

## V seria zadań domowych z elektrodynamiki R (2009/10)

### Zadanie 1.

Obliczyć energię pola elektrostatycznego  $W$  kuli o promieniu  $R$  naładowanej jednorodnie ładunkiem  $Q$  (wykorzystać wyniki z ćwiczeń). Jaka część energii pola znajduje się wewnątrz kuli?

### Zadanie 2.

Znaleźć i przedyskutować potencjał skalarny pola elektrostatycznego wytworzonego przez atom wodoropodobny w stanie podstawowym.

Wskazówka:  $\rho(\vec{r}) = e[Z\delta(\vec{r}) - |\psi_{100}(\vec{r})|^2]$ , gdzie  $\psi_{100}(\vec{r}) = \sqrt{\frac{Z^3}{\pi a_0^3}} e^{-\frac{Zr}{a_0}}$ .

### Zadanie 3.

Krażek o promieniu  $R$  naładowany jest ze stałą gęstością powierzchniową  $\sigma$ . Znaleźć i przedyskutować  $\phi$  i  $\vec{E}$  na osi krążka (w szczególności rozważyć przypadki  $|z| \gg R$  oraz  $R \rightarrow \infty$ ).

### Zadanie 4.

Znaleźć i przedyskutować  $\phi$  i  $\vec{E}$  dla pola wytworzonego przez nieskończony walec o promieniu  $R$  naładowany jednorodnie ładunkiem  $\lambda$  na jednostkę długości walca - uzyskać wyniki przez bezpośrednie całkowanie równania Poissona i niezależnie przy użyciu całkowego prawa Gaussa.

Wskazówka: Wybrać walcowy układ współrzędnych z osią  $z$  wzdłuż osi walca i cechowanie  $\phi(R) = 0$ .

### Zadanie dodatkowe.

W diodzie próżniowej elektrony „wyparowują” z gorącej katody o potencjale zerowym i poruszają się ruchem przyspieszonym w kierunku anody o stałym potencjale  $V_0$ . Chmura elektronów między katodą i anodą szybko powiększa się aż do momentu, gdy pole na powierzchni katody zostanie zredukowane do zera - odtąd między elektrodami przy ustalonym przestrzennym rozkładzie ładunku płynie stały prąd o natężeniu  $I$ . Przyjąć, że prędkość początkowa elektronów jest zerowa, a powierzchnia każdej z elektrod, znajdujących się w odległości  $a$  od siebie, wynosi  $S \gg a^2$ .

a) Wypisać równanie Poissona dla  $\phi(x)$  w obszarze między elektrodami, obliczyć  $v(x)$  dla elektronów i  $\rho(x)$  z warunku  $I = -S\rho(x)v(x)$ .

b) Rozwiązać równanie Poissona i wyznaczyć  $\phi(x)$ ,  $\rho(x)$ , i  $v(x)$ .

c) Wykazać, że dla diody próżniowej obowiązuje prawo Childa-Langmuira:  $I = K \frac{S}{a^2} V_0^{\frac{3}{2}}$ , gdzie  $K = 2,33 \cdot 10^{-6} \frac{A}{V^{\frac{3}{2}}}$  (rozważana dioda nie spełnia prawa Ohma).

Wskazówka: Przy rozwiązywaniu równania Poissona warto przypomnieć sobie, jak w mechanice wyznacza się jednowymiarowy ruch w polu siły  $F(x)$ .

18.03.2010