

LVIII OLIMPIADA FIZYCZNA (2008/2009). Stopień II, zadanie teoretyczne – T2.

Źródło: Komitet Główny Olimpiady Fizycznej

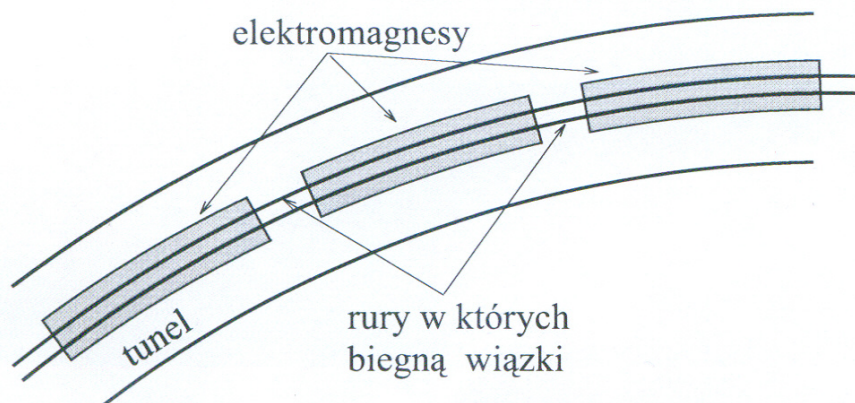
Nazwa zadania: Wielki Zderzacz Hadronów

Działy: Fizyka jądrowa

Słowa kluczowe: Wielki Zderzacz Hadronów, elektromagnesy, protony, temperatura, pole magnetyczne

Zadanie teoretyczne – T1, zawody II stopnia, LVIII OF.

W Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC) w CERN pod Genewą protony o energii $E = 7 \cdot 10^{12}$ eV będą krążyć w tunelu o kształcie zbliżonym do torusa. Mają to być dwie wiązki, każda w osobnej rurze o promieniu wewnętrznym $r = 0,028$ m (rys. 1). Tor ruchu protonów jest zakrzywiany przez 1232 nadprzewodzące elektromagnesy, z których każdy ma długość (wzdłuż kierunku biegu wiązki) $l_0 = 14,3$ m. Każdy z tych elektromagnesów wytwarza wewnątrz przechodzących przez niego fragmentów rur w przybliżeniu jednorodne pole magnetyczne. W każdym z ośmiu sektorów, na jakie podzielony jest cały tunel, elektromagnesy są połączone szeregowo w jeden obwód elektryczny. W przypadkach awaryjnych w ten obwód włączany jest specjalny opornik oddający ciepło do bloku stali o masie $M = 8000$ kg, a zasilanie jest odłączane.



Rys. 1. Szkic fragmentu tunelu LHC.
Pominięto niektóre elementy występujące w rzeczywistości.
Skala nie jest zachowana.

Oblicz wzrost ΔT temperatury takiego bloku w przypadku awaryjnego zmniejszenia do zera natężenia prądu płynącego w elektromagnesach (a tym samym zmniejszenia do zera natężenia pola magnetycznego) w jednym z ośmiu sektorów.

Przyjmij, że energia pola magnetycznego na zewnątrz rur jest w przybliżeniu równa energii pola magnetycznego wewnątrz rur (taka zależność wynika z rozważenia idealnego zagadnienia, w którym prąd płynie tylko po powierzchni rur, a na zewnątrz nie ma magnetyków).

Pomiń straty energii związane z promieniowaniem elektromagnetycznym i oddawaniem ciepła przez blok do otoczenia.

Prędkość światła $c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s, przenikalność magnetyczna próżni $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ VsA⁻¹m⁻¹, masa protonu $m \approx 1 \cdot 10^{-9}$ eV / c^2 , ciepło właściwe stali $c_w = 450$ J / (kg · K), ładunek protonu $q \approx 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, 1 eV $\approx 1,6 \cdot 10^{-19}$ J.

Informacja dodatkowa: Prócz magnesów zakrzywiających tor protonów, w tunelu znajdują się też magnesy ogniskujące i korygujące wiązkę. Tych magnesów tu nie rozważamy. Z tego względu i z powodu niedokładnego oszacowania energii pola magnetycznego poza rurami, w których biegnie wiązka, rzeczywisty wzrost temperatury jest większy, niż wynika z rozwiązania tego zadania.