

1. W cząsteczce HBr proton (jon  $H^+$ ) o masie  $m_p=1,67 \times 10^{-27}$  kg wykonuje drgania harmoniczne o częstotliwości  $\nu=1 \times 10^{14}$  Hz. Cięższy jon  $Br^-$  traktujemy jak nieruchomy. Oblicz energię drgań zerowych tego oscylatora kwantowego. Traktując cząsteczkę jak oscylator klasyczny oblicz amplitudę drgań protonu, przy której energia jest równa energii drgań zerowych.
2. Sprawdź, czy funkcja falowa  $y(x)=Ax \exp(-bx^2)$  spełnia równanie Schrödingera oscylatora harmonicznego. Wyraż stałą  $b$  przez masę  $m$  i częstość drgań  $\omega$  oscylatora. Jaka jest energia oscylatora w stanie opisywanym przez tę funkcję falową? Czy jest to stan podstawowy oscylatora harmonicznego?
3. Narysuj schemat poziomów energii oscylatora harmonicznego. Podaj wyrażenie na dozwolone wartości energii. Jeśli atom w cząsteczce wykonuje drgania o częstotliwości  $\nu=2 \times 10^{14}$  Hz to jaka energia jest potrzebna do wzbudzenia drgania?
4. Wyrażenie na poziomy energii atomu wodoru można zapisać w postaci  $E_n=(-13,6 \text{ eV})/n^2$ . Zapisz wzór na długość fali trzeciej linii widmowej w serii Lymana (przejście z poziomu  $n_1=4$  do  $n_2=1$ ) i oszacuj jej wartość.
5. Wiedząc, że na energię całkowitą składa się energia kinetyczna ( $E_k=mv^2/2$ ) i energia potencjalna ( $E_p= - q^2/(4 \pi \epsilon_0 r)$ ) elektronu wyprowadź wyrażenie na energię całkowitą elektronu w atomie wodoru wg. Modelu Bohra. Czy wartość ta jest dodatnia czy ujemna? Dlaczego?