1. **Anwendung des quantenmechanischen Tunneleffektes – das Rastertunnelmikroskop:** Man bestimme die **radiale Verteilung des Tunnelstromes *j*(*r*)** von der **Oberfläche einer metallischen Probe** zur **Spitze eines Rastertunnelmikroskops**. Aus der Radialverteilung des Tunnelstromes bestimme man weiters die **laterale Auflösung σ** des Tunnelmikroskops. Die **Geometrie der Spitze** entspreche einem **Rotationsparaboloid**, welches durch die Gleichung $z(r) = \frac{r^2}{2R}$ gegeben ist. Der **Radius der Spitzenverrundung** sei ***R* = 100 nm**, die **Austrittsarbeit** des Metalls betrage $\mathbf{W_a = 4}$ **eV**. *(Lösung:* σ = 2,2 nm*)*

Hinweis: Man verwende die Näherung des Transmissionskoeffizienten für den Tunneleffekt für große Argumente von sinh(*x*).

2. **Stationäre Zustände im unendlich hohen Kastenpotential:** Für ein **unendlich hohes Kastenpotential** der Form $E_{\text{pot}}(x) = \begin{cases} 0 & x \in [0,a] \\ \infty & \text{sonst} \end{cases}$ berechne man die **Wellenfunktionen und Energien der stationären Zustände**. Welche **laterale Ausdehnung** müsste dieses Potential haben, damit die **Grundzustandsenergie eines Elektrons im Kasten gleich der Grundzustandsenergie des Wasserstoffatoms** (**13,6 eV**) ist? Was ist der wesentliche Unterschied zwischen den **Energien der stationären Zustände** im **Kastenpotential** und jenen im **Wasserstoffatom**?
(Lösung: $\Psi_n(x,t) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \exp\left(-\mathrm{i}\frac{E_n}{\hbar}t\right)$, $a = 1{,}66 \cdot 10^{-10}$ m*)*

3. **Erwartungswerte im Kastenpotential:** Mit Hilfe der **normierten Wellenfunktionen** $\Psi_n(x,t) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \exp\left(-\mathrm{i}\frac{E_n}{\hbar}t\right)$ für ein Teilchen im **unendlich hohen Kastenpotential** berechne man die **Erwartungswerte** $\langle X \rangle$, $\langle P \rangle$ und $\langle P^2 \rangle$. Man kommentiere die Ergebnisse.
(Lösung: $\langle X \rangle = \frac{a}{2}$, $\langle P \rangle = 0$, $\langle P^2 \rangle = \left(\frac{n\pi\hbar}{a}\right)^2$ *)*

4. **Das eindimensionale, endlich tiefe Kastenpotential:** Man berechne die Energien der stationären Zustände für ein endlich tiefes, eindimensionales Kastenpotential der Form $E_{\text{pot}}(x) = \begin{cases} 0 \text{ für } 0 \le x \le a \\ E_0 \text{ sonst} \end{cases}$.
Können diese Energien analytisch berechnet werden? *(Lösung:* $E_n = \frac{\hbar^2}{2ma^2}\left[n\pi - 2\operatorname{arccot}\left(\sqrt{\frac{E_0 - E_n}{E_n}}\right)\right]^2$ *)*