

Heisenberg'sche Unschärferelation
 $\Delta p_x \Delta x \geq \frac{\hbar}{2}$
 $\Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$



Units

Unit	Abbreviation	Quantity Measured	Unit	Abbreviation	Quantity Measured
gram	g	mass	coulomb	C	electric charge
meter	m	length	ampere	A	electric current
second	s	time	volt	V	electric potential
newton	N	force	ohm	Ω	electric resistance
joule	J	energy	tesla	T	magnetic field
watt	W	power	atomic mass unit	u	mass
electron-volt	eV	energy	curie	Ci	activity
hertz	Hz	frequency	barn	b	cross section
kelvin	K	temperature			

Prefixes of Units

Prefix	Abbreviation	Value	Prefix	Abbreviation	Value
atto	a	10^{-18}	centi	c	10^{-2}
femto	f	10^{-15}	kilo	K	10^3
pico	p	10^{-12}	mega	M	10^6
nano	n	10^{-9}	giga	G	10^9
micro	μ	10^{-6}	tera	T	10^{12}
milli	m	10^{-3}	peta	P	10^{15}

Some Commonly Used Constants and Conversion Factors

(see Appendix A for a more complete list)

Speed of light	$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$
Electronic charge	$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
Boltzmann constant	$k = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K} = 8.617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$
Planck's constant	$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} = 4.136 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$
Avogadro's constant	$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mole}^{-1}$
Electron mass	$m_e = 5.49 \times 10^{-4} \text{ u} = 0.511 \text{ MeV}/c^2 = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Proton mass	$m_p = 1.007276 \text{ u} = 938.3 \text{ MeV}/c^2$
Neutron mass	$m_n = 1.008665 \text{ u} = 939.6 \text{ MeV}/c^2$
Bohr radius	$a_0 = 0.0529 \text{ nm}$
Hydrogen ionization energy	13.6 eV
Thermal energy	$kT = 0.02525 \text{ eV} \approx \frac{1}{40} \text{ eV} (T = 293 \text{ K})$
$hc = 1240 \text{ eV}\cdot\text{nm} (\text{MeV}\cdot\text{fm})$	$\hbar c = 197 \text{ eV}\cdot\text{nm} (\text{MeV}\cdot\text{fm})$
$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} = 1.440 \text{ eV}\cdot\text{nm} (\text{MeV}\cdot\text{fm})$	$1 \text{ u} = 931.5 \text{ MeV}/c^2$
	$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$

$$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e}$$

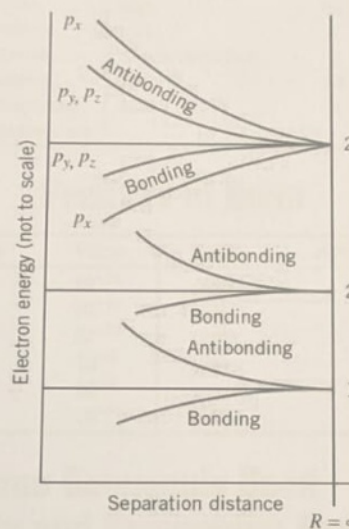


Aus Energie- und Impulssatz für Teilchenreaktionen:

$$K_{th} = -Q \frac{\text{Gesamtmasse aller Teilchen, die involviert sind}}{2 \times \text{Masse des gestoßenen Teilchens vor der Reaktion}}$$

17) Im Diagramm sind die *bonding* und *anti-bonding* 1s, 2s und 2p Zustände für zweiatomige Moleküle dargestellt.

- a) Sagen Sie ausgehend von der Elektronenkonfiguration und der entsprechenden Füllung der Zustände die relative Stabilität der Moleküle N_2 , O_2 und F_2 voraus. [9 Punkte]
- b) *Hinweis:* Geben Sie zunächst für jede Atomsorte die Elektronenkonfiguration an (siehe Periodensystem). [3 Punkte]



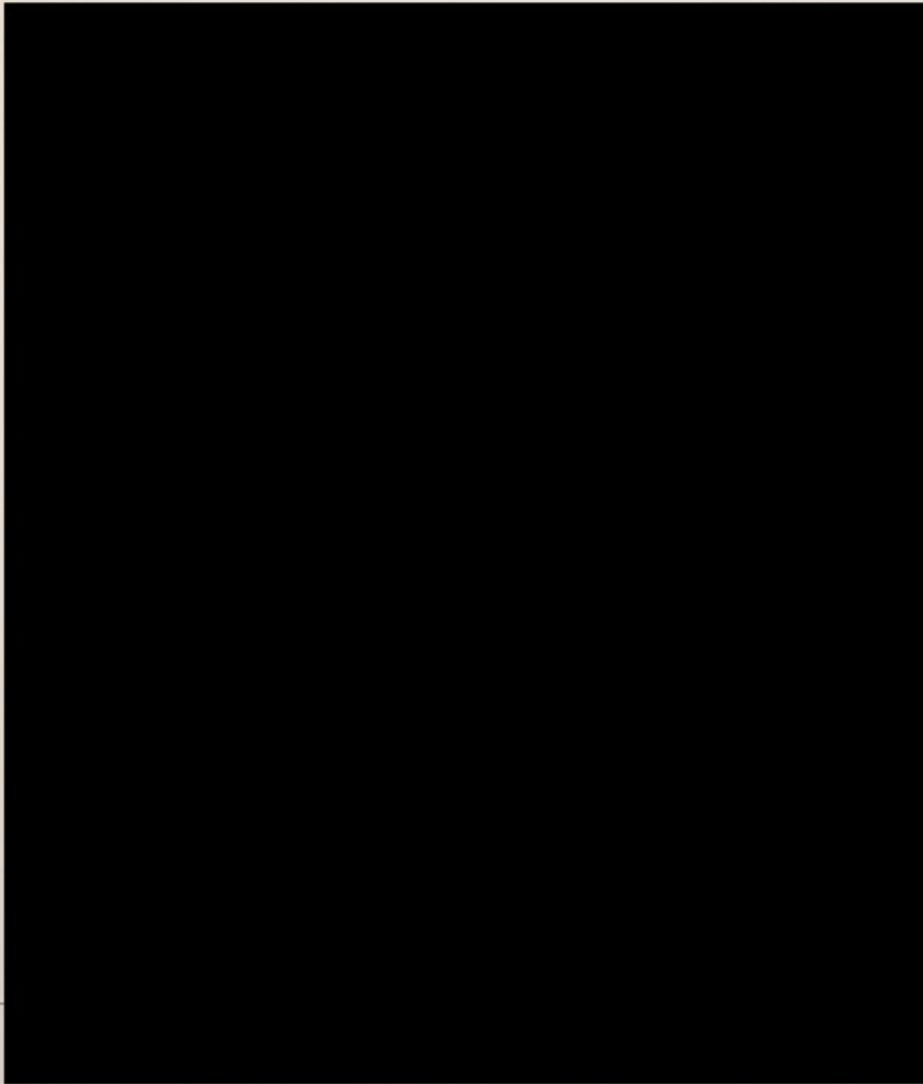
16) Wie sieht die Wellenfunktion bei der Energie E qualitativ aus?

Zur Erinnerung aus dem Vorlesungsskript: Denken Sie an die Lösung für das einfache „square well potential“ für ein Teilchen der Energie $E > U$, wobei U der Wert des Potentials ist:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = -\frac{2m}{\hbar^2}(E - U)\psi \Rightarrow \frac{d^2\psi}{dx^2} = -k^2\psi(x) \text{ mit } k^2 = \frac{2m(E - U)}{\hbar^2}$$

Skizzieren Sie für jeden der 2 Fälle den Verlauf der Wellenfunktion, insbesondere der Wellenlängen (-Änderungen) unter Berücksichtigung der Randbedingungen.

[10 Punkte]



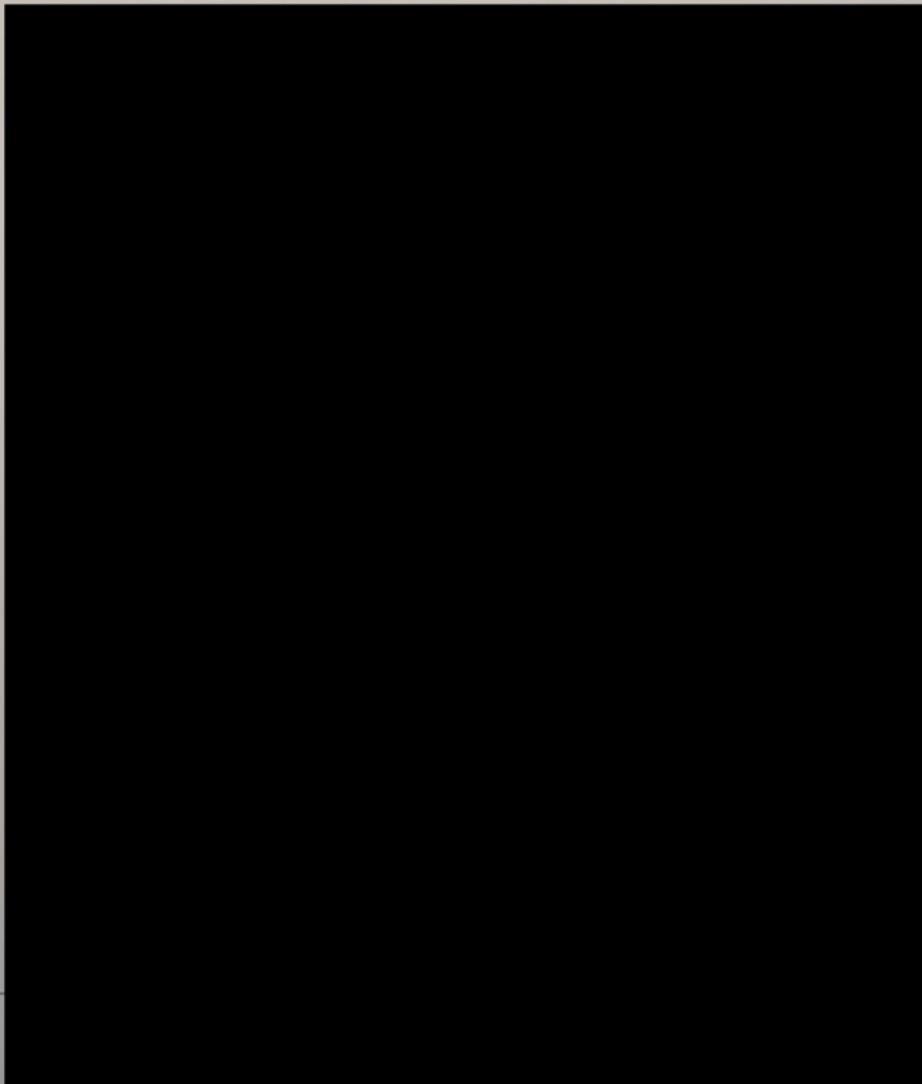
16) Wie sieht die Wellenfunktion bei der Energie E qualitativ aus?

Zur Erinnerung aus dem Vorlesungsskript: Denken Sie an die Lösung für das einfache „square well potential“ für ein Teilchen der Energie $E > U$, wobei U der Wert des Potentials ist:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = -\frac{2m}{\hbar^2}(E - U)\psi \Rightarrow \frac{d^2\psi}{dx^2} = -k^2\psi(x) \text{ mit } k^2 = \frac{2m(E - U)}{\hbar^2}$$

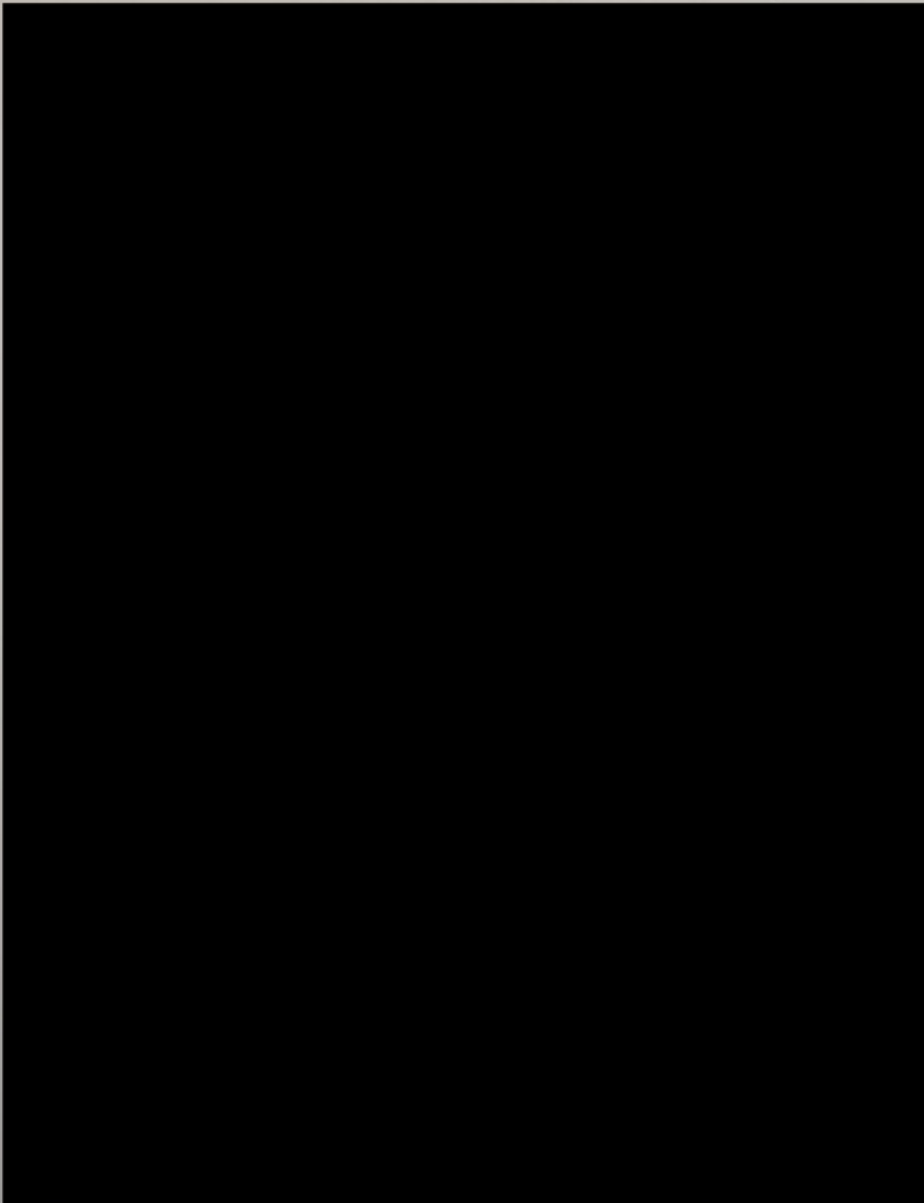
Skizzieren Sie für jeden der 2 Fälle den Verlauf der Wellenfunktion, insbesondere der Wellenlängen (-Änderungen) unter Berücksichtigung der Randbedingungen.

[10 Punkte]

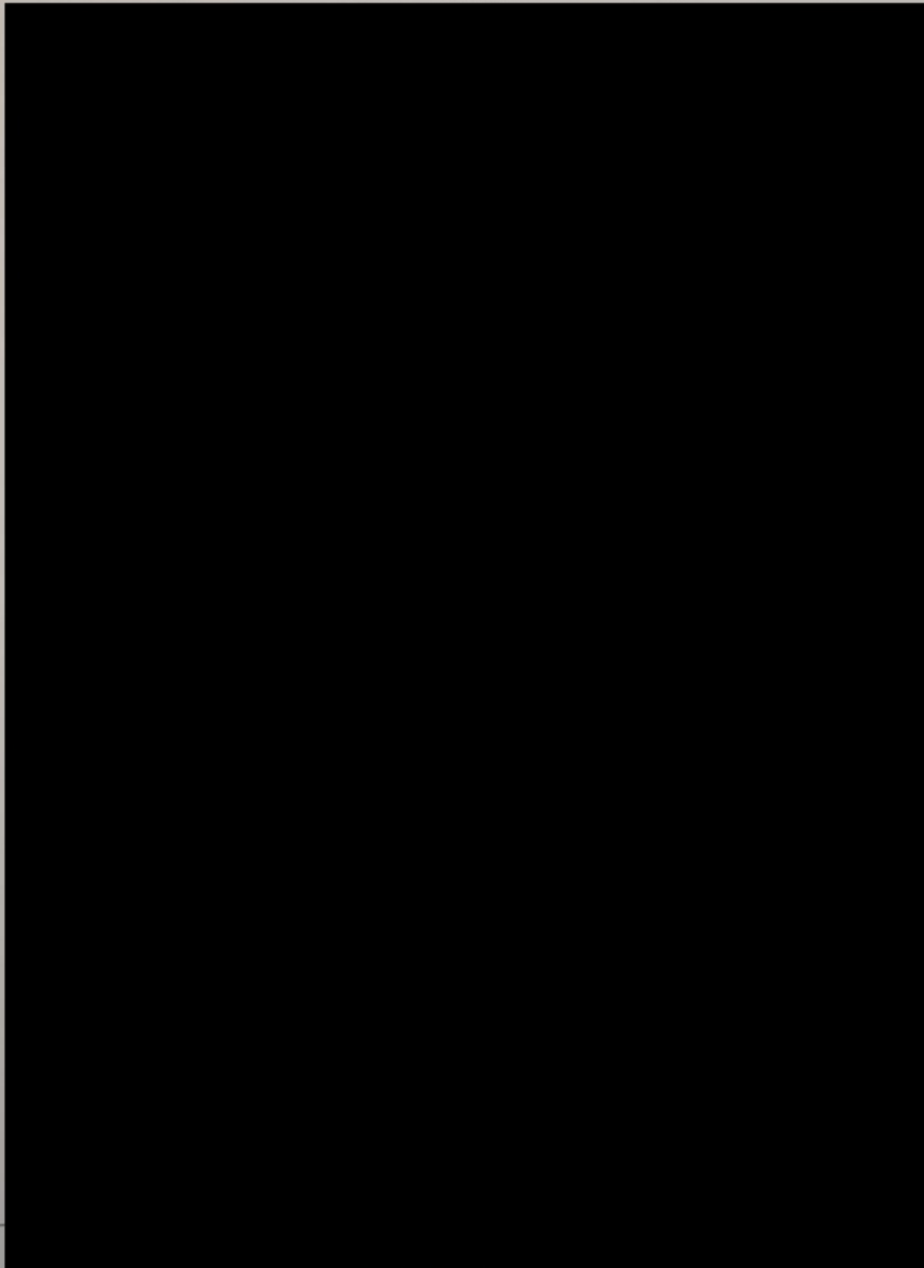


- 15) Eine Glasmurmel (Masse $m = 10 \text{ g}$) ist in einer Box mit quadratischem Boden eingesperrt, die Kantenlänge der Box beträgt $l = 10 \text{ cm}$. Berechnen Sie die minimale Geschwindigkeit, die die Glasmurmel aufgrund der Unschärferelation hat.

[6 Punkte]

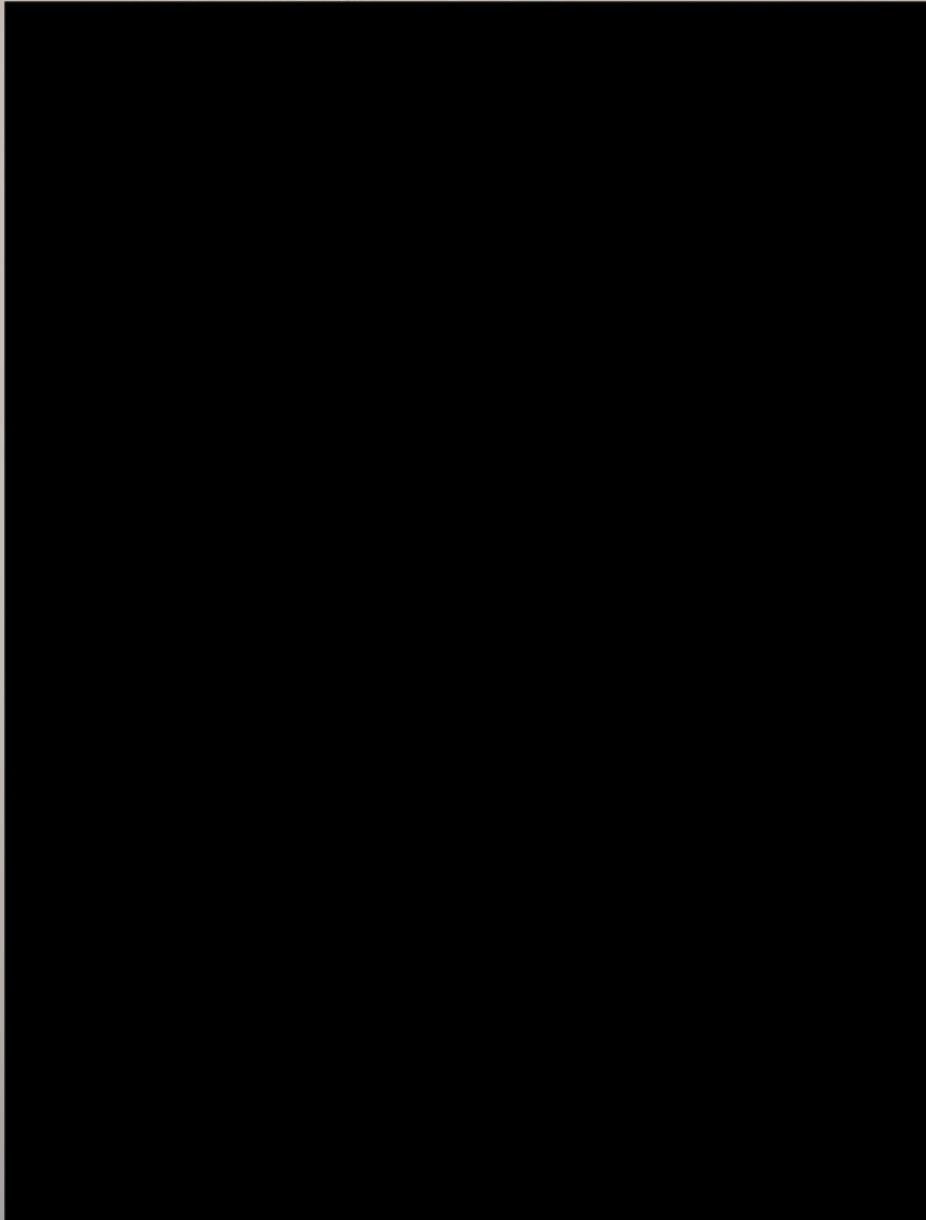


- 14) Gewisse Ozeanwellen breiten sich mit einer Phasengeschwindigkeit $v_{phase} = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$ aus, wobei g die Erdbeschleunigung ist. Wie lässt sich die Gruppengeschwindigkeit für ein Wellenpaket aus diesen Wellen ausdrücken? (v_{gruppe} als Funktion von g und λ herleiten)

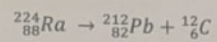


13) Materiewellen:

- a) Ein Elektron bewegt sich in Richtung der x-Achse mit der Geschwindigkeit $0,0045 c$. Wie groß ist seine deBroglie Wellenlänge?
- b) Das Elektron wird in einem Bereich entlang der x-Achse geortet, der sich über eine Länge von $0,236 \text{ nm}$ erstreckt. Welchen Wertebereich um die o.a. Geschwindigkeit wird eine mit der Ortung gleichzeitig erfolgte Geschwindigkeitsmessung ergeben?



- 12) In einem Prozess ähnlich dem α -Zerfall kann ein Kern ein ^{12}C Fragment emittieren (anstelle eines ^4He). Betrachten Sie den Zerfall

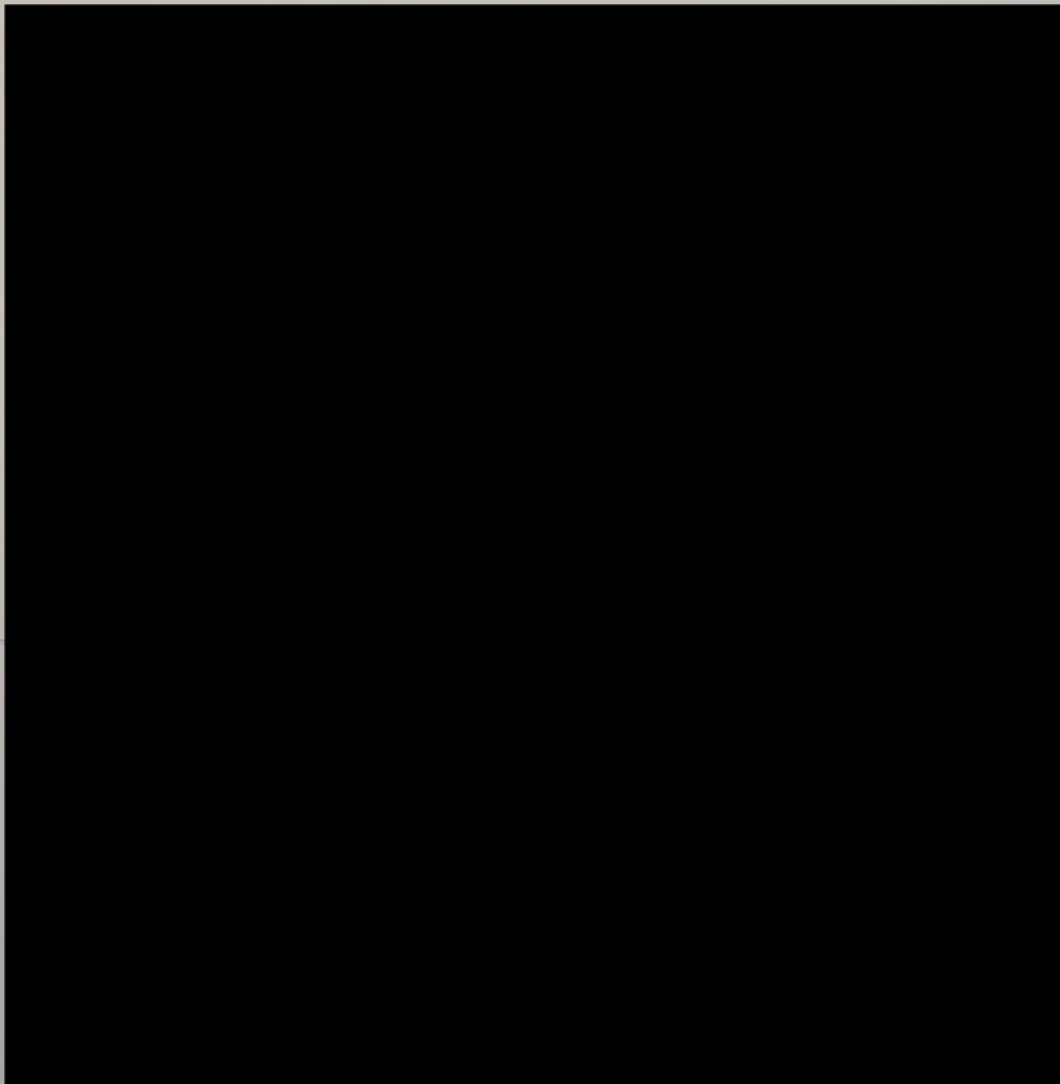


Die Massen sind:

$$m(^{224}\text{Ra}) = 224,020212u; m(^{212}\text{Pb}) = 211,991898u; m(^{12}\text{C}) = 12,000 \dots u.$$

- Wieviel Energie wird in diesem Zerfall freigesetzt?
- Nehmen Sie an, dass das ursprüngliche (^{224}Ra) in Ruhe vorlag. Bestimmen Sie das

Verhältnis der kinetischen Energien $\frac{K(^{12}\text{C})}{K(^{212}\text{Pb})}$.



- 10) Die Lebensdauer der Zustände im Wasserstoffatom beträgt ca. 10^{-8} s (10 ns). Bestimmen Sie aus dieser Angabe die Energieunschärfe des ersten angeregten Zustandes.

- 9) Für ein Experiment werden ein Elektronen- und ein Photonenstrahl benötigt, die beide eine Wellenlänge von $0,281 \text{ nm}$ haben. Bestimmen Sie die entsprechende Photonenenergie und die kinetische Energie der Elektronen.

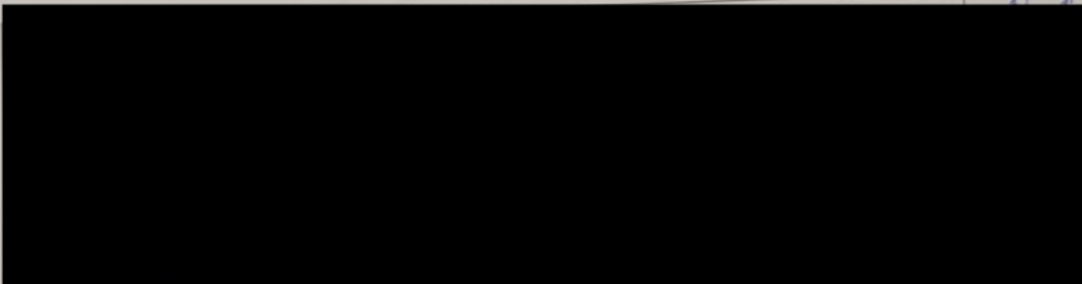
[8 Punkte]

- 8) Photoelektrischer Effekt: Welche Konsequenzen hat eine
- a) Verdopplung der Frequenz des Lichtes
 - b) Verdopplung der Wellenlänge
 - c) Verdopplung der Intensität

- 5) In welcher Art von Zerfallsprozess ist die Gesamtzahl von Protonen vor dem Zerfall nicht gleich der gesamten Protonenzahl nach dem Zerfall?



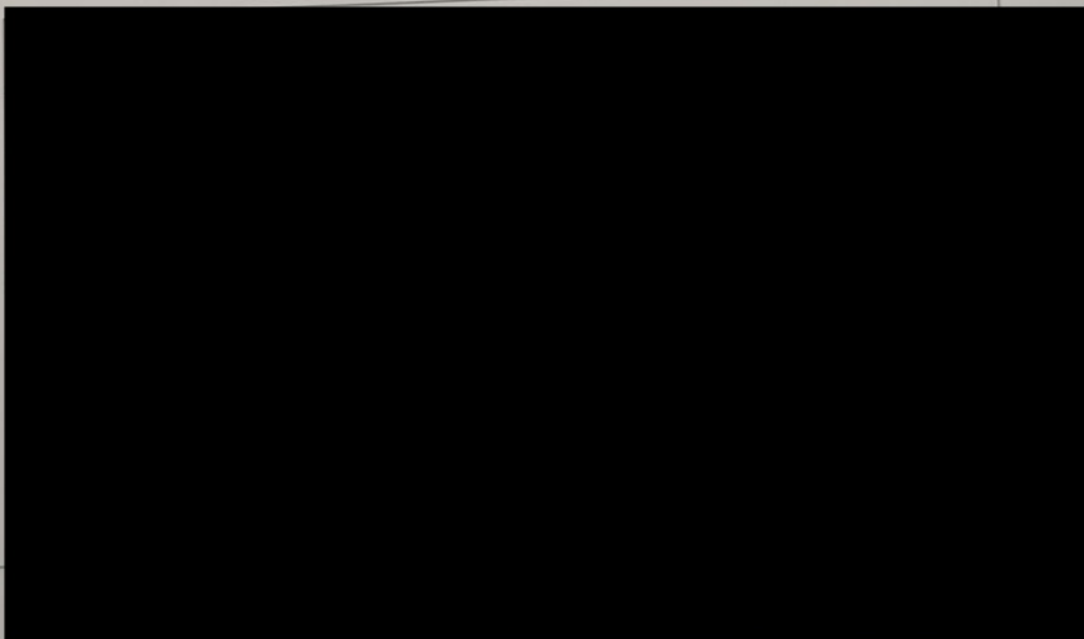
- 6) Das Sauerstoffatom hat die Elektronenkonfiguration $1s^2 2s^2 2p^4$. Im Grundzustand hat der Gesamtwert m_s für alle 8 Elektronen den größtmöglichen Wert, der mit dem Pauliprinzip vereinbar ist. Wie groß ist dieser Wert?



- 7) Die Schrödingergleichung für den harmonischen Oszillator lautet

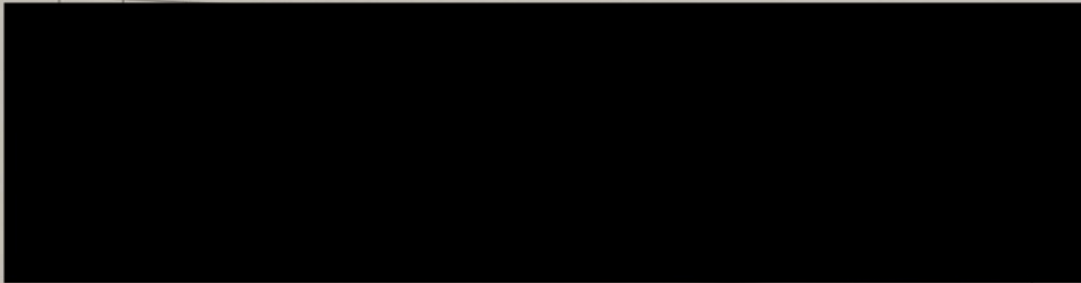
$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{1}{2} kx^2 \psi = E\psi$$

Ihre Lösungen ausgedrückt in der klassischen Frequenz ω_0 haben die Energien E_n

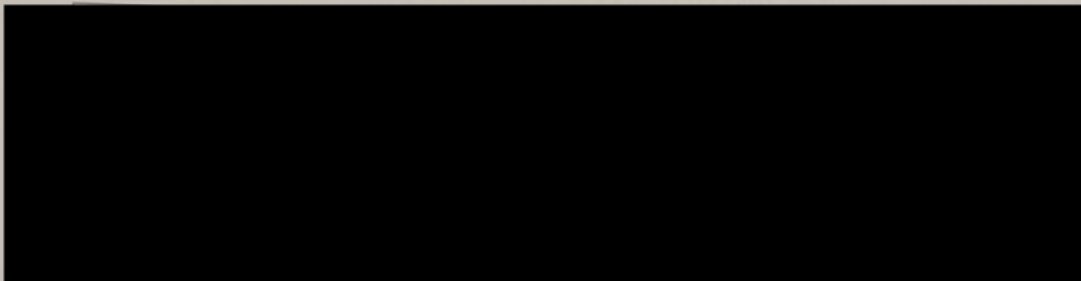


„ATOM-, KERN- UND TEILCHENPHYSIK“

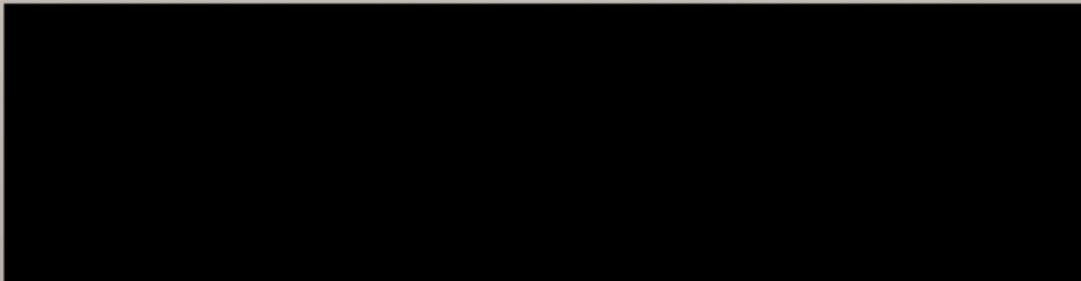
- 1) In welchem Zustand des Wasserstoffatoms ist die Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons unabhängig von der Richtung im Raum?



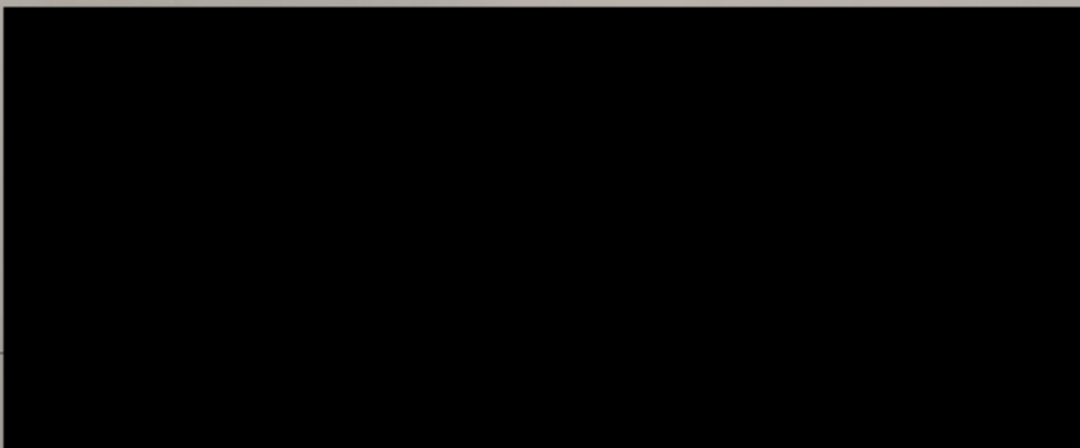
- 2) Für welche der folgenden vier Eigenschaften erhält man im quantenmechanischen Bild des Wasserstoffatoms das gleiche Ergebnis wie im BOHR-Modell?



- 3) Die deBroglie Welle eines Teilchens kann am besten beschrieben werden als



- 4) In einem Behälter sei eine große Zahl radioaktiver Atomkerne. Dann ist zu jedem Zeitpunkt die Zerfallsrate (Zahl der Zerfälle pro Sekunde):



11) Geben Sie die elektronische Konfiguration an für:

- a) P
- b) V
- c) Sb
- d) Pb