

Co w zeszycie



Zima nadeszła. W naszym klimacie oznacza to zwiększone wydatki nie tylko na ogrzewanie domów, lecz również zwiększony wydatek energetyczny naszego organizmu tak, by utrzymać stałą temperaturę ciała. Stała temperatura jest utrzymywana dzięki idealnej równowadze energii wytwarzanej w tzw. procesach metabolicznych z pożywienia, z energią wydatkowaną na rozmaite czynności wykonywane przez człowieka oraz oddawanej chłodniejszemu otoczeniu. W tym zeszycie *Neutrino* przyjrzymy się dokładniej

niektórym z tych mechanizmów, jak również sposobom pomiarów przepływów energii. Dowiedzie się jak działają tajemnicze ogrzewacze rąk. Oczywiście nie ma mowy o cudzie produkcji energii z pstryknięcia. Energia była wcześniej zmagazynowana w substancji ogrzewacza. Cudów nie ma, energia nie powstaje z niczego, nie znika. Jest zachowywana. Trzeba się nauczyć śledzić i mierzyć jej strumienie.

Zapraszamy do lektury i życzymy Szczęśliwego Nowego 2014 Roku.

Z.G-M



Spis treści

O regulacji temperatury ciała	1
Bomba kalorymetryczna. Kaloryczność pokarmów	7
Ile energii zużył dziś twój organizm? Metody pomiaru wydatków energetycznych człowieka	8
Ogrzewacz chemiczny	13
Wiadomości z Kosmosu	16
Przechłodzona woda.....	19
Zadania.....	20

Zachęcamy do odwiedzania nas w internecie

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

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

www.facebook.com/Neutrino.UJ

www.facebook.com/Foton.UJ

O regulacji temperatury ciała

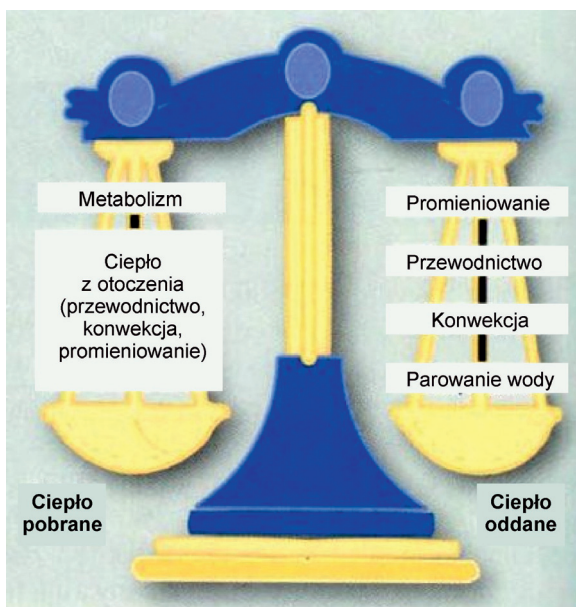
Człowiek, podobnie jak wszystkie ssaki i ptaki, należy do istot stałocieplnych. Oznacza to, że bez względu na temperaturę zewnętrzną wewnątrz ciała utrzymywane jest w stałej temperaturze.

Procesy biologiczne bardzo silnie zależą od temperatury, w której zachodzą. Temperatura wpływa m.in. na szybkość reakcji chemicznych oraz transportu cząsteczek, własności błony komórkowej oraz strukturę niektórych molekuł, dlatego utrzymanie temperatury na mniej więcej stałym poziomie jest bardzo istotne dla prawidłowego funkcjonowania ludzkiego ciała.

Temperatura wnętrza ciała zdrowego człowieka wynosi około 37°C . W ciągu doby waha się ona w niewielkim zakresie, ale zmiany te nie przekraczają 1°C . Duże odchylenia od optymalnej temperatury są niebezpieczne. Jeśli wewnątrz ciała osiągnie temperaturę powyżej 45°C , dochodzi do nieodwracalnych uszkodzeń, kończących się śmiercią. Natomiast spadek temperatury wnętrza ciała do 28°C powoduje zatrzymanie akcji serca. Dlatego organizmy stałocieplne wyposażone są w system regulujący temperaturę, który zapobiega zbyt niemu przegrzaniu lub wychłodzeniu.

Równowaga cieplna

Utrzymanie stałej temperatury wiąże się z zapewnieniem równowagi pomiędzy ilością ciepła uzyskiwanego przez organizm i oddawanego przez niego do otoczenia (rys. 1).



Rys. 1. Aby utrzymać stałą temperaturę ciała organizm musi utrzymywać równowagę pomiędzy ciepłem uzyskiwanym w procesach metabolicznych i pobieranym z otoczenia a energią cieplną traconą poprzez promieniowanie, przewodnictwo, konwekcję i parowanie wody

Ciało uzyskuje konieczną do funkcjonowania energię w procesach przetwarzania pożywienia. Dzięki reakcjom rozkładu wysokoenergetycznych cząsteczek w komórkach wytwarzana jest energia potrzebna do pracy wszystkich mięśni, w tym m.in. do pracy serca. Jednak tylko niewielka część energii uzyskiwanej w procesach metabolicznych (maksymalnie 25%) jest wykorzystywana do pracy mięśni. Reszta energii zamieniana jest na ciepło. Organizm może też pobierać energię ciepłą z otoczenia, na przykład wystawiając się na działanie promieni słonecznych. Aby zapobiec zbytniemu wzrostowi temperatury ciała, nadmiar energii cieplnej musi zostać przekazany do otoczenia; w przeciwnym wypadku dochodzi do zaburzenia równowagi cieplnej i organizm zaczyna się przegrzewać. Wymiana energii cieplnej ze środowiskiem odbywa się poprzez przewodnictwo cieplne, konwekcję, promieniowanie oraz parowanie wody.

Przewodnictwo cieplne

Przewodnictwo cieplne polega na przekazywaniu energii pomiędzy obszarami o różnych temperaturach, od obszaru o wyższej do obszaru o niższej temperaturze. Większość energii cieplnej produkowana jest w głębi ciała. Ponieważ temperatura skóry jest nieco niższa niż temperatura wnętrza ciała, ciepło transportowane jest w kierunku powierzchni. Okazuje się jednak, że tkanki ciała bardzo słabo przewodzą ciepło i większość transportu energii cieplnej ku powierzchni zachodzi dzięki przepływowi krwi. Energia cieplna przekazywana jest przez przewodnictwo cieplne z wnętrza komórek do naczyń krwionośnych i z krwią unoszona jest ku zewnętrznym partiom ciała. Utrata energii cieplnej przez skórę do otoczenia również odbywa się na zasadzie przewodnictwa. Ciepło przekazywane jest do warstwy powietrza bezpośrednio przylegającej do skóry, pod warunkiem, że temperatura powierzchni ciała jest wyższa niż temperatura otoczenia. Jednak ze względu na słabe przewodnictwo cieplne powietrza ilość traconej w ten sposób energii jest bardzo mała. Straty energii cieplnej przez przewodnictwo mogą wzrosnąć, jeśli dotykamy powierzchni dobrze przewodzącej ciepło, na przykład metalowego oparcia krzesła.

(Zob. także artykuł „O przewodnictwie cieplnym, ocieplaniu domów i o aerożelu”, *Neutrino* 5/2009).

Konwekcja

Dzięki energii cieplnej przekazywanej na zewnątrz ciała, warstwa powietrza stykającego się ze skórą ogrzewa się. Ponieważ ciepłe powietrze ma mniejszą gęstość niż zimne, ogrzane powietrze unosi się ku górze, a jego miejsce zajmuje chłodniejsze powietrze z otoczenia. Podobnie dzieje się, kiedy przebywamy w wodzie. Podczas pływania ciepło przekazywane jest z ciała do warstwy wody bezpośrednio przylegającej do skóry. W analogiczny sposób ogrzana woda unosi się ku górze, a na jej miejsce napływa woda o niższej temperaturze. To zjawisko unoszenia ciepła za pośrednictwem poruszającej się substancji nosi nazwę **konwekcji**. Im większa jest różnica temperatur pomiędzy powierzchnią ciała a otoczeniem, tym szybciej następuje przekaz ciepła. Szybkość utraty ciepła przez konwekcję (zwana strumieniem cieplnym) wyraża się następującym wzorem

$$\Phi_k = \alpha \cdot S_k \cdot (T_s - T_o),$$

gdzie $(T_s - T_o)$ oznacza różnicę temperatur pomiędzy skórą a otoczeniem, S_k odpowiada powierzchni ciała będącej w kontakcie z otoczeniem, a α jest

współczynnikiem proporcjonalności, który zależy od właściwości otaczającej substancji (jej lepkości, gęstości oraz szybkości, z jaką się przemieszcza).

Powyższy wzór oznacza, że szybkość utraty energii cieplnej jest proporcjonalna do różnicy temperatur pomiędzy skórą a otoczeniem. Wynika z niego również, że utrata ciepła przez konwekcję możliwa jest jedynie wówczas, gdy temperatura otoczenia jest niższa niż temperatura skóry. W przeciwnym przypadku organizm pobiera energię cieplną z otoczenia i nagrzewa się.

Tempo oddawania ciepła zależy także od powierzchni styku ciała z otoczeniem. Całkowitą powierzchnię ludzkiego ciała można wyliczyć z następującego przybliżonego wzoru

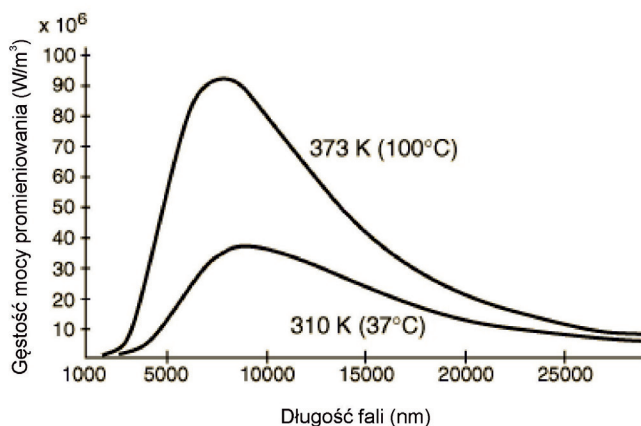
$$S = 0,202 \cdot M^{0,425} \cdot W^{0,725},$$

gdzie M oznacza masę ciała w kilogramach, a W – wzrost w metrach. Dla przykładu, całkowita powierzchnia ciała osoby o wadze 60 kg i wzroście 170 cm wynosi około 1,7 m². Powierzchnia ciała wystawiona na bezpośredni przepływ powietrza S_k , występująca we wzorze na Φ_k , jest oczywiście mniejsza niż powierzchnia całkowita S . Wartość tę można regulować ubierając się odpowiednio do temperatury powietrza. W lecie, kiedy zależy nam na zwiększeniu utraty ciepła, zakładamy przewiewne ubrania z krótkimi rękawami, co powoduje zwiększenie wartości S_k , a zimą nosimy ubrania z dobrze izolujących tkanin i okrywamy dodatkowo ręce i głowę, zmniejszając w ten sposób powierzchnię kontaktu z powietrzem. Powierzchnię styku możemy także zmniejszyć kuląc się lub kucając, dzięki czemu można dodatkowo zmniejszyć utratę ciepła.

Współczynnik α występujący we wzorze na Φ_k rośnie wraz z szybkością ruchu powietrza lub wody. Dlatego ciepło tracone jest szybciej w obecności wiatru lub podczas kąpieli w wartkim strumieniu.

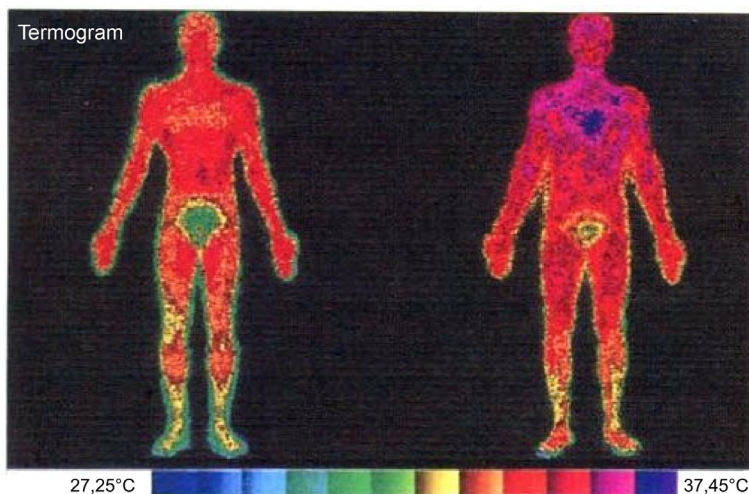
Promieniowanie

Energia przekazywana jest również do otoczenia za pośrednictwem promieniowania elektromagnetycznego. Każdy przedmiot o temperaturze wyższej od zera bezwzględnego (0 K = -273°C) emituje promieniowanie elektromagnetyczne. Zakres wysyłanego promieniowania zależy od temperatury obiektu.



Rys. 2. Porównanie widma promieniowania ciała stałego o temperaturze 37°C i 100°C. Ciało o temperaturze wyższej emituje więcej promieniowania o krótszych długościach fali

Ciało ludzkie promieniuje głównie w zakresie podczerwieni. Maksimum wysyłałego promieniowania odpowiada długości fali około 9000 nm czyli 9 μm . Promieniowanie podczerwone jest niewidoczne dla ludzkich oczu, ale można je zarejestrować przy użyciu odpowiednich detektorów, zwanych kamerami podczerwieni. Pozwala to na wykonanie „zdzjęć” zwanych termogramami, na których różne kolory odpowiadają różnym temperaturom skóry.



Rys. 3. Termogramy przedniej i tylnej powierzchni ciała. Skala temperatur zawiera się w zakresie od 27,25°C do 37,45°, co odpowiada różnym kolorom na obrazie

Fizycy teoretycy wykazali, że tempo utraty ciepła przez promieniowanie jest proporcjonalne do różnicy czwartych potęg temperatury skóry i otoczenia. Szybkość oddawania energii cieplnej rośnie także wraz z powierzchnią ciała. Strumień ciepły promieniowania można zapisać następującym wzorem:

$$\Phi_r = A \cdot \sigma \cdot S \cdot (T_s^4 - T_o^4)$$

gdzie T_s i T_o oznaczają temperaturę skóry i otoczenia mierzoną w kelwinach (K), S odpowiada powierzchni skóry, A oznacza zdolność absorpcyjną powierzchni, a σ to tzw. stała Stefana-Boltzmannna.

Podobnie, jak w przypadku konwekcji, z powyższego wzoru wynika, że utrata ciepła przez promieniowanie możliwa jest tylko wówczas, jeśli temperatura ciała jest wyższa niż temperatura otoczenia. W przeciwnym przypadku organizm pobiera energię cieplną i ogrzewa się.

Parowanie wody (pocenie się i oddychanie)

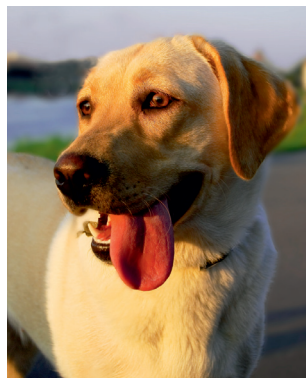
Duża część energii cieplnej tracona jest w procesie odparowywania potu z powierzchni skóry. Proces parowania pochłania bardzo dużo energii cieplnej, co pozwala na bardzo wydajne chłodzenie powierzchni skóry. Proces ten jest niezwykle ważny w przypadku, gdy temperatura otoczenia przewyższa temperaturę skóry i pozostałe sposoby oddawania ciepła zawodzą. Ilość wydzielanej z potem wody może wtedy wzrosnąć do 2 litrów na godzinę. Szybkość oddawania ciepła przez parowanie wody wyraża się wzorem

$$\Phi_p = k \cdot S \cdot (p_s - p_o),$$

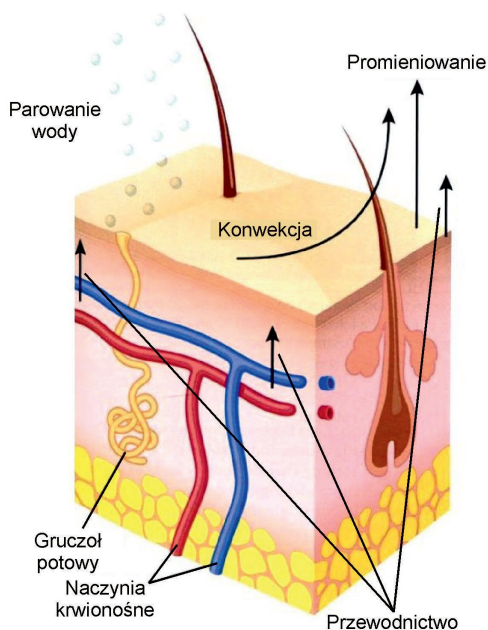
gdzie $(p_s - p_o)$ oznacza różnicę ciśnienia cząstkowego pary wodnej przy powierzchni skóry i w otaczającym powietrzu, S odpowiada powierzchni skóry biorącej udział w parowaniu, a k jest współczynnikiem zależnym między innymi od ruchu powietrza.

Ciśnienie cząstkowe pary wodnej jest związane z wilgotnością. Im większa wilgotność powietrza w danej temperaturze, tym większa wartość p_o , tym mniejsza różnica ciśnień cząstkowych $(p_s - p_o)$ i tym wolniej traczone jest ciepło. Dlatego tak trudno jest znosić wysokie temperatury przy dużej wilgotności powietrza (na przykład w krajach tropikalnych). Utrata energii cieplnej przez parowanie zachodzi także w czasie oddychania. Parowanie zachodzi w tym wypadku na powierzchni wilgotnych dróg oddechowych, a energia cieplna unoszona jest z wydychanym powietrzem nasyconym parą wodną. Ten sposób oddawania ciepła jest szczególnie ważny w przypadku zwierząt, których skóra pokryta jest futrem, na przykład psów. W czasie upałów psy wystawiają język i wykonują szybkie płytkie oddechy, pozbywając się w ten sposób nadmiaru energii cieplnej.

Udział poszczególnych sposobów oddawania ciepła zależy od warunków otoczenia. Zgodnie z danymi otrzymanymi w kontrolowanym eksperymencie, obnażony człowiek w stanie spoczynku i w temperaturze 26°C traci 11% ciepła przez konwekcję, 67% ciepła przez promieniowanie i 22% ciepła przez parowanie wody. Straty ciepła przez przewodnictwo cieplne są bardzo niewielkie w porównaniu z pozostałymi sposobami. Proporcje te



Rys. 4. Chłodzenie przez oddychanie (fot. Olko)



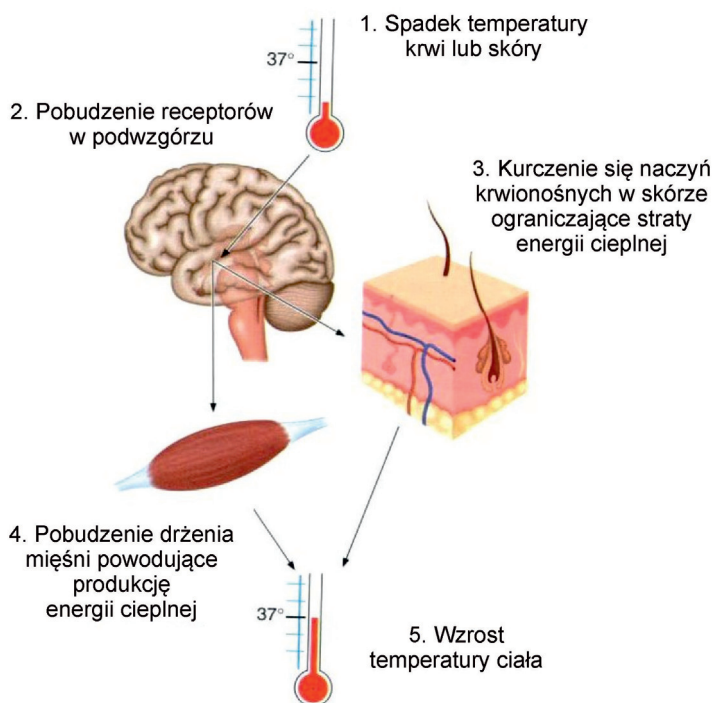
silnie zależą od temperatury powietrza. Dla przykładu, w temperaturze 30°C energia cieplna tracona jest w 15% przez konwekcję, w 49% przez promieniowanie i w 36% przez parowanie wody.

Rys. 5. Transport ciepła z wnętrza ciała do otoczenia. Energia cieplna wytwarzana w komórkach unoszona jest z krwią oraz w procesie przewodnictwa cieplnego w kierunku powierzchni ciała, a następnie do warstwy powietrza przylegającej do skóry. Z powierzchni ciała ciepło oddawane jest otoczeniu w procesie konwekcji, promieniowania i parowania wody

Termoregulacja

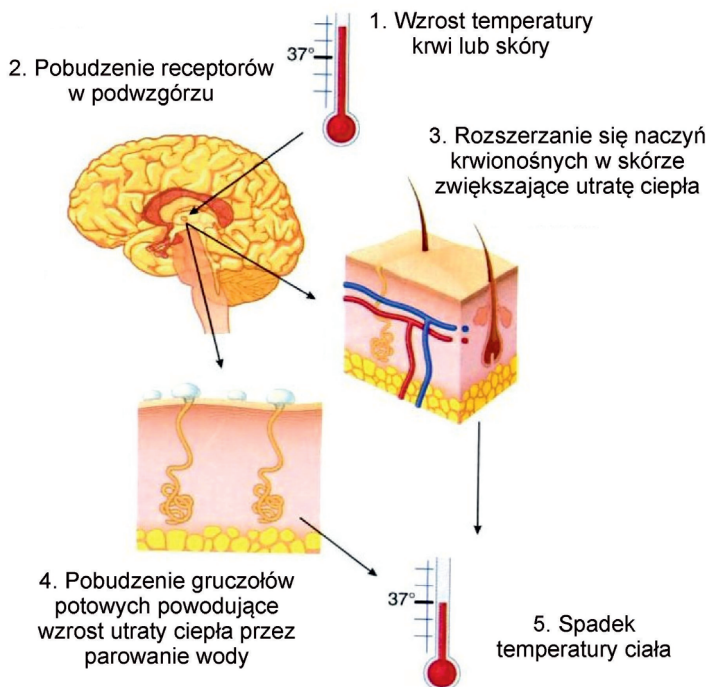
Ośrodek kontroli temperatury znajduje się w części mózgu zwanej podwzgórzem. Działa on na zasadzie termostatu, uruchamiającego mechanizmy zapobiegające nadmiernemu wychłodzeniu lub przegrzaniu organizmu. Znajdujące się w podwzgórzach receptory pozwalają określić temperaturę krwi przepływającej przez mózg. Jeśli temperatura odbiega od normy, podwzgórze odpowiednio reguluje tempo produkcji i oddawania ciepła do otoczenia.

Gdy temperatura spadnie poniżej optymalnej (hipotermia), następuje kurczenie się naczyń krwionośnych w skórze, co powoduje zmniejszenie przepływu krwi i tym samym zmniejszenie utraty ciepła przez powierzchnię ciała. Podwzgórze pobudza również ośrodek wyzwalający drżenie mięśni, dzięki czemu wytwarzane jest w mięśniach ciepło. Dodatkowo uruchamiane są mechanizmy zwiększające tempo metabolizmu komórek, co również prowadzi do zwiększenia produkcji energii cieplnej i podniesienia temperatury.



Rys. 6. Mechanizmy zapobiegające zbyt niemu wychłodzeniu organizmu (hipotermii)

Jeśli temperatura wzrośnie powyżej 37°C (hipertermia), naczynia krwionośne w skórze ulegają rozszerzeniu, zwiększając w ten sposób ilość oddawanego do otoczenia ciepła. Pobudzane są również gruczoły potowe, co pozwala na zwiększenie utraty ciepła przez parowanie. Przyspieszeniu ulega praca serca i pogłębia się także oddychanie. Dzięki temu przez płuca przepływa więcej krwi i z wydychanym powietrzem odprowadzane jest więcej ciepła.



Rys. 7. Mechanizmy zapobiegające nadmiernemu przegrzaniu organizmu (hipertermii)

Ośrodek kontroli temperatury otrzymuje również informacje z receptorów znajdujących się w skórze, co pozwala zareagować z pewnym wyprzedzeniem, zanim temperatura krwi przepływającej przez mózg ulegnie znacznemu obniżeniu lub podwyższeniu.

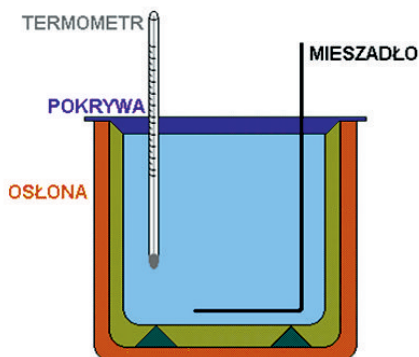
Ilustracje pochodzą z bloga: <http://completesoccertraining.blogspot.fr>

KC

Bomba kalorymetryczna. Kaloryczność pokarmów

Kalorymetry to specjalne izolowane naczynia umożliwiające pomiary ciepła wydzielanego lub pobieranego podczas procesów chemicznych i fizycznych. Proces fizyczny to np. topnienie, a chemiczny to np. spalanie. Kalorymetr jest naczyniem bardzo dobrze izolowanym po to, by nie było ucieczki (raczej by była ona jak najmniejsza) ciepła do otoczenia lub aby naczynie nie pobierało ciepła z otoczenia.

Znany wam ze szkoły kalorymetr składa się z dwóch naczynek: wewnętrznego i zewnętrznego, pokrywki z otworami na termometr i mieszadła. Jego budowę przedstawia schemat.



Najprostszy kalorymetr, tzw. „szkolny”, jest urządzeniem, które mierzy zmiany temperatury w czasie procesu zachodzącego w jego wnętrzu. Jest wygodny do stosowania dla układów ciekłych.

Na podstawie pomiarów temperatury i obliczeń wykonanych dla prawidłowo sporządzonego bilansu cieplnego wyznacza się szukane wielkości, np. ciepło topnienia lodu. W laboratoriach wykorzystuje się kalorymetry o bardzo dużej dokładności i dobrze izolowane, połączone z komputerem.

Dla pomiarów wydzielanego ciepła w gwałtownych procesach chemicznych, takich jak spalanie, używa się tzw. **bomb kalorymetrycznych**.

Konstrukcja bomby umożliwia pomiar gwałtownie przebiegających procesów, takich jak eksplozje. W kalorymetrach tych inicjuje się wybuch np. iskrą elektryczną. Eksplozja ta ogrzewa powietrze znajdujące się pierwotnie w kalorymetrze; pomiaru ciepła dokonuje się mierząc objętość i temperaturę wydostającego się z kalorymetru powietrza.

Bomba kalorymetryczna – szczelne naczynie wykonane z kwasoodpornej stali nierdzewnej o wzmocnionych ściankach, umożliwiające spalanie umieszczonego w nim paliwa. Naczynie umieszczane jest w kalorymetrze, za pomocą którego rejestruje się ilość ciepła wydzielonego od chwili zainicjowania reakcji, do chwili gdy temperatura bomby kalorymetrycznej powróci do temperatury początkowej. Bomba do pomiaru ciepła spalania ciał stałych zaopatrzona jest w denko umożliwiające umieszczenie w bombie spalanej próbki, zawór do wprowadzenia tlenu, elektrody kontaktowe.

Pierwsze bomby kalorymetryczne skonstruował francuski chemik Marcellin Berthelot, służyły one do pomiaru ciepła spalania gazów.

Z.G-M

Ile energii zużył dziś twój organizm? Metody pomiaru wydatków energetycznych człowieka

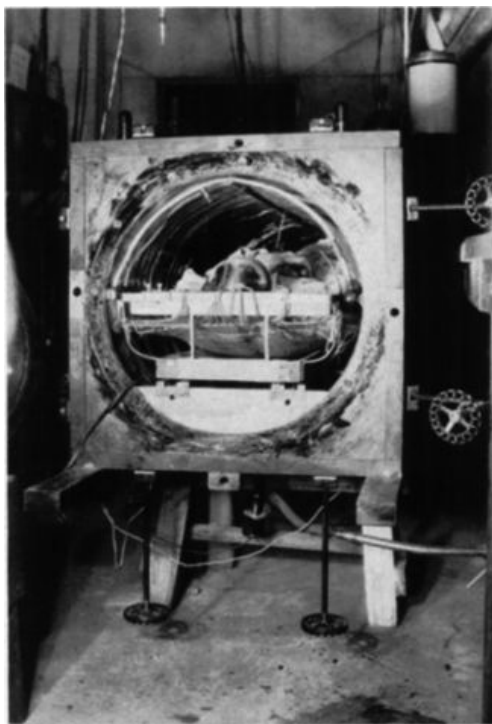
Wraz z jedzeniem dostarczamy naszemu organizmowi energii potrzebnej do życia. Ze względów historycznych wartość energetyczną pokarmów nazywa się kalorycznością i podaje czasami w jednostkach nazywanych kaloriami a częściej kilokaloriami. Ponieważ obecnie sprzedawana żywność ma na opakowa-

niach podaną zawartość kaloryczną (w kcal lub w kJ), możemy sami oszacować porcje energii dostarczane organizmowi. Kaloryczność pokarmów mierzy się w tzw. bombach kalorymetrycznych.

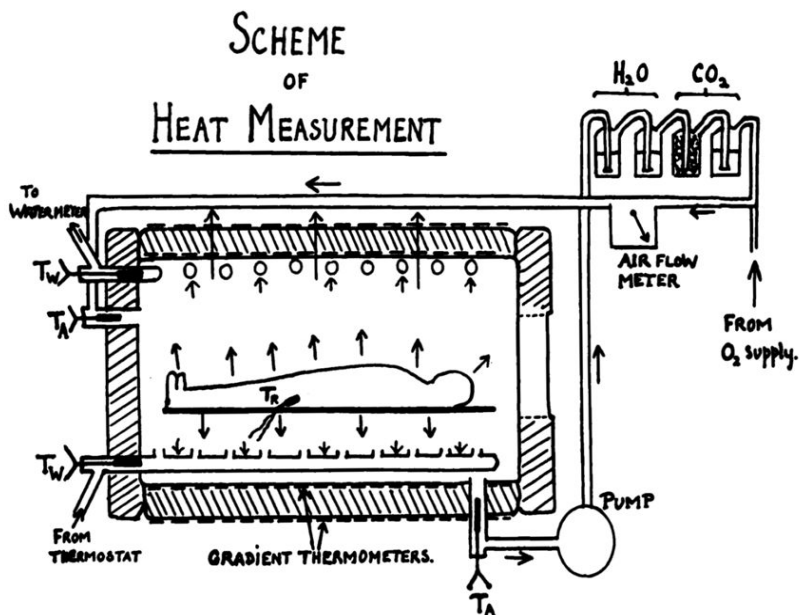
Jak jednak precyzyjnie określić ilość energii wydatkowanej przez nasz organizm podczas realizowania codziennych czynności? Jak zbadać, ile energii potrzebuje górnik do ciężkiej fizycznej pracy w kopalni, ile energii potrzeba na prowadzenie auta albo ile zużywamy jej podczas pływania kraulem? Każda z tych czynności niewątpliwie wymaga różnego nakładu energii. W jaki sposób jednak określić, ile energii i w jakiej postaci należy dostarczyć do organizmu, aby był on optymalnie sprawny? Intuicyjnie wiemy, że mniej wysiłku (a tym samym energii) kosztuje nas spokojny spacer niż dynamiczny sprint. Prawdopodobnie mniej energochłonny jest sen, niż zajęcia w szkole lub gra na *play station*. Potrzeba precyzyjnej oceny wydatkowania energii przez organizm człowieka związana jest również z walką z chorobami cywilizacyjnymi, do których zalicza się otyłość czy cukrzycę. Ambicją naukowców jest jednak poszukiwanie dokładnych i zobiektywizowanych mierników zjawisk, które badają. W zakresie mierzenia wydatków energetycznych ciała ludzkiego opracowali kilka metod badawczych.

Komora otoczona rurkami z wodą

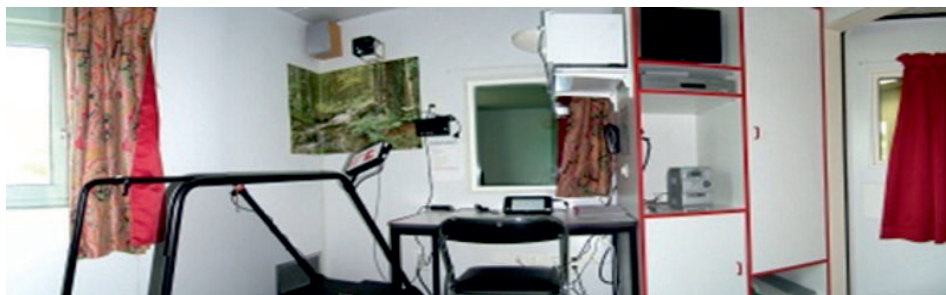
Jedną z najstarszych, ale i najbardziej precyzyjnych metod badania wartości wydatków energetycznych organizmu ludzkiego jest tzw. metoda kalorymetrii bezpośredniej. Opiera się ona na założeniu, że zużywana przez człowieka energia ostatecznie daje się przełożyć na ilość ciepła (energii cieplnej), które emituje nasz organizm. Wystarczy zatem zmierzyć przyrost temperatury spowodowany wydatkami energetycznymi ludzkiego ciała. Jak to jednak zrobić? Naukowcy skonstruowali w tym celu tzw. komorę kalorymetryczną. Jest to specjalne pomieszczenie otoczone ze wszystkich stron wodą. Przebywający w środku człowiek wydając energię powoduje wzrost temperatury. Jej przyrost odnotowuje się poprzez stały pomiar temperatury wody, niezwykle czulej na nawet minimalne zmiany termiczne.



Początkowo komory kalorymetryczne były niewielkich rozmiarów – przypominały sarkofagi, w których można było tylko leżeć (rys. 1). Dziś mamy do czynienia z pomieszczeniami wielkości pokoju, w których można mierzyć wydatkowanie energii związanej z szerszą gamą aktywności człowieka (rys. 2).



Rys. 1. Zdjęcie i schemat działania jednej z pierwszych komór do pomiarów wydatku energetycznego człowieka. Zdjęcie pochodzi z 1934 r. [1]



Rys. 2. Pokoje do pomiarów kalorymetrycznych, związanych z oceną zużycia energetycznego przez człowieka [2]

Z maską tlenową na bieżni

Wartość energii wydatkowanej przez organizm ludzki można także określić poprzez pomiar objętości gazów pochłanianych i wydalanych przez człowieka podczas oddychania, w określonej jednostce czasu. Energia wykorzystywana przez nasze ciało produkowana jest w procesie spalania (utleniania) tego, co zjedliśmy, a więc węglowodanów, tłuszczów, białek. Produktem spalania jest dwutlenek węgla. Dokonując pomiaru objętości zużytego tlenu i wydychanego CO_2 , można określić ilość wydatkowanej energii. Opisywana technika nosi nazwę kalorymetrii pośredniej. Do jej stosowania służą specjalne urządzenia – ergo-spirometry. Ich najbardziej charakterystycznymi elementami są maska i zestaw rurek. Umożliwiają one pomiar objętości gazów w procesie oddychania, a na tej podstawie dalej przelicza się wydatkowanie energetyczne.

Tajni agenci w płynach ustrojowych

Inną metodą pośrednią jest tzw. metoda podwójnie znakowanej wody. Badanej osobie podaje się do wypicia wodę wzbogaconą o izotopy wodoru ^2H (deuter) i tlenu ^{18}O . Są to stabilne izotopy i nie szkodzą zdrowiu. Nadmiar deuteru wydalaný jest wraz z wodą, natomiast nadmiar ^{18}O z wodą i dwutlenkiem węgla. Wyliczona różnica w szybkości usuwania tych dwóch izotopów, służy do określenia, ile sumarycznie zostało wydzielonego CO_2 , powstałego w wyniku przemian metabolicznych. Ta ilość stanowi podstawę do wyznaczenia całkowitego wydatku energetycznego badanej osoby w długim okresie pomiarowym (od kilku dni do 3 tygodni). Jednakże do ostatecznej oceny ilości tych izotopów w organizmie stosuje się spektroskopię masową, która jest stosunkowo drogą metodą analityczną.

Czujniki na ciele

Pośrednio wydatkowanie energii można ocenić przez stosowanie specjalnych czujników umieszczanych na ciele, które bezpośrednio mierzą tętno. Na tej podstawie oznacza się pośrednio pobór tlenu, a im większe zapotrzebowanie energetyczne, tym następuje większy pobór tlenu na poziomie komórkowym (każda komórka to elektrownia, w której za opał stosowany jest tlen). Inne czujniki do pośredniej oceny wydatku energetycznego to krokomierze (po prostu podczas spacerowania), czy akcelerometry podczas biegania, które z kolei badają zmianę położenie ciała w przestrzeni i czasie. Takie pomiary służą dalszym obliczeniom zużycia energetycznego [3].

Pomiar wydatkowanej energii – jak zrobić to samemu

Powyższe metody są dosyć skomplikowane i drogie – wymagają użycia odpowiedniego sprzętu i znajomości przeliczników. Istnieje jeszcze metoda kwestionariuszowa, czyli zapisywania w dzienniczku wszystkich czynności wykonywanych w okresie badania i przeliczania wydatku energetycznego na podstawie istniejących już tabel. Ważny jest tu pomiar czasu i znajomość własnej masy ciała (tabela 1).



Tabela 1. Przykładowe zużycie energii podczas różnych czynności wykonywanych przez człowieka [3]

RODZAJ CODZIENNYCH CZYNNOŚCI	kcal/(min·kg)
Sen	0,017
Leżenie bez snu	0,018
Odpoczynek siedząc	0,024
Posiłek (jedzenie)	0,025
Czytanie	0,021
Nauka	0,025
Stanie swobodne	0,027
Zajęcia na uczelni	0,027
Przebijanie się	0,042
Zabiegi toaletowe	0,042
Prowadzenie samochodu	0,044
Chodzenie (spacer)	0,045
Schodzenie ze schodów	0,043–0,056
Przygotowanie do treningu	0,047
Odpoczynek aktywny	0,047
Zabawa z dziećmi	0,055
Gimnastyka	0,071
Marsz (5,5 km/godz.)	0,089
Noszenie zakupów (ciężar 10 kg)	0,092
Wchodzenie po schodach	0,119–0,246
Praca w gospodarstwie domowym	0,017–0,1
Praca biurowa	0,024–0,029
Praca w laboratorium	0,035–0,05
Sporty rekreacyjne	0,04–0,11
Prace rolnicze	0,06–0,13

Jeśli sami chcemy oszacować swoje indywidualne zużycie energetyczne możemy korzystać z tabel dostępnych również w internecie [3]. Trzeba pamiętać iż otrzymamy jedynie oszacowanie, gdyż organizmy ludzkie mają różną sprawność energetyczną.

- [1] J.R. Murlin, A.C. Burton, Human calorimetry – I. A semi-automatic respiration calorimeter, JOURNAL OF NUTRITION, Vol.9 (2), 233–260, 1934
- [2] http://www7.inra.fr/r3c_eng/clermont_ferrand/installations_et_environnement
- [3] Metody pomiaru wydatku energetycznego osób aktywnych fizycznie, dr Barbara Frączek, Zakład Żywienia Człowieka Instytut Fizjologii Człowieka, Wydział Wychowania Fizycznego i Sportu, AWF Kraków (<http://dieta.mp.pl/sport/>)

K.D-K



Ogrzewacz chemiczny

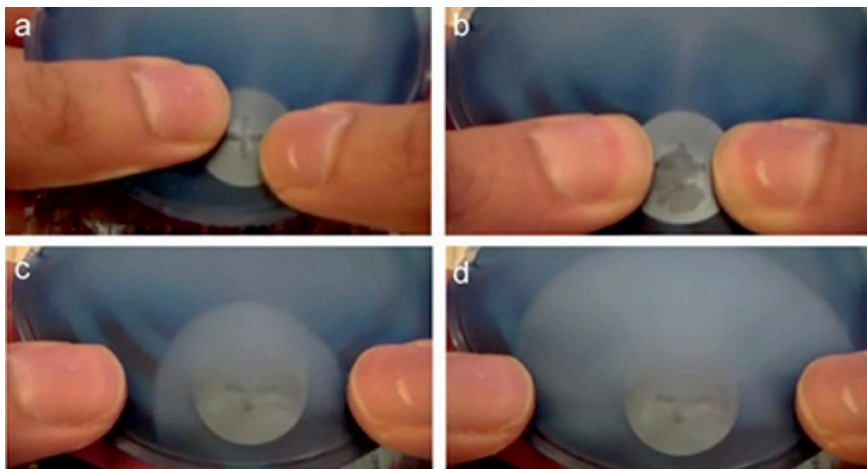
Ludzkie ciało jest dość dobrze przystosowane do ochrony przed upałami, natomiast dużo gorzej znosi mrozy. Dlatego zimowe spacery jednym kojarzą się z pięknymi widokami ośnieżonych budynków i drzew, a innym tylko i wyłącznie z zimnymi stopami albo dłońmi. Żeby zapobiec wychłodzeniu, oprócz odpowiedniego ubierania się, dzięki któremu można ograniczyć straty energii cieplnej, na zimowy spacer można też zabrać *ogrzewacz chemiczny*. Ogrzewacze te mają najczęściej postać plastikowych woreczków o różnych kształtach i rozmiarach: od małych, łatwo mieszczących się w dłoni saszetek, po kompresy i wkładki do butów.



Ogrzewacz chemiczny

Wewnątrz woreczka znajduje się przezroczysta ciecz – roztwór uwodnionego octanu sodu $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ lub uwodnionego tiosiarczanu sodu $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Oprócz tego wewnątrz woreczka znajduje się mały, giętki metalowy krążek o lekko zakrzywionej powierzchni. Jego wygięcie zapoczątkowuje przemianę cieczy w ciało stałe. W ciągu kilkunastu sekund można prześledzić proces krystalizacji, obserwując stopniowe powiększanie się obszaru skrzepniętego roztworu.





Krystalizacja roztworu w ogrzewaczu chemicznym: a – naciśnięcie metalowego krążka powoduje uwolnienie kryształków znajdujących się w zagłębieniach jego powierzchni, b – rozpoczęcie procesu krystalizacji w pobliżu dysku, c i d – stopniowe powiększanie się obszaru zamrożonego roztworu.

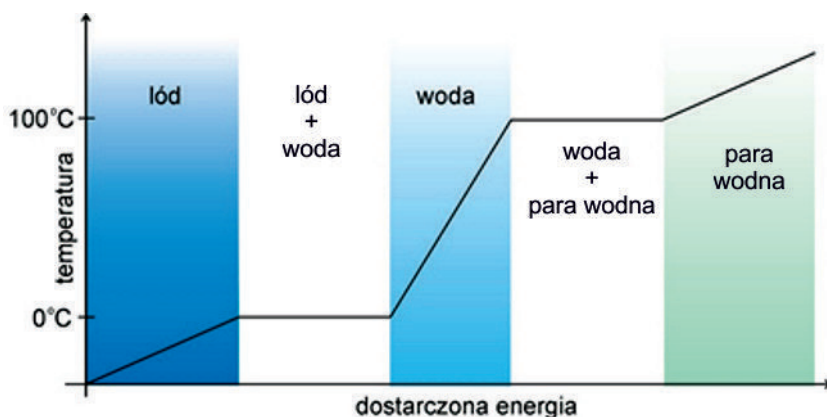
Krystalizacji towarzyszy wydzielanie się ciepła. Jest to tzw. *ciepło utajone*, czyli energia cieplna wymieniana przez układ z otoczeniem w trakcie przemiany fazowej (patrz ramka).

Przemiany fazowe

Podczas ogrzewania ciała stałego, cieczy lub gazu temperatura rośnie proporcjonalnie do ilości dostarczonego ciepła. Na poziomie mikroskopowym oznacza to stopniowe zwiększanie średniej prędkości ruchu cząstek danej substancji. W trakcie podgrzewania ciała bez zmiany jego stanu skupienia pochłonięta energia cieplna wyraża się wzorem

$$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T,$$

gdzie c oznacza ciepło właściwe, charakterystyczne dla danej substancji w określonym stanie skupienia, m oznacza masę, a ΔT różnicę temperatur.



Dla przykładu ciepło właściwe lodu wynosi $2100 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, co oznacza, że aby podnieść temperaturę jednego kilograma lodu o 1°C , należy dostarczyć 2100 J energii. Dla wody w stanie ciekłym ciepło właściwe wynosi $4190 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, więc aby podgrzać 1 kg wody o 1°C , należy dostarczyć aż 4190 J energii. Ciepło właściwe pary wodnej wynosi $1970 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, jest więc nieco niższe niż ciepło właściwe lodu.

W trakcie przemian fazowych, pochłanianie energii cieplnej następuje bez zmiany temperatury. Dzieje się tak dlatego, że pochłonięta energia jest wykorzystywana na zrywanie wiązań pomiędzy cząsteczkami substancji, a nie na zwiększenie ich średniej prędkości.

W trakcie przemian fazowych pochłonięta energia cieplna opisywana jest wzorem

$$\Delta Q = L \cdot m,$$

gdzie L oznacza utajone ciepło przemiany.

Ciepło topnienia lodu wynosi 334 kJ/kg , a ciepło parowania w temperaturze wrzenia wody 2257 kJ/kg . Oznacza to, że aby stopić kawałek lodu o masie 1 kg należy dostarczyć aż $334\,000 \text{ J}$ energii. Natomiast odparowanie 1 kg wody w temperaturze 100°C wymaga dostarczenia $2\,257\,000 \text{ J}$.

Powyższy wykres opisuje również przebieg ochładzania substancji. W miarę utraty energii cieplnej przez gaz spada jego temperatura, aż do momentu, gdy rozpoczyna się skraplanie. Następnie temperatura cieczy maleje aż do osiągnięcia temperatury krzepnięcia. Ciepło skraplania jest liczbowo równe ciepłu parowania. Podobnie, ciepło topnienia jest równe ciepłu krzepnięcia.

W przypadku czystego uwodnionego octanu sodu ciepło krzepnięcia jest równe 260 kJ/kg , a dla uwodnionego tiosiarczanu sodu wynosi ono 210 kJ/kg .

Temperatura ogrzewacza podnosi się miejscowo do nominalnej temperatury krzepnięcia roztworu. W przypadku roztworów standardowo wykorzystywanych w ogrzewaczach (o stężeniu około 20%) dla octanu sodu temperatura ta wynosi około 54°C , a dla tiosiarczanu sodu około 45°C . Ogrzewacz pozostaje ciepły przez około 20 min . Żeby ponownie go użyć należy zanurzyć go w gorącej wodzie i poczekać aż jego zawartość się stopi. W tym czasie następuje magazynowanie energii w ogrzewaczu.

Obserwacja procesu krzepnięcia roztworu, a następnie jego topnienia po włożeniu ogrzewacza do gorącej wody mogą prowadzić do dwóch ważnych pytań. Po pierwsze, skoro roztwór octanu sodu krzepnie w temperaturze 54°C , to jak to możliwe, że przed wygięciem metalowego krążka, w temperaturze pokojowej, zawartość ogrzewacza była płynna? Po drugie, co takiego dzieje się w trakcie naciskania metalowego dysku i dlaczego zapoczątkowuje to proces krystalizacji?

Żeby odpowiedzieć na te pytania, spróbujemy przyglądnąć się bliżej procesowi zamarzania na poziomie mikroskopowym. Aby ciecz mogła zamarznąć konieczne jest spełnienie pewnych warunków. Przede wszystkim temperatura nie może być wyższa niż temperatura krzepnięcia substancji przy danym ciśnieniu. Ponadto, konieczna jest obecność tzw. *zarodków krystalizacji*. Czym są te zarodki? Otóż, zderzające się ze sobą cząsteczki cieczy mogą spontanicznie tworzyć skupiska – małe kryształki ciała stałego. To właśnie te małe kryształki odpowiedzialne są za zapoczątkowanie procesu krzepnięcia. Tworzenie zarodków ułatwia obecność zanieczyszczeń w roztworze. Zarodki tworzą się również przy powierzchni ścianek naczynia i to tym łatwiej, im bardziej porowata jest

ich powierzchnia. Małe skupiska cząstek rozpadają się jednak równie łatwo, jak się tworzą. Jeśli temperatura nie jest wystarczająco niska, żaden ze spon-tanicznie utworzonych zarodków nie osiąga krytycznego rozmiaru koniecznego do zapoczątkowania krystalizacji całego roztworu. Jeśli będziemy powoli ochładzać bardzo czystą ciecz w naczyniu o bardzo gładkich ściankach, to możemy dzięki temu obniżyć jej temperaturę dużo poniżej temperatury zamarzania i mimo tego pozostanie ona w stanie ciekłym. O takiej cieczy mówimy, że jest *przechłodzona*. Jeśli do przechłodzonej cieczy wrzucimy odpowiednio duży zarodek, to nastąpi jej gwałtowne zamarznięcie. To właśnie ten proces obserwujemy w przypadku ogrzewacza chemicznego.

Gwałtowne zamarzanie przechłodzonej cieczy można również sprowokować poprzez zaburzenie mechaniczne, na przykład poprzez nagłe trącenie pojemnika lub jego ściśnięcie, a także poprzez wystawienie go na działanie fali dźwiękowej. Jednak w przypadku roztworu zawartego w ogrzewaczach chemicznych konieczne do wywołania krystalizacji zaburzenie mechaniczne musiałoby być bardzo duże (ciśnienie rzędu 5000 atmosfer w temperaturze 20°C). Jest to praktyczne, ponieważ nie trzeba się martwić o to, że roztwór w ogrzewaczu zamrze pod wpływem nagłego wstrząsu lub hałasu. W związku z tym musimy jednak odrzucić hipotezę, że zamarzanie cieczy w ogrzewaczu następuje na skutek naciskania metalowego dysku.

Co więc powoduje zamarzanie roztworu? Otóż metalowy dysk jest pokryty mikroskopijnymi rysami. W małych szczelinach na powierzchni tworzą się zarodki krystalizacji. Na skutek wygięcia metalowego krążka zarodki te dostają się do roztworu i zapoczątkowują proces zamarzania. Ze względu na warunki panujące w zagłębieniach powierzchni metalowego krążka niektóre zarodki krystalizacji mogą przetrwać nawet podczas ogrzewania saszetki w celu jej ponownego użycia. Dzięki temu ogrzewacz może być używany wielokrotnie.

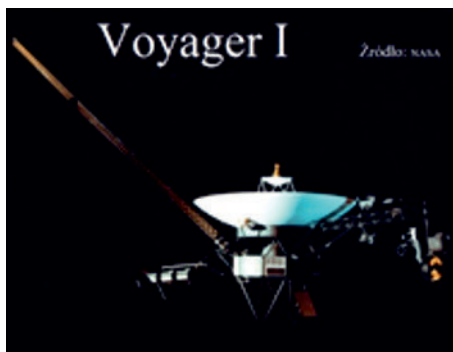
KC

Polecamy wykonanie doświadczenia z przechłodzoną wodą opisanego na s. 19.



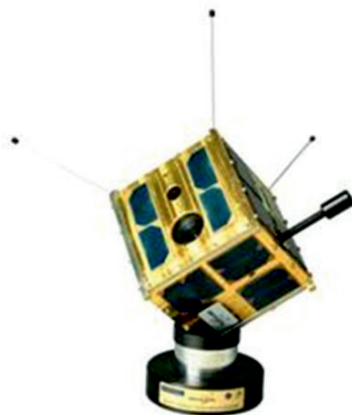
Sondy kosmiczne

- Jedno z niewątpliwie najważniejszych wydarzeń w historii ludzkiej eksploracji Kosmosu miało miejsce w zeszłym roku, jak podaje NASA. To wtedy bowiem Voyager 1 przekroczył granice Układu Słonecznego. Debata trwała może długo, ale kolejne dane rozwiąły wszystkie wątpliwości. Dziś już można z całą pewnością powiedzieć, że ta ponad 36-letnia sonda jest pierwszym obiektem stworzonym przez czło-



wieka, który wkroczył w przestrzeń międzygwiazdną. Voyager oddala się od Słońca z szybkością 17 km/s bez konkretnego celu.

- Sonda Cassini, w chwili przerwy w badaniach Saturna, zrobiła w lipcu drugie już w swojej historii zdjęcie Ziemi z odległości ponad 1,5 mld km. Fotografia nie jest wielkim wydarzeniem naukowym, ale niewątpliwie warto ją zobaczyć ze względu na jej unikalną naturę. Misja naukowa Cassini obecnie skupia się na obserwacji zderzeń asteroidów z pierścieniami Saturna, ze względu na podobieństwo tych zdarzeń, do tego co działo się we wczesnych etapach formowania planet Układu Słonecznego.
- Pierwszy polski satelita naukowy „Lem” jest już na orbicie. Start odbył się 21 listopada 2013 roku z bazy wojskowej Jasny w Rosji. Kolejny, „Heweliusz”, wystartuje z kosmodromu Taiyuan w Chinach 29 grudnia br. Oba satelity należą do międzynarodowego projektu BRITE. Ich misją jest obserwacja procesów konwekcji w jasnych gwiazdach, co pozwoli lepiej zrozumieć jak wytwarzają one energię. Warto pamiętać, że nie jest to pierwszy polski satelita. Ten tytuł przysługuje PW-Sat Politechniki Warszawskiej.



Kosmiczne obserwatoria

- Teleskop Hubble'a również obserwował błękitną planetę, z tym że był to gazowy gigant HD 189733Ab, należący do kategorii tzw. gorących Jowiszy. Obiekty te krążą po orbitach znacznie bliższych swoim gwiazdom niż orbita Merkurego. Z tego powodu temperatury atmosfery sięgają tam 1100°C, a wiatry wieją z szybkością nawet 7250 km/h. Jak pokazały pomiary polarymetryczne, tu właśnie leży tajemnica zabarwienia planety. W tak ekstremalnych warunkach krzem topnieje i unosi się w atmosferze w postaci małych kropelek, które bardzo silnie rozpraszają właśnie niebieskie światło.
- Inne odkrycie Hubble'a pochodzi z naszego kosmicznego podwórka. Analiza zdjęć Neptuna z ostatnich lat zaowocowała znalezieniem nowego księżyca. Zwiększa to ich liczbę do czternastu. S/2004 N1 ma niecałe 20 km średnicy i okrąża gazowego giganta w czasie 23 godzin.
- Swoje misje zakończyły:
 - Teleskop Herschel – znany z badań nad czarnymi dziurami oraz nad formowaniem się gwiazd w odległych galaktykach. Misja zakończona zgodnie z planem po wyczerpaniu się chłodziwa.
 - Teleskop Kepler – poszukujący planet pozasłonecznych. Misja zakończona z powodu awarii systemu kontroli orientacji pojazdu.
 - Obserwatorium GALEX – badające ewolucję wczesnych galaktyk zakończył misję zgodnie z planem.

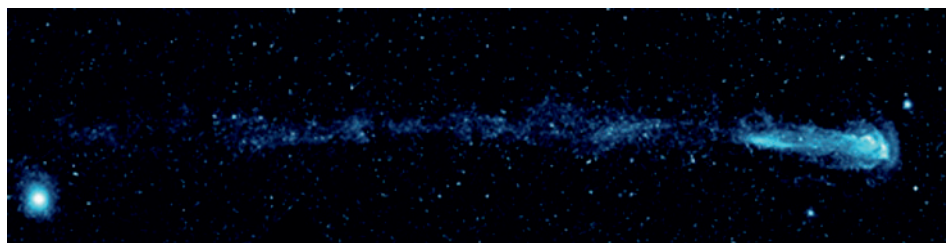


Curiosity

6 sierpnia br. minął rok od lądowania łazika w kraterze Gail na Marsie. Niestety rocznicowe odkrycie do radosnych nie należy. Pomiaru składu atmosfery pokazały, że nie zawiera ona metanu. Znaczne ilości tego gazu produkowane są między innymi w procesach biologicznych i jego obecność mogłaby wskazywać na istnienie życia na Czerwonej Planecie. Dokładność przyrządów łazika pozwala na znajdowanie substancji występującej w stężeniu jednej cząstki na miliard i brak sygnałów sugeruje, że zawartość tego gazu musi być mniejsza niż pierwotnie podejrzewano. Rejon badań jest z konieczności ograniczony i naukowcy liczą, że pełniejszego obrazu składu marsjańskiej atmosfery dostarczy satelita MAVEN. Został on z powodzeniem wystrzelony 18 listopada br. roku i znajduje się obecnie na heliocentrycznej orbicie tranzytowej. Jeśli nie będzie żadnych komplikacji satelita dotrze do celu we wrześniu przyszłego roku.

Inne

- NASA przyjęła do programu ośmiu nowych astronautów. To oni będą mieli szansę uczestniczyć w pierwszej załogowej misji na asteroidę, a może także na Marsa, jeśli ich szkolenie przebiegnie pomyślnie.
- Misja badania niskich warstw atmosfery słonecznej IRIS zapowiada się bardzo dobrze. Start i pierwsze manewry przebiegły bez zakłóceń, a pierwsze przesłane zdjęcia są bardzo dobrej jakości.
- Orbital Sciences przeprowadziła udany start swojej rakiety Antares z pojazdem zaopatrzeniowym Cygnus, zmierzającym do międzynarodowej stacji kosmicznej. Dokowanie opóźniło się z powodu problemów z oprogramowaniem systemu GPS pojazdu.
- NASA i ESA podpisały umowę o współpracy nad misją na Merkurego. BepiColombo składać się będzie z dwóch pojazdów, które zrobią mapę powierzchni oraz pola magnetycznego planety.
- Chociaż nie spełniły się nadzieje na „widowisko stulecia”, kometa ISON i tak zachwyciła. Pierwsze zdjęcia i filmy (www.nasa.gov/ison) pokazują jak wyłania się zza Słońca ciągnąc za sobą dwa warkocze. Nie wiadomo jeszcze, jaki dokładnie czeka ją los, ale nie można wykluczyć, że w grudniu i na początku stycznia będzie jednak widoczna gołym okiem.



Układ podwójny Omicron Ceti, w podróży wokół centrum galaktyki, niczym kometa, ciągnie za sobą ogon o długości 13 lat świetlnych. Zdjęcie obserwatorium GALEX. Źródło: NASA

Przechłodzona woda

W jakiej temperaturze zamarza woda? Na to pytanie zna odpowiedź nawet uczeń szkoły podstawowej. Czy na pewno?

Poniższe doświadczenie najlepiej wykonać w mroźny zimowy dzień, gdy temperatura powietrza nie jest wyższa niż -15°C . Jeśli jednak na zewnątrz nie jest aż tak mroźno, zamiast balkonu lub parapetu można wykorzystać zamrażalnik.

Przygotuj

2 jednakowe plastikowe butelki (jedna na zapas) wody mineralnej niegazowej, oryginalnie zamknięte.

Zadanie

1. Wstaw obie butelki z wodą do zamrażalnika, w którym jest około -18°C , a jeśli na zewnątrz panuje odpowiednio niska temperatura, wystaw je na balkon lub za okno. **Butelki powinny stać pionowo.**
2. Odczekaj co najmniej 2 godziny, jednak nie dłużej niż 4.

Eksperyment

1. **Bardzo ostrożnie** wyjmij jedną butelkę i postaw ją na stole. Uważaj, aby jej nie zginać ani nią nie wstrząsać!
2. Nie dotykając butelki, sprawdź czy jest w niej lód.
3. Jeśli w butelce jest lód, zaobserwuj jego strukturę, a do wykonania eksperymentu użyj drugiej butelki z wodą.
4. Jeśli w butelce znajduje się sama woda, podnieś butelkę ponad stół i energicznie uderz nią w blat stołu. Obserwuj, co się stanie w butelce.

Obserwacja

1. Co się stało z wodą w butelce po uderzeniu butelką w stół?
2. Od której strony lód zaczął wypełniać butelkę?

Komentarz

Temperatura wody pozostawionej na kilka godzin w zamrażalniku spada poniżej 0°C , czyli poniżej temperatury krzepnięcia. Jednak w zamkniętej butelce z wodą o temperaturze około 0°C i poniżej lód się nie tworzy. Woda ulega **przechłodzeniu** poniżej temperatury krzepnięcia. Taki stan jest jednak bardzo nietrwały, tzn. wystarczy jakieś zaburzenie (np. uderzenie butelką w stół), aby rozpoczęła się gwałtowna krystalizacja wody – czyli jej krzepnięcie (przemiana w lód).

W idealnych warunkach wodę można przechłodzić nawet do -40°C !

Doświadczenie pochodzi z Ogólnopolskiego Konkursu Nauk Przyrodniczych – Świetlik: www.swietlik.edu.pl

DS

Zobacz też:

<http://www.milanos.pl/vid-104527-Przechlodzona-woda-zamieniona-w-lod-w.html>

Zadania

1. Materac dmuchany i pierzyna

Dlaczego spanie w chłodnym pokoju na dmuchanym materacu ma sens, a przykrycie się nim (pomijając, że jest sztywny i bokami by wiało) jest mało skuteczne.

Lwiątko 2012 kl. 1–2 gimnazjum, zad 7

2. W jakim celu na złączach szyn kolejowych pozostawia się między nimi niewielką przerwę?

- A. Dla oszczędności materiału.
- B. Aby koła stukały, jak to lubią pasażerowie.
- C. Aby zostawić miejsce na wydłużanie się szyn w czasie upałów.
- D. Aby zostawić miejsce na wydłużanie się szyn w czasie mrozów.
- E. Aby zostawić miejsce na wydłużanie się szyn pod obciążeniem.

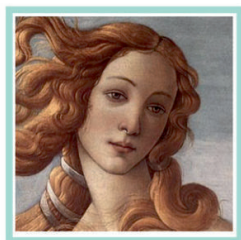
Lwiątko 2012 kl. 3 gimnazjum, zad 26

3. Kostka lodu, wrzucona do termosu z wodą, obniża temperaturę wody o 8°C . Gdyby wrzucono dwie takie same kostki lodu, temperatura spadłaby

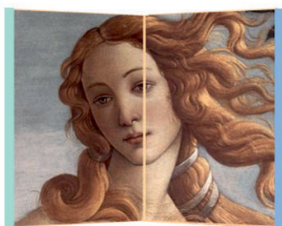
- A. o 16°C ,
- B. o więcej niż 16°C ,
- C. o mniej niż 16°C .
- D. Wybór między odpowiedziami A, B i C zależy od początkowej temperatury lodu.
- E. Wybór między odpowiedziami A, B i C zależy od początkowej temperatury wody.



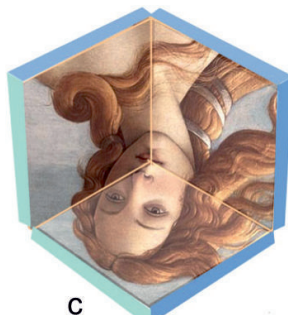
Wenus przegląda się:



a



b



c

- a. w jednym lusterku,
- b. w dwóch prostopadłych lusterkach,
- c. w trzech prostopadłych lusterkach

Wykonaj w domu podobną demonstrację.

Nadesłał do Redakcji Jerzy Ginter



Zapraszamy do udziału w kolejnej edycji **Polsko-Ukraińskiego Konkursu Fizycznego LWIĄTKO**.

Konkurs ten narodził się na Ukrainie, we Lwowie – stąd jego nazwa. Jest fizyczną odmianą popularnego matematycznego „Kangura” – zasady i reguły są te same. Konkurs rozgrywany jest w gimnazjach i szkołach ponadgimnazjalnych w pięciu kategoriach wiekowych.

W tym roku szkolnym konkurs odbędzie się w szkołach w poniedziałek 31 marca 2014, jak zwykle w godzinach przedpołudniowych. Szkoły mogą zgłosić uczestników najpóźniej do 21 lutego 2014 roku. Wszystkie informacje są dostępne na stronie internetowej:

www.lwiatko.org

Zad. 3. Odpowiedź C.

Zad. 2. Odpowiedź C.

noce.

W puchowej pleźnynie nie zachodzi proces konwekcji. Puchowy spłótniony jest niezaształpiony na zimne. W puchowej pleźnynie nie zachodzi proces konwekcji. Puchowy spłótniony jest niezaształpiony na zimne. W puchowej pleźnynie nie zachodzi proces konwekcji. Puchowy spłótniony jest niezaształpiony na zimne.

W przypadku przykrycia się materacem ciepłsze powietrze nagrzane od ciała unosi się ku górze komory i tam przekazuje ciepło powietrzu znajdującemu się nad materacem. Zachodząca w tym wy- sytuacji nie zachodzi proces konwekcji. W puchowej pleźnynie nie zachodzi proces konwekcji. Puchowy spłótniony jest niezaształpiony na zimne.

Zad. 1. Powietrze jest złym przewodnikiem ciepła. Gdy leżymy na materacu, to górna warstwa powie-

NEUTRINO - pismo dla uczniów o fizyce i astronomii
ISSN 1689-9571

wydawane przez FOTON
Biuletyn Sekcji Nauczycielskiej Polskiego Towarzystwa Fizycznego
Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie
ISSN 1234-4729

Zespół redakcyjny:
Zofia Gołąb-Meyer (red. naczej.), Katarzyna Cieślak,
Katarzyna Dziedzic-Kocurek, Dagmara Sokołowska, Witold Zawadzki

Adres Redakcji:
FOTON
Instytut Fizyki UJ, 30-059 Kraków, ul. Reymonta 4
tel. 0-12 663-55-63, fax. 0-12 633-40-79
e-mail: foton@if.uj.edu.pl

Redakcja techniczna, opracowanie graficzne i skład:
Anna Gagatka, IF UJ

Projekt okładki: Andrzej Cieślak

Zachęcamy do prenumeraty NEUTRINA z FOTONEM:
Cena prenumeraty rocznej wynosi 31,50 zł. Pieniądże należy wpłacić na konto:

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ
"FOTON"

Bank PEKAO S.A. O/Kraków
Nr r-ku: 07 1240 4722 1111 0000 4855 9692

Prosimy o poinformowanie Redakcji o dokonanej wpłacie i podanie nr NIP