1. **Korrespondenzprinzip im unendlich hohen Kastenpotential:** Der Erwartungswert des Ortes im eindimensionalen, **unendlich hohen Kastenpotential** der **Ausdehnung *a*** ist $\left\langle X\right\rangle = \frac{a}{2}$.

a) Man zeige, dass der Erwartungswert des **Ortsquadrates** $\left\langle X^2\right\rangle = \frac{a^2}{3} - \frac{a^2}{2\pi^2 n^2}$.

b) Man berechne die **Ortsunschärfe** $\Delta X = \sqrt{\left\langle X^2\right\rangle - \left\langle X\right\rangle^2}$. *(Lösung:* $\Delta X = \frac{a}{2\sqrt{3}}\sqrt{1-\frac{6}{\pi^2 n^2}}$ *)*

c) Ein klassisches Teilchen bewege sich (abgesehen von den Umkehrpunkten) mit **konstanter Geschwindigkeit *v*** zwischen den Potentialwällen hin und her. Zum Zeitpunkt ***t* = 0** befinde es sich bei ***x* = 0**. Man skizziere die Trajektorie des Teilchens im *x*-*t*-Diagramm.
Man berechne **Δ*X* für das klassische Teilchen** unter Zuhilfenahme des Faktums, dass bei **unbekannten Anfangsbedingungen** die **klassische Wahrscheinlichkeit**, das Teilchen in einem Intervall $[x,\ x + \mathrm{d}x]$ zu finden, $\mathbf{d}W(x) = P(x)\mathbf{d}x = (1/a)\mathbf{d}x$ ist. Man zeige, dass für **große *n*** die **quantenmechanische Ortsunschärfe in den klassischen Wert übergeht**. *(Lösung:* $\Delta X = \frac{a}{2\sqrt{3}}$ *)*

2. Das **Positroniumatom:** Ein **Elektron** und ein **Positron** können ein **wasserstoffähnliches Atom** mit einer begrenzten Lebensdauer bilden. Elektron und Positron kreisen dabei um ihren gemeinsamen Schwerpunkt.

a) Man berechne die zu den **stabilen Zuständen** dieses Atoms gehörigen **Energiewerte**.
b) Man berechne die Wellenlängen der beim Übergang von den ersten beiden angeregten Zuständen in den Grundzustand emittierten Strahlung sowohl für das Positroniumatom, als auch für das Wasserstoffatom.
(Lösung: Wasserstoff: λ_{21} = 122,9 nm, λ_{31} = 103 nm; *Positronium:* λ_{21} = 143,6 nm, λ_{31} = 205,8 nm *)*

3. **Rydberg-Atom:** Ein Wasserstoffatom befinde sich in einem **Rydberg-Zustand (*n* >> 1)**:

a) Berechnen Sie allgemein die **Grösse des des Rydberg Atoms** in Abhängigkeit **von der Hauptquantenzahl *n*** und dann numerisch für ***n* = 100**. *(Lösung:* r_{100} *= 530 nm)*
Hinweis: Berechnen sie den Radius für die Bahn eines Elektrons für l = n (Circular State)

b) Bei welchem angelegten **elektrischen Feld *E*** wird das Rydbergatom **ioninsiert**? Dazu nehmen sie an dass ein Rydbergzustand mit **Hauptquantenzahl *n*** dann ionisiert wird wenn der **Sattelpunkt** des durch das elektrische Feld modifizierten **Coulomb-Potentials** gleich der **Bindungsenergie** des Rydberg-Zustandes ist. Berechnen Sie die notwendige Feldstärke für ***n* = 100**. *(Lösung: E = 321 V/m)*

c) Berechnen Sie allgemein die **Periodendauer** eines Umlaufes in **Abhängigkeit von *n***.

d) Berechnen Sie die **Energiedifferenz** zwischen den Zuständen ***n*** und ***n+1***; bei **welchem *n*** entspricht diese Energiedifferenz **"Raumtemperatur" (300K)**, bei welchem *n* der **Temperatur der kosmischen Hintergrundstrahlung (2,73 K)?** *(Lösung:* $n_{300K} = 11$, $n_{2,73K} = 49$*)*

4. **Struktur der Atome:** Betrachten sie ein Li Atom, insbesondere seine beiden stabilen **Isotope Li-6** und **Li-7**. **Li--6** hat den **Kernspin *I* = 1**, **Li-7** hat den Kernspin ***I* = 3/2**.

a) Beschreiben sie die folgenden Atom-Zustände unter Berücksichtigung aller Quantenzahlen, inklusive des Elektronspin und des Kernspin und zeichnen sie ein **Diagramm** der Zustände.

- den **Grundzustand 2S** ($^2S_{1/2}$)
- die **ersten angeregten 2P Zustände** ($^2P_{1/2}$, $^2P_{3/2}$)

b) Geben Sie zu diesen Zuständen die folgenden Werte an:

- den **Bahndrehimpuls *L***
- den **Gesamtdrehimuls der Elektronen *J***
- den **Gesamtdrehimpuls des Atoms *F***
- die **Entartung (**Zeemanzustände, m_F - Zustände**)**.

Begründen sie die **Werte von *L*, *J*,** und ***F***.