

0.1 114. Hausaufgabe

0.1.1 Mutmaßungen über die schwingende Größe bei Materiewellen

Bedingungen an die schwingende Größe

– Polarisierbarkeit

Über Materiewellen wissen wir (bzw. haben wir aus dem Buchvergleich erfahren), dass sie polarisierbar sind. Polarisierbarkeit impliziert, dass die schwingende Größe eine vektorielle Größe ist: Bei skalaren Größen ergäbe es keinen Sinn, von Polarisation zu sprechen, da in diesem Fall die Signalrichtung ja bereits vorgegeben und unveränderbar ist.

– BRAGGreflektierbarkeit

Außerdem wissen wir, dass Materiewellen an BRAGGkristallen „reflektiert“ werden können. Dies deutet darauf hin, dass es sich bei Materiewellen um elektromagnetische Wellen handelt – schließlich kennen wir ja schon die „Reflexion“ von Röntgenstrahlung, also elektromagnetischen Wellen bestimmter Wellenlänge, an BRAGGkristallen.

Alternativ wäre es natürlich immer noch möglich, dass Materiewellen nicht elektromagnetische Wellen sind, jedoch an BRAGGkristallen ähnliches/gleiches Verhalten zeigen.

– Vakuumausbreitung

Eine weitere Bedingung, die wir an Materiewellen stellen müssen, ist, dass sie sich im Vakuum, also ohne Medium, ausbreiten können. Auch das deutet auf elektromagnetische Wellen.

Experiment zur Unterscheidung von elektromagnetischen Wellen von Materiewellen

Die drei Bedingungen (vektorielle Größe; BRAGGreflektierbarkeit; Vakuumausbreitung) werden von elektromagnetischen Wellen erfüllt. Klarheit könnte ein Experiment bringen, bei dem versucht wird, elektromagnetische Wellen mit Materiewellen zur Interferenz zu bringen.

Wenn Materiewellen nicht elektromagnetische Wellen sind, müsste man zwei getrennte Phänomene beobachten: Zum einen die Auswirkungen der elektromagnetischen Wellen, und zum anderen die der Materiewellen; es würde keine Interferenz stattfinden.

Wenn Materiewellen doch elektromagnetische Wellen sind, müsste Interferenz stattfinden und man würde ein (wie auch immer gear tetes) Interferenzmuster beobachten.

– Hypothetische Probleme beim Durchführen des Versuchs

Problematisch könnte bei der Durchführung eines solchen Versuches sein, dass die Wellenlänge von elektromagnetischen Wellen (beispielsweise von sichtbarem Licht einige hundert Nanometer, von Röntgenstrahlung einige zehn Pikometer) (viel) größer als die von Materiewellen (einige Pikometer) ist.

– Besondere Auszeichnung von Materiewellen zur Unterscheidung von „regulären“ elektromagnetischen Wellen?

Außerdem stellt sich, wenn Materiewellen tatsächlich elektromagnetische Wellen sind, die Frage, was dann elektromagnetische Wellen von Materiewellen unterscheidet: Wieso messen wir beim Doppelspaltexperiment mit einem Laser im sichtbaren Lichtbereich keine Elektronen auf dem Schirm? Und umgekehrt: Wieso sehen wir keine Farbmuster beim Doppelspaltexperiment mit Elektronen?

Könnte man bei elektromagnetischen Materiewellen weiterhin einen Feldtyp vernachlässigen, so wie wir es bei „regulären“ elektromagnetischen Wellen tun? Wäre also die eine vektorielle Größe immer noch gegenüber der anderen fix um 90° phasenverschoben?

0.1.2 Buchvergleich

Fischer Abiturwissen

- Wellenlänge und Frequenz bei Materiewellen nur „Rechengröße“

Es wird argumentiert, dass, weil der Nullpunkt der potenziellen Energie beliebig festlegbar ist, die Wellenlänge und Frequenz von Materiewellen höchstens relative Bedeutung haben.

$$E_{\text{ges}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} = hf;$$

Nicht im Buch erwähnt, aber trotzdem relativ ist natürlich, dass auch die kinetische Energie letztendlich beliebig wählbar ist, da das Bezugssystem ja frei wählbar ist.

Außerdem könnte man zumindest E_{pot} aus der Gleichung eliminieren, indem man relativistisch rechnet:

$$E_{\text{ges}} = m(v) \cdot c^2 = hf;$$

Es stellt sich außerdem die Frage, ob es schlimm ist, wenn die Materiewellenfrequenz keine absolute, invariante, überall gleich große Größe ist – bei vertrauteren Größen wie der relativistischen Masse, der Geschwindigkeit oder dem Impuls sehen wir das Problem ja als wenig(er) kritisch an.

- Unendliche Ausdehnung von Materiewellen?

Postuliert man ohne genaueren Kontext einfach nur, dass „Teilchen“ wie Elektronen eine Wellenlänge haben, könnte man daraus folgern, dass es sich um unendlich ausgedehnte Wellen handelt.

Man kann dieses Problem aber lösen, wenn man ergänzt, dass es sich bei Materiewellen immer um Wellenpakete handelt. Diese könnten sich dann entsprechend gegenseitig aufheben/zerfließen, womit man den Ort einschränken könnte.

(Außerdem ergibt sich bei unendlich ausgedehnten Wellen wohl das Problem, dass eine bestimmte Art Geschwindigkeit (die Gruppengeschwindigkeit) größer als die Lichtgeschwindigkeit wäre. Auch dieses Problem wird durch die Betrachtung von Wellenpaketen gelöst.)

- Polarisierbarkeit von Materiewellen

Das Buch erwähnt, dass Materiewellen polarisierbar sind. Aus dem betrachteten Ausschnitt wurde nicht klar, welche Konsequenzen eine Polarisierung auf die entsprechenden „Teilchen“ (im Falle von Elektronenwellen den Elektronen, im Falle von Licht den Photonen) hat.

- Layout, Gliederung, Aufbau

Positiv fiel mir auf, dass eigentlich wichtige Details, die jedoch zunächst nicht erklärt werden können, da erst die Grundlagen vermittelt werden müssen, in kleinerer Schrift angemerkt werden.

Der Metzler nutzt auch das Stilmittel kleinerer Schrift, nutzt es aber vornehm dazu, um ganze Sektionen, die ihm weniger wichtig erscheinen, zu setzen. Im Fischer Abiturwissen sind dagegen mehrere kleine Blöcke in den Haupttext eingestreut, die beim Lesen aufkommende Fragen wenn zwar nicht beantworten, zumindest bestätigen und anerkennen.

Materiewellen für die Sekundarstufe II

- Wellenlänge und Frequenz auch bei Lichtquanten „willkürlich“

Es wird erwähnt, dass Wellenlänge und Frequenz nicht nur bei Materiewellen „willkürlich“ festgelegt sind, sondern dass das auch bei „regulären“ Photonen der Fall ist. Es gibt wohl aber irgendein fundamentales Nullpotenzial (auf das nicht näher eingegangen wird), das ohne Erwähnung immer zugrunde gelegt wird, vergleichbar mit dem Nullpotenzial des elektrischen Potenzials.

Vergleich mit dem Metzler

Obwohl beide betrachteten Bücher nicht die Frage klären, welche physikalische Größe nun bei Materiewellen schwingt, scheinen mir beide Bücher genauer als der Metzler nachzufragen.

Der Metzler verfolgt mehr den phänomenologischen Ansatz: Ordnet man Elektronen über $E = hf$ eine Wellenlänge zu, so kann man die Beugungserscheinungen von Elektronen sinnvoll deuten. Punkt.

Dass Materiewellen polarisierbar sind und dass Wellenlänge und Frequenz nicht fundamental gegeben sind, sondern von verschiedenen Faktoren – u.a. der Wahl des Bezugssystems – abhängen, verschweigt der Metzler.

(Benötigte Zeit: 70 min)