Theoretische Physik III für Lehramtskandidaten, WS 2010/11
Blatt 6 zu den Übungen am 6. u. 8.12., Stefanie Russ
Abgabe: Spätestens 3.12., 12 Uhr, Zi. 1.4.38 (persönlich oder Briefkasten)

Bitte geben Sie Ihre Übungsgruppe an!

Hausaufgaben: (Je 2 Punkte.)
(a_B, m und ϵ_0 sind reelle positive Konstanten.)

1. Mittelwerte des harmonischen Oszillators:
Im eindimensionalen harmonischen Oszillatorpotenzial befinde sich ein Teilchen im Zustand $\psi_1(x)$.
Bestimmen Sie die Erwartungswerte $\langle x \rangle$, $\langle x^2 \rangle$, $\langle p \rangle$ und $\langle p^2 \rangle$ dieses Teilchens, sowie die mittleren Verschiebungsquadrate $\langle \Delta x^2 \rangle$ und $\langle \Delta p^2 \rangle$.

2. Wasserstoffatom:
Gegeben seien folgende 2 Wellenfunktionen, die Elektronenzustände im Wasserstoffatom beschreiben:

$$\psi_1(r,\vartheta,\varphi) = A\exp[-r/a_B], \qquad \psi_2(r,\vartheta,\varphi) = Ar\exp[-r/(2a_B)]\,\sin\vartheta\,\exp[-i\varphi],$$

mit dem Bohrschen Radius $a_B = 4\pi\epsilon_0\hbar^2/(me^2)$.
a.) Normieren Sie diese Funktionen. (0.5 Punkte)
b.) Berechnen Sie die Erwartungswerte beider Funktionen von r (im Verhältnis zu a_B). (0.75 Punkte)
c.) Berechnen Sie die Erwartungswerte der potenziellen Energie. (0.75 Punkte)
Hinweise: Beachten Sie die dreidimensionale Definitionsmenge.
Integrationshilfe:

$$\int_0^\infty x^n \exp[-ax]\,dx = \Gamma(n+1)/a^{n+1} \quad \text{für} \quad n > -1, \quad \Gamma(n+1) = n!$$

(mit der Gamma-Funktion $\Gamma(n)$).

Präsenzaufgabe: Berechnen Sie den Erwartungswert $\langle \hat{T} \rangle$ der Wellenfunktionen aus 2.

Verständnisfragen: Was bedeutet der Begriff "Impulsraum"? Wozu wird er eingeführt?
Was sagen die Erwartungswerte der 2. Hausaufgabe aus?