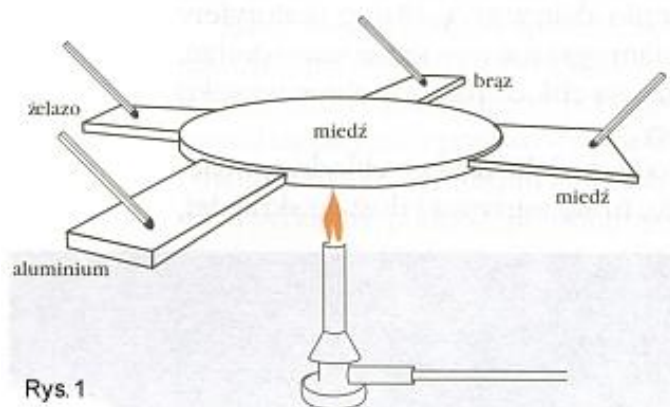


Przewodnictwo

Wojciech Dindorf

Najładniejsze doświadczenie, jakie znam na ten temat, ilustruje rysunek 1. Z grubego dysku miedzianego wychodzą cztery geometrycznie jednakowe odnogi: miedziana, aluminiowa, brązowa i żelazna. Każda ma na końcu otworek, do którego włożono główkami w dół zapałki. Mały, ale gorący płomień podgrzewa środek miedzianego dysku, a widzowie patrzą, która zapałka pierwsza zapłonie. Wydaje się niemożliwe, żeby efekt był aż tak wyraźny, jak jest. Pierwsza zapłonie zapałka ustawiona w miedzi, potem kolejno w aluminium, w brązie, a na końcu w żelazie.



To, co zostało tutaj pokazane, dotyczy zupełnie innego niż konwekcja sposobu przenoszenia energii cieplnej. Przewodnictwo - tak nazywa się ten sposób. Przekazywanie sobie energii jakimś wewnętrznym sposobem. Pewnie cząsteczka cząsteczce, najprawdopodobniej atom atomowi. Jak tak, to przez bezpośredni kontakt. A jak kontaktować się mogą atomy, jeśli nie za pomocą elektronów, które stanowią ich otoczkę, skorupę, chmurę, woalkę? A

więc to elektrony pobudzone przez kontakt z ogniem, ze źródłem, z atomami (elektronami) innych rozgrzanych ciał, przekazują energię innym elektronom, te z kolei swoim sąsiadom i tak dalej. To trwa, jak widać było w opisanym doświadczeniu, różnie dla różnych materiałów (czytaj atomów) i o takich materiałach, dla których ten przekaz jest najszybszy, mówimy, że są najlepszymi przewodnikami.

Doświadczenia z dyskiem i odnogami nie moglibyśmy przeprowadzić dla takich odnóg, jak: drewniana, parafinowa czy styropianowa. Zanim dość energii doszłoby do zapałki, by ją zapalić, nasz przewodnik sam by się spalił albo stopił. To były złe przewodniki. Szkło czy ceramikę można by też wypróbować, ale sądzę, że zabrakłoby cierpliwości eksperymentatorowi.

Gdy czytałeś, że elektrony mogą mieć swój udział w tym procesie, być może skojarzyłeś sobie, że przecież prąd elektryczny też jest lepiej przewodzony przez miedź niż przez żelazo, a już zupełnie słabo przez szkło czy ceramikę, nie mówiąc o plastiku.



Rys. 2

Jednym z największych wynalazków dwudziestego wieku jest tzw. tworzywo sztuczne. Miałeś w ręku szklankę z gorącą herbatą? Powiesz: nie, bo nie chciałem palców poparzyć. A kubek cieniutki ze styropianu z wrzątkiem wewnątrz? I owszem, ledwie ciepły, mimo że palce dotykają kubka kilka milimetrów od wrzątku. Gradient temperatury, powiedzmy, 40 stopni na milimetr. Co to znaczy? To znaczy, że teoretycznie można by wytrzymać, stojąc metr od powierzchni Słońca, gdyby od tej powierzchni oddzielał cię specjalny, żaroodporny, nietopliwy styropian (rys. 3).



Oto zestaw niektórych przewodników prądu elektrycznego i przewodników ciepła od najlepszych do najgorszych:

Przewodniki prądu elektrycznego

srebro	miedź	złoto	aluminium	mosiądz	żelazo	szkło	parafina	styropian
--------	-------	-------	-----------	---------	--------	-------	----------	-----------

Przewodniki ciepła

srebro	miedź	złoto	aluminium	mosiądz	żelazo	szkło	parafina	styropian
--------	-------	-------	-----------	---------	--------	-------	----------	-----------

By prąd był przewodzony, potrzebna jest różnica potencjałów ΔV . Aby ciepło było przewodzone, potrzebna jest różnica temperatur ΔT . W obu przypadkach im większy przekrój S , tym mniejszy opór, tym większa ilość ładunku q lub energii cieplnej ΔQ może być w jednostce czasu przekazana; natężenie prądu $I = \Delta q / \Delta t$, „moc” ciepła $\Delta Q / \Delta t$. W obu przypadkach, im większa długość przewodnika l , tym większy opór.

Czy można się dziwić, że prawa przewodnictwa wyraża się dla obu przepływów bardzo podobnie?

Dla prądu:

$$\frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{\sigma S \Delta V}{l}$$

prawo Ohma $I = \frac{U}{R}$

Dla ciepła:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{k S \Delta T}{l}$$

prawo Newtona $P = \frac{k S \Delta T}{l}$

Tu σ to tak zwane przewodnictwo właściwe, to odwrotność oporu właściwego;

k to współczynnik przewodnictwa cieplnego lub przewodność cieplna; P to szybkość przepływu energii cieplnej (moc).

Wartości stałych σ i k (stałe materiałowe, patrz tabela 1) można napisać na naklejkach przyklepić do różnych materiałów. Informują one o jakości materiału jako przewodnika elektryczności σ lub ciepła k . Co one faktycznie określają? Coś w pewnym sensie podobnego do ceny:

- Niech na przykład $\sigma = 2 \text{ [A*m/(V*mm}^2\text{)]}$. Czytamy z wzoru: jeśli do końców drutu o długości 1 metra i przekroju 1 milimetra kwadratowego przyłożymy napięcie równe 1 volt, to przez przewodnik popłynie prąd o natężeniu 2 ampery.

- Niech $k = 2 \text{ [W*m/(K*mm}^2\text{)]}$. Czytamy: jeśli między końcami przewodnika o długości 1 metra i przekroju 1 milimetra kwadratowego zapewnimy różnicę temperatur równą 1 kelwin, to przez przewodnik przepłynie energia w ilości 2 dżuli na sekundę, czyli 2 waty.

Jak znamy „cenę”, to sobie wszystko z wzoru policzymy. A „cena” dotyczy materiału. Zapiszmy naszą tabelę, dodając „cenę” w takich jednostkach, jakie podałem w przykładach.

Tabela 1

Srebro	Miedź	Złoto	Aluminium	Mosiądz	Żelazo	Szkło	Parafina	Styropia
Przewodnictwo prądu elektrycznego (σ -przybliżona wartość-[A*m/(V*mm ²)]								
62	58	44	36	16	10	10 ⁻¹⁶	10 ⁻²⁰	10 ⁻²²
Przewodnictwo ciepła k - przybliżona wartość - [W*m/(K*mm ²)]								
429	400	310	237	110	80	1	0,1	0,4

Wiadomo, że producenci urządzeń elektrycznych i cieplnych muszą z tabel tego typu korzystać, a producenci grzejników elektrycznych - z obu części jednocześnie.

Lodówka (rys. 4a) to bardzo dobry przykład wykorzystania wiedzy zgromadzonej w tabeli przewodników ciepła. Tam potrzeba i dobrych przewodników, i złych. Dobrych, by odbierać energię cieplną od umieszczonych we wnętrzu jajek i masła, złych, by nie przeszkadzało w tym chłodzeniu ciepło, które mogłoby wdrzeć się do środka, choćby od dość ciepłego właściciela lodówki stojącego tuż obok i pijącego w dodatku gorącą herbatę (rys. 4b).



Rys.4

a)



b)