

TĘCZA

Dr Jan A. GAJ

Któż z nas nie widział tęczy? Proponuję dzisiaj wytworzenie jej w skali laboratoryjnej no i oczywiście zastanowienie się, skąd się ona bierze. Zaczniemy jednak od przypomnienia sobie obserwacji tęczy w naturze. Z dydaktycznego, a z pewnością także i z estetycznego punktu widzenia najciekawsza jest tęcza, którą niekiedy można zobaczyć w górach, znajdując się ponad chmurą i patrząc w kierunku przeciwnym od słońca, to znaczy tak, aby widzieć na chmurze własny cień. Widzimy wtedy tęczę w postaci łuku, którego środek pokrywa się z cieniem naszej głowy — przy szczęśliwym ustawieniu się w stosunku do terenu i kierunku promieni słonecznych można zobaczyć nawet pełny okrąg tęczy. Promień kątowy tęczy wynosi około 42° (patrz rysunek). Przypominam, że na zewnątrz, a więc pod największym kątem do promieni słonecznych obserwujemy barwę czerwoną. Kto tego nie pamięta, nie musi mi wierzyć. Może się o tym przekonać w doświadczeniu, którego treścią jest

WYTWARZANIE TĘCZY W DOMU

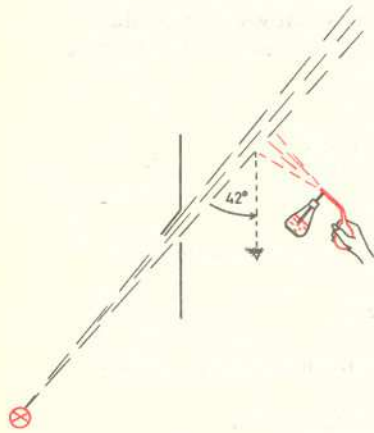
Podstawową trudnością jest takie przeprowadzenie doświadczenia, aby nie być oślepionym przez światło pochodzące od tła. Dlatego próby przeprowadzamy w zaciemnionym pokoju, do którego dość wąską smugą wpada światło słoneczne lub pochodzące od jednej żarówki. Zgodnie z ogólną opinią za tęczę odpowiadają zjawiska zachodzące w kropelkach wody (deszczu, mgły, chmur itp). Naszą „chmurę” wytworzymy za pomocą rozpylacza. Ostrzegam jednak przed różnymi aerozolami — mgła powinna być wodna. Staramy się wytworzyć takie warunki, abyśmy patrząc na mgłę wodną pod odpowiednim kątem mieli jako tło nieoświetloną część pokoju (jak na rysunku). Obserwację „tęczy”, która przy słabej żarówce może być widoczna jedynie jako jasny łuk bez kolorów, ułatwi nam lekkie poruszanie głową — tęcza będzie się także poruszać.

Po wstępnym zapoznaniu się ze zjawiskiem przychodzi nieuchronnie kolej na pytanie

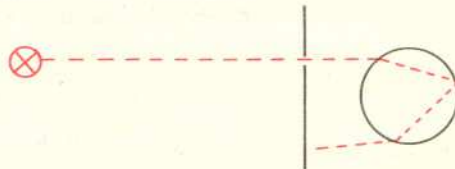
JAK POWSTAJE TĘCZA?

Na to pytanie będziemy musieli odpowiedzieć sobie sami. Pomoże Wam w tym następne doświadczenie. Jednocześnie ostrzegam Was: w wielu książkach zjawisko tęczy wyjaśnione jest w sposób zupełnie niewystarczający, a czasem nawet błędny. Myślcie więc samodzielnie, nie zrażając się tym, że nawet w Encyklopedii Fizyki nie podano interesującego nas wyjaśnienia. W doświadczeniu potrzebna nam będzie żarówka (lub światło słoneczne), tekturka i butelka lub szklanka możliwie dokładnie w kształcie walca, napełniona wodą. Żarówka powinna być umieszczona w odległości paru metrów od szklanki, nieco powyżej niej, najlepiej w sąsiednim pokoju. Podobnie jak w poprzednim doświadczeniu, wyłączamy wszelkie inne źródła światła. W tekturce wycinamy dziurkę i umieszczamy ją tak, aby przepuszczany przez nią promyk światła żarówki padł na butelkę. Po załamaniu i odbiciu w butelce z wodą, promyk padnie na tekturkę, gdzie można obserwować jego ślad, oczywiście patrząc od strony butelki.

jeżeli nie czytaliście artykułu dra Zbigniewa Płochockiego w „Dalcie” 10/1975

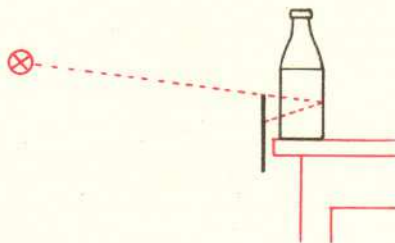


nie używajcie kartki papieru lub cienkiego kartonu, bo światło żarówki będzie przez nie przenikać i utrudni obserwację plamki



Jeżeli dysponujecie odpowiednią ilością alkoholu — zastąpcie nim wodę w butelce, a przekonacie się, dlaczego odradzałem Wam aerozole.

Spróbujcie teraz przesuwać tekturkę na boki patrząc co się dzieje z promieniem, kiedy pada on na butelkę w różnych miejscach. Zwróćcie szczególną uwagę na fakt, że przesuając stopniowo promień padający od środka butelki ku jej brzegowi widzimy, że plamka na tekturce najpierw posuwa się w jednym kierunku a potem zawraca. Żeby nie mieć wątpliwości, że to to samo zjawisko, co we mgłę wodnej, umieśćcie Waszą tekturkę w sposób pokazany na rysunku i patrzcie na nią od strony butelki — ujrzyście rodzaj tęczy, ale jednowymiarowej, bo butelka jest walcem a nie kulą, jak kropelki wody. Już gotowi do doświadczeń? No to powodzenia — w działaniu i w myśleniu.



Rozwiązanie zadania F 26.

Rozważmy przypadek sprężania gazu. Przesuwając tłok wykonujemy pewną pracę nad gazem i tym samym dostarczamy mu energii. Należy policzyć zmianę energii cząsteczek gazu w jednostce gazu w wyniku ich zderzeń z tłokiem. Cząsteczki gazu posiadają różne prędkości. Spośród całkowitej liczby cząsteczek N , wyróżnijmy grupę N_1 cząsteczek, które posiadają w danej chwili składową prędkość wzdłuż osi tłoka $v_{1x} > 0$ (niech oś x układu współrzędnych pokrywa się z osią tłoka).

Liczmy zmianę energii cząsteczki o prędkości v_{1x} w wyniku zderzenia z tłokiem. W układzie odniesienia związanym z tłokiem, x — owa składowa prędkości cząsteczki przed i po zderzeniu wynosi odpowiednio $v_{1x} + u$ oraz $-(v_{1x} + u)$. Te same wielkości liczone względem nieruchomych ścianek naczynia wynoszą odpowiednio v_{1x} i $-(v_{1x} + 2u)$. Stąd zmiana energii rozważanej cząsteczki o masie m wynosi:

$$\Delta E = \frac{m}{2} (v_{1x} + 2u)^2 - \frac{m}{2} v_{1x}^2 \approx 2mv_{1x} \cdot u,$$

Jeżeli zaniedbamy wyraz z u^2 jako mały.

W odstępie czasu Δt , spośród N_1 cząsteczek tylko te mogą uderzyć o tłok, które znajdują się od niego w odległości bliższej niż $(v_{1x} + u)\Delta t$. Takich cząsteczek jest w naczyniu:

$$N_1 \cdot \frac{S(v_{1x} + u)\Delta t}{V}, \text{ gdzie } S \text{ jest powierzchnią tłoka.}$$

W odstępie czasu Δt ich energia zmienia się o ΔE_1 ,

$$\Delta E_1 = \frac{2N_1 \cdot S \cdot m \cdot u}{V} v_{1x}^2 \Delta t.$$

Wyraz z u^2 został ponownie pominięty.

Żeby obliczyć całkowitą zmianę energii wszystkich cząsteczek, musimy uwzględnić cząsteczki o wszystkich możliwych prędkościach v_{1x} .

$$\Delta E_{\text{całk}} = \frac{2 \cdot S \cdot m \cdot u \cdot \Delta t}{V^2} \sum_i N_i v_{1x}^2 = \frac{Smu\Delta t}{V} N \cdot \bar{v}_x^2 = 1/3 \frac{Smu\Delta t}{V} N \cdot \bar{v}^2,$$

gdzie \bar{v}_x^2 jest średnim kwadratem x — owej składowej prędkości cząsteczek gazu, a \bar{v}^2 — średnim kwadratem prędkości cząsteczek. W powyższych przekształceniach uwzględniliśmy jednakowe prawdopodobieństwo występowania cząsteczek poruszających się w kierunku do tłoka ($v_{1x} > 0$) i w kierunku przeciwnym ($v_{1x} < 0$). Dla gazu jednoatomowego całkowita energia cząsteczek gazu, $E_{\text{całk}}$ wynosi:

$$E_{\text{całk}} = \frac{1}{2} N \cdot m \cdot \bar{v}^2.$$

Dla gazu dwuatomowego: $E_{\text{całk}} = \frac{5}{6} Nm\bar{v}^2$. Ogólnie obowiązuje zależność:

$$E_{\text{całk}} = \frac{l}{6} Nm\bar{v}^2, \text{ gdzie } l \text{ oznacza liczbę stopni swobody ruchu.}$$

Stąd:

$$\Delta E_{\text{całk}} = \frac{2}{l} \frac{S \cdot u \cdot \Delta t}{V} \cdot E_{\text{całk}}$$

Ponieważ wyrażenie $S \cdot u \cdot \Delta t$ oznacza zmianę objętości gazu (ze znakiem „-“, bo rozważamy sprężenie gazu), więc (w granicy $\Delta t \rightarrow 0$):

$$\frac{dE_{\text{całk}}}{E_{\text{całk}}} = - \frac{2}{l} \frac{dV}{V}$$

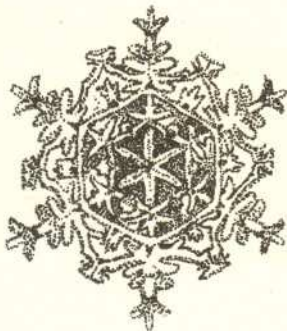
Całkując to równanie otrzymujemy:

$$E_{\text{całk}} V^{\frac{2}{l}} = \text{const}$$

Uwzględniając zależność $pV \sim E_{\text{całk}}$ (równanie stanu dla gazu doskonałego) otrzymujemy związek:

$$pV^{\frac{l+2}{l}} = \text{const.}$$

Jest to znane równanie dla przemiany adiabatycznej. Wartość wykładnika $\kappa = \frac{l+2}{l}$ wynosi 5/3 dla gazów jednoatomowych i 7/5 dla gazów dwuatomowych.



Rozwiązanie zadania M 76

Przyjmijmy, że wielomian f ma żądaną własność.

W szczególności dla wielomianu stałego $g(x) = c$ dla każdego x , gdzie c jest dowolną ustaloną liczbą rzeczywistą) zachodzi równość

$$f(c) = c.$$

Wielomian f jest więc funkcją tożsamościową.

Funkcja tożsamościowa f ma oczywiście żądaną własność, gdyż $f(g(x)) = g(x) = f(g(x))$.