

| | | |
|---|---|-----------|
|  | Wyznaczanie ilości ciepła wydzielanego z organizmu człowieka przy oddychaniu | C5 |
|---|---|-----------|

Przyrządy:

Kalorymetr (dwie sztuki), waga analityczna, kostki lodu, siatka na lód, termometr, słomka do oddychania, bibuła.

Informacje:

W wyniku przemiany materii w organizmach żywych powstaje ciepło, które zostaje zużyte przez organizm na endotermiczne reakcje chemiczne, pracę mechaniczną, energię elektryczną oraz energie fal elektromagnetycznych. Część ciepła zostaje różnymi drogami odprowadzona na zewnątrz organizmu. Wydzielanie ciepła przez organizm jest podstawowym czynnikiem utrzymania optymalnej temperatury ustroju, oraz stanowi istotną składową część procesów termoregulacji.

Ciepło wydzielone z organizmu można wyznaczyć dwiema metodami:

1. Kalorymetria bezpośrednia — polega na umieszczeniu człowieka lub zwierzęcia w odpowiednio przystosowanym kalorymetrze.
2. Kalorymetria pośrednia — polega na badaniu wymiany gazowej.

Wyniki otrzymane obiema metodami są zgodne w granicach wymaganej dokładności.

W tym ćwiczeniu zajmujemy się jedną z dróg wydzielania ciepła z ustroju, mianowicie przez oddychanie. Powietrze wdychane ma temperaturę otoczenia, a zawarta w nim para wodna jest najczęściej nienasycona. Wewnątrz dróg oddechowych powietrze wraz z zawartą w nim parą podgrzewa się do temperatury ciała ludzkiego, a oprócz tego para uzyskuje stan nasycenia na skutek parowania wody ze ścian przewodów oddechowych. Procesy te odbywają się oczywiście kosztem ciepła pobranego z organizmu. Aby to ciepło wyznaczyć, przeprowadzamy następujące doświadczenie.

W omawianym ćwiczeniu powietrze jest wydychane do kalorymetru, w którym znajduje się lód. Ciepło wydzielone podczas wydychania powietrza Q_1 jest zużyte na proces topnienia lodu.

$$Q_1 = (m_w[II] - m_w[I])c_1 \quad (1)$$

gdzie m_w oznacza masę wody powstałej z lodu w kalorymetrze bez wydychania powietrza (kalorymetr I) i podczas wydychania powietrza (kalorymetr II), c_1 - jest ciepłem topnienia lodu.

Ciepło to jest równe ciepłu, jakie straciłby organizm przez oddychanie, gdyby oddychanie odbywało się w temperaturze topnienia lodu $T_0 = 0^\circ\text{C}$. Doświadczenie przeprowadzamy w temperaturze pokojowej. Wzór na ciepło Q wydzielone przez organizm poprzez wydychanie w temperaturze pokojowej T_p otrzymujemy na podstawie proporcji:

$$Q = Q_1 \frac{T_c - T_p}{T_c - T_0} \quad (2)$$

gdzie: T_c — temperatura normalna ciała ludzkiego ($36,6^\circ\text{C}$).

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie ciepła wydzielanego przez organizm człowieka podczas oddychania.

Kolejność wykonywanych czynności:

UWAGA! DO WYKONANIA TEGO ĆWICZENIA NIEZBĘDNE SĄ KOSTKI LODU. NALEŻY ZGŁOSIĆ POTRZEBĘ URUCHOMIENIA KOSTKARKI PRACOWNIKOWI TECHNICZnemu. INSTRUKCJA OBSŁUGI KOSTKARKI ZNAJDUJE SIĘ W PRACOWNI I NA STRONIE INTERNETOWEJ Z INSTRUKCJAMI DO ĆWICZEŃ.

1. Włączyć wagę. Odczekać, aż waga się wytaruje (po serii testów na jej polu odczytowym pojawi się ciąg zer). Jeśli wyświetlacz pustej wagi nie wskazuje „0”, należy ją wyzerować ręcznie. Służy do tego przycisk „0/T” (pierwszy od lewej).
2. Zważyć puste i wysuszone naczynia wewnętrzne kalorymetrów I i II bez mieszadeł. Pomiar powtórzyć trzy razy i uśrednić go.
3. Do uformowanego pojemnika z siatki włożyć 2 – 3 kostki lodu (o temp. 0°C – w tym celu pozostawić lód przed włożeniem go do kalorymetru tak długo na kawałku bibułki, aż zacznie

- się topić, lód przed włożeniem do kalorymetru osuszyć ze stopionej wody) i umieścić go w naczyniu wewnętrznym kalorymetru I. Całość umieścić w osłonie i szczelnie zamknąć pokrywą. Kalorymetr pozostawić na 20 minut.
- Po upływie 20 minut szybko wyjąć wewnętrzny pojemnik z siatki zawierający lód, otrząsnąć lód z nadmiaru wody do naczynia wewnętrznego kalorymetru.
 - Zważyć naczynie wewnętrzne kalorymetru I z wodą. Pomiar powtórzyć trzy razy i uśrednić go. Odejmując masę pustego naczynia, obliczyć masę wody powstałej ze stopienia lodu pod wpływem ciepła zawartego w kalorymetrze oraz dopływającego z zewnątrz.
 - Przygotować 2 - 3 nowe kostki lodu o podobnej wielkości tak aby ich zewnętrzna powierzchnia miała 0°C (ponownie kładąc lód na bibułce i czekając na jego topnienie na zewnętrznej powierzchni a następnie osuszając go z powstałej wody).
 - Umieścić kostki lodu w siatce, którą wkładamy do wewnętrznego naczynia kalorymetru II. Przez 20 minut wydychać powietrze do kalorymetru II przez ustnik (słomkę). Należy pamiętać, aby oddech był jak najbardziej zbliżony do normalnego, oraz aby całe powietrze było wtłoczone do kalorymetru.
 - Po skończeniu wydychania natychmiast otworzyć kalorymetr i wyjąć z niego pojemnik wraz z pozostałością lodu. Otrząsnąć siatkę z lodem z resztek wody do kalorymetru II.
 - Zmierzyć temperaturę w pomieszczeniu.
 - Zważyć naczynie wewnętrzne kalorymetru II wraz z wodą. Pomiar powtórzyć trzy razy i uśrednić go. Odejmując masę pustego naczynia, obliczyć masę wody powstałej podczas wydychania powietrza i skraplania się pary wodnej. Wyniki umieścić w tabeli:

Tabela 1

| I | I | I | II | II | II | m_{wp} | T_0 | T_c | T_p | C_t | Q_1 |
|-------|----------|-------|-------|----------|-------|----------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------|
| m_k | m_{kw} | m_w | m_k | m_{kw} | m_w | [g] | [$^{\circ}\text{C}$] | [$^{\circ}\text{C}$] | [$^{\circ}\text{C}$] | [kJ kg^{-1}] | |
| [g] | [g] | [g] | [g] | [g] | [g] | | | | | | |
| | | | | | | 5g | 0°C | $36,6^{\circ}\text{C}$ | | 335kJ kg^{-1} | |

gdzie: $m_k[I]$ - masa pustego kalorymetru I, $m_{kw}[I]$ - masa kalorymetru I z wodą, $m_w[I]$ - masa wody powstałej w kalorymetrze I. $m_k[II]$ - masa pustego kalorymetru II, $m_{kw}[II]$ - masa kalorymetru II z wodą, $m_w[II]$ - masa wody powstałej w kalorymetrze II, m_{wp} - masa wody powstałej na skutek skroplenia się pary wodnej zawartej w wydychanym powietrzu.

Całkowite ciepło Q_1 stracone przez wydychanie powietrza przy ochłodzeniu się do temperatury $T = 0^\circ\text{C}$ obliczyć ze wzoru:

$$Q_1 = (m_w[\text{II}] - m_w[\text{I}] - m_{wp})c_t \quad (3).$$

11. Obliczyć ciepło wydychania Q , uwzględniając poprawkę według wzoru (2).
12. Przeprowadzić rachunek błędów.

Wymagania:

- pojęcie ciepła i temperatury z punktu widzenia kinetyczno-molekularnej teorii budowy substancji [2, 6]
- definicja ciepła właściwego i ciepła topnienia oraz jednostki tych wielkości
- zależność temperatury topnienia od ciśnienia