

Prüfungsprotokoll

Studienfach: Physik (technische)
Prüfungsart: Diplom
Prüfungsfach: Theoretische Physik
Prüfer: Dragon
Datum: 2005
Note: 1.3

Was sollte man bei der Prüfung beachten ?

Dragon fragt bei Herleitungen gerne mal einzelne Schritte nach, um zu sehen ob die Rechnung nicht nur gelernt, sondern auch verstanden wurde. Daher sollte man nicht nur seine häufig gefragten Herleitungen auf jeden Fall können, sondern sie auch komplett verstanden haben. Kann man eine Herleitung nicht, so wird er sie mit ziemlicher Sicherheit in der Prüfung herleiten lassen.

Grundsätzlich gilt, dass wenn man etwas nicht weiß, dass dies jede Menge weitere Fragen provoziert. Daher sollte man immer möglichst genau antworten.

Bei komplizierteren Themen ist es nicht unbedingt wichtig diese bis in letzte Detail zu beherrschen (z. B. entartete Störungsrechnung), jedoch sollte man wissen worum es geht und mit Dragon darüber diskutieren können.

Periodisches Potential / Festkörperphysik

DRAGON: Sie haben ein periodisches Potential, wie gehen sie vor ? (der bekannte Einstieg)

ANTWORT: Es gilt $V(x) = V(x + l)$. Mit einigen Umwegen kamen wir dann zu $\psi(x + l) = e^{ikl} \psi(x)$. Auf dem Weg dorthin kamen folgende Fragen:

DRAGON: Wie wirkt der Translationsoperator ?

ANTWORT: $(U_{-l}\psi)(x) = \psi(x + l)$ (Die Klammern sind wichtig)

DRAGON: Eigenfunktionen ?

ANTWORT: $U_l\psi(x) = e^{ikl} \psi(x)$

DRAGON: Was heißt das ?

ANTWORT: Eigenwerte liegen auf dem komplexen Einheitskreis

DRAGON: (Dann wollte er, dass ich die Eigenwerte unitärer Operatoren herleite. Er hat danach aber nicht direkt gefragt.)

ANTWORT: Mit UU^\dagger bzw. $U^\dagger U = 1$ gilt: (seine Standardherleitung)

$$\begin{aligned} 1 &= \langle \psi | \psi \rangle = \langle \psi | U^\dagger U | \psi \rangle \\ &= \langle U\psi | U\psi \rangle \\ &= \langle \psi | \lambda^* \lambda | \psi \rangle \quad \text{mit} \quad \langle U\psi | = \lambda^* \langle \psi | \quad \text{und} \quad U | \psi \rangle = \lambda | \psi \rangle \\ &= \lambda^* \lambda \end{aligned}$$

DRAGON: Bei der Lösung des periodischen Potentials gilt noch, dass der Strom divergenzfrei ist. Schreiben Sie mal J hin.

ANTWORT:

$$J = \frac{\hbar}{2mi} \{ \psi^* \nabla \psi - \psi \nabla \psi^* \}$$

Ich war mir unsicher wo das komplex konjugiert (*) hinkommt, daher kam die Frage:

DRAGON: Wenn sie die Definition nicht exakt kennen, wie können sie die nachprüfen ?

ANTWORT: ??? Vielleicht durch Stromerhaltung ?

DRAGON: Das können Sie aber nur an einem konkretem Beispiel überprüfen. Wir suchen was allgemeines.

ANTWORT: Kontinuitätsgleichung

DRAGON: Schreiben Sie die mal hin

ANTWORT: Weiß ich nicht . . . (Ich wußte wo ich sie in meinen Unterlagen und den Büchern finden würde, aber hatte nicht den blassesten Schimmer wie sie aussehen sollte.)

DRAGON: Die gibt es auch bei Ladungen . . . (Es folgten 10 Minuten qualvoller Fragen in der ich mein ganzes Vordiplomswissen über Elektrodynamik auspacken musste, bis dann endlich alles da stand)

ANTWORT:

$$\dot{\rho} + \nabla \cdot \mathbf{j} = 0$$

DRAGON: ρ ist eine Wahrscheinlichkeitsdichte. Wie sieht die aus ?

ANTWORT: $\rho = |\psi|^2$

DRAGON: Wie sieht die Energie für ein periodisches Potential aus ?

ANTWORT: (Ich habe das Bild mit der Parabel mit den Bandlücken hingemalt und die Achsen beschriftet)

DRAGON: Es kamen die üblichen Fragen. Also

- Wo liegt die Fermi Energie
- Was sagt mir die Reflexivität des Festkörpers über den Festkörper
- Wie unterscheiden sich Metall, Nichtleiter und Halbleiter, usw.

DRAGON: Gibt es ein periodisches Potential in der Realität ?

ANTWORT: Störstellen, Defekte und Dotierungen stören die Periodizität.

freies Teilchen, Wasserstoff, harmonischer Oszillator

DRAGON: Welches System hat noch diese Dispersionsrelation ($E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$)

ANTWORT: (Ich dachte an freies Teilchen, war aber unschlüssig, so dass er weiter gefragt hat)

DRAGON: Welche Systeme kennen Sie denn überhaupt

ANTWORT: freies Teilchen, Wasserstoff, harmonischer Oszillator.

DRAGON: Wie sehen die Energieabhängigkeiten aus ?

ANTWORT:

$$E_n = -R_y \frac{1}{n^2} \quad E_n = \hbar \omega n$$

DRAGON: Zeichnen Sie die Spektren:

ANTWORT: (Am Ende hatten wir durch Vergleich der Spektren dann herausgefunden, dass $E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$ für ein freies Teilchen gilt.)

Helium Atom

Hier weiß ich leider nicht mehr genau was Dragon gefragt hat. Ich sollte ihm Wellenfunktionen der Elektronen aufschreiben und daran das Pauliprinzip klar machen. Anhand der alten Prüfungsprotokollen war ich davon ausgegangen, dass die Formel dazu reicht. Allerdings wollte Dragon dazu relativ viel diskutiert haben, so dass wir bestimmt 10min nichts anderes wie Helium Atom besprochen haben.

Zeitentwicklung

DRAGON: Wie sieht die Zeitentwicklung eines Operators aus ?

ANTWORT:

$$|\psi(t)\rangle = e^{\frac{i}{\hbar} H t} |\psi(0)\rangle$$

DRAGON: Was müssen wir kennen um das zu lösen ?

ANTWORT: Über Umwege sind wir auf Eigenzustände und Eigenwerte E_n des Hamilton gekommen zu

$$|\psi(t)\rangle = \sum_n e^{\frac{i}{\hbar} E_n t} |\Lambda_n\rangle \langle \Lambda_n | \psi(0)\rangle$$

Ofen, Zustände, Dichtematrix

DRAGON: Wie beschreiben Sie die Zustände eines Ofen mit preparierten Zuständen ?

ANTWORT: Über die Dichtematrix

DRAGON: Ne, das wollte ich nicht wissen, schreiben Sie das mal ohne Dichtematrix hin ?

ANTWORT: (In dem Augenblick, dachte ich nur - was will der von mir ? Dragon hat viel geredet und solange versucht mich darauf zu bringen, bis mir irgendwann klar wurde das er folgendes hören wollte:)

$$W(a_n) = \sum_k p_k W_k(a_n)$$

DRAGON: Wie leiten sie daraus die Dichtematrix her (Seine Standardherleitung !)

ANTWORT:

$$\begin{aligned} W(a_n) &= \sum_k p_k W_k(a_n) \\ &= \sum_k p_k |\langle \Lambda_n | \psi_k \rangle|^2 \\ &= \sum_k p_k \langle \Lambda_n | \psi_k \rangle \langle \psi_k | \Lambda_n \rangle \\ &= \langle \Lambda_n | \sum_k p_k |\psi_k\rangle \langle \psi_k | \Lambda_n \rangle \\ &= \langle \Lambda_n | \rho | \Lambda_n \rangle \end{aligned}$$

Entropie / Störungsrechnung

DRAGON: Unkenntniss über ein Gemisch

ANTWORT:

$$S = - \sum_n \rho_n \ln \rho_n$$

DRAGON: Was sind die ρ_n

ANTWORT: Die Eigenwerte der ρ . (Erst habe ich Diagonalelemente gesagt, was er mir übel genommen hat, da das nur für eine mögliche Basis gilt.)

DRAGON: Wann erhält man maximale Entropie ?

ANTWORT: Bei $\rho_n = \frac{1}{N}$

DRAGON: Was ist das N ?

ANTWORT: Anzahl der Teilchen.

DRAGON: Falsch! Wieviele Zustände hat genau ein freies Teilchen ?

ANTWORT: Unendlich viele. N ist die Anzahl der Zustände.

DRAGON: Wie sieht die Zeitentwicklung der Entropie aus ?

ANTWORT: bei Schrödingerscher Zeitentwicklung Null.

DRAGON: Das sieht man durch Störungsechnung. Schreiben sie doch mal die erste Entwicklung erster ORdnung für den Erwartungswert und den Zustand hin.

ANTWORT:

$$\frac{dE_n}{d\lambda} = \langle \psi_n | \frac{dH}{d\lambda} | \psi_n \rangle$$
$$\frac{d\psi_n}{d\lambda} = - \sum_{m \neq n} |\psi_m\rangle \frac{\langle \psi_m | \frac{dH}{d\lambda} | \psi_n \rangle}{E_m - E_n}$$

DRAGON: Was macht man bei entartetem E_n ?

ANTWORT: Ich habe was von 'orthogonaler Basis finden' geredet. Er meinte dazu *fast richtig* und hat es dann erklärt. (Ich hatte das gelesen, aber nicht wirklich gelernt. Er war aber mit meinen Stichworten die ich ihm liefern konnte dann auch schon zufrieden)

DRAGON: Was ist der Unterschied zur thermodynamischen Entropie

ANTWORT: Diese wächst. z. B. beim Mischen

DRAGON: Wie sieht die Entropie dann aus ?

ANTWORT:

$$\rho = \lambda \tilde{\rho} + (1 - \lambda) \hat{\rho}$$
$$S(\rho) = \lambda S(\tilde{\rho}) + (1 - \lambda) S(\hat{\rho})$$

Ab hier kamen dann noch Fragen zum expandierendem Kosmos, was passieren würde, wenn das Universum nicht expandieren würde. Dabei brachte Dragon das Thema auf Asterix und Obelix (Der Himmel fällt auf den Kopf). Es war dabei klar, dass die eigentliche Prüfung vorbei war, und es nur noch darum ging über physikalische Themen zu philosophieren (die Dragon gerade dazu einfielen). Das hat zwar Spaß gemacht, aber man musste dennoch das Wissen zur QM einbringen um Dragon antworten zu können.