

XXXIII OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP WSTĘPNY

Zadanie teoretyczne

Rozwiąż dowolnie przez siebie wybrane dwa spośród poniższych trzech zadań.

Zadanie T3

- A. Dwie koncentryczne, długie rurki ołowiane, z których mniejsza była u dołu zamknięta ołowianym krążkiem, umieszczono w polu magnetycznym równoległym do osi rurek, po czym naczynie napełniono ciekłym helem. Następnie włączono pole zewnętrzne, a potem spod rurki wewnętrznej usunięto ołowiany krążek. Opisz jakościowo rozkład pola magnetycznego w układzie po tych operacjach.
- B. Rysunek poniżej przedstawia dwie elektrody w kształcie rożków. Opisz kolejno zjawiska, jakie będą zachodziły po podłączeniu elektrod do źródła powoli rosnącego napięcia. Zakładamy, że opór wewnętrzny źródła jest znacznie większy od oporu elektrod. Jakie zastosowanie praktyczne może mieć taki układ elektrod?
- C. Dane są dwie porcje wody: 1 kg i 2 kg. Obie porcje wody są lekko zabarwione, pierwsza na niebiesko, druga na żółto. Mają też różne temperatury: temperatura pierwszej wynosi 80°C , drugiej zaś 20°C . Dysponujemy ponadto różnego rodzaju naczynkami o zerowej pojemności cieplnej, dowolnych objętościach i dowolnych właściwościach ścianek (przepuszczające ciepło lub nieprzepuszczające ciepła). Ciepłem wody początkowo gorącej (niebieskiej) chcemy maksymalnie ogrzać wodę początkowo chłodną (żółtą). Do jakiej maksymalnej temperatury można by doprowadzić temperaturę wody żółtej w odpowiednio dobranym procesie. Zakładamy, że ciepło właściwe wody żółtej nie zależy od temperatury i że barwnik dodany do wody na tę wielkość nie wpływa.

ROZWIĄZANIE ZADANIA T3

- A. Przed zalaniem helem ołów był zwykłym przewodnikiem. Pole magnetyczne było zarówno we wnętrzu rury wewnętrznej jak i między rurami. Obniżenie temperatury ołowiu poniżej temperatury krytycznej związanej z zalaniem ciekłym helem powoduje przejście ołowiu w stan nadprzewodzący. W tym stanie ołów nie tylko traci opór, ale i staje się doskonałym diamagnetykiem – zjawisko Meissnera. Przypominamy, że zjawisko to polega na tym, że na powierzchni nadprzewodnika umieszczonego w polu magnetycznym indukują się prądy powierzchniowe w taki sposób, że pochodzące od nich pole magnetyczne dokładnie kompensuje pole zewnętrzne pole magnetyczne w obszarze wewnątrz nadprzewodnika. W rezultacie indukcja magnetyczna wewnątrz przewodnika jest równa zero. W pewnym sensie przypomina to zachowanie się przewodników w polu elektrycznym: pole elektryczne pochodzące od wyindukowanych ładunków powierzchniowych całkowicie kompensuje zewnętrzne pole elektryczne w całym obszarze wewnątrz przewodnika. Zalanie dolnej części rury zewnętrznej powoduje, że powstaje pierścień nadprzewodzący zamykający przechodzący prąd strumień pola magnetycznego

(i uniemożliwiający mu wyjście poza pierścień nawet po usunięciu pola zewnętrznego). W miarę dolewania helu w stan nadprzewodzący przechodzą coraz to dalsze partie ołowiu. W końcu nadprzewodnikiem staje się cały rozważany układ, przy czym strumień pola przez poprzeczny przekrój rury zewnętrznej pozostaje cały czas taki sam, jak był na początku. Natomiast strumień pola przez zatkaną u dołu rurę wewnętrzną musi być równy zeru. Oznacza to, że cały strumień pola zamknięty początkowo w rurze zewnętrznej, w stanie końcowym musi być skupiony w obszarze między rurami.

Jeśli teraz usuniemy pole zewnętrzne, to strumień między rurami nie zaniknie. Zdjęcie krążka spod rury wewnętrznej nie spowoduje wniknięcia strumienia pola do tej rury, bo jest ona już w stanie nadprzewodzącym.

Tak więc na końcu wewnątrz środkowej rury nie będzie pola, pole wewnątrz przestrzeni między rurami będzie miało wartość większą niż początkowe pole zewnętrzne (wzrośnie ono w stosunku równym stosunkowi pól przekroju poprzecznego rury: przekroju wewnętrznego rury zewnętrznej do przekroju zewnętrznego rury wewnętrznej; wartość tego pola nie może być jednak większa od pola krytycznego dla ołowiu), natomiast pole na zewnątrz układu będzie takie, jak pole od solenoidu.

B. Przyłożenie do rożków napięcia powoduje powstanie między nimi pola elektrycznego, które jest największe w obszarze największego zbliżenia. W obszarze tym łatwiej niż gdzie indziej powstaje wyładowanie łukowe. Powietrze (a ściślej: zjonizowana plazma) w obszarze łuku, jako gorętsze od otoczenia, unosi się w górę. Łuk wędruje więc w górę elektrod stale zwiększając swą długość. Po przekroczeniu odpowiedniej długości gaśnie i sytuacja powtarza się od początku. Omawiane tu urządzenie wykorzystujemy jako odgromnik. Osobom zainteresowanym opisanym urządzeniem oraz innymi bardzo ciekawymi urządzeniami pokrewnymi polecam książkę J. L. Jakubowskiego *Piorun Ujarzmiony*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1957.

C. Zadanie powyższe nawiązuje do jednego z zadań finałowych XXIX Olimpiady Fizycznej, opublikowanego w nr 1/81 „Fizyki w szkole”, a jego celem jest zapoznanie szerszego grona z zawartymi tam ideami. Zgodnie ze wspomnianym zadaniem, mając do dyspozycji dwie porcje cieczy o jednakowych masach, poprzez odpowiednią organizację procesu wymiany ciepła niewielkich objętości cieczy, można bez wzajemnego mieszania cieczy zamienić ich temperatury. Tak więc możemy wziąć 1 kg wody „żółtej” i kosztem ciepła 1 kg wody „niebieskiej” ogrzać ją do 80°C . Następnie tak ogrzaną wodę należy wlać do pozostałej wody „żółtej”. Ostateczna temperatura wody „żółtej” wyniesie wtedy 50°C . Warto zwrócić uwagę, że jest to o 10°C więcej niż otrzymałoby się w przypadku wprowadzenia w kontakt cieplny od razu całych porcji wody.

Źródło:
Zadanie pochodzi z „Druk OF”

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie
www.of.szcz.pl