

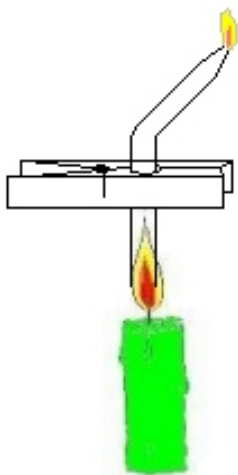


Świeca, a cóż tu ciekawego?

Juliusz Domański

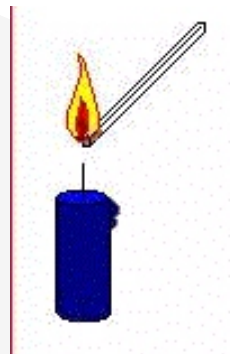
Nietrudno zauważyć, że w czasie palenia się świecy stearyna się topi. Z czasem pod knotem tworzy się coś w rodzaju miseczki z ciekłą stearyną. Niekiedy jest jej zbyt wiele i ścieka, krzepnąc na boku świecy. Mamy już dwa zjawiska – **topnienie** i **krzepnięcie**. Po zgaszeniu świecy stearyna w miseczce krzepnie i jej powierzchnia z płaskiej staje się nieco wklęsła. Wniosek – w czasie krzepnięcia występuje **zmiana objętości**, objętość stearyny zmniejsza się. Jeśli się nieco zastanowimy, dojdziemy do wniosku, że w czasie topnienia objętość stearyny musiała się zwiększyć.

Przyglądamy się dokładniej. Płomień nie sięga powierzchni stopionej stearyny, obejmuje knot nieco wyżej. Stopiona stearyna „wspina” się po knocie, mamy tu zjawisko zwane **włoskowatością**. Podobne zjawisko zauważymy, gdy koniec sznurka zanurzymy w wodzie. Po chwili sznurek będzie mokry na pewnym odcinku powyżej powierzchni wody.



Rys. 2

Zróbmy teraz proste doświadczenie. Gasimy świecę i po chwili (około 1 sekundy) zbliżamy do knota (nie dotykając go) zapaloną zapałkę (rys. 1). Świeca ponownie zapala się. O czym to świadczy? Zapala się nie stearyna na knocie, ale coś poza nim. Mogą to być tylko pary stearyny! Tak, mamy tu do czynienia z kolejnym zjawiskiem, **parowaniem**. Można to pokazać w nieco inny sposób, bardziej widowiskowy, choć trudniejszy do wykonania. Warunkiem powodzenia jest silny płomień świecy i umieszczenie dolnego wylotu rurki w dolnej części płomienia (czyli tam, gdzie mamy jeszcze nieutlenione pary stearyny). Warto to przetrenować! Jeśli teraz zbliżymy zapałkę do górnego, zwężonego końca rurki, pojawi się tam płomień (rys. 2).

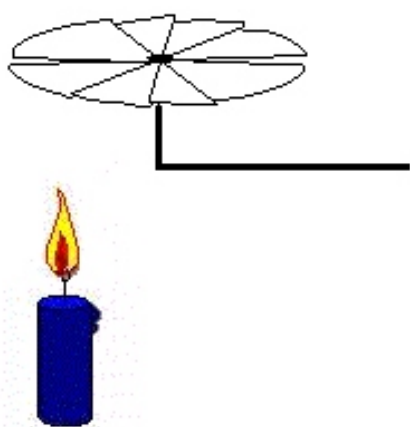


Rys. 1

Parokrotnie już mówiliśmy o spalaniu, czyli o reakcji chemicznej, w której **energia chemiczna** ulega **zamianie na wewnętrzną**, czyli mówiąc popularnie – na ciepło. Płomień jest gorący. Na tyle gorący, że część energii wewnętrznej ulega kolejnej **przemianie na energię promienistą**. Płomień świeci. I to jest podstawowa rola świeczki, na którą



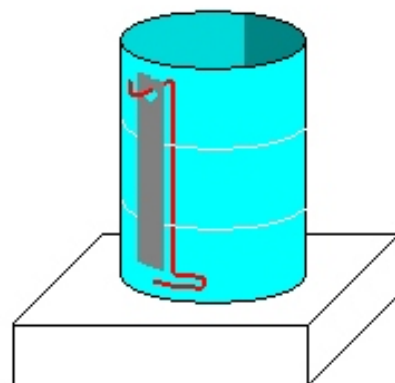
głównie zwracamy uwagę. Warto zauważyć, że tylko niewielka część energii to promieniowanie widzialne. Większość jest emitowana jako promieniowanie podczerwone. Zwróć teraz uwagę na pewne zadanie z książki *Zadania nieobliczeniowe*¹. Zaproponowałem tam, aby za pomocą kawałka papieru śniadaniowego z tłustą plamką, świeczki, lusterka i paru innych drobiazków wyznaczyć współczynnik pochłaniania światła w płomieniu świecy. Udaje się! A więc oprócz emisji promieniowania mamy też **absorbcję**.



Rys. 3

Z nieco sztywniejszej folii aluminiowej z łatwością wykonamy prosty wiatraczek (rys. 3). Bardzo dobrym łożyskiem jest zwykły zatrask bieliźniarski. Jeśli umieścimy wiatraczek nad płomieniem świecy, zacznie się obracać. O czym to świadczy? O istnieniu prądu wstępującego. Spaliny i ogrzane powietrze (ogrzewane gazy też się rozszerzają) mają mniejszą gęstość i zgodnie z prawem Archimedesusa wznoszą się. W górze (na pewnej wysokości) ochładzają się i spływają w dół. Mamy więc **konwekcję**.

Czy to wszystko? Zacznijmy od doświadczenia. Niezbędny będzie elektroskop (którego zazwyczaj nie ma w pracowni, a jeśli jest, to niestety dawno zepsuty). Nie ma problemu. Odcinamy górne wieczko od aluminiowej puszki po napoju. Przygotowujemy podstawkę ze styropianu. Z kawałka drutu wyginamy wieszaczek i przymocowujemy go do puszki za pomocą 2 gumek recepturek. Na wieszaczku zawieszamy listek z folii aluminiowej (rys. 4). Elek-



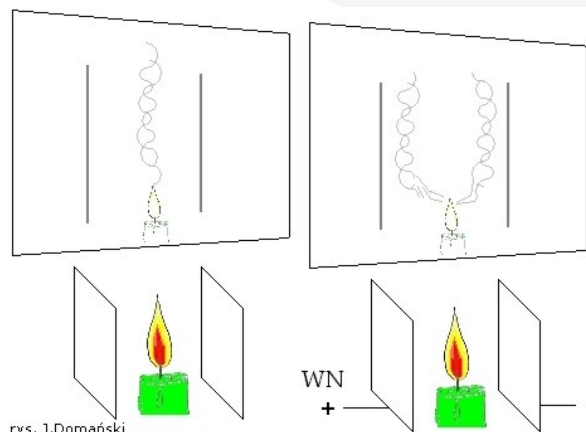
Rys. 4

¹ Juliusz Domański, Józefina Turło, *Zadania nieobliczeniowe*, zad. 334, str. 135, Prószyński i S-ka, Warszawa 1997.

² Michał Faraday, *Dzieje świecy*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1997 (niestety nakład wyczerpany).



Jonizację w płomieniu świeczki można pokazać znacznie efektywniej, jeśli dysponujemy źródłem wysokiego napięcia (wystarczy ok. 1000 V). Wykorzystujemy tu projekcję cieniową (rys. 5). Świeczkę ustawiamy między dwiema metalowymi płytami. Łączymy je z biegunami zasilacza. Żarówka powinna mieć bardzo krótkie włókno (takie włókna mają żarówki projekcyjne, stosowane m.in. w rzutnikach do przezroczy). Przed włączeniem zasilacza widzimy na ekranie nad świeczką niespokojną, wijącą się strugę, która po zamknięciu obwodu momentalnie rozdziela się na dwie strugi, płynące tuż przy naładowanych płytach.

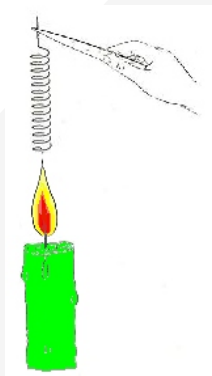


Rys. 5

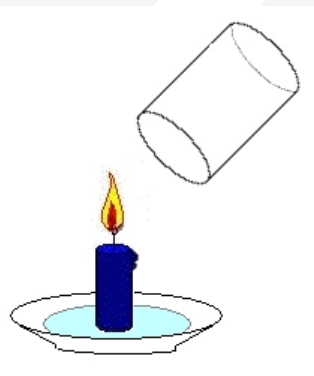
Jeśli dysponujemy maszyną elektrostatyczną lub generatorem van de Graaffa, oddalamy elektrody na taką odległość, aby iskra przestała przeskakiwać. Pod iskiernik podstawiamy świeczkę. Iskra pojawia się ponownie.

Na zakończenie dwanaście niewielkich problemów (oczywiście dla uczniów).

1. Na płomień świecy nasuwamy niewielką spiralę z miedzianego drutu (rys. 6). Świeca gaśnie. Dlaczego? Przecież dość rzadka spirala praktycznie nie utrudnia dopływu tlenu.



Rys. 6

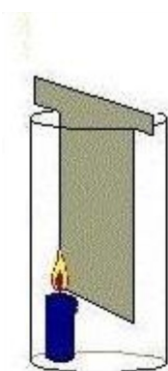


Rys. 7

2. Do spodeczka wlewamy nieco wody. Wstawiamy zapaloną świeczkę (rys. 7). Nakrywamy świeczkę szklanką. Po chwili świeczka gaśnie, a woda zostaje wciągnięta do szklanki. Dlaczego? Możemy też postąpić inaczej. Do szklanki wstawiamy niewielki ogarek świecy. Zapalamy go. Nakrywamy szklankę zwilżoną bibułą i dociskamy z góry drugą szklankę. Po chwili świeczka gaśnie. Dlaczego rozdzielanie szklanek wymaga teraz dość znacznej siły?



3. Do wysokiej szklanki wstawiamy krótką świeczkę. Zapalamy. Świeczka szybko gaśnie. Do szklanki wstawiamy przegrodę niesięgającą dna (rys. 8). Zapalamy świeczkę ponownie. Pali się długo, nie gasnąc. Dlaczego? Dość trudno zdobyć odpowiednio wąską i wysoką szklankę (raczej naczynie). Stosowałem odcięty kawałek próbówki o średnicy 25 mm i wysokości 80 mm. Przegroda wsuwa się na głębokość 55 mm. Stawiamy ją bezpośrednio na odpowiednio grubej świeczce. Warto poeksperymentować z innymi wymiarami.

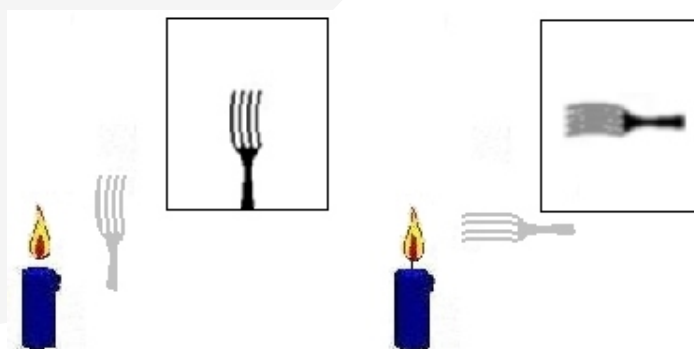


Rys. 8



Rys. 9

4. Pod wylot dzióbka czajnika z wrzącą wodą podstawiamy przed chwilą zgaszoną świeczkę (rys. 9). Natychmiast pojawiają się kłęby skroplonej pary (jonizacja jest intensywniejsza na cząsteczkach węgla niż na jonach).
5. Między świeczką a niezbyt odległy ekran wstawiamy widelec (bliżej świeczki). Jeśli widelec ustawimy w pionie jego cień jest wyraźny, jeśli w poziomie – rozmyty, prawie nieczytelny (rys. 10). Dlaczego?

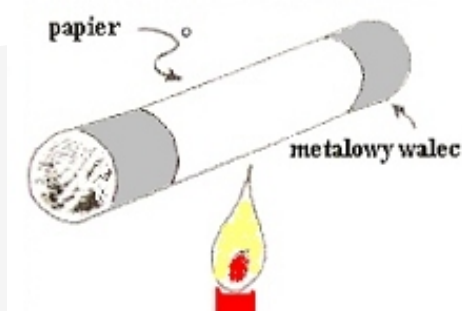


Rys. 10

6. Do płomienia świeczki wprowadzamy cienki drucik miedziany (średnica ok. 0,1 mm). Drucik topi się. Wprowadzamy nieco grubszy drucik. Rozgrzewa się, ale się nie topi. Dlaczego tak się dzieje?



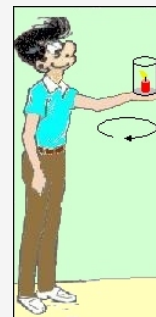
7. W płomieniu świecy łatwo zapalamy skrawek papieru. Pręt miedziany (może też być stalowy) owijamy kawałkiem papieru i zaklejamy. Wprowadzamy do płomienia świecy (rys. 11). Papier pokrywa się kopciem, ale nie zapala się. Dlaczego?



Rys. 11

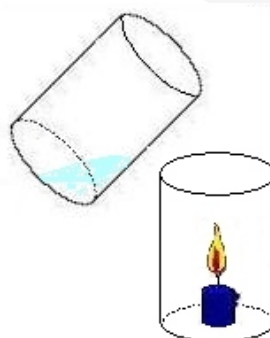


Rys. 12



Rys. 13

8. Do probówki wlewamy wodę i wkładamy kilka kostek lodu. Aby lód nie wypływał, wrzucamy dodatkowo większą stalową nakrętkę (rys. 12). Ogrzewamy górną część probówki. Woda w górnej części zaczyna wrzeć, a lód się nie topi. O czym świadczy to doświadczenie?
9. Do szklanki wstawiamy zapaloną, krótką świeczkę. Szybkim ruchem przesuujemy szklankę w lewo. W którą stronę odchyli się płomień, w czasie gdy szklanka porusza się ruchem przyśpieszonym? Spróbuj to wyjaśnić. Sprawdź doświadczalnie. W doświadczeniu można również wykorzystać ruch po okręgu (przyśpieszenie dośrodkowe). Krótką świeczkę przyklejamy do tekturowego krążka (o średnicy dna szklanki, rys. 13). Wprawiamy szklankę w dość szybki ruch po okręgu. W którą stronę odchyli się płomień świeczki?
10. Nieco wcześniej do szklanki stojącej na krześle za stołem demonstracyjnym wsypujemy łyżkę sody oczyszczonej. Przed doświadczeniem wlewamy do szklanki kilka cm^3 octu. Gdy ustanie burzliwa reakcja, przelewamy dwutlenek węgla do czystej szklanki. Unosimy szklankę nad stół i jej zawartość wlewamy (z pustej dla widzów szklanki) do szklanki z płonącej świecą (rys. 14). Świeca gaśnie. Co spowodowało zgaszenie świeczki?



Rys. 14



Rys. 15

11. Ze zwykłego papieru maszynowego lub zeszytowego wycinamy krążek o średnicy 10-13 cm i formujemy stożkową miseczkę. Napelniamy ją wodą i umieszczamy tuż nad płomieniem świecy (rys. 15). Możemy w ten sposób doprowadzić wodę do wrzenia, nie uszkadzając miseczki. Wystarczy ogrzać wodę do takiej

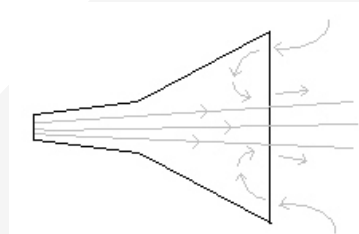


temperatury, aby uczeń po zanurzeniu w niej palca stwierdził wyraźnie jej ogrzanie. Pytanie jednak brzmi: dlaczego papier się nie zapalił?

12. Do doświadczenia potrzebny będzie dość duży lejek. Dolny skraj lejka ustawiamy nieco nad płomieniem świeczki i w pewnej odległości od niego. Dmuchamy silnie przez lejek (rys. 16). Dmuchięcie może być krótkie, ale silne. W którą stronę odchylił się płomień świecy? Dlaczego? Doświadczenie trzeba przed pokazem trochę przetrenować, dobierając odpowiednie ustawienie lejka względem płomienia świecy. Jego efekt zależy od rozmiarów lejka i siły dmuchięcia. Doświadczenie jest ilustracją prawa Bernoulliego (rys. 17). Inne doświadczenia ilustrujące to prawo można znaleźć w artykule *Panta rei*.

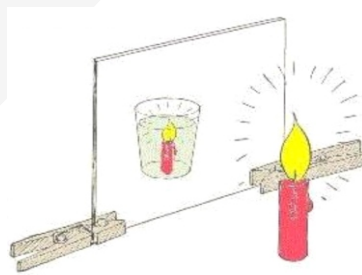


Rys. 16



Rys. 17

Możemy też przygotować (dla niewtajemniczonych w arkana optyki) interesujący pokaz. Przed ułożoną pionowo szybą ustawiamy zapaloną świeczkę. Za szybą, w miejscu gdzie (pozornie) powstaje obraz świeczki, ustawiamy szklankę napełnioną wodą. Dobieramy najkorzystniejsze oświetlenie. Zapraszamy teraz widza, który zobaczy w szybie płonącą pod wodą świecę (rys. 18).



Rys. 18