

Prüfungsprotokoll vom 24.03.2005 :  
Physik III und Physik IV für Lehramtkandidaten  
(Nebenfach)

Prüfer: Prof. Flügge

Dauer: 30 min

Note: 1.0

**F:** Prof. Flügge

**I:** Ich

**F:** Hallo. Sie sind also Informatiker. Gut. Und Sie wollen über Physik III und IV geprüft werden. Abgesprochen war das Lehramtsskript Physik IV vom Mních und das Physik III Skript von mir als Prüfungsstoff. (Das Ganze hat er furchtbar hingezogen - ich erwartete voll Spannung die erste Frage). Damit wir den Bogen zu Physik IV kriegen, fange ich direkt beim Prisma an. Was können Sie dazu sagen?

**I:** Ein Prisma kann dazu benutzt werden, um Licht spektral zu zerlegen. Der Effekt, der dabei ausgenutzt wird, heißt Dispersion. (Skizze gemalt) Das Licht fällt von links ein und wird zum Lot hin gebrochen, da das Glas des Prismas einen Brechungsindex  $n > 1$  hat und die Luft außen herum einen Brechungsindex von ungefähr 1.

**F:** Was ist der Brechungsindex? Wie lässt sich der sich denn berechnen?

**I:**  $n = \frac{c_M}{c}$ , einsetzen von  $c_M = 1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0\epsilon_r\mu_r}$  und  $c = 1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$  liefert  $n = \sqrt{\epsilon_r\mu_r}$ . In der Regel ist  $\mu_r$  ungefähr 1 und der Brechungsindex ist  $n = \sqrt{\epsilon_r}$ .

**F:** OK. Wie geht der Verlauf dann weiter?

**I:** Das Licht wird an der zweiten Grenzfläche wieder gebrochen.

**F:** Zum Lot hin wieder oder vom Lot weg?

**I:** Vom Lot weg, da diesmal der Strahl von einem Medium mit höherem Brechungsindex in ein Medium mit niedrigerem Brechungsindex geht.

**F:** Zeichnen Sie das mal ein.

**I:** (Gemacht)

**F:** Machen Sie das etwas deutlicher, ruhig richtig vom Lot weg (malt in meiner Zeichnung herum). Und was passiert mit dem Licht?

**I:** Es gibt Dispersion, das heißt, dass der Brechungsindex abhängig von der Frequenz ist. (Dispersionskurve gemalt mit überlagerter starker Absorption bei  $\omega_0$ ) Im statischen Fall  $\omega = 0$  haben wir  $\epsilon_r$  (nach einem kurzen Hinweis am Ende meiner Erklärung des Verlaufs hab ich ganz schnell die Wurzel da drum gemacht). Dann steigt der Brechungsindex an - normale Dispersion. Dann haben wir eigentlich eine Polstelle, allerdings ist dem Verlauf eine Absorption überlagert. Der Brechungsindex fällt - also anormale Dispersion. Danach haben wir wieder normale Dispersion und der Brechungsindex geht gegen 1.

**F:** Beschriften Sie doch mal die Achsen.

**I:** (im Eifer des Gefechts vergessen) Auf der x-Achse ist  $\omega$ , an der Resonanzstelle  $\omega_0$  und auf der y-Achse ist der Brechungsindex eingetragen. (An der Stelle kam dann auch die Wurzel bei  $\epsilon_r$ )

**F:** Wodurch kommt die Absorption zustande?

**I:** Durch Schwingungen der Moleküle oder der Elektronen in den Atomhüllen

**F:** ... und von diesen Verläufen kann man auch mehrere innerhalb eines Materials haben.

**I:** (nicke wissend)

**F:** OK, wir haben also eine Frequenzabhängigkeit des Brechungsindex. Wenn ich jetzt hier zwei Strahlen habe (rechts vom Prisma, zeichnet einen weiteren Strahl oberhalb des Anderen), welcher ist jetzt der Strahl mit der höheren Frequenz?

**I:** Wir haben normale Dispersion, also sind wir zum Beispiel hier (zeige auf die Dispersionskurve links von der Resonanzstelle). Dann haben wir bei größerer Frequenz einen höheren Brechungsindex (auf zwei Stellen im Graphen gezeigt). Das heißt, dass der untere Strahl derjenige ist, der die höhere Frequenz hat, weil der ja stärker gebrochen wurde.

**F:** Wenn wir jetzt ein Gitter haben (malt das hin, so Punkte wie bei der Bragg-Reflektion), dann haben wir ja auch Ablenkungen, die mit der Wellenlänge zusammenhängen. Wie ist das da?

**I:** Bei Interferenzen haben wir immer so was wie  $\sin \alpha = m\lambda$ , bzw. noch einen Faktor  $g$ , die Gitterkonstante. Bei größerem Winkel ist der Sinus größer, also ist  $\lambda$  auch größer. Also werden größere Wellenlängen, also kleinere Frequenzen stärker abgelenkt.

**F:** Ich finde das ganz witzig, dass sich das anders herum verhält wie beim Prisma. Kommen wir jetzt zur Atomphysik. Wenn wir uns jetzt Kalium zum Beispiel vornehmen. Wie sieht so ein Spektrum aus?

**I:** Wir haben erst einmal die Hauptenergieniveaus  $n$ .

**F:** Malen Sie mal

**I:** (Gemalt, die Niveaus rücken nach außen hin mit  $1/n$  immer näher zusammen, bei  $n=3$  hat er mich abgebrochen).

**F:** Kalium ist jetzt was kompliziert. Wie sieht denn die Besetzung im Grundzustand von Natrium aus?

**I:** Zwei auf dem untersten Niveau und eins auf dem zweiten Niveau (eingezeichnet)

**F:** Warum kann denn das dritte Elektron nicht auch noch mit auf das erste Niveau?

**I:** Weil sonst alle Quantenzahlen übereinstimmen würden. Wir haben auf dem untersten Niveau einmal Spin up und einmal Spin down und auf dem Niveau  $n=2$  Spin up (eingezeichnet)

**F:** Wie heißt denn das Prinzip?

**I:** (Bin zu meiner Schande nicht direkt darauf gekommen, Huygens oder so in den Raum geworfen)

**F:** Fängt mit P an ...

**I:** ...

**F:** Naja eigentlich sind Namen ja nicht so wichtig. Was das bedeutet haben Sie ja gesagt ...

**I:** ... Pauli-Prinzip (kurz bevor F. das sagen wollte).

**F:** Wenn man jetzt genau hinguckt, was sieht man dann?

**I:** Man sieht die Feinstrukturaufspaltung. Das ist eine Abhängigkeit der Energieniveaus von den magnetischen Momenten von Spin- und Bahndrehimpuls. Man stellt sich vor, dass der Kern um das Elektron kreist (hingemalt, in der Mitte  $e^-$  dran geschrieben, an den Kern  $Ze$ ). Durch die Drehbewegung kriegen wir ein B-Feld proportional zu  $\vec{L}$ . Die Aufspaltung geschieht durch die zusätzliche potentielle Energie  $V = \vec{\mu}_s \vec{B}$ , dabei ist  $\mu_s$  proportional zu  $\vec{S}$  und V damit zu  $\vec{L} \cdot \vec{S}$ .  $\mu_s$  ist ...

**F:** Ah so. Ja OK Sie kennen also die genaue Formel. Ja dann machen Sie mal ...

**I:**  $\mu_s = m_s g \sqrt{s(s+1)} \hbar$ .  $g$  ist der Landé-Faktor, der ungefähr 2 ist.

**F:** Öhhh da stimmt was nicht.

**I:** Moment, wir haben  $S = \sqrt{s(s+1)} \hbar$  und  $\mu_s = g \mu_B \sqrt{s(s+1)}$ . Eigentlich ist aber nur die z-Komponente entscheidend.

**F:** Ja, OK. Und je nachdem wie jetzt nun  $\mu_s$  zu dem B-Feld steht, bekommen wir also entweder eine positive oder eine negative potentielle Energie und damit die Aufspaltung. Was ist denn jetzt noch eigentlich ein viel größerer Effekt beim Natrium?

**I:** ??? Öh ... Also Zeeman-Effekt nicht, da wir hier einen Hüllenspin ungleich 0 haben, also höchstens anomaler Zeeman-Effekt. ... Lamb-Shift? Hyperfeinstruktur ist ja noch geringer. ...

**F:** Wir haben ein - was für Potential?

**I:** Ah! Normalerweise ein  $1/r$ -Potential, aber wegen der Abschirmung durch die beiden Elektronen auf der inneren Schale ist das kein reines  $1/r$ -Potential und deswegen die Aufspaltung.

**F:** OK, Kernphysik. Was gibt es denn da so? Was ist denn da die Bindungsenergie?

**I:** Meinen Sie das Tröpfchenmodell?

**F:** Ja. ...

**I:** Man hat die Formel  $E_b = C_1 A - C_2 A^{2/3} - C_3 \frac{Z^2}{A^{1/3}} - C_4 \frac{(N-Z)^2}{A} \pm C_5 \frac{1}{\sqrt{A}}$  (Ich hab erklärt, während ich die Formel hingeschrieben habe): Der erste Term in Analogie zu Wassertropfen: Die Volumina addieren sich.  $A$  ist die Zahl der Nukleonen. Der zweite Term berücksichtigt die Oberflächenspannung. Die Oberfläche ist proportional zu  $A^{2/3}$ . Der dritte Term ist die Coulomb-Abstoßung. Im Nenner steht  $A^{1/3}$ , weil das der Radius ist, wenn  $A$  ein Volumen angibt. Der vierte Term sagt was über das Verhältnis von Neutronen und Protonen aus. Wenn die Zahl gleich ist haben wir besonders starke Bindung. Der letzte Term berücksichtigt die Tatsache, dass gerade Anzahlen von Protonen bzw. Neutronen besonders starke Bindung ergeben. Plus haben wir, wenn beide Anzahlen gerade sind, minus falls beide ungerade sind und 0 falls eins gerade und das andere ungerade ist. Das ganze heißt übrigens Weizsäcker-Formel

**F:** Wie sieht denn jetzt die Bindungsenergie aus?

**I:** (das Bild  $E_b/A$  über  $A$ ). Wir haben einen starken Anstieg der Bindungsenergie und bei Fe=56 ein Maximum. Danach werden die Bindungsenergien wieder schwächer.

**F:** Aus diesem Graph kann man jetzt viel Interessantes folgern. ...

**I:** Das bedeutet zum Beispiel, dass man auf der linken Seite ( $A < 56$ ) Kernfusion machen kann und auf der rechten Seite Kernspaltung.

**F:** Was sind denn magische Zahlen?

**I:** Analog zu Edelgasen hat man Zahlen, wo man außergewöhnlich hohe Bindungsenergien bekommt. Das hat was mit dem Schalenmodell zu tun.

**F:** Was sind denn so magische Zahlen?

**I:** (geraten, wegen den Edelgasen) 2, 8 und so weiter.

**F:** Naja. OK. 2. Ja also zum Beispiel 4, weil ja 2 Protonen und 2 Neutronen vorhanden sein müssen. Was ist das eigentlich?

**I:** Helium.

**F:** Ja genau. Und was sieht man dann im Graphen?

**I:** Dass die Bindungsenergie da besonders hoch ist.

**F:** Wir haben da so Peaks in der Kurve (malt in meinem Bild ein paar Peaks ein und zieht die Kurve wirklich bis in den Nullpunkt was ich nicht ganz gemacht habe). OK Kernspaltung. Wie sieht das aus?

**I:** Die allgemeine Formel oder jetzt für Uran oder so?

**F:** Machen Sie mal konkret für Uran.

**I:** Man hat Uran  $^{235}_{92}$  auf der linken Seite. Äh wir haben  $\alpha$ -Spaltung oder nicht?

**F:** Nö. Hm. Was brauchen wir denn noch?

**I:** Neutronen. (Schreibe auf die linke Seite noch ein Neutron)

**F:** Die Spaltprodukte bezeichnet man üblicherweise als Y und Y (Schreibt das auf). Warum brauchen denn die ganzen Schurkenstaaten (irgendwie so was hat er gesagt) immer so lange um eine Atombombe zu bauen?

**I:** Man muss erst eine kritische Masse zusammen haben. Bei jedem Spaltvorgang entstehen im Schnitt 2,4 neue Neutronen (schreib die auf die rechte Seite der Reaktionsgleichung und vergewissere mich, ob F. das auch OK findet. Anscheinend ist das so). Man muss nun so viele Kerne haben, dass die Wahrscheinlichkeit größer als  $\frac{1}{2,4}$  ist, auf einen anderen Kern zu treffen. Außerdem muss man  $^{235}$ er Uran haben, was sehr selten ist und in dem normalen  $^{238}$ er Uran vorkommt.

**F:** Warum nimmt man denn dann nicht einfach das  $^{238}$ er?

**I:** Weil sich das nicht so leicht spalten lässt.

**F:** Wenn Sie sich mal die Formel (Weizsäcker-Formel) anschauen ... Dann haben wir 235. Dann kommt ein Neutron dazu und wir haben 92 Protonen und 236 Neutronen also gerade gerade und damit hohe Bindungsenergie. Na ja eigentlich nicht wirklich Bindung - aber ... (er hatte sich ein bisschen verzettelt). Was braucht man denn noch wenn man einen Kernreaktor bauen will?

**I:** Man braucht Stäbe aus Bor oder so, die Neutronen einfangen können um die Kettenreaktion zu kontrollieren.

**F:** Ja. Man braucht außerdem einen Moderator. Wissen Sie, was das ist?

**I:** Der bringt die Neutronen auf die richtige Geschwindigkeit.

**F:** Ja, komischerweise ist das so, dass man langsame Neutronen für die Spaltung

braucht und nicht schnelle wie man vielleicht erwarten würde. Was ist denn Kernfusion?

**I:** (Formel zusammengebastelt. Als bei mir Elektronen (von der Hülle) auftauchen guckte er komisch. Er hatte erwartet, dass ich mich auf die Kerne beschränke und sagt das auch). Wir haben 4 Protonen. Zwei davon zerfallen gemäß  $\beta^+$ -Zerfall, also kriegen wir pro Proton, was zum Neutron wird, noch ein Neutrino. (Formel vervollständigt).

**F:** Die Neutrinos sind ja komische Dinger. Wissen Sie was darüber? Wenn nicht ist nicht schlimm . . .

**I:** Neutrinos nehmen nur an der schwachen Wechselwirkung teil.

**F:** Wie kann man denn Sonnenneutrinos auf der Erde nachweisen?

**I:** Hm. Keine Ahnung.

**F:** Machen Sie mal den ersten Teilschritt von der Kernfusion. Schreiben Sie mal auf:  $p + p$  gleich . . .  $d$  . . .

**I:** plus Positron plus Neutrino.

**F:** Wenn Sie sich die Gleichung mal anschauen, dann kann man die umdrehen.

**I:** Dann hat man Deuterium und dann ein Elektron.

**F:** Und die kann man dann nachweisen. Deuterium ist schweres Wasser, wissen Sie oder?

**I:** Ja . . .

**F:** Und was fällt einem auf wenn man das macht?

**I:** ???

**F:** . . . dass es viel zu wenig Neutrinos gibt. OK. Die Zeit ist rum. Das war 's. Gehen Sie mal kurz nach draußen . . . (raus und sehr schnell wieder rein) Ja, also das ist ne 1.0. Sie haben eigentlich alles gewusst und wenn Sie was nicht gewusst haben, dann war das eigentlich nicht wirklich Prüfungstoff. Herzlichen Glückwunsch! (Er und Beisitzer gratulieren) Tschüß.

**I:** Äh. (sprachlos) Danke! Tschüß.

Prof. Flüge war ein angenehmer Prüfer, der es bekanntermaßen recht kurz und schmerzlos macht. Während der Prüfung hat er sich sehr entspannt gezeigt und dabei gemütlich seinen Kaffee geschlürft. Man sollte jedoch vorsichtig sein, was das Abschätzen von relevanten Teilen – vor allem aus dem Bereich Physik IV – betrifft und man sollte sich auch auf exotischere Fragen gefasst machen, die teilweise auch nicht vom Skript abgedeckt werden. Das gilt insbesondere dann, wenn die Prüfung einen ganz guten Verlauf nimmt. Ich hab mich recht lange vorbereitet; ich schätze 6-8 Wochen mit unterschiedlichem Tagespensum. Dabei habe ich mich im Großen und Ganzen auf die Skripten beschränkt und nur das nachgelesen, was ich nicht verstanden habe bzw. was ich für relativ wichtig gehalten habe. Dann habe ich mir natürlich alle Protokolle aus der Fachschaft besorgt (danke Frank), wobei ich die Nebenfachprüfungen erst später bekommen habe und danach einigermaßen schockiert über den Inhalt war. Bei mir waren allerdings viele Fragen keine bekannten Fragen aus Prüfungsprotokollen, deshalb sollte man doch einiges mehr tun als nach diesen zu lernen. Ich hatte nicht gedacht, dass beispielsweise Kernphysik so relevant ist.

Generell kann man glaube ich sagen, dass bei Physik III vor allem die hinteren Kapitel (ausgenommen Holographie) relevant sind (erstaunlicherweise kam bei mir kein Auflösungsvermögen) und bei Physik IV Atom- und Kernphysik (kein Laser, keine Molekülspektren, Kernphysik sollte man mehr können als im Skript steht). Ich hab die Übungen samt Klausur für Physik III gemacht, die Physik IV Übungen habe ich aber nicht mehr angefasst, weil die meiner Meinung nach irrelevant sind. Ich hatte kein gutes Physikbuch, nur das Metzler-Buch aus der Oberstufe und sonst ein paar Internetquellen, die meistens nicht zu empfehlen sind. Gehört hatte ich zuerst die Physik IV für Physiker Vorlesung bei Mnich und danach die Physik III Vorlesung bei Flügge. Als Prüfungsstoff waren Physik III von ihm und das Lehramtsskript Physik IV vom Mnich abgesprochen. Ich hatte eine 1.3 erhofft und mit einer 1.7 wäre ich auch zufrieden gewesen, deshalb war ich umso mehr glücklich die 1.0 gemacht zu haben. Viel Erfolg bei Euren Prüfungen!