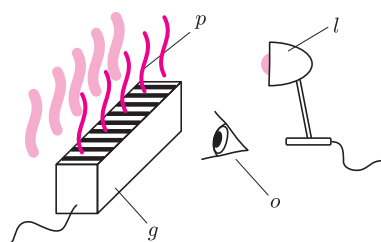
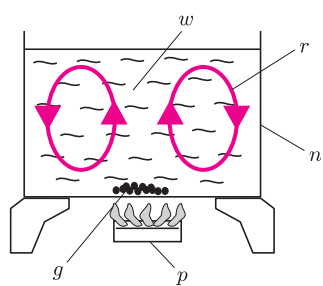


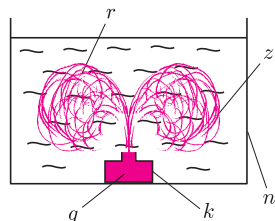
Rys. 1. Prądy konwekcyjne nad tłącą się świeczką; *s* – świeczka, *k* – tłący się knot, *d* – smużki dymu.



Rys. 2. Prądy konwekcyjne nad grzejnikiem; *g* – grzejnik elektryczny, *l* – lampa, *p* – prądy konwekcyjne powietrza, *o* – oko obserwatora.



Rys. 3. Ruchy konwekcyjne w ogrzewanej wodzie; *p* – kuchenka gazowa lub elektryczna, *n* – przezroczyste naczynie, *w* – woda, *g* – ziarna ryżu, *r* – ruch konwekcyjny.



Rys. 4. Ruchy konwekcyjne gorącej wody; *n* – przezroczyste naczynie, *z* – chłodna woda, *k* – kałamarz lub buteleczka, *g* – gorąca woda, *r* – ruch konwekcyjny.

Zjawisko konwekcji ma istotne znaczenie w różnych procesach zachodzących w naszym otoczeniu. Należy do nich zarówno prawidłowe funkcjonowanie domowego kominka, jak też ochładzanie lub ocieplanie klimatu znacznych obszarów naszej planety. Spróbujmy więc wykonać kilka prostych doświadczeń i przyjrzeć się bliżej ruchom konwekcyjnym zachodzącym w różnych warunkach.

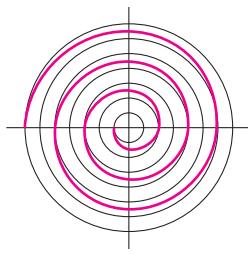
Do przeprowadzenia pierwszego doświadczenia wystarczą świeczka i zapalki (rys. 1). Świeczkę ustawiamy na stole i zapalamy. Oczekujemy kilka minut, aż świeczka dobrze się rozpali i w jej knocie pojawi rozżarzona górna część. Wówczas świeczkę gasimy przez ostrożne zdmuchnięcie. Z żarzącego się fragmentu knota wydzielają się lekko skłębiona smużka dymu. Smużka ta będzie unosić się ku górze. Przyczyną obserwowanego efektu jest ruch pionowo do góry powietrza ogrzewanego przez żarzący się knot. Tworzący się przy tym strumień powietrza porywa cząstki produktów żarzenia knota i dzięki temu tworzy dobrze widoczną smużkę dymu. Smużka ta pokazuje kierunek ruchu konwekcyjnego. Może się zdarzyć, że po zdmuchnięciu knota nie wydzieli dymu, wówczas świeczkę należy ponownie zapalić i zdmuchnąć.

Drugie doświadczenie dotyczy również ruchu konwekcyjnego w powietrzu (rys. 2). Żeby je przeprowadzić, potrzebne będą grzejnik elektryczny bez wentylatora i lampa stołowa. Do doświadczenia nie nadają się popularne grzejniki typu „farelka”, których działanie grzewcze uzależnione jest od włączenia wentylatora. Z powodzeniem natomiast można wykorzystać grzejnik typu „słoneczko” lub inny, w którym podczas działania daje się bezpiecznie wyłączyć wentylator. Grzejnik ustawiamy na stole lub na podłodze w taki sposób, żeby elementy grzejne skierowane były poziomo. Z boku grzejnika ustawiamy lampę stołową i kierujemy jej strumień światła poziomo ponad grzejnikiem, tak żeby padał na pobliską ścianę. Pokój, w którym przeprowadzamy doświadczenie, zaciemniamy lub gasimy w nim światło. Obserwujemy miejsce oświetlone przez lampę na ścianie ponad grzejnikiem. Przy uważnej obserwacji spostrzegamy drgania jakby przezroczystego płynu. Są to drgania strumieni powietrza unoszących się nad grzejnikiem. Rozgrzane powietrze ma mniejszą gęstość niż powietrze chłodne i – wypierane ku górze przez to ostatnie – porusza się ruchem konwekcyjnym.

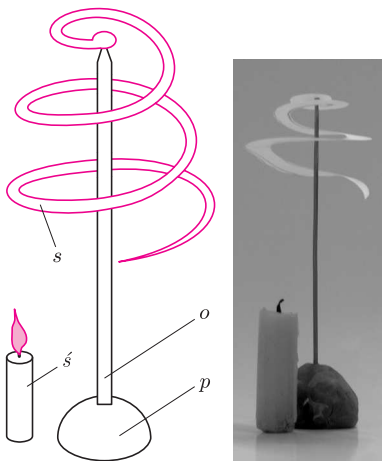
Zajmijmy się teraz ruchami konwekcyjnymi w cieczach (rys. 3). Do kolejnego doświadczenia potrzebny będzie dostęp do kuchenki gazowej lub elektrycznej, cylindryczne, przezroczyste naczynie z wodą – najlepiej duża zlewka lub słoik oraz trochę surowego ryżu. Do naczynia nalewamy chłodnej wody, wypełniając je w około 90%, i wsypujemy nieco ryżu, który opadnie na dno. Naczynie ustawiamy na włączonej kuchence gazowej lub elektrycznej. Obserwujemy zachowanie się wody i ryżu w naczyniu. Gdzie znajdują się ziarna ryżu, kiedy woda jest chłodna? Co dzieje się z ryżem po ogrzaniu wody? Okazuje się, że w chłodnej wodzie ziarna ryżu spoczywają na dnie naczynia. Po ogrzaniu wody ziarna unoszą się w środkowej części naczynia ku górze, zataczają łuk przy powierzchni wody i po stronie zewnętrznej opadają na dno (rys. 3). Oznacza to, że w ogrzewanej wodzie pojawiają się ruchy konwekcyjne, odbywające się po torach przypominających elipsy.

Ruchy konwekcyjne w wodzie możemy uzyskać jeszcze w nieco inny sposób (rys. 4). W tym celu potrzebne będzie szerokie, przezroczyste naczynie szklane, napelnione chłodną wodą (może to być duża zlewka, szeroki słoik lub akwarium) oraz mała zakręcana buteleczka zawierająca gorącą wodę zabarwioną atramentem. Szerokie naczynie ustawiamy na stole. Na jego dnie umieszczamy zamkniętą buteleczkę i ostrożnie otwieramy. Obserwujemy zachowanie się wody w naczyniu. Co widzimy? Okazuje się, że z buteleczki wypływa ku górze słup zabarwionej wody, który rozprzestrzenia się na boki, tworząc efektowny grzyb. Zabarbiona woda dochodzi do zewnętrznych ścianek naczynia, ochładza się, zwiększając przy tym swoją gęstość, i opada ku dołowi. W taki sposób przy użyciu gorącej, zabarwionej wody uwidoczniliśmy ruchy konwekcyjne.

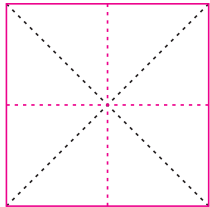
Ruch konwekcyjny powietrza można wykorzystać do napędu silników ciepłych, czyli urządzeń zamieniających energię cieplną na energię kinetyczną. Na początek



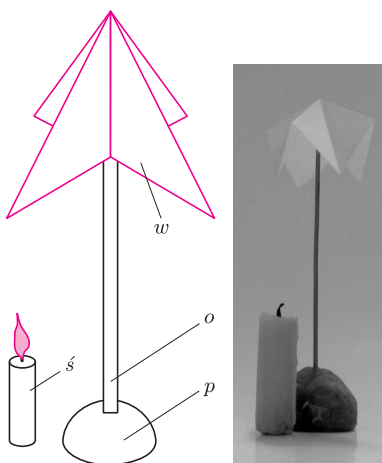
Rys. 5. Sposób przygotowania wirnika spiralnego.



Rys. 6, fot. 1. Konwekcyjny silnik ciepły z wirnikiem spiralnym; *s* – wirnik spiralny, *o* – drut do robienia swetrów, *p* – podstawka z plasteliny, *ś* – świeczka.



Rys. 7. Sposób przygotowania wirnika kwadratowego – linie przerywane czarne zginamy ku sobie, a kolorowe – od siebie.



Rys. 8, fot. 2. Konwekcyjny silnik ciepły z wirnikiem kwadratowym; *w* – wirnik kwadratowy, *o* – drut do robienia swetrów, *p* – podstawka z plasteliny, *ś* – świeczka.

zajmiemy się silnikiem z wirnikiem spiralnym (fot. 1). Do wykonania takiego wirnika potrzebny będzie kwadratowy kawałek kartonu lub grubej folii aluminiowej o boku około 7 cm (rys. 5). Folia aluminiowa może pochodzić z foremki do ciasta. Na kartonie lub folii rysujemy szereg współśrodkowych okręgów takich, żeby promienie sąsiednich okręgów różniły się o 1 cm, oraz dwie linie wzajemnie prostopadłe, przecinające się w środku okręgów. W otrzymaną siatkę wrysowujemy spiralę zaznaczoną na rysunku 5 grubą linią. Następnie wycinamy zewnętrzne koło i przecinamy je wzdłuż spirali. W środku wyciętego wirnika robimy niewielkie zagłębienie stanowiące łożysko. W tym celu układamy wirnik na miękkim podłożu, np. gumce do ścierania, i wyciskamy dołek za pomocą zaostrego końca ołówka. Silnik ciepły montujemy w sposób pokazany na rysunku 6. Wirnik umieszczamy na górnym końcu drutu do robienia swetrów. Drut ten ustawiamy pionowo, umieszczając jego dolny koniec w podstawce z plasteliny przytwierdzonej do stołu. Na stole pod wirnikiem umieszczamy zapaloną świeczkę. W przypadku wykonania wirnika z kartonu należy zwrócić uwagę na zachowanie odpowiedniej odległości między płomieniem a wirnikiem, aby wirnik nie zapalił się. Jak zachowuje się wirnik? Okazuje się, że wykonuje on ruch obrotowy, jakby był napędzany „niewidzialną siłą”. W rzeczywistości siłę tę wywiera strumień ciepłego powietrza, ogrzewanego płomieniem świeczki i unoszącego się ku górze.

Inną odmianę silnika ciepłego, wykorzystującego ruch konwekcyjny, stanowi silnik z kwadratowym wirnikiem (fot. 2). Do jego wykonania będziemy potrzebowali kwadratowego kawałka kartki z cienkiego papieru o boku 8–10 cm. Na papierze rysujemy przekątne kwadratu i symetralne jego boków, jak na rysunku 7. Odcinamy kwadrat i zginamy go wzdłuż narysowanych linii. Następnie rozkładamy kwadrat i zginamy tak, żeby otrzymać coś w rodzaju choinki o czterech opadających gałązkach, utworzonych przez fragmenty papieru zgięte wzdłuż przekątnych (rys. 8). Podobnie jak poprzednio, otrzymany wirnik umieszczamy na górnym końcu drutu do robienia swetrów, utrzymywany pionowo w plastelinowej podstawce. Silnik uruchamiamy przez podstawienie zapalanej świeczki pod wirnik. Świeczka ogrzewa powietrze, które unosi się ku górze i działa na łopatki wirnika, nadając im ruch obrotowy. Kwadratowy wirnik wykonany z cienkiego papieru jest bardzo czuły na słabe ruchy konwekcyjne powietrza. W jednej z książek poświęconych zjawiskom paranormalnym nazywa się ten wirnik „kołem energetycznym” i twierdzi, że zbliżona dłoń wysyła specjalny rodzaj energii biopsychicznej. Nie dajmy się nabrać na tego rodzaju wywoły. Do wyjaśnienia ruchu wirnika w zupełności wystarczy ruch konwekcyjny powietrza ogrzanego ciepłem dłoni. W sklepach czasami kupić przedmiot przypominający świder, który po zawieszeniu na cienkiej żyłce wykonuje ruch obrotowy napędzany ruchami konwekcyjnymi unoszącego się ciepłego powietrza (fot. 3).

Jak wspomniano na wstępie, zjawisko konwekcji ma istotne znaczenie dla kształtowania się klimatu znacznych obszarów naszej planety. Dzieje się to za sprawą ciepłych lub zimnych prądów morskich płynących w morzach i oceanach. W pobliżu równika woda ogrzewa się bardziej niż w innych obszarach Ziemi. Ogrzana woda ma mniejszą gęstość i jest wypierana przez chłodniejszą wodę o większej gęstości, napływającą z okolic podbiegunowych. (Różnice gęstości powodujące ruchy masy wody mogą także być wynikiem różnic w zasoleniu.) Ciepłe prądy morskie, ogrzewając otaczające powietrze i lądy, powodują, że klimat terenów nadmorskich jest łagodniejszy niż terenów położonych w głębi kontynentu na tej samej szerokości geograficznej. Odwrotny wpływ wywierają prądy chłodne. W mniejszej skali zjawisko konwekcji powoduje powstawanie prądów wznoszących powietrza nad bardziej nagrzanymi fragmentami terenu oraz pod niektórymi rodzajami chmur. Te właśnie prądy konwekcyjne w atmosferze umożliwiają uprawianie pięknego sportu, jakim jest szybownictwo.



Fot. 3. Świdry napędzane ogrzany powietrzem.