ZHAW Zurich University of Applied Sciences

Institute for Applied Mathematics and Physics, School of Engineering

PhIT Übung 13

Prof. Dr. R. M. Füchslin, Dr. A. - C. Uldry

10. Dezember 2016

In den folgenden Serien legen wir noch grösseres Gewicht auf Wiederholungsaufgaben. Wir deklarieren diese als SZusatzaufgaben"; Sie sollten sich aber darüber im Klaren sein, dass diese Aufgaben Stoff umfassen, den Sie beherrschen müssen. Wir empfehlen Ihnen folgendes Vorgehen: Schauen Sie die Zusatzaufgaben an, überlegen Sie sich, welche der Aufgaben Sie am wenigsten gerne als Prüfungsaufgaben hätten und dann lösen Sie genau diese!

Aufgaben

1 Wellengleichung

(a) Die Schrödingergleichung beschreibt, wie sich die Wellenfunktion $\Psi(x,t)$ eines Teilchens verhält. Für ein Elektron im unendlichen tiefen Potentialtopf lautet die Lösung der Schrödingergleichung $\Psi_n(x,t) = \sqrt{\frac{2}{L}}\sin(kx)e^{-i\omega t}$ für x zwischen 0 und L, und 0 anderswo (Folien S. 48).
Prüfen Sie, dass die Randbedingung $\Psi_n(x=L,t)=0$ dazu führt, dass die Wellenzahl k die Bedingung $k=\frac{n\pi}{L}$ mit $n\in\mathbb{N}$ erfüllen muss.

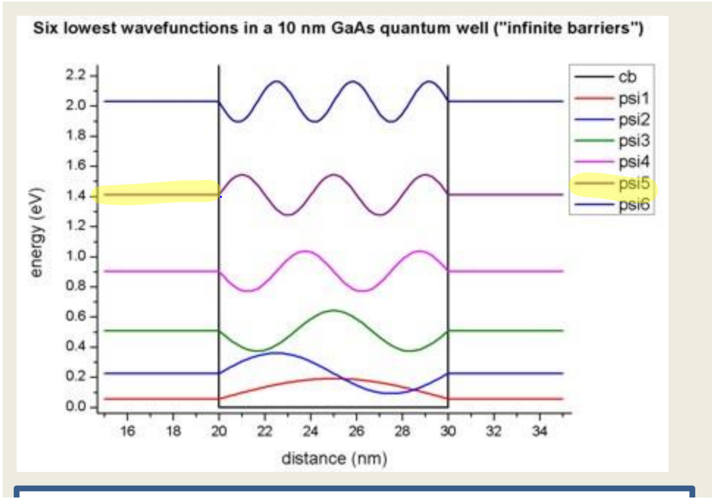
(b) Die klassische Wellengleichung unterscheidet sich stark von der Schrödingergleichung in der Beschreibung der zeitlichen Entwicklung des Systems. Ähnlichkeiten findet man aber bei stationären Zuständen. Zum Beispiel sind die stationären Zustände einer Geigensaite, die an den zwei Enden $x=0$ und $x=L$ fest eingespannt ist, gegeben durch $\phi(x,t) = A\sin\frac{2\pi x}{\lambda}\cos(\omega t)$. Nutzen Sie die Randbedingung $\phi(x = L, t) = 0$ um zu zeigen, dass nur bestimmte Wellenlängen λ zu stationären Zuständen führen.

2 Aufenthaltswahrscheinlichkeit

Betrachten Sie die Wellenfunktion psi5 in der Abbildung. Sie ist eine mögliche Lösung der Schrödingergleichung für ein Teilchen im unendlichen tiefen Potentialtopf (siehe Vorlesung S. 48) in einer Dimension. Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass das Teilchen sich zwischen (a) 20 und 30 nm, (b) 20 und 22 nm, (c) 23 und 27 nm befindet ?

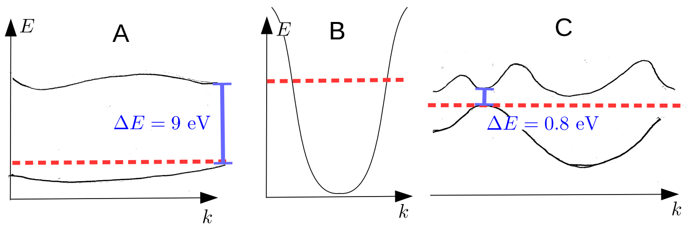
$$P = \int_{x_1}^{x_2} |\psi_5(x)|^2 \, dx$$

a) 100% c) 40%
b) 20%



3 Isolatoren, Metalle, Halbleiter

In der Abbildung sind drei Bandstrukturdiagramme zu sehen. Sie gehören zu elementarem Natrium (Metall), Quarz (Isolator) und elementarem Germanium (Halbleiter). Die rote Linie zeigt, bis wo das Band gefüllt ist bei $T = 0$ K. Ordnen Sie zu jedem Werkstoff sein Bandstruckturdiagram!

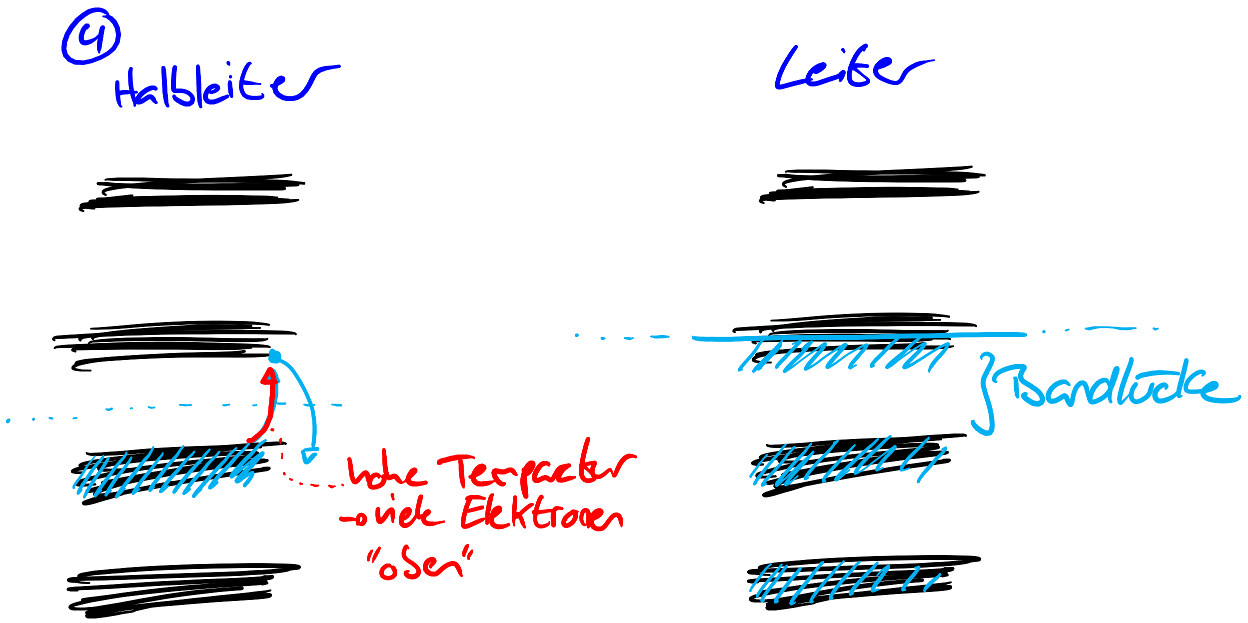


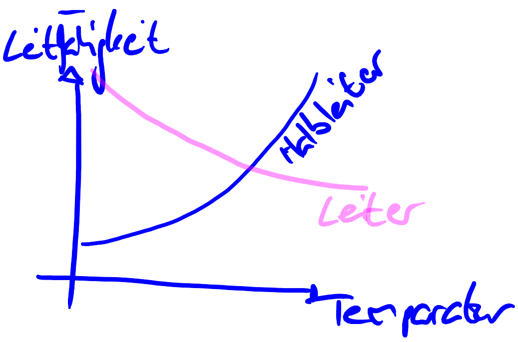
A= Isolator
B= Metall
C= Halbleiter

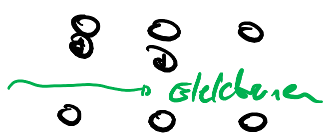
4 Fragen und Antworten

Frage	Richtig	Falsch
Elektronen können Potentialbarrieren überwinden, auch dann, wenn sie dafür nicht die notwendige Energie aufweisen.	X	
In einem Bandstrukturdiagramm lese ich die Energie eines Teilchens an einem bestimmten Ort.		X
In einem Bandstrukturdiagramm lese ich die Energie der Elektronen über deren Wellenzahl auf. Man erhält bezüglich einer Wellenzahl abwechselnd erlaubte Energiebereiche (Energiebänder) und verbotene Energiebereiche (Energie- oder Bandlücken).	X	
Bei Halbleitern ist es wie bei Leitern: der elektrische Widerstand nimmt zu, wenn die Temperatur zunimmt.		X
In einem Isolator fliesst kein Strom, weil die Impulse der Elektronen sich ausgleichen. weil Bandlücke „drin“ gewählt		X

1. Ja wegen dem Quanteneffekt







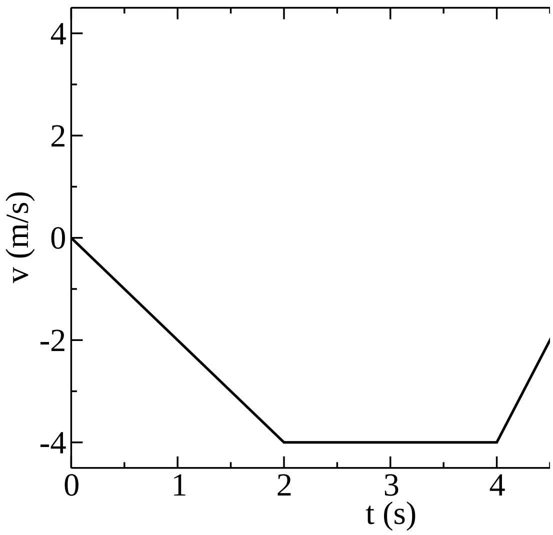
Zusatzaufgaben

5 Wiederholung Kinematik

Die Bewegung eines Körpers auf geradliniger Bahn ist in der Abbildung gezeigt. Zum Zeitpunkt $t = 0$ ist der Ort $x = 5$ m.

(a) Zeichnen Sie das zugehörige a-t Diagramm.

(b) Zeichnen Sie das zugehörige Ort-Zeit Diagramm: Bestimmen Sie $x(t)$ für $t = 0$, $t = 2$, $t = 4$, $t = 5$ (wenn die Geschwindigkeit durch Null geht) und $t = 6$ s, und zeichnen Sie qualitativ die Kurve zwischen diesen Punkten.

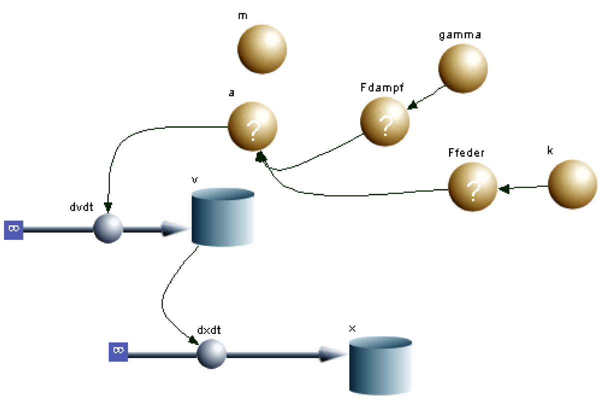


6 Wiederholung Kreisbewegung

Wir betrachten die Erde und einen künstlichen Satelliten als ein abgeschlossenes System. Der Satellit befindet sich in einem Abstand R vom Erdmittelpunkt. Wie gross muss die Geschwindigkeit v des Satelliten sein, sodass seine Bahn einen perfekten Kreis um die Erde beschreibt?

7 Wiederholung Kräfte: Gedämpfte Federschwingung mit Berkeley-Madonna

Wir möchten die Bewegung einer gedämpften Federschwingung mit Berkeley-Madonna simulieren. Die unvollständige Flowchart ist in der Abbildung gezeigt. a ist die Beschleunigung, die in $F = ma$ auftritt. Ffeder ist die Federkraft, und Fdampf ist die Dämpfung, die durch $F\text{dampf} = -\gamma\dot{x}$ gegeben ist.



(a) Was müssen Sie bei Ffeder eintragen (angenommen: die Gleichgewichtslage der Feder ist bei $x = 0$ m angelegt).

(b) Was müssen Sie bei a eintragen ?

(c) Welche drei Pfeile fehlen in der Flowchart?

(d) Was müssen Sie bei dxdt eintragen ?

(e) Was müssen Sie bei dvdt eintragen ?

8 WIEDERHOLUNG ENERGIE

Ein Ball wird aus einer Höhe h mit der Geschwindigkeit $\vec{v}_0$ geworfen. $\vec{v}_0$ bildet einen positiven Winkel α gegenüber der Horizontalen. Berechnen Sie anhand des Energieerhaltungssatzes den Betrag der Geschwindigkeit v beim Aufschlagen des Balls auf dem Boden. Vergleichen Sie Ihre Antwort mit Aufgabe 3 der Vorlesung 3.

9 WIEDERHOLUNG ENERGIE UND LEISTUNG

Welche minimale Leistung soll die Lok eines 250 t schweren Zuges aufweisen, damit sie den Zug in 33 min von Flüelen (435 m ü. M.) nach Göschenen (1111 m ü. M.) bringen kann?