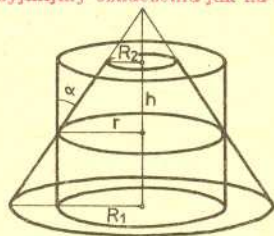




Rozwiązanie zadania M 530.
Przyjmijmy oznaczenia jak na rysunku.



Objętość walca $V_w = \pi r^2 h$, a stożka ściętego

$$V_s = \frac{\pi}{3} (R_1^2 + R_1 R_2 + R_2^2) h.$$

Ponieważ $R_1 = r + \frac{h}{2} \operatorname{tg} \alpha$
i $R_2 = r - \frac{h}{2} \operatorname{tg} \alpha$, mamy

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{\pi}{3} \left(3r^2 + \left(\frac{h}{2} \right)^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \right) h = \\ &= \pi r^2 h + \frac{\pi}{12} h^3 \operatorname{tg}^2 \alpha. \end{aligned}$$

Zatem walec ma objętość mniejszą niż stożek.

Powtarzam je za książką: Jan
Blinowski i Jarosław Trylski, *Fizyka
dla kandydatów na wyższe uczelnie*,
WSiP, Warszawa 1986.

Obalamy prawa fizyki

Doc. dr Jan GAJ

Kilkakrotnie już spotykaliśmy się na łamach *Delty* próbując z większym lub mniejszym powodzeniem obalać różne prawa fizyki. Dotychczasowe próby miały nam pokazać, że ludzie mają skłonność do uogólniania prawidłowości, które sformułowali badając jakieś zjawiska czy właściwości pewnych obiektów, na zjawiska czy obiekty zbyt odległe od tych, które były podstawą sformułowania prawa. Oczywiście, sprzeciwiać się uogólnieniom w nauce znaczyłyby kwestionować jedną z jej podstawowych metod. Musimy jednak zważać, aby proces uogólniania był stale pod kontrolą, a ostatecznych rozstrzygnięć będziemy zawsze szukać w doświadczeniu. To jest, powiedziałbym, poważny aspekt sprawy.

„Obalanie” praw fizyki, tym razem w wyraźnym cudzysłowie, może nas także uczyć codziennej ostrożności w rozumowaniu: nie dajmy się nabrać. Do tej kategorii należy niniejszy artykuł. Będzie w nim obalane jedno z podstawowych praw fizyki, a mianowicie

Druga Zasada Termodynamiki

Zacznijmy od sformułowania. Istnieje kilka równoważnych sposobów wyrażenia tej zasady. Oto dwa podstawowe warianty, pochodzące od Clausiusa (1) i Kelvina (2):

1. Niemożliwy jest taki proces termodynamiczny, którego jedynym rezultatem byłoby przekazanie ciepła przez ciało chłodniejsze ciału bardziej nagrzanemu.
2. Niemożliwy jest taki proces termodynamiczny, którego jedynym rezultatem byłoby pobranie pewnej ilości ciepła przez układ i wykonanie przez układ pracy.

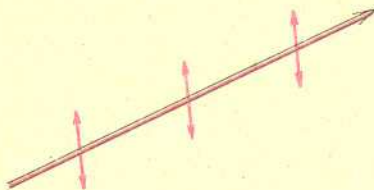
Druga zasada termodynamiki wprowadza rozróżnienie między energią, która może być wykorzystana do wykonania makroskopowej pracy, a pozostałą energią – rozproszoną – makroskopowo nie do wykorzystania.

Przystąpmy teraz do obalania tej zasady. Żeby zrozumieć przytoczony poniżej wywód, przypomnijmy sobie najpierw trochę wiadomości na temat polaryzacji światła. Nie będę ukrywał – do obalenia drugiej zasady termodynamiki posłużę się filtrem optycznym, który zakłóci wymianę energii przez promieniowanie: będzie przepuszczał światło tylko od ciała pierwszego do drugiego, a z powrotem nie. Przed wytłumaczeniem zasady działania filtra rozważmy więc

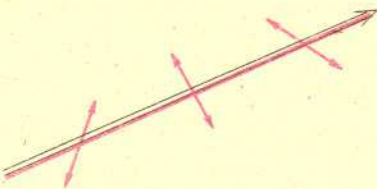
pewne właściwości światła

Światło jest, jak wiemy, falą poprzeczną, to znaczy drgania zachodzą w nim prostopadle do kierunku rozchodzenia się (rys.1). Co drga w świetle? Oczywiście, pola: elektryczne i magnetyczne. Skupimy naszą uwagę na polu elektrycznym światła, ponieważ to ono decyduje w większości doświadczeń o oddziaływaniu światła z materią. Jeżeli spośród wielu możliwych kierunków drgań w wiązce światła obecny jest tylko jeden – mówimy, że światło jest spolaryzowane. W świetle niespolaryzowanym drgania zachodzą we wszystkich możliwych kierunkach (rys.2).

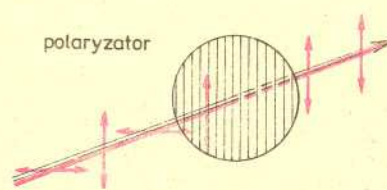
Fotoamatorzy znają *filtry polaryzacyjne* lub *polaryzatory*, które ze wszystkich możliwych drgań wybierają tylko ich składową wzdłuż pewnego kierunku (rys.3).



Rys.1. Światło jest falą poprzeczną.



Rys.2. Różne kierunki drgań w świetle niespolaryzowanym.



Rys.3. Polaryzator wybiera jeden kierunek drgań.

Niektóre substancje mają naturalną właściwość skręcania kierunku polaryzacji przechodzącego przez nie światła – *aktywność optyczną*. Należy do nich roztwór cukru. Jeżeli światło przechodzi przez taką substancję z powrotem, skręcenie się odwraca i kierunek drgań światła staje się taki, jak był przed wejściem do substancji.



Rozwiązanie zadania M 531.

Przypadek $b = 0$ jest oczywisty.

Ponieważ cos jest funkcją parzystą, możemy dalej zakładać, że $b > 0$.

Ciąg $b \ln n$ zmierzają do nieskończoności, ponadto:

(*)

$$b \ln(n+1) - b \ln n = b \ln\left(1 + \frac{1}{n}\right) < \frac{b}{n}$$

Dalej, dla każdego naturalnego p można znaleźć takie (naturalne) q i M , że

(**)

$$b \ln(q-1) \leq \left(p - \frac{1}{3}\right) \pi < b \ln q <$$

$$< b \ln(q+M) < \left(p + \frac{1}{3}\right) \pi \leq$$

$$\leq b \ln(q+M+1).$$

Wtedy dla p parzystego i n takiego, że $q \leq n \leq q+M$ mamy $\cos(b \ln n) > \frac{1}{2}$, zatem suma odpowiednich wyrazów szeregu jest większa niż

$$(***) \quad \frac{1}{2} \sum_{n=q}^{q+M} n^{-a} \geq \sum_{n=q}^{q+M} \frac{1}{n}$$

Ponieważ $\left(p - \frac{1}{3}\right) \pi < b \ln q$, mamy $q \rightarrow \infty$ dla $p \rightarrow \infty$. Z (*) i (**) wynika, że

$$(M+2) \frac{b}{q-1} > \frac{2}{3} \pi,$$

tj. $M+2 > \frac{1}{b} \cdot \frac{2}{3} \pi (q-1)$, czyli dla dostatecznie dużych q mamy

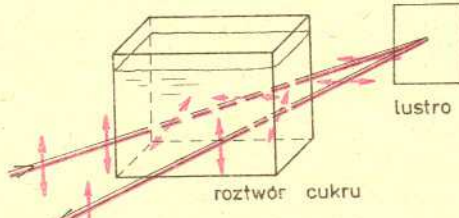
$$M > \frac{1}{2b} q.$$

Ostatecznie, suma we wzorze (***) jest większa niż

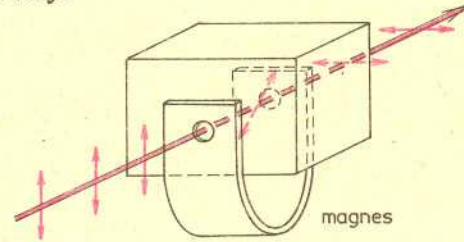
$$\sum_{n=q}^{q+\frac{1}{2b}q} \frac{1}{n} \geq \frac{1}{2b} q \cdot \frac{1}{q + \frac{1}{2b}q} = \frac{1}{2b+1}$$

a to oznacza, że szereg nie może być zbieżny.

Istnieje też inny mechanizm tego zjawiska: substancje, które w zwykłych warunkach nie skręcają płaszczyzny polaryzacji przechodzącego przez nie światła (na przykład woda), robią to pod wpływem zewnętrznego pola magnetycznego (rys.5). Takie skręcenie w polu magnetycznym nosi nazwę efektu Faradaya.



Rys.4. Aktywność optyczna w roztworze cukru.



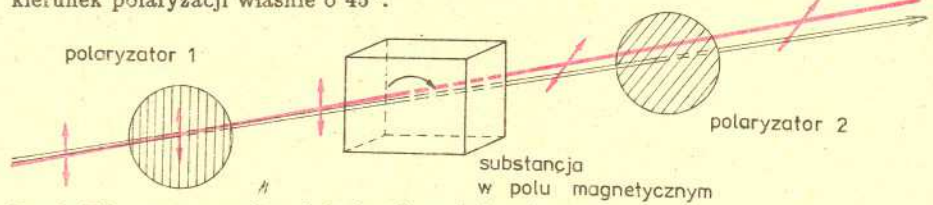
Rys.5. Efekt Faradaya.

Zasadnicza różnica między aktywnością optyczną a efektem Faradaya polega na tym, że w tym ostatnim polaryzacja światła obraca się zawsze w tę samą stronę, niezależnie od kierunku biegu światła. a więc jeśli światło przebiegnie tam i z powrotem przez substancję umieszczoną w polu magnetycznym, skręcenia nie redukują się, lecz się dodają!

Po tym przydługim wstępie mogę Ci już, Czytelniku, zdradzić, jak będzie zbudowany nasz

filtr polaryzacyjny

Składa się on z dwóch polaryzatorów o kierunkach polaryzacji obróconych względem siebie o 45° . Między nimi znajduje się substancja w polu magnetycznym, obracająca kierunek polaryzacji właśnie o 45° .



Rys.6. Filtr przepuszczający światło tylko w jedną stronę.

W ten sposób polaryzacja światła, które przeszło przez pierwszy polaryzator, zostanie tak obrócona, żeby światło przeszło bez przeszkód przez drugi polaryzator. Jeżeli spojrzysz na rysunek 6 i wyobrazisz sobie, że chcesz przepuścić przez filtr światło w przeciwnym kierunku, zauważysz, że nie przejdzie! Rzeczywiście, po przejściu przez drugi polaryzator będzie miało ukośny kierunek drgań, który zostanie obrócony w lewo o 45° , a więc do kierunku poziomego. Takiego światła pierwszy polaryzator nie przepuści!

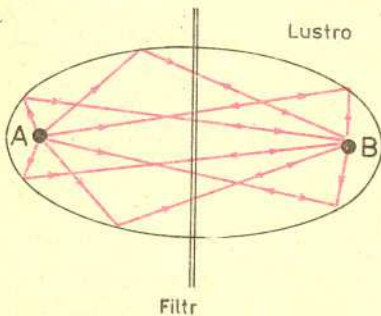
Teraz już z dziecinną łatwością obalimy drugą zasadę termodynamiki konstruując przy okazji

perpetuum mobile drugiego rodzaju

Bierzemy dwa identyczne ciała o równych temperaturach i umieszczamy je w próżni zapewniając kontakt cieplny przez promieniowanie. Aby nie tracić energii, otaczamy je stosownymi lustrami (rys.7).

Między ciałami A i B zostaje wstawiony filtr F. Ponieważ filtr przepuszcza promieniowanie tylko z lewa na prawo, po pewnym czasie wytworzy się różnica temperatur i będzie narastać – a więc, w sprzeczności z drugą zasadą termodynamiki, ciepło przepłynie od ciała o temperaturze niższej do ciała o temperaturze wyższej. Co więcej, skoro mamy już różnicę temperatur, możemy teraz użyć silnika cieplnego i otrzymać pracę. Otrzymujemy ją z układu, w którym (w chwili początkowej) nie było różnicy temperatur, a więc skonstruowaliśmy perpetuum mobile drugiego rodzaju.

Niemożliwe! – zawołał w tym miejscu. Zasady termodynamiki są zbyt dobrze ugruntowanymi prawami fizycznymi, żeby się dały ot, tak sobie, obalić. W tym rozumowaniu musi być błąd! Zgoda, ale gdzie? Spróbuj znaleźć go sam. Dla autorów najlepszych wypowiedzi mamy książki.



Rys.7. Energia przepływa od ciała A do B, a z powrotem nie!