

Obecny zeszyt „Neutrino” w znacznej mierze poświęcony jest sposobom przekazywania energii, głównie cieplnej. W życiu często mamy praktyczny problem, jak uchronić się przed niepożądaną ucieczką ciepła. W zeszycie tym będzie mowa o izolacji cieplnej, o materiałach źle przewodzących ciepło, takich jak gazy, styropian, a także o nowych substancjach – aerożelach.

Fizyka jest nauką ścisłą, więc jej moc bierze się z matematycznych modeli. Znajdziecie parę przykładów to ilustrujących. Kontynuowany jest wątek najwygodniejszego sposobu korzystania z energii, a mianowicie prądu elektrycznego. Tym razem omawiamy futurystyczną elektrownię solarną. Bardzo ciekawy, choć trochę trudniejszy, jest artykuł na temat naszego wielkiego źródła energii, czyli Słońca i jego wpływu na pogodę kosmiczną. A jeśli już o pogodzie mowa, to dowiecie się skąd pochodzą błyskawice. Wyjaśnimy też tajemnicę transportu wody w roślinach. Dajemy wam też szansę na wejście do historii fizyki przez rozwiązanie pewnego problemu związanego z otrzymywaniem lodów.

Spis treści

O przewodnictwie cieplnym, ocieplaniu domów i o aerożelu	1
Energia ze Słońca bez pośredników	5
Tańczące krople wody – efekt Leidenfrosta	7
Z Amatorskiego Portalu Naukowego Michała Obrzydziańskiego	10
Balonik w butelce	11
Efekt Mpemby	12
Transport wody w roślinach	13
Piorunujące wrażenie	15
Kosmiczna pogoda	17
Zadania na lato	21



FENIKS – długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomagania fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo-technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów.

Projekt współfinansowany jest ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



Człowiek – najlepsza inwestycja

Zeszyt częściowo sponsorowany przez Państwową Agencję Atomistyki.



O przewodnictwie cieplnym, ocieplaniu domów i o aerożelu

Przed nadchodzącym latem kempingowicze zaopatrują się w przenośne pojemniki, rodzaj lodówek, utrzymujące w swym wnętrzu niską temperaturę. Chodzi o utrzymanie różnicy temperatur pomiędzy wnętrzem pojemnika a otoczeniem. Podobną technikę stosuje się do ocieplania domów, okładając elewację styropianem, który źle przewodzi ciepło.

W przyrodzie naturalne procesy „same z siebie” zachodzą w taki sposób, że temperatura dąży do wyrównania, tzn. do tego, by była wszędzie taka sama. Mówiąc dokładniej, jeśli mamy dwa ciała (lub jakieś części ciał) o różnej temperaturze, to między tymi ciałami następuje przepływ ciepła, czyli energii, od ciała cieplejszego do chłodniejszego. Samorzutny proces trwa dopóty, dopóki temperatura się nie wyrówna.

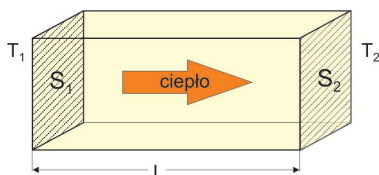
Ten przekaz ciepła może odbywać się na trzy sposoby, przez:

- przewodnictwo cieplne – i tym się bliżej zajmujemy,
- konwekcję, gdy mamy do czynienia z cieczami lub gazami i możliwe jest unoszenie masy nagrzanej cieczy lub gazu,
- promieniowanie elektromagnetyczne, zawsze obecne, ale grające największą rolę dopiero przy dużych różnicach temperatur (np. transport energii ze Słońca na Ziemię).

Proces przekazu ciepła przez przewodnictwo cieplne, możemy opisać prostym wzorem matematycznym, przyjmując pewne założenia. Dla skupienia uwagi możemy myśleć o przekazie ciepła przez ścianę o pewnej grubości L i powierzchni S .

Niech jedna powierzchnia ma temperaturę T_1 , a druga temperaturę T_2 i np. $T_1 > T_2$. Ilość ciepła ΔQ , przepływająca od S_1 do S_2 w jakimś czasie Δt , to:

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



Z powyższego wzoru wynika fakt, że ilość ciepła jest wprost proporcjonalna do różnicy temperatur ΔT , czyli im większa różnica temperatur, tym większy przekaz energii. Jest też proporcjonalność do wielkości powierzchni S , przez którą ciepło wypływa; im większa powierzchnia tym więcej ciepła „ma okazję” uciec. Ilość ciepła jest odwrotnie proporcjonalna do odległości L , jaką ciepło ma przebyć (im grubsza ściana, tym wolniej ucieka ciepło). Im dłużej trwa proces (Δt większe), tym więcej ciepła przepłynie.

W powyższym rozważaniu zasadniczym założeniem jest stałość współczynnika proporcjonalności k w danym materiale, co oznacza, że k nie zależy od temperatury (łatwo sprawdzić, że k ma wymiar $[W/(m \cdot K)]$, lub $[J/(s \cdot m \cdot K)]$).

W przypadkach, w których zależy nam na dobrej izolacji, czyli jak najwolniejszej ucieczce energii, szukamy materiałów o małym współczynniku k .

Możemy mieć na myśli dom. W naszym klimacie chodzi nam o utrzymanie w nim zimą stałej temperatury. Dom musi być dogrzewany dokładnie z taką mocą, z jaką następuje ucieczka ciepła (patrz *Foton* 104, artykuł P. Białasa).

Materiały o dobrych izolacyjnych właściwościach (gazy) mają małe k , a dobre przewodniki ciepła (np. metale) mają duże k .

Oto przykładowe wartości współczynnika k popularnych materiałów budowlanych:

Materiał	k [W/(m·K)]	Materiał	k [W/(m·K)]
Żelbet	1,70	Styropian	0,040–0,045
Mur z cegły ceramicznej pełnej	0,77	Wełna mineralna granulowana	0,050
Płyty i bloki z gipsu	0,35	Tynk lub gładź cementowa	1,00
Drewno sosnowe lub świerkowe wzdłuż włókien w poprzek włókien	0,30 0,16	Płyty gipsowo-kartonowe	0,23
Papa asfaltowa	0,18	Stal budowlana	58,00
Szkoło okienne	0,80	Żeliwo	50,00
Pleksiglas	0,19	Miedź	370,00

Budowniczowie posługują się także współczynnikiem oporu cieplnego R . Dla każdej warstwy materiału można wyznaczyć ten współczynnik, korzystając ze wzoru: $R = L/k$ (L – grubość warstwy).

Zauważmy, że substancje o mniejszej gęstości są gorszymi przewodnikami ciepła. Złe przewodnictwo gazów wykorzystuje się np. do konstrukcji podwójnych szyb w oknach. Przestrzeń pomiędzy szybami wypełniana jest gazem. Często zamiast cegieł używa się pustaków, a jako materiału izolacyjnego ścian – styropianu, który zawiera dużo powietrza.

W chwili obecnej ocieplam mój dom. Na paczkach zakupionego styropianu znalazłam tabele zawierające informację o oporze cieplnym płyt styropianowych różnej grubości (to dla wygody użytkowników, ponieważ wystarczyłoby podać k). Na przykład:

Grubość płyty L [mm]	Opór cieplny R [m ² K/W]
20	0,50
50	1,25
100	2,50
120	3,0

Dla wszystkich tych płyt $k = 0,04$, czyli bardzo mało!

W przypadku, gdy ścianę izolującą pogrubimy dwukrotnie, opór cieplny wzrośnie także dwukrotnie. Gdy ściana składa się z wielu warstw, opór cieplny jest sumą oporów cieplnych kolejnych warstw. Łatwo go więc obliczyć.

Dla przykładu rozważmy szybkość ucieczki ciepła $\Delta Q/\Delta t$ przez ścianę o powierzchni $3 \times 5 \text{ m}^2$ wykonaną z cegły ceramicznej o grubości 0,3 m. Dla tego materiału $R = 0,4 \text{ m}^2\text{K/W}$

$$\Delta Q/\Delta t = 1/R \times \Delta T \times S.$$

Przyjmijmy $\Delta T = 30 \text{ K}$ (np. we wnętrzu $T = 20^\circ\text{C}$, na zewnątrz $T = -10^\circ\text{C}$). Przy tych założeniach $\Delta Q/\Delta t = 1125 \text{ W}$.

Porównajmy tę wartość z obliczoną ucieczką ciepła przez ścianę ocieploną styropianem o grubości zaledwie 2 cm. Dla tej warstwy styropianu $R = 0,5 \text{ m}^2\text{K/W}$, czyli więcej niż dla grubej ceglanej ściany. Opór termiczny ocieplonej ściany jest sumą oporów warstwy cegły i warstwy styropianu i wynosi

$$0,4 + 0,5 = 0,9 \text{ m}^2\text{K/W}.$$

Widzimy analogię do oporu elektrycznego przy połączeniu szeregowym.

Im większy opór termiczny R , tym mniejsza strata ciepła i dla ocieplonej ściany wynosi tylko 500 W.

Podany wzór oraz zebrane dane dotyczące oporów cieplnych materiałów budowlanych (w tym okien), z których dom jest zbudowany, a także pomiary powierzchni domu i grubości ścian, pozwalają na obliczanie traconej w zimie energii cieplnej. Można wtedy zaplanować moc pieca CO ogrzewającego dom oraz oszacować ekonomiczność ocieplenia domu. Oczywiście, musimy przyjąć rozsądne założenia dotyczące temperatury panującej w zimie.

Jeśli materiały budowlane nie mają małego współczynnika k , efekt dobrej izolacji trzeba kompensować grubymi murami. Dawniej tak budowano. Stare domy, jak to mówimy, dobrze „trzymały” ciepło, a w lecie chroniły przed upałem. Przy dzisiejszych technologiach znacznie lepsze własności można osiągnąć stosując inne materiały izolacyjne. Stale trwają poszukiwania coraz to lepszych.

Nie możemy zapominać, że wzór, z którego skorzystaliśmy, opisuje straty ciepłe tylko wówczas, gdy zaniedbamy konwekcję i promieniowanie ciepłe.

Każdy wie, iż gdy wieje, dom chłodzi się szybciej. Energia jest unoszona z powietrzem. Wiedzą o tym meteorolodzy i oprócz temperatury rzeczywistej podają tzw. temperaturę odczuwalną. Ucieczka ciepła z naszego ciała jest taka, jak gdyby podczas silnego wiatru występowała większa różnica temperatur (otoczenie wydaje się mieć niższą temperaturę niż ta wskazywana przez termometr).

Bilans cieplny w domu możemy poprawić instalując na nasłonecznionych powierzchniach (np. na dachu) tak zwane kolektory ciepłe; zużywamy wówczas mniej energii gazowej lub elektrycznej.

Wspomniany już styropian nie jest idealny, ma wprawdzie małą gęstość, ale jest bardzo kruchy i niszczy się przy ściskaniu. Przede wszystkim jest łatwopalny.

Poszukiwanie coraz to lepszych materiałów izolacyjnych doprowadziło do wynalezienia tzw. aerożeli. Odkryto je dość dawno (zabawnie – jako rodzaj zakrzepniętego, nadmuchiwanego dżemu), lecz powrócono do pomysłu ich wykorzystania stosunkowo niedawno.

Aerożele

Jak podaje Wikipedia, **aerożel** to materiał będący rodzajem sztywnej piany o wyjątkowo małej gęstości. Na jego masę składa się w 90–99,8% powietrze, resztę stanowi porowaty materiał tworzący sztywną strukturę. Większość aerożeli jest zbudowana z krzemionki.

Aerożele są obecnie „najlżejszymi” stałymi substancjami, mają niewiarygodnie małą gęstość, rzędu $1,9\text{--}150\text{ mg/cm}^3$, a zatem niewiele większą od gęstości powietrza, która wynosi $1,2\text{ mg/cm}^3$. Aerożele są też obecnie materiałami o najmniejszym dla ciał stałych współczynniku przewodnictwa ciepła k . Mogą znaleźć w przyszłości zastosowanie w budownictwie, ponieważ mimo pozornie delikatnej budowy, wiele aerożeli ma wyjątkowo dobre własności mechaniczne. Są odporne na ściskanie i rozciąganie (w przeciwieństwie do styropianu). Wytrzymują nacisk pochodzący od ciężaru rzędu 2000 razy ich własnego ciężaru na gładką powierzchnię. Są jednak bardzo kruche, nieodporne na uderzenia i nieodporne na skreślanie i ścinanie. W chwili obecnej są także bardzo drogie.

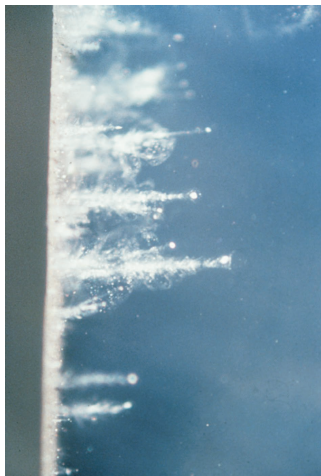


Aerożel z wyglądu jak nierzeczywisty obraz holograficzny, w dotyku przypomina styropian

Aerożele krzemionkowe są stabilne do temperatury topnienia krzemionki, czyli do ok. 1200°C. To może stanowić ich zaletę w budownictwie ze względu na przeciwpożarowe właściwości.

Wymienione cechy powodują, że aerożele stają się odpowiednim materiałem przy budowie statków kosmicznych. Stosuje się je także jako warstwę izolacyjną w skafandrach kosmonautów. Zaczynają być wykorzystywane w lotnictwie jako wypełnienia termoizolacyjne w samolotach. Świat mody podejmuje próby stosowania aerożeli do produkcji odzieży codziennego użytku. Podobno jednak taka odzież jest za ciepła no i na razie zbyt droga.

Ponieważ aerożele z otwartymi porami posiadają zdolność kumulowania drobnych pyłów poruszających się nawet z prędkością kilkanaście razy większą od pocisku wystrzelonego z pistoletu, zainteresowali się nimi także badacze warkoczy komet. Ta zdolność została wykorzystania przez NASA w projekcie o nazwie *Stardust*, w którym specjalny kolektor z aerożelu wyłapywał drobinki ziarenek pyłu kosmicznego, aby zbadać skład warkocza komety *Wild 2*.



Drobne cząstki wstrzelone z dużą prędkością w aerożel zostawiają w nim widoczne ślady



2,5 kg cegła bez trudu spoczywa na aerożelowej kostce o masie 2 g



Świeży kwiat na kawałku aerożelu podgrzewanym palnikiem Bunsena nie doznaje uszczerbku – tak fantastyczne właściwości izolacyjne ma aerożel

Czytelników chcących się dowiedzieć jak wygląda produkcja aerożeli, odsyłamy do Wikipedii.

Obrazki aerożeli użytych w projekcie *Stardust* NASA: <http://stardust.jpl.nasa.gov/photo/aerogel.html>

Energia ze Słońca bez pośredników

Od lat ludzkość, naukowców i wynalazców zajmuje problem, jak uzyskiwać energię od Słońca wprost, bez łańcuszka pośredników. Oczywiście, chodzi o energię w takiej formie, by nadawała się do użytku, była wygodna i tania.

Energia dociera do nas ze Słońca wraz ze światłem, czyli promieniowaniem elektromagnetycznym. Energię słoneczną pobieramy wprost, wystawiając nasze ciała na działanie promieni słonecznych, a na skalę techniczną – np. instalując na dachu domu kolektor, dzięki któremu możemy ogrzać wodę na użytek domowy. Nauczyliśmy się też przetwarzać energię promieniowania słonecznego wprost na energię elektryczną. Niektórzy ustawiają na dachach baterie ogniwo fotowoltaicznych, z których czerpią energię (np. w Niemczech odprowadzają ją do ogólnej sieci energetycznej). Taka produkcja energii elektrycznej musi być na razie dotowana przez państwo, ponieważ koszt 1 kWh (kilowatogodziny) wytworzonego tym sposobem prądu jest droższy niż z tradycyjnej elektrowni. Powszechnie używa się małych baterii solarnych np. w kalkulatorach i zabawkach. Na razie są to jednak drogie technologie.



Kolektor słoneczny na dachu

Promieniowanie słoneczne odpowiedzialne jest za powstawanie wiatrów. Ludzkość od dawna wykorzystywała wiatraki, które kiedyś wykonywały tylko pracę mechaniczną, a obecnie używa się ich do napędu generatorów prądu.

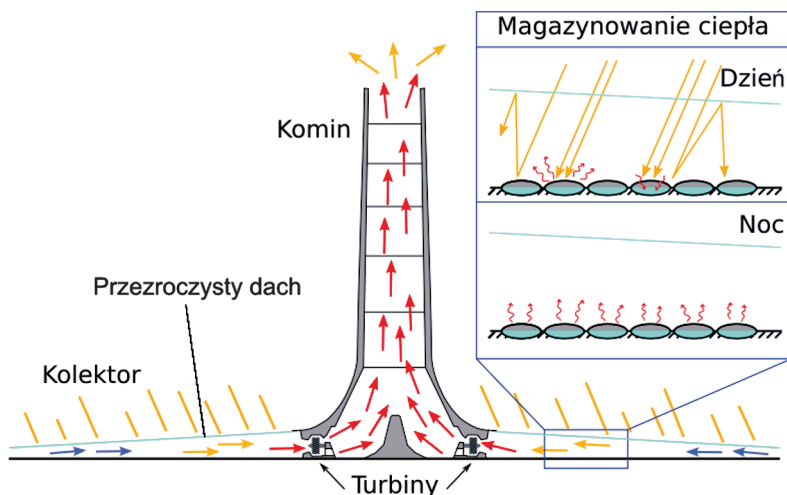
Wiatry wieją, gdy pomiędzy różnymi obszarami na Ziemi występuje różnica temperatur (jedne obszary nagrzewają się bardziej, inne, np. z powodu zachmurzenia, mniej). To powoduje różnicę ciśnień – i wiatr gotowy.

Wszyscy wiemy, że w kominie powstaje tzw. ciąg powietrza, który zasysa powietrze z dołu i wyrzuca do góry. Różnica ciśnień powodująca ciąg jest powodowana różnicą temperatur oraz różnicą wysokości pomiędzy wlotem i wylotem komina.

Gdyby tak udało się utworzyć stabilny ciąg powietrza w kominie, to we wlocie komina można by ustawić turbinę, a ta już napędzałaby generator prądu.

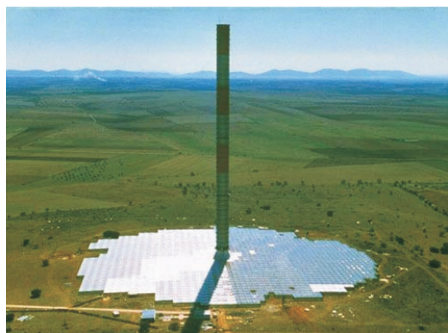
Dzięki tzw. efektowi szklarniowemu można znacznie nagrzać pomieszczenia o przezroczystych dachach otrzymując w nich temperaturę znacznie wyższą niż otoczenia. Ciepłe powietrze z ciepłarni mogłoby uchodzić kominem ku górze, po drodze obracając turbinę. Idea prosta, należy ją tylko zrealizować i wykonać bardzo staranną analizę kosztów. Mrzonka *science fiction* domorosłego wynalazcy i konstruktora wiatraczków? Nic podobnego! Eksperymentalna elektrownia funkcjonowała parę lat w Hiszpanii, a poważne konsorcja myślą o budowie takich w Australii i w Afryce na Saharze.

Schemat takiej solarnej wieży przedstawiony został na poniższej ilustracji. Obszar przykryty przezroczystym dachem (jak szklarnia), dzięki promieniowaniu słonecznemu (patrz *Neutrino 3*) ulega nagrzaniu do wysokiej temperatury. Ogrzewanie powietrza w szklarni następuje w wyniku ograniczenia ucieczki ciepłego powietrza, czyli ograniczenia konwekcji i turbulentnej wymiany ciepła. Promienie słoneczne nagrzewają grunty w szklarni, co z kolei ociepla powietrze w środku pomieszczenia. Temperatura powietrza wzrasta, ponieważ jest ono „uwięzione” w szklarni, w przeciwieństwie do warunków zewnętrznych, gdzie ciepłe powietrze swobodnie miesza się z zimnym.



Zasada działania elektrowni solarnej

W eksperymentalnej wieży solarnej w Hiszpanii (patrz zdjęcia) produkowano prąd elektryczny o mocy 50 MW przez mniej więcej 10 h dziennie.



Prototypowa elektrownia solarna w Manzanares w Hiszpanii

Planuje się podobne, przypominające *science fiction*, przedsięwzięcie w Australii. Wieża o wysokości 1 km!!! ma być otoczona obszarem nakrytym przezroczystym dachem o promieniu 5,6 km. Byłaby to najwyższa wieża na świecie.



Porównanie najwyższych budowli na świecie z planowaną wieżą elektrowni solarnej

Oczywiście, jak każdy projekt, to rozwiązanie ma też rozmaite wady (pomijając trudności techniczne związane z budową takiej wysokiej wieży). Wieża zasysająca od dołu masy ciepłego powietrza mogłaby nawet lokalnie zmienić klimat. Masy ciepłego powietrza wdmuchiwane w zimny obszar mogłyby powodować powstawanie mgieł, co nie byłoby korzystne.

Zachęcamy Czytelników do zajrzenia do Internetu (np. Wikipedii), gdzie można nawet znaleźć filmik na ten temat. Bogatym źródłem informacji są również linki znajdujące się pod hasłem: Solar updraft tower plant, renewable energy.

Z.G-M

Tańczące krople wody – efekt Leidenfrosta

Taniec kropeł na rozgrzanej patelni to bardzo widowiskowe zjawisko, chętnie prezentowane na rozmaitych pokazach fizyki i na festiwalach nauki. Związane jest z tzw. efektem Leidenfrosta. Johann Gottlob Leidenfrost, osiemnastowieczny uczony niemiecki, opisał to zjawisko. Niestety zrobił to, jak to jeszcze czyniono w tamtych czasach, po łacinie i dlatego jego opis popadł na dłuższy czas w zapomnienie. Zjawisko dotyczy zachowania kropli wody upuszczonych na gładką, bardzo rozgrzaną powierzchnię. Otóż wbrew oczekiwaniom, im powierzchnia bardziej gorąca, tym kropelka dłużej żyje. Leidenfrost dokonał odpowiednich pomiarów, mimo iż w XVIII wieku miał do dyspozycji jedynie termometry rtęciowe¹, które nie nadawały się do pomiaru wysokich temperatur. Aby uświadomić sobie trudności, z jakimi musiał się zmagać Leidenfrost, trzeba przypomnieć, iż nawet nie posiadał on „porządnego zegarka”, nie mówiąc już o stoperze. Przy pomiarze czasu życia kropli posługiwał się wahadłem.



Johann Gottlob
Leidenfrost
(Wikipedia)

Na zakończenie roku szkolnego z FENIKSem uczennica gimnazjum w Wolbromiu, Kasia Szczepara, powtórzyła doświadczenie Leidenfrosta, będąc o wiele lepiej wyposażoną w przyrządy pomiarowe niż uczony sprzed lat. Kasia za prezentację efektu Leidenfrosta została wyróżniona nagrodą.

¹ Termometry rtęciowe produkował m.in. mistrz z Gdańska – Fahrenheit; zmarł on stosunkowo młodo – podejrzewa się, że zatruł się oparami rtęci.



Kasia Szczepara wykonuje eksperyment

Doceniono nie tyle sam pokaz zjawiska tańczących kropeł, ile wykonanie pomiarów czasu życia kropli w zależności od temperatury powierzchni. Kasia bardzo sprytnie jako gładką powierzchnię wykorzystwała spód żelazka z termostatem. Żelazko dokładnie wypoziomowała i delikatnie opuszczała zakraplaczem na powierzchnię krople wody. Mierzyła czas życia tych kropli dla trzech temperatur. Otrzymała następujące wyniki:

Temperatura żelazka	średni czas życia kropli (5 pomiarów)
100°C	5 s
200°C	90 s
300°C	101 s



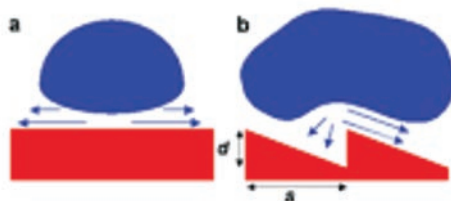
Gorące żelazko i krople wody

Dlaczego tak się dzieje? Dlaczego kropelki wody nie parują szybciej na bardziej gorącej powierzchni? Oczekiwalibyśmy większej dostawy ciepła z bardziej rozgrzanego żelazka i szybszego parowania kropli. Czy dalsze zwiększanie temperatury powierzchni wydłużyłoby czas harców kropli?

Krople wody, gdy zetkną się z powierzchnią o odpowiednio wysokiej temperaturze, powyżej pewnej wartości zwanej punktem Leidenfrosta, odparowują z dolnej powierzchni na tyle, by wytworzyć poduszczkę pary wodnej nasyconej o ciśnieniu wyższym od ciśnienia powietrza otaczającego kroplę. Ta para może podtrzymywać lewitującą kropelkę. Kropelka staje się poduszkowcem i może się poruszać praktycznie bez tarcia. Para wodna, tak

jak i powietrze, jest złym przewodnikiem ciepła, i utrudnia dopływ ciepła do kropli, przez co znacznie wydłuża jej czas życia. Początkowo (przy temperaturze ok. 200°C) zwiększa się grubość poduszki, przez co rośnie czas życia kropelki. Przy jeszcze wyższych temperaturach szybkość przepływu ciepła od gorącej płyty do kropli rośnie, przez co kropla szybciej paruje, wtedy maleje czas jej życia.

A czemu kropelka tańczy? Ciągłe tworząca się para, uciekając spod kropli, nadaje jej przyspieszenie. Różne, najdrobniejsze zaburzenia powodują jej ruch w rozmaite strony. Ponieważ to ruch praktycznie bez tarcia, krople mogą osiągać spore szybkości i pokonywać odległości nawet do 1 m! Mogą też przy odpowiednim podłożu (piłowane ząbki) wspinać się pod górkę. Pokazuje to poniższy rysunek.

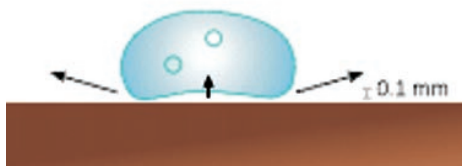


a/ Kropelka na rozgrzanej powyżej punktu Leidenfrosta płaskiej powierzchni. Poduszczonek pary jest symetryczny ma grubość od 10 do 100 μm , b/ kropla na zębatej powierzchni, przyspiesza w prawo, strzałki pokazują strumień pary (z artykułu Heinera Linke'go, www.uoregon.edu/~linke/droplet – Wikipedia)

Czyni się starania, by opanować sztukę kierowania ruchem kropelek. Dzięki nierównościom odpowiednio wytrawionej płytki można spowodować, by para uciekała w przewidzianym kierunku. Wówczas, *jak łódź na rzece, kropla jest napędzana przez parę* (patrz więcej w Internecie, hasło: Heiner Linke).

Zjawisko to obserwowano dla rozmaitych cieczy, wśród których znalazły się: płynny azot, metanol, etanol i woda, z temperaturami wrzenia od -196 do $+151^\circ\text{C}$. Dokładnie tak, jak woda na gorącej patelni, zachowuje się ciekły azot wylany na blat stołu lub wlany na powierzchnię wody.

Uczeni mają nadzieję, że ten mechanizm zostanie w przyszłości wykorzystany do chłodzenia układów scalonych (mikroprocesorów). Taki system chłodzenia nie wymagałby stosowania żadnych ruchomych części ani specjalnego zasilania. Napędzany byłby emitowanym przez układ scalony ciepłem. Mrzonki? Może nie. Naukowcy złożyli już wstępny wniosek o opatentowanie takiego systemu chłodzenia, pomimo, że nie zbadali jeszcze, czy będzie on działał w mniejszej skali niż ta, której użyli do swoich eksperymentów.



Poduszczonek pary pod kroplą (Wikipedia)

Polecamy też artykuł Jearla Walkera z Cleveland State University. Pod kierownictwem Heinera Linke'go nad projektem pracowały zespoły z University of Oregon w USA oraz University of New South Wales w Australii.

Z Amatorskiego Portalu Naukowego Michała Obrzydzińskiego

http://www.portalnaukowy.edu.pl/piekno_In2.htm

Doświadczenie pokazujące wrzenie ciekłego azotu, efekt Leidenfrosta występujący przy zetknięciu ciekłego azotu z powierzchnią wody

W kolbie znajduje się ciepła woda, w kubeczku – ciekły azot. Obserwujemy co się dzieje po wlewaniu ciekłego azotu do kolby z ciepłą wodą



Gdy ciekły azot zetknie się z powierzchnią ciepłej wody rozpoczyna się jego bardzo gwałtowne wrzenie i odparowanie. Woda miała temperaturę $+70^{\circ}\text{C}$, a ciekły azot -196°C . Różnica temperatur wynosi 266°C

Kropelki zimnej cieczy rozbijają się na mniejsze i chaotycznie poruszają się po powierzchni ciepłej substancji, a w wyniku parowania wydziela się dużo zimnego gazu.

Ale skąd te kłęby białego dymu?



Wszyscy wiemy, że powietrze w naszym otoczeniu zawiera sporo rozpuszczonej pary wodnej. Im cieplejsze jest powietrze, tym może zawierać więcej cząsteczek H_2O . W momencie, gdy takie powietrze styka się z odparowanym, zimnym azotem, para wodna gwałtownie kondensuje i wydziela się w postaci białej chmurki. Jest to cecha charakterystyczna wszystkich eksperymentów kriogenicznych. Ciepła woda jest dodatkowym źródłem pary, dlatego w tym eksperymencie tworzą się gęstsze obłoki.

Efekt Leidenfrosta zachodzi przy wylewaniu cieczy na powierzchnię ciała stałego (lub innej cieczy) o temperaturze wyższej od temperatury wrzenia wylewanej cieczy. W trakcie kontaktu wrząca ciecz gwałtownie paruje i oddziela się od ciepłej powierzchni poduszką gazową, powstałą z odparowującego gazu.

Balonik w butelce

Proponujemy proste doświadczenie z ciśnieniem powietrza (więcej na ten temat w *Fotonie* 95, Zima 2006), które nadaje się zarówno dla przedszkolaków, jak i dla licealistów.

Należy zaopatrzyć się w: plastikową butelkę po wodzie mineralnej, taśmę klejącą (ostatecznie do zamykania dziurki można użyć palca), gwóźdź lub inny szpikulec do zrobienia dziurki w dnie butelki, balonik lub cienką rękawiczkę gumową, miskę z wodą z kranu (głębokość wody – około 10–15 cm).

Z małymi dziećmi doświadczenia proponujemy zacząć od zwykłego nadmuchiwanie balonika i pytania, co zrobić, by został on w formie nadmuchianej. Każdy wie, że trzeba związać wlot balonika. Dzieci podają tłumaczenie stosowne do wieku, często się dziwią pytaniu, bo dla nich odpowiedź jest oczywista – to konieczne, bo inaczej nadmuchiwanie powietrze ucieknie z wnętrza balonika.

Generalnie odpowiedź sprowadza się do stwierdzenia: balonik pozostaje w niezmienionym kształcie, jeśli ciśnienie powietrza wewnątrz balonika jest równe **sumie** dwóch ciśnień – ciśnienia powietrza na zewnątrz balonika oraz ciśnienia pochodzącego od elastycznego materiału, z którego zrobiono balonik.

Prawdopodobnie dzieci wykażą inicjatywę i zaproponują inne doświadczenia. Niektóre dzieci zauważają na przykład, że balonik można „nadmuchać” do butelki nie przez dmuchanie, ale wysysanie powietrza przez dziurkę.

Starsi – mogą od razu zacząć od balonika w butelce. W dnie butelki robimy dziurkę o średnicy 2–3 mm. Przez szyjkę wsuwamy balonik i naciągamy gumę przy wylocie balonika na szyjkę butelki (szczelnie ją tym samym zamykając). Następnie nadmuchujemy balonik i tuż przed cofnięciem ust – zamykamy otwór u dołu butelki taśmą klejącą (lub zatykamy palcem). Powoli usuwamy usta z wlotu balonika. I tu dla wielu niespodzianka.

Jeśli wzięliśmy do eksperymentu twardą butelkę – balonik nieco „wiednie”, ale pozostaje nadmuchiany, pomimo iż jest od góry otwarty. Jeśli wykorzystaliśmy miękką butelkę, z balonika powietrze uchodzi niemal całkowicie, ale butelka zostaje ściśnięta do środka. Dlaczego tak się dzieje?

W obu tych przypadkach znowu chodzi o wyrównanie ciśnień. Podczas wdmuchiwanie balonika do butelki otwartej dzięki dziurce w jej dnie, ciśnienie wewnątrz butelki cały czas jest równe ciśnieniu atmosferycznemu, natomiast ciśnienie w baloniku jest nieco wyższe od atmosferycznego (pamiętajmy, że musi ono zrównoważyć ciśnienie powietrza w butelce i ciśnienie gumy balonika). Po zamknięciu dziurki w dnie butelki i otwarciu wlotu balonika następuje istotna zmiana wartości ciśnień. Tym razem ciśnienie powietrza w samym baloniku szybko wyrównuje się z ciśnieniem powietrza atmosferycznego (z balonika uchodzi nieco powietrza). W tym czasie balonik „wiednie”, robiąc wewnątrz butelki więcej miejsca dla zamkniętego tam powietrza – zatem powietrze to rozpręża się, co prowadzi do zmniejszenia jego ciśnienia (butelka jest szczelnie zamknięta, więc z zewnątrz nie dopływa do niej dodatkowe powietrze). Balonik przyjmuje taką objętość, przy której suma ciśnień powietrza wewnątrz butelki i ciśnienia rozciągniętego gumowego materiału balonika była równa ciśnieniu atmosferycznemu.

Proponujemy także dość spektakularną ostatnią część tego ćwiczenia. Przy otwartej dziurce w dnie butelki, ponownie nadmuchujemy balonik do jej wnętrza i zamykamy jego wylot. Następnie zatykamy palcem dziurkę w dnie butelki, zanurzamy dolną część butelki



z nadmuchiwanym balonikiem w misce z wodą i odtykamy wylot balonika. Po wykonaniu wszystkich tych czynności odtykamy dziurkę w dnie butelki (po otwarciu dziurka musi cały czas znajdować się pod wodą). Rezultat jest zaskakujący – w butelce tryska fontanna, a jeśli poczekamy odpowiednio długo, butelka napełni się wodą do poziomu przekraczającego poziom wody w misce. Można wtedy wyciągnąć butelkę z wody i mimo otwartej dziurki – woda się z niej nie wyleje. Dlaczego?

Ponownie ustalamy warunek równowagi ciśnień: przed otwarciem dziurki w dnie, wewnątrz butelki panuje ciśnienie atmosferyczne. Natomiast po zanurzeniu butelki w wodzie, jej dno znajdzie się na poziomie, na którym na zewnątrz butelki panuje podwyższone ciśnienie: w wodzie na dowolnej głębokości ciśnienie jest równe sumie ciśnienia atmosferycznego oraz ciśnienia hydrostatycznego (to drugie jest proporcjonalne do głębokości zanurzenia). Podobnie jak w poprzedniej części doświadczenia, po otwarciu wylotu balonika, ciśnienie w baloniku wyrównuje się z ciśnieniem atmosferycznym, to z kolei prowadzi do zmniejszenia ciśnienia wewnątrz butelki (balonik zmniejsza swoją objętość, powietrze w butelce się rozpręża, więc jego ciśnienie maleje poniżej ciśnienia atmosferycznego). Gdy teraz otworzymy pod wodą dziurkę w dnie naczynia – ciśnienie na zewnątrz tej dziurki jest znacznie większe od atmosferycznego, a wewnątrz butelki – od niego mniejsze, dlatego woda wpływa strumieniem do butelki tak długo, aż na poziomie dna butelki ustali się równowaga ciśnień w jej wnętrzu i na zewnątrz. Poziom wody w butelce podniesie się powyżej poziomu wody w misce, ponieważ początkowo ciśnienie w butelce było niższe od ciśnienia atmosferycznego.

DS

Efekt Mpemby



Uczeń Erasto Mpemba z Tanzanii zaobserwował, że gdy wstawił do zamrażarki pojemniczki z gorącym mlekiem z cukrem oraz taki sam – zimny, to ten gorący zamarzał szybciej. Zjawisko zostało nazwane efektem Mpemby (patrz *Foton* 105, s. 43). Zbadaj ten efekt samodzielnie, czyli wykonaj następujący eksperyment:

Weź dwa jednakowe pojemniki; do jednego wlej zimną wodę z kranu, do drugiego – tyle samo gorącej wody z czajnika. Zbadaj, dla której wody ten proces zajdzie szybciej i odkryj, jakie będą tego powody. Aby to zrobić, trzeba dla obu pojemników z wodą zapewnić te same warunki stygnięcia, czyli

- temperaturę w zamrażalniku,
- ilość wody w pojemnikach,
- rozmiar, kształt i materiał pojemników,
- otoczenie gazowe wewnątrz komory zamrażalnika, czyli najlepiej ten sam zamrażalnik.

Redakcja zachęca do przysyłania wyników doświadczeń. Opublikujemy najlepsze prace.

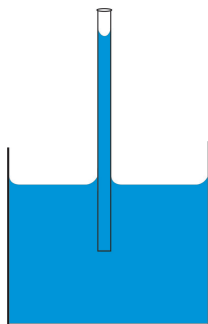


Z-G-M

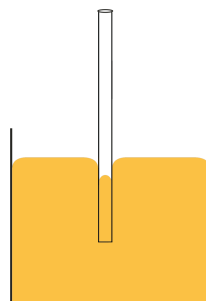
Transport wody w roślinach

Atomy i cząsteczki oddziałują ze sobą siłami międzycząsteczkowymi o naturze elektromagnetycznej. W stanie gazowym oddziaływania te są stosunkowo słabe, gdyż gazy mają małą gęstość, co oznacza, że cząsteczki przeważnie znajdują się daleko od siebie. Spójność substancji w stanie ciekłym lub stałym zapewniona jest dzięki znacznie silniejszym oddziaływaniom, zwanym **siłami spójności**. Podobnie mogą ze sobą oddziaływać cząsteczki różnych substancji. Szczególnie silnie oddziaływanie tego typu występuje na granicy dwóch substancji i zwane jest **siłami przylegania**.

Jeśli siły spójności cieczy są mniejsze niż siły przylegania, to mówimy, że **ciecz zwilża** ścianki naczynia; wówczas ciecz tworzy w naczyniu menisk wklęsły, a jeśli naczynie jest kapilarą (bardzo wąską rurką) – poziom cieczy w kapilarze podnosi się powyżej poziomu cieczy w naczyniu, z którego czerpana jest ciecz (rysunek po lewej stronie).



Jeśli siły spójności cieczy są większe niż siły przylegania, to mówimy, że **ciecz nie zwilża** ścianek naczynia; wówczas ciecz tworzy w naczyniu menisk wypukły, a jeśli naczynie jest kapilarą – poziom cieczy w kapilarze spada poniżej poziomu cieczy w naczyniu, z którego jest ona czerpana (rysunek po prawej stronie).



W wąskich rurkach o średnicy mniejszej niż 1 mm, zwanych **naczyniami włoskowatymi** lub kapilarami występuje opisane powyżej zjawisko **włoskowatości** (inaczej mówiąc: **efekt kapilarny**), polegające na pełnieniu cieczy po ściankach tych naczyń. Im cieńszy kanał, tym silniejsza tendencja cieczy do pełnienia. Między innymi dzięki temu efektowi rośliny transportują wodę z korzeni, poprzez łodygę, do wszystkich swoich części. Rośliny składają się z wielu długich i bardzo cienkich cząsteczek celulozowych. Woda zwilża ścianki cząsteczek celulozowych. Są to więc naczynia kapilarne (włoskowate), a woda podnosi się w nich do góry na znaczną wysokość (nawet kilkudziesięciu metrów, jak w przypadku drzew).

Doświadczenie 1: Wędrówka wody w roślinie

Przyrządy i materiały

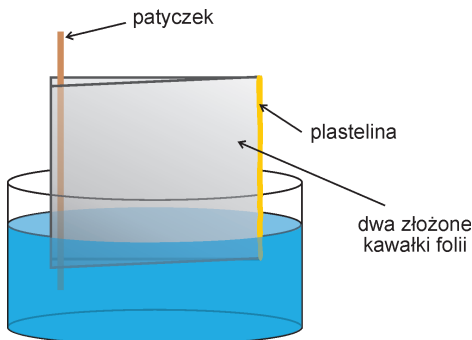
dwa jednakowej wielkości kawałki sztywnej, bezbarwnej, przezroczystej folii (np. do transparentacji) o wymiarach ok. 10 cm x 10 cm, przezroczysty pojemnik o szerokości nieco większej od szerokości jednego kawałka folii, woda z kranu, kilka kropli oleju spożywczego, wykałaczka lub patyczek do szaszłyków, plastelina, nożyczki, jeden atramentowy nabój lub kilkanaście kropli atramentu (niekonieczne).

Przygotowanie

Złóż kawałki folii ze sobą. Włóż wykałaczkę lub patyczek do szaszłyków pomiędzy kawałki folii (wzdłuż jednego z brzegów). Przeciwnieległe brzegi obu kawałków folii sklej od **zewnątrz** strony plasteliną.

Eksperyment

- Nalej wodę do pojemnika. Włóż konstrukcję z folii pionowo do wody, jak pokazano na rysunku. Odczekaj około 30 s. Zaobserwuj, w jaki sposób woda została wciągnięta pomiędzy kawałki folii.
- Rozłącz kawałki folii. Wytrzyj do sucha. Posmaruj każdy kawałek folii z jednej strony olejem. Złóż kawałki folii natłuszczonymi powierzchniami do siebie. Posmaruj wykałaczkę olejem i włóż ją pomiędzy kawałki folii (wzdłuż jednego z brzegów). Całość ponownie sklej z jednej strony plasteliną i włóż folie pionowo do wody. Odczekaj około 30 s. Zaobserwuj, w jaki sposób woda została wciągnięta pomiędzy kawałki folii.



Uwaga! Podczas wkładania konstrukcji z folii do wody, przyciskaj palcami oba pionowe brzegi folii.

Komentarz

Konstrukcja z folii i patyczka jest w istocie wąskim korytarzem, którego szerokość maleje wraz z oddaleniem od miejsca umocowania patyczka. Woda wciągana jest do konstrukcji i wznosi się w korytarzu dzięki zjawisku włoskowatości. Nasz korytarz można potraktować jako zbiór bardzo wielu równoległych do siebie, pionowych naczyń włoskowatych.

Gdyby korytarz był szeroki, woda wzniosłaby się w nim na wysokość równą wysokości położenia tafli wody w całym naczyniu. Ponieważ korytarz jest bardzo wąski, istotne stają się nie tylko siły występujące pomiędzy cząsteczkami wewnątrz cieczy (**siły spójności** cieczy), ale także siły oddziaływania pomiędzy cząsteczkami cieczy a cząsteczkami naczynia (folii), czyli **siły przylegania** cieczy do naczynia.

W pierwszej części naszego doświadczenia woda wspięła się do wnętrza korytarza i to tym wyżej, im węższy był korytarz; najwyżej woda wspięła się w części najbardziej oddalonej od patyczka (bo siły przylegania wody do folii są większe niż siły spójności samej wody).

W drugiej części naszego doświadczenia woda wspięła się do wnętrza korytarza właściwie tylko w pobliżu patyczka. Wiąże się to z faktem, iż siły przylegania wody do oleju są znacznie słabsze niż siły spójności wody.

Doświadczenie 2: Ciśnienie turgorowe

Przyrządy i materiały

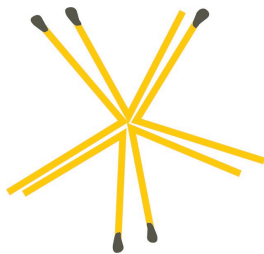
5 drewnianych zapalek, czysty kroplomierz (zakraplacz do oczu lub pipeta), woda z kranu, płaski talerzyk.

Przygotowanie

Zegnij każdą zapalstkę dokładnie w połowie, ale tak, aby jej nie złamać!

Eksperyment

Ułóż wszystkie zapalstki na talerzyku tak, aby się stykały punktami zgieć. Zapalstki powinny utworzyć pięcioramienną figurę, jak na obrazku.



Użyj kroplomierza i umieść 4 krople wody w samym środku, pomiędzy punktami zgięć zapalek. Obserwuj zapalki przez minutę.

Komentarz

Zapalki są zrobione z drewna. Drewno jest zbudowane z komórek roślinnych. Podczas suszenia drewna, większość wody obecna pomiędzy komórkami wydostaje się na zewnątrz, pozostawiając puste przestrzenie (kanały) pomiędzy komórkami. Gdy wkrapiamy wodę pomiędzy zapalki, woda wciągana jest do tych bardzo wąskich, pustych kanałów dzięki tak zwanemu efektowi kapilarnemu.

Zginając zapalkę, zginiemy komórki i kanały wewnątrz drewna. Po dostaniu się wody do wnętrza zapalki, ciśnienie wody stara się przywrócić początkowy kształt kanałom międzykomórkowym i komórkom. Takie ciśnienie cieczy przywracające pierwotny kształt nazywa się **ciśnieniem turgorowym**. W naszym doświadczeniu ciśnienie turgorowe było wystarczająco duże, aby nieco wyprostować zapalki, które dzięki temu utworzyły po krótkiej chwili kształt gwiazdy.



Żywe organizmy roślinne (zwłaszcza te małe) wykorzystują ciśnienie turgorowe do utrzymywania stale tego samego kształtu komórek i kanałów międzykomórkowych. Roślina, której nie jest dostarczana wystarczająca ilość wody, więdnie (mięknie), ponieważ ciśnienie wewnętrzne jest zbyt niskie do zachowania jej świeżego kształtu.

DS

Piorunujące wrażenie

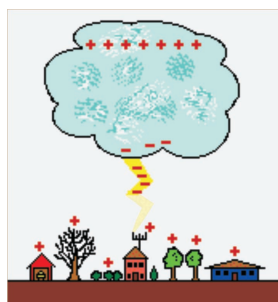
Nadchodzi lato. Czas odpoczynku na łonie natury, kąpeli pod gołym niebem i opalania. Woda i upał – mieszanka tyleż relaksująca, co wybuchowa. Prowadzi bowiem nieuchronnie do powstawania burzowych chmur i gwałtownych wyładowań atmosferycznych w postaci piorunów.

Ludzie od wieków starali się okiełznać lub przynajmniej zrozumieć pioruny. Pierwszym krokiem były wieloletnie badania Benjamina Franklina, który w połowie XVIII w. stwierdził elektryczną naturę piorunów. Naukowcy do tej pory spierają się, co do szczegółów mechanizmu ich powstawania. W kilku kwestiach są jednak zgodni.



- Chmura burzowa powstaje dzięki szybkiej konwekcji (unoszeniu) dużej ilości wilgotnego, ciepłego powietrza. Wędrując ku górze, powietrze to napotyka na zimny obszar, w którym skrapla się para wodna, a następnie powstają małe i duże kryształki lodu.
- Duże kryształki lodu lokują się w dolnej części chmury. Małe kryształki są na tyle lekkie, że konwekcja unosi je w górne partie chmury. Podczas przeciskania się małych kryształków pomiędzy dużymi, ze względu na zjawisko tarcia, następuje odarcie małych kryształków z elektronów. Elektrony te pozostają na dużych kryształkach. Dolna część chmury elektryzuje się zatem ujemnie, a górna – dodatnio.

- Naładowana chmura wisząca nad Ziemią, powoduje naelektryzowanie powierzchni Ziemi, dzięki zjawisku indukcji elektrostatycznej. Z obszaru bezpośrednio pod chmurą elektrony odpływają w głąb ziemi (gdzie mogą swobodnie wędrować dzięki obecności wody). Zjawisko odpływu elektronów dotyczy także stojących na ziemi budynków, drzew, a nawet ludzi przebywających pod chmurą – wszystkie obiekty zostają dodatnio naelektryzowane.
- Zarówno rozdzielanie ładunków w chmurach, jak i dodatnie elektryzowanie powierzchni Ziemi postępuje przez pewien czas. Jednocześnie wzrasta napięcie elektryczne pomiędzy chmurą a powierzchnią Ziemi. W normalnych warunkach (nie burzowych) powietrze jest bardzo dobrym izolatorem, ale powstałe podczas burzy bardzo wysokie napięcie w końcu powoduje jonizację powietrza pomiędzy chmurą a powierzchnią Ziemi. Jonizacja ta polega na odarciu elektronów z zewnętrznych warstw atomów gazów znajdujących się w powietrzu (praca pola elektrycznego zamieniana jest na pracę potrzebną do wybicia elektronów z atomów i cząsteczek). Powietrze zamienia się, jak to fizycy mówią, w „zupę” dodatnio naładowanych jonów i swobodnych elektronów.
- Początkowo powstaje coś w rodzaju ścieżki, którą zaczynają podążać pojedyncze elektrony z dolnej części chmury ku Ziemi (z prędkością ok. 30 000 km/s!). Elektrony te przemieszczają się po zygawkowatych, rozgałęziających się torach. Naukowcy przypuszczają, że powstawanie tych bardziej przewodzących obszarów powietrza uzależnione jest od lokalizacji zanieczyszczeń i pyłów w powietrzu. Następuje wyładowanie pilotujące (najczęściej niewidoczne lub widoczne w postaci fioletowej poświaty, charakterystycznej dla zjonizowanego powietrza). Wyładowanie to silnie jonizuje powietrze wokół ścieżki, którą się porusza.
- Kiedy cały kanał od Ziemi do chmury zostaje zjonizowany, znacznie zmniejsza się opór powietrza, co pozwala na przepływ dużej ilości ładunku (wyładowanie główne). Wyładowanie główne porusza się ze znacznie mniejszą prędkością rzędu 10 000 km/s, trwa kilkadziesiąt milionowych części sekundy, powoduje przepływ prądu o natężeniu około 30–50 kA, przy napięciu około 30 milionów V. Powstaje wyładowanie, które podgrzewa otaczające je powietrze, powodując błysk i gwałtowne rozprężenie gazu – tworzy się fala uderzeniowa objawiająca się w postaci grzmotu.
- Ze względu na bardzo dużą prędkość światła (3×10^8 m/s) błysk dociera do obserwatora właściwie natychmiast, a grzmot, podróżujący z szybkością 334 m/s dociera z opóźnieniem. Jeżeli pomiędzy błyskiem a grzmotem następuje przerwa o długości 3 s, oznacza to, że piorun uderzył w odległości 1 km od obserwatora.



Do ochrony domostw przed piorunami służą piorunochrony – metalowe przewody, wystające ponad dach budynku, wkopane do ziemi. Ponieważ odległość czubka piorunochronu od chmury jest mniejsza niż jej odległość od dachu budynku, wyładowanie główne zwykle przebiega właśnie do piorunochronu. A ponieważ piorunochron wykonany jest z metalu, czyli materiału o małym oporze – następuje bardzo szybkie rozładowanie chmury poprzez odprowadzenie ładunku do ziemi.



Niewielki piorun można zaobserwować w domu, gdy powietrze jest suche (np. w zimie, przy włączonym ogrzewaniu). Nosząc na sobie sweter, pociera się nim o inne części garderoby i o dłonie – w ten sposób elektryzuje się zarówno człowiek, jak i jego sweter (przeciwnymi ładunkami). Jeśli w takim przypadku człowiek dotknie metalowej klamki, może poczuć nieprzyjemny wstrząs elektryczny. Przy zgaszonym świetle można nawet zaobserwować błysk – wyładowanie elektryczne pomiędzy klamką a dłonią.

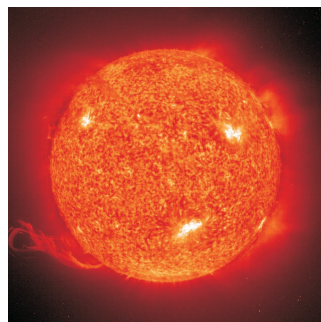
DS

Kosmiczna pogoda

Kosmiczna pogoda – to bynajmniej nie zabawne określenie, lecz poważny termin. Kosmiczna pogoda, czyli zespół warunków panujących w najbliższym otoczeniu Ziemi, ma duży wpływ na działanie rozmaitych urządzeń technicznych (satelity telekomunikacyjne, linie energetyczne), a także na życie i zdrowie astronautów. Prognozy pogody kosmicznej mają ważne znaczenie gospodarcze i strategiczne. Oparte są na danych zbieranych z sond kosmicznych, przekazywanych przez satelity geostacjonarne.

Największy wpływ na pogodę kosmiczną ma Słońce i jego aktywność. Dokładne obserwacje pokazują, że Słońce zmienia aktywność w jedenastoletnim cyklu. Ten cykl aktywności obserwowany był przez wieki i został wyznaczony na podstawie ilości plam na Słońcu, czyli ciemnych obszarów pojawiających się na widocznej z Ziemi tarczy słonecznej. Początkowo wydawało się jednak, że ich obecność nie ma bezpośredniego wpływu na nasze życie.

Rozwój technologii i ekspansja człowieka w Kosmos pokazały, że Słońce ma o wiele większy wpływ na naszą planetę niż początkowo sądzono. 11 września 1859 roku, w bezchmurny dzień, słynny obserwator Słońca Richard Carrington zaobserwował niezwykle zjawisko: dookoła plam na Słońcu pojawiły się dwie jasne wstęgi. To gwałtowne pojaśnienie trwało jedynie 5 minut. Następnej nocy niebo nad Ziemią rozbłysło z powodu czerwonych, zielonych i purpurowych zórz. Linie telegraficzne zaczęły iskrzyć. Nawet po wyłączeniu zasilających baterii, prądy indukowane przez te zorze wystarczały do utrzymywania normalnej pracy telegrafów. Zaobserwowano również silne wahania ziemskiego pola magnetycznego. Carrington

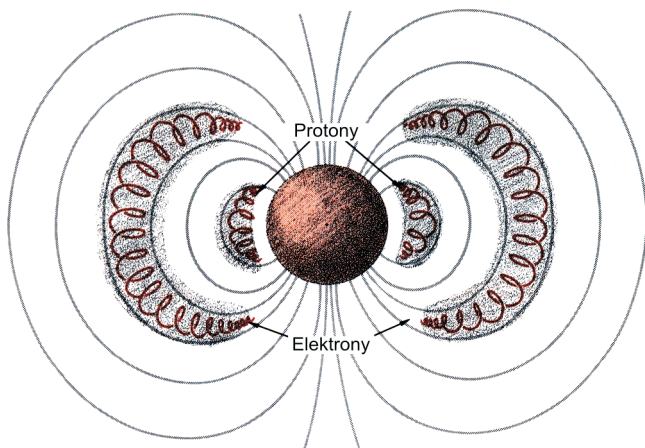


Korona Słońca

nie tylko dostrzegł na Słońcu erupcję, ale z wielką intuicją i przenikliwością potrafił ją powiązać z zorzami występującymi na Ziemi. Były to pierwsze obserwacje pokazujące, że Słońce może wpływać na naszą planetę również w inny sposób. Okazało się, iż Carrington zauważył największą erupcję zaobserwowaną na Słońcu w ciągu ostatnich 500 lat.

Dziś wiemy, że Ziemia leży wewnątrz rozciąglej atmosfery słonecznej. Atmosferę tę stanowi emitowany nieustannie w przestrzeń planetarną tzw. wiatr słoneczny złożony z energetycznych cząstek i pola magnetycznego. Przed jego zgubnym wpływem chroni nas ziemskie pole magnetyczne zwane magnetosferą.

Bardzo szybko cząstki wpadając do atmosfery jonizują się i jonizują atmosferę ziemską. Jak wiemy, cząstki naładowane, gdy wpadną pod odpowiednim kątem w pole magnetyczne poruszają się po spirali i zostają jakby uwięzione w polu magnetycznym. Na rysunku przedstawione jest pole magnetyczne ziemskie i przykładowe torы naładowanych cząstek schwytych w tzw. Pasy van Allena.



Pole magnetyczne Ziemi i Pasy van Allena

Czasami jednak zjawiska eksplozji na Słońcu są tak gwałtowne, że nasza magnetyczna tarcza ochronna nie wystarcza. Wówczas odczuwamy negatywne skutki słonecznej aktywności. Istnieją dwa typy eksplozji na Słońcu, są to rozbłyski chromosferyczne oraz koronalne wyrzuty materii. Podczas rozbłysku fragment atmosfery słonecznej rozgrzewany jest do temperatur porównywalnych z tymi panującymi w jądrze słonecznym (10 milionów kelwinów). Temu zjawisku towarzyszy silna emisja promieniowania elektromagnetycznego w całym zakresie widma. Rozbłyski te wpływają na ziemską atmosferę powodując jej dodatkową jonizację. Z kolei podczas koronalnych wyrzutów materii ogromne fragmenty słonecznej korony wyrzucane są w przestrzeń międzyplanetarną. Energia kinetyczna takiego wyrzutu osiąga czasami wartość 10^{26} J. Obłoki wyrzuconej materii często pędzą z prędkościami około 1000 km/s, a ich masa przewyższa 10^{13} kg. Najszybsze dotychczas zarejestrowane wyrzuty miały prędkości sięgające 3000 km/s.

Wielkoskalowe ruchy materii o takiej energii nierzadko generują fale uderzeniowe (podobne do podmuchu wiatru), które dodatkowo efektywnie przyspieszają naładowane cząstki. Jeżeli taki wyrzut skierowany jest w stronę Ziemi, może na niej generować silne burze geomagnetyczne, których najbardziej znanym przejawem są zorze polarne.



Zorza polarna

Korona słoneczna, czyli najwyższa warstwa atmosfery słonecznej, jest bardzo rzadka i jej jasność w świetle widzialnym jest dużo mniejsza od jasności fotosfery i dlatego normalnie nie widzimy jej na tle fotosfery (widocznej części atmosfery słonecznej). Koronę słoneczną możemy natomiast obserwować podczas całkowitych zaćmień Słońca lub za pomocą specjalnych teleskopów (koronografów) z przysłonami zasłaniającymi jasną tarczę słoneczną. Wyrzuty koronalne są trudne do obserwacji, dlatego mogą być rejestrowane tylko przez teleskopy umieszczone powyżej ziemskiej atmosfery.

Warto wspomnieć, że między lotami Apollo 16 i 17, w 1972 roku na Słońcu miała miejsce eksplozja, w wyniku której promieniowanie jonizujące spowodowałoby w ciągu 10 godzin śmierć astronautów znajdujących się w przestrzeni międzyplanetarnej. W kontekście planowanych załogowych lotów na inne planety, w szczególności na Marsa, znaczenie prognozowania pogody kosmicznej wydaje się kluczowe. Aktywność Słońca całkowicie determinuje pogodę kosmiczną, a koronalne wyrzuty materii są zjawiskami, które w najistotniejszy sposób mogą wpływać na jej kształt.

Koronalne wyrzuty materii mogą wpływać na pogodę kosmiczną w dwojaki sposób. Szybkie wyrzuty wytwarzają, wspomniane wcześniej, fale uderzeniowe, dzięki którym następuje przyspieszanie naładowanych cząstek (elektrony, protony, cząstki alfa, jądra helu) aż do relatywistycznych prędkości. Cząstki te, lecąc z prędkościami bliskimi prędkości światła, docierają do Ziemi w ciągu 15 minut po rozpoczęciu erupcji na Słońcu. Satelity badawcze rejestrują wówczas gwałtowny wzrost strumienia cząstek. Strumień ten utrzymuje się na bardzo wysokim poziomie nawet przez kilka dni, gdyż fala uderzeniowa, propagując się w postaci międzyplanetarnej, nieprzerwanie produkuje cząstki o dużej energii. Fala uderzeniowa może dotrzeć nawet do Ziemi, wówczas obserwujemy dodatkowy wzrost strumienia energetycznych cząstek, które są uwięzione w okolicach fali uderzeniowej i podróżują wraz z nią. Energetyczne cząstki mają zgubny wpływ na satelity. Powodują one elektryczne ładowania ich powierzchni, co prowadzi w efekcie do wyładowań niszczących strukturę statków. Zniszczeniu ulegają panele słoneczne zasilające w energię satelity, ponadto zakłóceniu ulegają systemy elektroniczne znajdujące się na statkach (wyrzuty powodują jonizację krzemu w układach elektronicznych, co prowadzi do zakłócenia działania systemów sterujących czy też komputerów). Cząstki te powodują dodatkową jonizację górnych warstw ziemskiej atmosfery, zakłócając łączność radiową. Oczywiście, magnetyczne pole Ziemi chroni nas przed bezpośrednim działaniem tych cząstek na powierzchnię planety. Jedynie cząstki o bardzo dużej energii (przewyższającej 1 GeV) mogą docierać do powierzchni Ziemi. Takie energetyczne zdarzenia są jednak bardzo rzadkie. Szkodliwa działalność energetycznych cząstek jest zatem ograniczona do górnych warstw atmosfery ziemskiej. Niestety, energetyczne cząstki bardzo szybko docierają w okolice Ziemi, a ich pojawienie jest trudne do przewidzenia.

Drugim czynnikiem wpływającym na pogodę kosmiczną są bezpośrednio uderzające w magnetosferę ziemską fale uderzeniowe oraz generujące je koronalne wyrzuty materii. Docierają one w okolice Ziemi później i w zależności od ich początkowej prędkości potrzebują na to od 1 do 4 dni. Co prawda docierają z opóźnieniem i ich przybycie możemy dość

dokładnie przewidzieć, ale za to ich oddziaływanie na naszą planetę jest silniejsze. Jeżeli pole magnetyczne unoszone przez koronalne wyrzuty materii ma kierunek przeciwny do ziemskiego pola magnetycznego, to wówczas silnie oddziałuje ono z ziemską magnetosferą. Ziemskie pole magnetyczne znosi się z polem unoszonym przez koronalne wyrzuty materii. Magnetosfera traci swoje ochronne działanie, „otwiera się” i energetyczne cząstki mogą swobodnie wnikać do magnetosfery ziemskiej. Strumienie cząstek generują prądy elektryczne, które produkują pole magnetyczne zakłócające ziemskie pole magnetyczne. Magnetometry umieszczone na powierzchni Ziemi rejestrują wówczas spadek poziomej składowej pola magnetycznego. Tego rodzaju globalne zakłócenia ziemskiego pola magnetycznego nazywamy burzami magnetycznymi. Spadek pola magnetycznego podczas najintensywniejszych burz może osiągnąć wartość 400 nT¹. Jedynym przyjemnym przejawem burz magnetycznych są piękne kolorowe zorze pojawiające się w okolicach ziemskich biegunów magnetycznych. W okolicach biegunów linie magnetyczne w najmniejszym stopniu blokują dostęp energetycznych cząstek do powierzchni Ziemi. Szybkie cząstki, przenikając do atmosfery ziemskiej, wzbudzają do świecenia głównie atomy tlenu i azotu.

Prądy wytwarzane przez energetyczne cząstki docierające ze Słońca mogą być zgubne dla ziemskich systemów energetycznych oraz ropo- i gazociągów. W 1989 roku w Quebec w Kanadzie, burza magnetyczna spowodowała całkowitą destrukcję systemów energetycznych tej prowincji. Koronalne wyrzuty materii dodatkowo podgrzewają ziemską atmosferę, powodując jej ekspansję i wzrost siły tarcia działającej na satelity umieszczone na orbitach okołoziemskich. Ponieważ większość satelitów nie posiada silników napędowych, zwiększone tarcie powoduje ich szybsze opadanie w kierunku Ziemi.

Przez wieki człowiek żył w pełnej harmonii ze Słońcem. Słońce było największym sprzymierzeńcem w rozwoju cywilizacyjnym człowieka. Jednak, gdy człowiek zaczął ekspansję w Kosmos – w kierunku imperium Słońca – pokazało ono swoje drugie, mniej przyjazne oblicze.

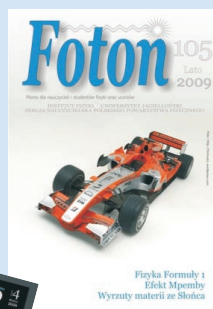
Grzegorz Michałek (więcej – czytaj *Foton* 105)

¹ 400 nT to mniej więcej 1% wartości ziemskiego pola magnetycznego.

Chcesz wiedzieć więcej – czytaj *Foton*

<http://www.if.uj.edu.pl/Foton/>

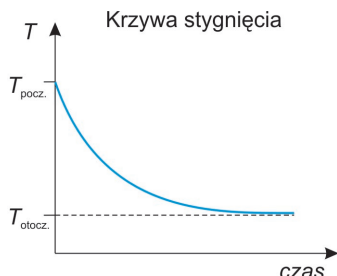
**Pod tym adresem znajdziesz
Neutrino 1, 2, 3 i 4**



Zadania na lato

Zadanie 1

Wyobraź sobie, że bardzo się spieszysz, ale przed wyjściem z domu chcesz wypić szklankę herbaty ze śmietanką. Możesz najpierw do gorącej herbaty wlać zimną śmietankę, a potem poczekać 5 minut lub najpierw poczekać 5 minut, a potem dolać śmietankę. Który ze sposobów wybierzesz, aby herbata bardziej ostygła?



Odpowiedź: Wydawać się może, że rezultat końcowy jest niezależny od kolejności działań. Tu jednak jest inaczej! Ciało tym szybciej oddaje otoczeniu ciepło, im bardziej jego temperatura różni się od temperatury otoczenia. Dlatego właśnie stygnięcie ciała przebiega najpierw szybko, a potem coraz wolniej (jak na rys. 1). Powinieneś więc najpierw odczekać 5 minut, gdyż wtedy gorąca herbata szybciej traci ciepło.

Zadanie 2

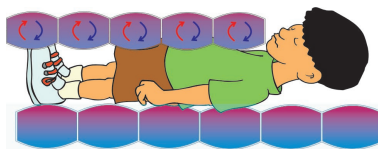
Jak wiadomo, im niższe ciśnienie, tym temperatura wrzenia wody jest również niższa. Dlaczego w takim razie w naczyniach kuchennych nie stosuje się odpompowywania powietrza? Pozwoliłoby to przecież zaoszczędzić duże ilości energii!



Odpowiedź: Wskutek zmniejszania ciśnienia woda rzeczywiście wrze w niższej temperaturze. Dlatego w górach, gdzie ciśnienie atmosferyczne jest niższe niż na poziomie morza, wrzątek ma temperaturę niższą od 100°C . Istotny jest jednak nie sam fakt wrzenia wody, lecz temperatura wrzątku. Jeśli temperatura wody będzie niska, to potrawa nie ugotuje się, a herbata nie zaparzy!

Zadanie 3

Będąc na biwaku, śpimy na dmuchanym materacu. Chodzi nie tylko o wygodę, lecz materac taki „izoluje” nas od zimnej ziemi. Czy przykrywając się takim materacem również uda nam się nie zmarznąć, gdy spadnie temperatura powietrza?



Odpowiedź: Niestety nie! Jeśli leżymy na materacu, to swoim ciałem ogrzewamy jego górną stronę oraz to powietrze, które znajduje się w górnej części jego komór. Jako lżejsze, ciepłe powietrze pozostaje w tym miejscu. Powietrze jest złym przewodnikiem ciepła, dlatego spodnia część materaca i ziemia nie ogrzewają się naszym kosztem. Jeśli natomiast przykryjemy się materacem, to swoim ciałem ogrzewamy powietrze znajdujące się w dolnej części komór materaca. Komory te są duże – większe niż np. przestrzeń pomiędzy podwójnymi szybami w oknach. Dlatego zachodzi konwekcja, w wyniku której ciepłe powietrze unosi się ku górze materaca, gdzie szybko oddaje ciepło otoczeniu. W przypadku szyb podwójnych, konwekcja praktycznie nie występuje.

