache Wechselwirkung ist ja schwach, sieht man das auch an ihrer Kopplungskonstante?

U: Nein, überhaupt nicht. Die ist im Vergleich zur elektromagnetischen Kopplung größer, aber ist eben durch diese massiven Eichbosonen unterdrückt.

W: Ja, genau. Dadurch verlaufen Prozesse in der schwachen Wechselwirkung vergleichsweise langsam ab. Dennoch ist der schnellste bekannte Zerfall ein schwacher. Welcher könnte das sein?

U: Bei schnell denke ich direkt an das Top-Quark.

W: Exakt! Schreiben sie das mal hin, wie sieht der Zerfall aus?

U: (muss sich was aus den Fingern saugen, weil er das vergessen hat, schreibt aber den Zerfall richtig hin) Das Top müsste dann ja unter Emission von einem W in irgendein down-type Quark zerfallen...am besten natürlich in's bottom, weil da die CKM-Unterdrückung schwach ist. (überlegt sich sichtlich, welches W-Boson ausgetauscht werden muss) Das Top hat Isospin 1/2, down-type dann -1/2, daher muss ein 1er weggetragen werden, also muss es ein W^+ sein.

W: Ja, vollkommen richtig, sehr gut, alle Fragen auch schon beim Hinschreiben beantwortet! Aber warum ist der Zerfall denn jetzt schnell?

U: Supi. Aufgrund der hohen Massendifferenz der beteiligten Quarks. Top hat etwa um die 170 GeV, während das Bottom etwas mit 4GeV hat, daher ist der Phasenraum enorm groß. Da macht das Flavor-changing W auch nicht mehr viel.

W: Haben Sie eine Idee, was der CKM-Wert für Top zu Bottom ist?

U: Ich müsste raten, aber bestimmt recht nah an 1.

W: Unser Nebensitzer ist ein Experte in Top-Physik. Sag's ihm doch mal.

Nebensitzer: Ja, fast 1. (lacht)

U: Ah, cool! (grinst)

W: Ja, sehr gut. Dann lassen Sie doch mal das bottom wieder zerfallen.

U: (ist bemüht, keinen Kack zu bauen, bekommt's hin)

W: Genau, und das charm da soll jetzt mal leptonisch zerfallen, machen Sie das mal.

U: (deichselt es hin)

W: Da ist ja jetzt ein recht massives W dazwischen. Wie ist es möglich, dass das da entstehen kann?

U: Ist ja nur virtuell, geht über die Heisenbergsche-Unschärferelation.

W: Ja, genau, schreiben Sie das mal auf.

U: (schreibt die Unschärferelation auf), ich habe keinen blassen Schimmer, welche Konstante da stehen muss, aber is am Ende des Tages ja eh Auslegungssache, was jetzt genau eine Unschärfe ist...

W: So ist es. Super. Was würde das dann bedeuten für eine ebene Welle. Wie genau kennen wir den Impuls einer ebenen Welle?

U: Ist n Delta-Peak, daher ist die ebene Welle nicht lokalisiert, weil eben der Impuls unendlich scharf ist.

W: Ja, richtig. Wie kommen wir denn vom Orts- in den Impulsraum?

U: (steht auf dem Schlauch) Durch den Braket von $\psi(x)$ mit p ?

W: Ja, aber welche mathematische Transformation steckt denn dahinter?

U: Ach klar, Fouriertransformation.

W: Exakt. Und wissen Sie, was die Fouriertrafo von einem Gauß-Paket ist?

U: Wieder n Gauß.

W: Ja, genau. Wenn man jetzt ein Atom hat, wie beschreibt man das?

U: Durch seinen Hamiltonian, für simple Atome, wie z.B. das H-Atom ist das easy und exakt lösbar. Bei mehreren Elektronen wird's dann krass. Da muss man dann Näherungsverfahren verwenden. Hartree-Fock, oder so...

W: Bleiben wir beim H-Atom, was muss man denn da machen, um das System zu bestimmen?

U: Wir lösen die stationäre Schrödingergleichung für das Problem.

W: Und wie sieht da der Hamiltonian aus?

U: (schreibt ihn auf) Man würde das dann durch einen Separationsansatz lösen. In Kugelkoordinaten kriegt man dann für die Winkelverteilung im Wesentlichen die Kugelflächenfunktionen. Beim Radialanteil machen wir einen Potenzreihenansatz und finden im Wesentlichen die zugeordneten Laguerre-Polynome als Lösung.

W: Super, genau. Und welche Quantenzahlen gibt's dann da?

U: n, l und m.

W: Was bedeuten die?

U: Die Hauptquantenzahl n kann Werte von 1 bis Kontinuum annehmen, Nebenquantenzahl l, kann Werte zwischen 0 und n-1 annehmen und die magnetische Quantenzahl m, variiert zwischen -l und l.

W: Richtig. Und wie könnte man zum Beispiel m messen?

U: Durch die Aufspaltung der Energien im Zeeman-Spektrum.

W: Gut. Es wird komplizierter: Welche Ordnungszahl hat Sauerstoff?

U: 8 (Das weiß ich durch das Spiel "Atomas" im Play-Store. Holt es euch, is nice.)

W: Wow, das weiß hier für gewöhnlich niemand! Super! (lacht) Wie sieht da denn die Struktur aus?

U: Wir füllen die Schalen mit dem Aufbauprinzip nacheinander auf. Dazu muss ich mir das Madelung-Schema.

W: ...das brauchen Sie hier nicht, warum?

U: Ach, sind ja nur 8 Elektronen, das ist schnell vorbei. Gut, dann fang ich mit 1s an. Da passen zwei Elektronen rein.

W: Warum?

U: Aufgrund des Pauli-Prinzips, die Spins der Elektronen sind antiparallel.

W: Und weiter?

U: Dann 2s. Wieder 2. Das macht 4. Dann kommt 2p. Da haben wir dann l=1, also m=-1,0,1, daher 6 Elektronen. Die brauchen wir aber nicht alle.

U: Nee, fehlen nach Adam Riese ja nur noch 4. Dabei müssen wir bezüglich der Drehimpulskonfiguration jetzt aber aufpassen. Nach den Hundschen Regeln füllen wir zunächst 3 Elektronen mit parallelem Spin auf. Dann das letzte Antiparallel. Es fehlen 2 Elektronen in der Schale.

W: Ja, energetisch günstig sind ja abgeschlossene Schalen, also würde das Sauerstoff gerne was machen?

U: 2 Elektronen aufnehmen und damit kovalent an was anderes binden.

W: Genau. Nennen Sie mir doch mal ein Experiment, das das Fortschreiten der QM maßgeblich beeinflusst hat und erklären Sie das.

U: Es gibt viele. Hohlraumstrahlung, Franck-Hertz, ich würde jetzt gerne Bell's-Inequality sagen, aber das kann ich ohne viel Mathe nicht erklären, darum mach ich Franck-Hertz.

W: (lacht) Sehr gut, steht auch hier in diesem Prüfungsbuch. Machen Sie mal.

U: (erklärt Franck-Hertz, alter Hut, gehe nicht in's Detail.)

W: Ich sehe schon, das können Sie ganz gut. Wir sind schon fast fertig mit der Zeit, kommen wir zur Festkörperphysik. Was ist denn so die Geschwindigkeit von Elektronen in einem Metall?

U: Je nach Temperatur mehr oder weniger...Weiß nicht recht, kann man mit der Fermi-Verteilung bestimmt irgendwie herleiten.

W: Ja, aber schätzen Sie ab. Hoch oder niedrig?

U: Naja, es sind quasifreie Elektronen...Ich würde sagen, hoch, aber für Elektronen recht niedrig...

W: Finden Sie?

U: Ja, denke schon.

W: Die ist wahnsinnig hoch. Haben Sie eine Ahnung, warum?

U: Nun ja, wir füllen ja das Metall unter Beachtung vom Pauli-Prinzip auf bis nach oben zur Fermienergie bei 0 K. Aber ich kann nicht abschätzen, welchen Einfluss das auf die Elektronengeschwindigkeit hat.

W: Ja, im Grunde ist es so, wie Sie sagen. Es gibt halt nur sehr viele Elektronen im Metall und daher ist die Fermi-Energie auch so hoch und damit auch die Geschwindigkeit der Elektronen.

U: Ergibt Sinn. :)

W: Okay...Wir sind mit der Zeit durch. Wollen Sie mir noch was aus der Festkörperphysik erzählen?

U: Hmm...Wie die Bandlücke in Halbleitern entsteht?

W: Mh, darauf hab ich keine Lust. Dann beenden wir das hier. (grinst)

Es gab deutlich mehr Fragen, aber es war halt sowas wie ein Fachsimpeln unter Kollegen. Vor allem in dem Teilchenphysik-Teil hat er viel mehr Fragen gestellt, daran erinnere ich mich aber nicht mehr so gut.

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. Juni 2018	Fachsemester: 8
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Ex 4 - 6		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Ex 5		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: Inhalt des Modulhandbucheintrags zu moderner Experimentalphysik. Schwerpunkt auf Teilchenphysik
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
Verwendete Literatur/Skripte: Povh, Ibach Lüth, Ex6 Skript Wolf SS 2017
Dauer der Vorbereitung: 4 Wochen semiintensiv
Art der Vorbereitung: Bücher und Skript durcharbeiten. Unverständlichen Themen im Web nachgehen.
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Ibach Lüth war wohl ein etwas zu theoretisches Buch für diese Prüfung. Ein kurzer prägnanter Überblick über die Festkörperphysik hätte genügt.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Herr Wolf war außerordentlich gut auf die Prüfung vorbereitet, da es soweit ich weiß auch seine erste Prüfung war. Er hatte sich schon im Vorraus viele Fragen überlegt, die er dann nacheinander gestellt hatte. Themenwechsel traten durchaus häufiger auf. Reihenfolge chronologisch, erst Ex4, dann ein bisschen Ex5 und am Ende relativ hastig noch Ex6, da die Zeit knapp wurde. Eine Steuerung in irgendeine Themenrichtung war nicht möglich (hab ich auch nicht versucht). Es war wirklich ein gerichtetes Abfragen von Wissen und nicht so ein "Nun erzählen Sie mal". Der positive Effekt davon für mich war, dass ich eigentlich immer wusste, was von mir verlangt war.
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Herr Wolf hat mir immer wieder auf die Sprünge geholfen, wenn ich nicht weiterwusste, aber immer so, dass ich das Gefühl hatte letztlich doch von selbst draufgekommen zu sein. Er hat mich nie zappeln lassen, sondern immer darauf geschaut, dass die Prüfung nicht ins Stocken kommt.
Kommentar zur Prüfung: Ich kann Herrn Wolf als Prüfer nur weiterempfehlen. Ich denke aber, dass sich der Prüfungsstil eventuell auch noch ändert. Wie gesagt, es war seine erste Prüfung und ich hatte den Eindruck, dass Herr Wolf das Zeitmanagement am Anfang nicht so ganz im Griff hatte. Wir verblieben relativ lange bei eigentlich einfachen Themen aus Ex4, gegen Ende war dann kaum mehr Zeit für viele Themen aus der Teilchenphysik, auf die ich mich eigentlich eingestellt hatte. Herr Wolf meinte am Ende, er hätte auch gerne noch den Pion-Zerfall angeschaut, aber dazu hat die Zeit nicht mehr gereicht.
Kommentar zur Benotung: 1,3 fair. Ich bin voll zufrieden damit.

Die Schwierigkeit der Prüfung: Ich hatte mich auf eine schwerere Prüfung eingestellt. Wir haben die Themen oft nur oberflächlich gestreift.

Die Fragen

- Einfache QM, Photoeffekt. Versuchsaufbau, Folierungen
- > Licht quantisiert. Material wird ab einer bestimmten Wellenlänge ionisiert.
- > Energie der herausgelösten Elektronen proportional zur Frequenz des Lichtes (mit prop. Faktor h)
- Franck-Hertz-Versuch
- > Höhere Beschleunigungsspannung führt zu mehr Elektronen
- > Entstehung von Peaks im Strom-Spannungsdiagramm durch Ionisation des Gases.
- Geiger-Müller-Zählrohr
- > Funktionsweise grob erklärt. Bin aber nicht drauf gekommen, warum der Plus-Pol der Beschleunigungsspannung an dem inneren Draht und nicht an den äußeren Zylinder gelegt wird (Antwort: weil das Feld in der Mitte stärker ist)
- Atomphysik
- > Diskrete Energiezustände. Energie proportional zu $1/n^2$. Herr Wolf hat sich hier (und auch sonst) mit der bloßen Proportionalität zufrieden gegeben, was sehr angenehm war, da ich keine Konstanten raten musste.
- > Aufspaltung durch LS-Kopplung (Feinstrukturaufspaltung)
- Festkörperphysik eindimensionales Gitter Dispersionsrelation aufzeichnen
- > Dispersionsrelation ein bisschen falsch aufgezeichnet, was auch später bemängelt wurde.
- > Akustische und optische Phononen bei Ketten mit zwei Atomsorten
- großer Schwenk zur Teilchenphysik. Grundkräfte der Physik?
- > EM, schwache und starke WW + Gravitation
- welche lassen sich kombinieren?
- > EM und schwache WW zur EWT
- > Mischung von B und W0 Bosonen durch Weinbergwinkel zu Z0 und Gamma
- > schwache Ladung + elektrische Ladung Zusammenhang
- Besonderheit der EWT
- > massive Eichbosonen W und Z
- hat was zur Folge?
- > schwache WW ist "schwach", hab hier dann erst mal nicht weitergewusst, er wollte wohl noch darauf hinaus, dass schwach Prozesse vergleichsweise langsam ablaufen. Tipp:
- Sagt Ihnen Strangeness was?
- > Klaro, Kaonen zerfallen recht langsam, weil das Strange-Quark nur über Flavour-changing W zerfällt. Unterdrückung durch CKM-Matrix Element. Hab dann nicht ganz kapiert, warum das wegen der massiven Bosone so sein sollte (siehe oben) Er hat aber nicht weiter nachgehakt.
- trotzdem ist der schnellste bekannte Zerfall ein schwacher.. Welcher ist das?
- > wusste ich nicht sofort bin dann aber relativ schnell auf den Top-Zerfall gekommen.
- > Feynmandiagramm hingemalt (hat ihm gefallen, dass ich rumüberlegt habe, welche Ladungen welche Quarks haben und in welche anderen Quarks das Top zerfällt) Top zerfällt hauptsächlich in Bottom unter Abstrahlung eines W^+ , das z.B. in ein Pion zerfallen kann.
- Warum ist der Zerfall schnell?
- > hohe Zustandsdichte durch Top (ca. 170 GeV) zu Bottom (ca. 4 GeV) Zerfall

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: 07. November 2022	Fachsemester: 7
Welche Vorlesungen wurden geprüft? Ex4/5/6		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Keine		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: Keine
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: Keine
Verwendete Literatur/Skripte: Vorlesungsskripte, die ich auch besucht hatte. Wikipedia
Dauer der Vorbereitung: ca. 3 Wochen, nicht sehr intensiv
Art der Vorbereitung: Ein paar Protokolle mit Freunden durchgegangen, aber hauptsächlich alleine
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Zeit nehmen, manche Sachen sacken zu lassen. Bei mir war er etwas unzufrieden, dass er manche Sachen aus mir raus quetschen musste. Ich würde empfehlen, dass man vielleicht einfach mal zu einem Thema losplappert.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Sehr angenehm
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Bei mir wurde nicht sehr viel nachgebohrt, er hat mir ein paar Sachen einfach erklärt.
Kommentar zur Prüfung: Sehr angenehmer Prüfer, er gibt sich auch Mühe, gute Überleitungen zu finden, was mir gut gefallen hat.
Kommentar zur Benotung: 1.3
Die Schwierigkeit der Prüfung: Themenumfang

Die Fragen

P: Prüfer

S: Student

Zuerst kamen wie bei den anderen Protokollen Photoelektrischer Effekt, sowie Frack-Hertz Versuch. Haben dann auch noch ein bisschen geredet, wie genau die Elektronen mit Quecksilber stoßen, einmal inelastisch mit Hüllenelektronen oder elastisch. (Die beiden Sachen lohnt es sich einzuprägen)

Dann sollte ich die Atommodelle beschreiben.

Hab bei den alten Griechen angefangen, dann Rosinenbrot und dann Bohr und dann Heisenberg.

P: Wie sieht ein Wasserstoffatom aus?

S: Bohr-atom hingezeichnet

P: Damit kann man jetzt zwar die quantisierten Energien erklären, aber wie würden Sie jetzt ein Wasser beschreiben?

S: Heisenberg Modell, Gleichung hingeschrieben und Lösungsansatz erklärt.

P: Wieso funktioniert der Ansatz?

S: Mathematik? Aber darauf wollen Sie wohl nicht raus. Hmm. Dann vielleicht wegen Rotationsinvarianz des Systems.

P: Ja genau. Wie sehen denn dann die Lösungen aus?

S: 1s, 2s, 2p Orbital hingemalt

P: Elektronenkonfiguration von Sauerstoff (Er hat selbst angemerkt, dass das eine seiner Standardfragen ist :))

S: hingemalt

P: Wieso ist Sauerstoff so reaktiv, (oxidativ)?

S: Weil es in der 2p Schale gerne noch 2 Elektronen haben möchte, sodass die dann voll ist.

P: Wie sieht das denn aus, wenn ich Sauerstoff mit Wasserstoff zusammen packe?

S: (Ist mir etwas peinlich, dass ich kurz überlegen musste was ein mysteriöses Molekül da wohl raus kommt). H₂O, Das ist effektiv ein Dipol durch die starke Elektronegativität von O.

P: Meine Kinder kleben gerne Sticker auf Bänke, wie mache ich die weg?

S: Etwas Perplex, also Flüssigkleber trocknen ja fest... (Wusste nicht worauf er hinaus wollte) Vielleicht Aceton?

P: Man braucht irgendwas apolares, Öl oder sowas.

(Fun Fact: Mir ist Aceton nur eingefallen, weil ich das als gutes Lösungsmittel kenne und unterbewusst dann Kleber lösen mit Lösungsmittel in Verbindung gebracht habe)

P: Wie kann man das System H₂O anregen? Also zu Beginn haben wir ja gesehen, dass die Elektronen angeregt werden können, was gibt es denn noch?

S: Nach 2 aufeinanderfolgenden Denkpausen: Schwingungen und Rotation.

P: Wie viel Drehfreiheitsgrade hat denn H₂?

S: Absolut überfordert, hab erstmal 3 Drehachsen geraten.

P: Das ist genau falsch.

S: Perfekt, dann hab ich noch ein bisschen Stuss erzählt, bis er es aufgelöst hat.

P: Die Achse entlang des Molekülachse zählt nicht, weil man quantenmechanisch gar keine Drehung messen kann, deshalb sind es nur 2. Diese Freiheitsgrade kann man auch durch die Wärmekapazität bestimmen.

Jetzt hatten wir genug Chemie, weiter zu Festkörperphysik. Wir haben schon über Schwingungen erzählt, was ist denn die monoatomare Kette?

S: Konzept erklärt, dass mit der Taylorentwicklung, um auf das Potential zu kommen scheint ihm eine wichtige Info zu sein.

P: Wie sieht die Dispersionsrelation aus?

S: $w = 2\sqrt{\kappa/m} |\sin(ka/2)|$, Graph hingezeichnet.

P: Was folgt daraus für die Gruppen/-und Phasengeschwindigkeit?

S: Im Ursprung $k=0$ ist die Gruppengeschwindigkeit = Phasengeschwindigkeit, am Rand nicht, da ist V_{group}

P: Wieso?

S: Ich habe das nie richtig verstanden, hab aber irgendwo gelesen, dass sich am Rand stehende Wellen bilden, und die sich dann destruktiv interferieren.

P: Hat sich Mühe gegeben, mir das zu erklären, aber ist an meiner Inkompetenz gescheitert.

P: Wie sehen den Wellenfunktionen in einem Kastenpotential aus?

S: Hab versucht stehende Wellen in einen Kasten zu malen mit verschiedenen Anzahlen an Knoten und Bäuchen.

P: Wie ist man darauf gekommen, dass das Rosinenbrotmodell falsch ist?

S: Rutherford, kurz erklärt inklusive Wirkungsquerschnitt.

P: Was passiert mit schnelleren Teilchen und Teilchen mit Spin?

S: Mott Streuung, deren Wirkungsquerschnitt setzt sich dann aus dem quadrierten Formfaktor, dem Rutherford und einem relativistischen Faktor zusammen.

P: Und wenn Ich 2 Elektronen zusammenschief?

S: Hatte keinen blassen Schimmer, er hat dann irgendwas von Dirac ... gesagt (ich hab vergessen, was das Wort bei ... war, irgendwas wie Schnitt oder Querschnitt keine Ahnung, hatte ich noch nie gehört)

P: Wie sieht denn die Rutherford Streuung im Experiment aus?

S: Hab den Rutherford-querschnitt als Einhüllende gezeichnet, und dann diese Bäuche, die von dem Vorfaktor herkommen. (Die Zeichnung war grauenhaft, unter anderem Achsenbeschriftung vergessen)

P: Finden Sie diese Bäuche überraschend?

S: Ja.

Danach hat er versucht, mit Streuung am Spalt auf den Sprung zu helfen, da musste ich aber mein Erinnerung bis zum Maximum strapazieren. (Das Interferenzmuster an einem Spalt ist durch $\sin(x)/x$ eingehüllt und hat darunter nochmal Minima und Maxima.) Danach hat er mich gefragt wie das an einem Loch anstatt einem Spalt aussähe.

S: Ich erinnere mich da an Neumann und Bessel-funktionen, ist das einfach dieses $\sin x/x$ Bild einmal um die y-Achse rotiert?

P: Genau, und wie sieht das dann aus?

S: hab versucht das Bild in meinem Kopf pantomimisch darzustellen, war sicherlich lustig anzusehen. Und dann macht das mit dem Rutherford Zeug tatsächlich Sinn, weil die Streu-teilchen an diesem Vielspal quasi Interferenz Muster machen.

P: Nochmal richtige Teilchenphysik, welche Kräfte kennen Sie?

S: Stark, schwach, elektromag., und gravitativ.

P: die zugehörigen Austauschteilchen?

S: Z,W⁺,W⁻ bei schwach, Gluonen bei stark die wirken auf Teilchen mit Farbladung.

P: (Unterbrochen) Wie viele Gluonen gibt es? (Ich weiß nicht wieso er die Frage so gerne stellt, da man die Frage, auf die er hier hinaus wollte, wieso es nur 8 statt 9 wirklich gibt, mit dem Wissen aus Ex6 eig. nicht beantworten kann)

S: Es gibt mathematisch 9, aber eigentlich nur 8 wegen Confinement oder so.

P: Falsch, es gibt auch mathematisch nur 8. Egal, Wie zerfällt ein Neutron?

S: Beta zerfall kurz erklärt, Masse von Neutron ist größer als Proton, deshalb energetisch günstig.

P: Malen Sie mal eine Skizze.

S: Ich versuch mich mal an dem Feynman-Diagramm, auch wenn ich mich mit denen noch nicht so wohl fühle.

P: Das können Sie machen, müssen Sie jedoch nicht. (Scheinbar setzt er es nicht voraus, dass man sowas kann, würde mich aber nicht darauf verlassen).

S: zeichnet mit kleiner Denkpause, als er merkt, dass es ein W- Boson sein muss, wenn man Ladungserhalt voraussetzt.

S: Okay, das sieht doch halbwegs ok aus, geht der Prozess auch anders herum?

S: Ja, es gibt den Elektroneneinfang.

P: Genau, der heißt auch K Einfang. Wieso heißt der so und wie geht der?

Nach Schweigepause hat er dann erklärt, dass aufgrund der Radialwellenfunktion in der K-Schale eine nicht verschwindende Wsk. ist, dass das Elektron im Kern ist. Bei der L Schale ist diese jedoch 0, woher dann der Name kommt.

THE END

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 Monatlang 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 meistes 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 bestätigen 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 Verschiebungssatz?
- > 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 herausschlage, 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 1 Å (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.

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: 06. Juni 2023	Fachsemester: 8
Welche Vorlesungen wurden geprüft? EX 4,5,6		
Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Keine		

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -
Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -
Verwendete Literatur/Skripte: Ex 6: Husemann Folien Ex 5: Hunklinger Generell seehr viel Wikipedia und dann bei einzelnen Themen Bücher zur vertiefung, z.B. Povh
Dauer der Vorbereitung: ca. 3 Monate, mit anfangs quasi keinem Vorwissen und zu beginn sehr geringe Intensität. Die letzten 3 Wochen dann ziemlich viel gelernt und mit Freunden durchgesprochen.
Art der Vorbereitung: Angefangen mit Ex6 und Husemann Folien, dann sehr schnell die wichtigsten Themen aus den Protokollen extrahiert und sehr viel Wikipedia Quergelesen. Einzelnen schlüssel-Themen zusammengefasst und mit freunden durchgesprochen. Die Letzte Woche Protokolle abfragen lassen und disskutieren geübt.
Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Grundlegendes Verständnis ist wichtig und Herr Wolf diskutiert gerne irgendwelche Fragestellungen, dass sollte man evtl. üben.

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Sehr angenehm, haben früher angefangen und etwas überzogen. Prüfung fand im Büro auf Papier statt. Wolf gibt einzelne Fragestellungen/Themen vor, lässt einen erstmal erzählen und hakt dann teilweise nach, regt Diskussion an durch "naive" Zwischenfragen oder ergänzt einfach selbst Dinge, dann mehr oder weniger geschmeidige Überleitungen zum nächsten Thema.
Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Sehr entspannt, lässt einem Zeit nachzudenken, gibt dann immer mehr Hinweise und wenn man gar nicht weiterkommt gibt er auch eine Lösung und eine kurze Erklärung. Sagt häufig Sätze wie "Das ist auch gar nicht weiter schlimm, dass können wir uns auch herleiten"...
Kommentar zur Prüfung: Angenehme Atmosphäre, ging sehr schnell rum
Kommentar zur Benotung: 1,3, sehr fair!
Die Schwierigkeit der Prüfung: Mein Problem waren die (wirklich sehr grundlegenden) Formeln, die er abgefragt hat. Hier hatte ich ziemlich zu kämpfen, ein paar Basics sollten sitzen!

Die Fragen

W: Wolf

S: Student

DISCALIMER: Ich habe sicher nicht mehr alles richtig im Kopf, vor allem die Reihenfolge war sicher anders, aber hier mal der Versuch:

W Haben sie ein Thema vorbereitet, dass Sie gerne vortragen möchten?

S Nein

W Gut, ich auch nicht.

W Dann fangen wir doch mal mit dem Franck-Hertz Versuch an, erzählen Sie mal.

S Relativ ausführlich den Versuch beschrieben, er hat sich über Details wie zusätzliche e- durch Photoeff. gefreut, Verlauf Strom über Spannung aufgezeichnet usw.

W Ich sehr sie kennen sich aus, was war denn das bahnbrechende an dem Versuch?

S Damit lies sich das Borsche Atommodell und seine Postulate untermauern. Irgendwas mit diskreten Energ.

W Diskrete Energieniveaus konnte man ja auch schon vorher bei irgendwelchen Spektren beobachten ~~~ Irgendwie auf Röntgenspektrum gekommen.

Wie funktioniert denn so eine Röntgenröhre?

S Aufgezeichnet, beschrieben, es gibt kontinuierliches Bremsspektrum und diskrete Röntgenpeaks zu gewissen Übergängen.

W Mit welchen Spannungen wird denn so eine Röhre ca. betrieben?

S Ja, also höher als bei Franck-Hertz, ja ...

W Also üblicherweise im Kilovolt-Bereich.

W *Zeichnet mehrerer kleiner werdende Peaks links von meinen Peaks ein*, Woher kommen denn die?

S Leere Schale wird wieder aufgefüllt usw.

W Ja genau, und die Energien werden immer kleiner zwischen den Schalen...

W Wie stellen wir uns denn heute ein Atom vor?

S Grob Orbitalmodell erklärt, Auf Nachfrage noch verschiedenstes diskutiert, insbesondere:

- Schrödingergleichung wollte er sehen
- Radiale Verteilung zu den Quantenzahlen $n \rightarrow$ nicht verschwindende Aufenthaltswahrscheinlichkeit im Kern für $n=1$

- Bedeutung der Quantenzahlen Richtungs-quantelung, Entartung

- ...

-- Spätestens ab hier ist die Reihenfolge bestimmt anders gewesen ...

S Kamen irgendwann mal auf Magische Zahlen zu sprechen, dann Übergang zu Atommodellen

Kernmodelle, Primär Betehe-Weitzsäcker beschrieben, Will "Tröpfchenmodell" hören

- "Chemie"

W Wie sie ja sicher in den Protokollen gelesen haben frage ich das immer, also hier zur Entspannung:

Was ist die Elektronenkonfiguration von Sauerstoff?

S Auswahlregeln genutzt, dann Hund'sche Regeln, Oktett regel angesprochen...

W Aha, also haben wir hier zwei unvollständig besetzte Zustände, was bedeutet das ?

S Reaktionsfreudig, will gerne noch zwei e'

W Ahha und im Vergleich dazu Kohlenstoff mit Ordnungszahl 6 ? ...

S Molekül ...

W Was kennen wir denn grundlegend für zwei Bindungen, für Moleküle und für Salze?

S Kovalente Bindung und Ionenbindung.

W Ahja also machen wir ein bisschen Festkörperphysik, Wie kann man denn so was beschreiben?

S Kurz was mit Gittervektoren gemurmelt und mit Einheitszellen, monatomare Kette beschrieben, möglich weil Potentialnäherungsweise quadratisch usw.

W Jetzt gibt es da eine besondere Relation...

S Dispersionsrelation aufgezeichnet, erst Akustische Moden, Gruppengeschwindigkeit an Zonengrenzen $=0$, Stehede Wellen, Bragg-Reflexion

W Sehr gut, jetzt gibt es da auch noch andere Moden?

S Optische Ergänzt, was dazu erzählt...

(W stichelt während dessen ein bisschen an der Festkörperphysik herum :D)

W Okay, jetzt hier mal ein harter Übergang, machen wir mal ein bisschen Teilchenphysik:

W Was kennen sie für Fundamentale Kräfte?

S Gravitation(Erwähne, dass wir das in der Teilchenphysik ignorieren), em, Schach, Stark

W Warum könne wir das einfach so ignorieren, Welche Kräfte beobachten wir im Alltag, Warum wenig em-Kraft, ist doch auch endlos reichweite???

S Haben in einem angenehmen Gespräch darüber diskutiert, z.B. wenig em, weil positive und negative Ladung sich aufheben ...

W Wie stellen wir uns heute das Proton vor?

S Naiven Quarkmodell gezeichnet, geredet über Gluonen und starke WW, gemeinsam kurzer Exkurs zum Pionen-A-

S Beta- Zerfall diskutiert

W Fragt nach Massen, und wie man da denn überhaupt schweres W-Boson erzeugen will

S Unschärfereleation, nur Virtuelles Teilchen ...

W Hat dass denn hier diese Masse von ~ 80 GeV?

S Nein da s ist "off-Shell"

W Aha, was bedeutet das denn?

S Hab ich leider nie so richtig verstanden

W Super, dann klären wir das jetzt hier:

Dann gemeinsam hergelitten ;), dass rel. Energie-Impulsrelation auf Kugelschale führt (Hier habe ich mit den Formeln gestruggelt und er hat recht viel geholfen)

W Was gibt es denn für andere Radioaktive Zerfälle?

S Beta+, Elektroneneinfang (Hier kurze Rückfrage, "Warum auch K-Einfang?"), alpha-Zerfall, Gamma-Zerfall jeweils kurz erklärt.

W Aha, also beim Gamma Zerfall, wie sieht denn da das Spektrum aus, im Vergleich zu dem Röntgenspektrum da?

S Joa also auch Übergänge zwischen Schalen

W Ja eigentlich ist es genau das gleiche Modell.

W Irgendwie im Gespräch über Pionen Massen nochmal zurück gekommen auf Massen im Standardmodell, Schwierig: Quark-Massen zu definieren, wegen Confinement. Aber es gibt eine Ausnahme...

S Top-Quark, so großer Masseunterschied...

W Ja genau, zerfällt schneller, als es hadronisieren kann, dass ist doch Toll oder? (noch irgendwas zu Fermis Goldener Regel gefragt)

W Kurze frage zu Feynmann Diagrammen, ob ich weis, wie man das in Rechnung überführt, wenn nicht auch nicht schlimm...

S Nicht wirklich, bissl was zu Vertices usw. erzählt .

W So, ich fand es sehr angenehm, jetzt müssen Sie uns kurz alleine lassen, aber nicht weglaufen...

Im Gespräch nach Selbsteinschätzung Gefragt.

1,3, weil bis auf Schwierigkeiten mit Formeln gut.

Noch Tipps für Theo-Prüfung gegeben :D

