



ENERGIA I ORGANIZM LUDZKI

W organizmie ludzkim ciągle zachodzą przemiany energii. Głównym źródłem energii jest pokarm zawierający węglowodany, które gromadzą energię chemiczną. Węglowodany są rozkładane na prostsze składniki, które przechowują energię i dostarczają ją do mięśni i wszystkich organów. Organizm zużywa energię na podtrzymanie procesów życiowych i wytwarzanie ciepła. Podczas intensywnych ćwiczeń fizycznych wzrasta szybkość produkcji energii cieplnej, a mimo to organizm ludzki utrzymuje stałą temperaturę ciała. Jest to możliwe dzięki wielu zjawiskom zachodzącym w organizmie, które zapewniają równowagę między energią dostarczaną a odprowadzaną do otoczenia.



PORADNIK NAUCZYCIELSKI

I. Wstęp

1. Krótkie wprowadzenie do modułu

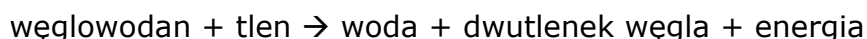
Tematem tego modułu jest równowaga energetyczna utrzymywana w organizmie ludzkim. Podstawowym źródłem energii dla organizmu ludzkiego jest pokarm, natomiast największa część dostarczonej energii zużywana jest na utrzymanie stałej temperatury ciała. Ćwiczenia uczniowskie dotyczą procesów związanych z dostarczaniem oraz wydzielaniem energii. Moduł zawiera cztery typy ćwiczeń:

- 1. Pomiary wspomagane komputerowo:** Dwa doświadczenia laboratoryjne:
 - Pomiar wartości energetycznej (kaloryczności) żywności - mierzenie energii wydzielonej podczas spalania chipsa ziemniaczanego.
 - Badanie efektu ochładzania podczas procesu parowania.
- 2. Symulacja:** Wizualizacja wspomagająca interpretację doświadczeń laboratoryjnych wyjaśniających procesy przemian energetycznych w ciele ludzkim.
- 3. Modelowanie:** Model matematyczny przewidujący zmiany temperatury cieczy podczas jej parowania.
- 4. Film:** Nagranie wideo przedstawiające doświadczenie, w którym uczestnik eksperymentu zamykany jest w izolowanej komorze. W tym czasie mierzone są zmiany temperatury, wilgotności i poziomu CO₂, umożliwiające przeprowadzenie bilansu energetycznego.

2. Podstawy teoretyczne

ENERGIA DOSTARCZANA DO CIAŁA LUDZKIEGO

Głównym źródłem energii dla organizmu ludzkiego jest pożywienie. Energia ukryta w żywności jest rozważana jako energia chemiczna, dostarczana przez składniki pokarmowe. Zazwyczaj, węglowodany są uważane za substancje dostarczające najwięcej energii. Uwolnienie tej energii wymaga reakcji z tlenem, podczas której dochodzi do **oddychania tlenowego**. Wyraża się to w najprostszej formie następującej reakcji chemicznej:



Para wodna oraz dwutlenek węgla są składnikami wydychanego powietrza. Generalnie, oddychanie jest chemicznie podobne do **procesu spalania**, gdyż oba są procesami tlenowymi, substraty i produkty są takie same i w obu przypadkach wydzielana jest energia. Oddychanie jest czasami uważane za bardzo wolną formę spalania, ale wiele modeli nie sprawdza się, gdy bierze się pod uwagę złożone procesy metaboliczne. Jednakże, podobieństwo może być wykorzystane do pomiarów energii zawartej w pożywieniu. W naszym modelu

oddychania, **wartość energetyczna pokarmów** i **ciepło spalania** (lub entalpia spalania) mogą być uważane za równoważne. To ostatnie może być mierzone w laboratorium za pomocą różnych typów kalorymetrów, skalibrowanych tak, by na podstawie zmian temperatury można było obliczyć ilość dostarczonej energii cieplnej.

W ciele ludzkim, wątroba jest głównym narządem odpowiedzialnym za przemiany pożywienia. Oprócz innych funkcji biologicznych jest ona głównym organem odpowiedzialnym za wytwarzanie energii w organizmie, podobnie jak bojler w centralnym ogrzewaniu. Również mięśnie wytwarzają energię wewnętrzną podczas ruchu. Dlatego też większość ćwiczeń fizycznych powoduje wzrost temperatury ciała.

STRATY ENERGII W ORGANIZMIE LUDZKIM

W związku ze złożoną regulacją systemu jakim jest organizm ludzki, wewnętrzna temperatura ciała ludzkiego zazwyczaj pozostaje stała i wynosi około 37°C. W komfortowych warunkach klimatycznych, temperatura zewnętrzna jest zazwyczaj niższa od tej wartości. Ta różnica temperatur powoduje stałe straty energii w postaci odpływu ciepła do otoczenia, głównie przez **konwekcję**. Szybkość przepływu ciepła zależy od izolacyjnych właściwości noszonych ubrań, ale głównie tłumaczy je prawo Newtona, które mówi, że szybkość przepływu ciepła ($\Delta H / \Delta t$) jest wprost proporcjonalne do różnicy temperatur między powierzchnią ciała a jego otoczeniem:

$$\Delta H / \Delta t = - K * (T - T_s)$$

- gdzie T i T_s są temperaturami ciała i jego otoczenia i K jest współczynnikiem proporcjonalności.

Temperatura skóry jest regulowana (w pewnych granicach) przez **przepływ krwi** tuż pod jej powierzchnią oraz przez **pocenie**. Gdy temperatura zewnętrzna jest niska, organizm ogranicza przepływ krwi w żyłach pod skórą, by zmniejszyć powierzchnię kontaktu krwi o temperaturze 37°C z chłodnym otoczeniem. Gdy temperatura zewnętrzna jest wysoka organizm poci się przez pory w skórze. Parowanie kropli potu powoduje zużycie energii i jednocześnie ochłodzenie skóry. Ilość traczonej energii zależy od masy (Δm) wyparowanego potu:

$$\Delta H = L \Delta m.$$

- gdzie L jest to ilość energii potrzebna do wyparowania 1 kg wody.

3. Wymagana wiedza wstępna

- Składniki pokarmowe (węglowodany, białka, tłuszcze)
- Oddychanie tlenowe
- Pomiar temperatury
- Skala temperatury (Celsjusza)
- Skutki ogrzewania i ochładzania substancji
- Wymiana ciepła przez konwekcję
- Różnica temperatur spowodowana wymianą ciepła

4. Wprowadzane lub rozwijane pojęcia

- Energia składników pokarmowych
- Ciepło spalania
- Ciepło parowania
- Zależność szybkości ochładzania substancji od różnicy temperatur między substancją a jej otoczeniem

5. Inne użyteczne informacje

- Więcej informacji na temat przemian energii w organizmie ludzkim można znaleźć pod adresem:

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>

- Podsumowanie w Dodatku 1.

II. Podejście dydaktyczne

1. Kontekst pedagogiczny

- Tematyka tego modułu może być stosowana przy:
- Porównywaniu wartości energetycznej różnych rodzajów pokarmów
- Dyskusji o zbilansowanej diecie i metodach odżywiania
- Analizie przemian energii podczas ćwiczeń fizycznych
- Analizie zjawiska pocenia jako procesu przyspieszającego straty energii ciała.

TWORZENIE SEKWENCJI DYDAKTYCZNEJ

Każde z sugerowanych wyżej zagadnień można zacząć omawiać pod różnym kątem. Sugerujemy jednak, by rozpoczynać jednym z ćwiczeń dotyczących pomiarów. Proponowane doświadczenia są wartościowe ze względu na bezpośrednie poznanie zjawiska i mogą być podstawą do zadawania pytań dotyczących badanych procesów. Prawdopodobnie wyniknie z nich potrzeba pogłębionej analizy zjawisk, którą umożliwią zaproponowane modele i symulacje. Ćwiczenia z wykorzystaniem symulacji i modelowania wymagają opisów matematycznych i analizy ilościowej.

2. Trudności ucznia

- Różnica między oddychaniem komórkowym a wymianą gazową
- Różnica między ciepłem i temperaturą
- Rozumienie szybkości zmian

3. Ewaluacja wykorzystania TI

W tej części rozważane jest zastosowanie narzędzi TI, tak by uzyskać możliwie najlepsze efekty. Dyskutowane są metody, które dają specjalny wkład w proces uczenia się.

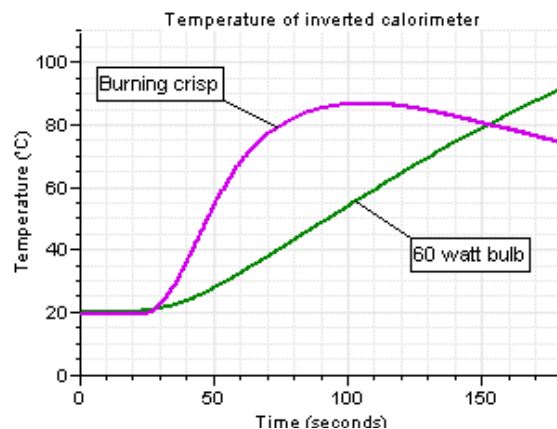
POMIARY WSPOMAGANE KOMPUTEROWO

Oba doświadczenia wykorzystują czujniki temperatury, które są bardzo użyteczne w wielu rodzajach prostych doświadczeń dotyczących ogrzewania i ochładzania. Do wykonywania eksperymentów w czasie rzeczywistym wystarczająco dokładne są nawet tanie czujniki.

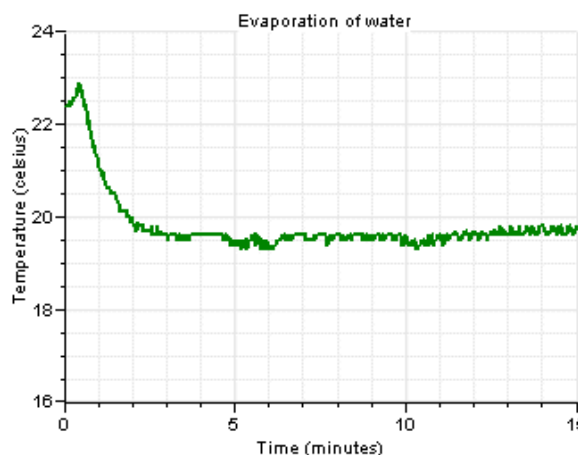
Wartość energetyczna żywności: W tym doświadczeniu czujnik temperatury jest przymocowany do dna kalorymetru ustawionego do góry nogami na trójnogu. Eksperyment polega na spaleniu próbki poniżej kalorymetru. Wznoszące się ciepłe powietrze podgrzewa kalorymetr. W czasie pomiaru obserwujemy wykres zmian temperatury w czasie. Gdy spalanie zakończy się, można odczytać z wykresu maksymalną temperaturę kalorymetru. Ponieważ

jesteśmy zainteresowani pomiarami całkowitej energii wydzielonej podczas spalania, kalorymetr musi być skalibrowany tak, by na podstawie przyrostu temperatury można było obliczyć ilość ciepła dostarczonego do kalorymetru. Kalibracji dokonujemy wykonując to samo doświadczenie z żarówką elektryczną, przez którą płynie prąd, umieszczoną wewnątrz kalorymetru w miejscu spalanej próbki. Nowy wykres zmian temperatury może być porównany z poprzednim.

Jednocześnie można zmierzyć czas potrzebny do osiągnięcia poprzedniej maksymalnej temperatury. Pomnożenie tego czasu przez moc lampy daje energię wydzielaną przez spalany produkt.

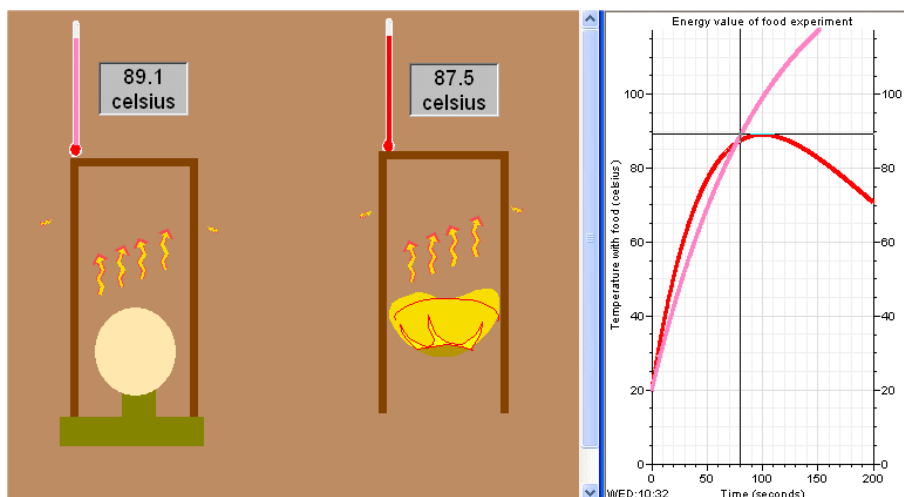


Parowanie wody: W tym doświadczeniu koniec czujnika temperatury jest owinięty małym paskiem papierowej chusteczki. Po zwilżeniu papieru kilkoma kroplami wody, efekt chłodzący spowodowany parowaniem, staje się widoczny na wykresie zmian temperatury. Spadek temperatury jest stosunkowo niewielki, ale dzięki powiększeniu wykresu na ekranie możemy go łatwo zmierzyć.



SYMULACJE

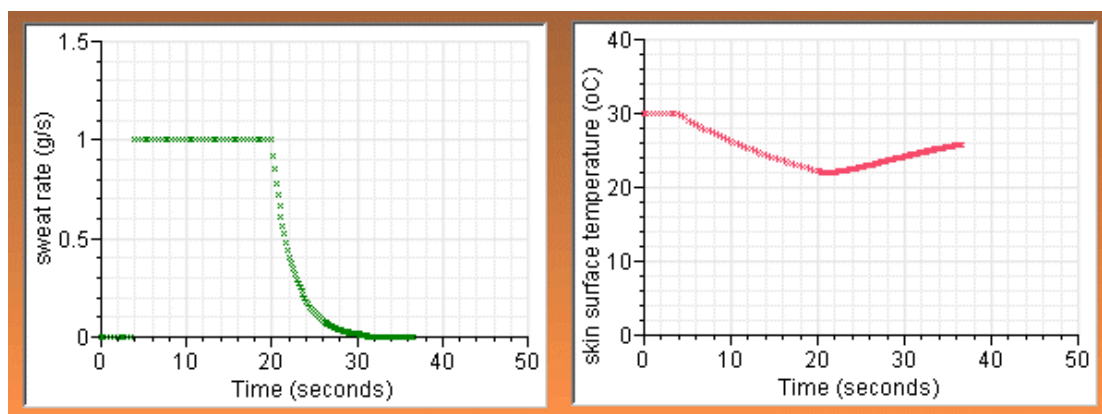
Wartość energetyczna: Symulacja ilustruje doświadczenie z Ćwiczenia 1a. Obie części eksperymentu, spalanie chipsa ziemniaczanego i kalibracja żarówką, przebiegają równocześnie z wyświetlaniem wyników doświadczeń na wykresie. Symulacja może być wykorzystana jako wprowadzenie przed wykonaniem doświadczenia lub do analizy wyników eksperymentu. Dokładne odczytanie wyników z wykresu umożliwia kursor dostępny w menu Analiza/Odczyty.



Pozostałe symulacje ułatwiają dyskusję o głównych procesach dotyczących przemian energetycznych w organizmie ludzkim: wytwarzanie energii wewnętrznej w organach wewnętrznych poprzez ćwiczenia fizyczne oraz straty energii poprzez konwekcję i parowanie. W ciele ludzkim, te drugie są regulowane automatycznie przez mechanizmy fizjologiczne, ale symulacja pozwala by użytkownik badał je niezależnie.

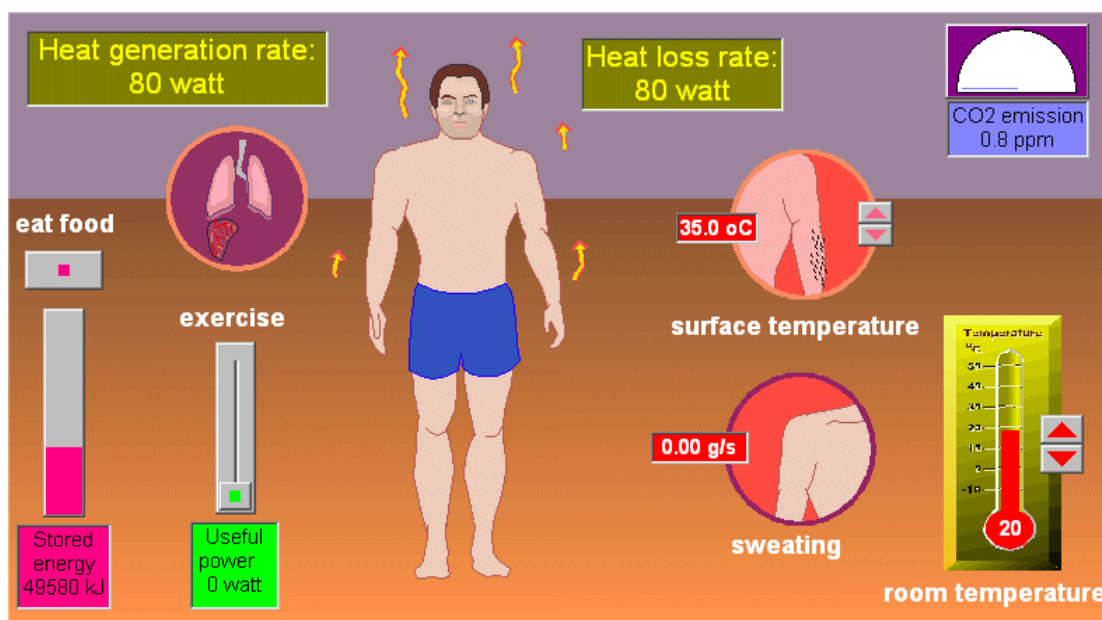
Konwekcja: Symulacja pozwala kontrolować dwie główne zmienne determinujące szybkość konwekcji: temperaturę otoczenia i temperaturę powierzchni skóry. Okazuje się, że straty energii zależą liniowo od różnicy temperatur. Tak jest, gdyż symulacja oparta jest na modelu, w którym zastosowano prawo stygnięcia Newtona. Dyskusja może dotyczyć sytuacji, gdy konwekcja jest wymuszona przez ruch powietrza (wiatr lub wentylator). Otrzymamy wtedy z pewnością inne wyniki doświadczenia. Jest to przykład uproszczeń, jakie zawierają modele i symulacje - założeń dotyczących zmiennych i związków między nimi. Zawsze muszą być podane ograniczenia modelu, a wyniki modelowania sprawdzone z danymi pochodzącymi z rzeczywistych doświadczeń.

Parowanie: Symulacja pozwala użytkownikowi kontrolować szybkość pocenia się na powierzchni skóry. Końcowy efekt chłodzenia spowodowany parowaniem może być obserwowany na wykresie. Pokazuje on, że spadek temperatury skóry podczas pocenia się jest ograniczony. Widzimy także, że im większa szybkość pocenia się, tym większy spadek temperatury. Jednakże, szybkość spadku temperatury nie jest stała, ponieważ model pozwala na pobieranie ciepła z otoczenia. Dalsze badania pozwalają odkryć wpływ temperatury w pomieszczeniu na szybkość zmian temperatury skóry. I znowu, dla uproszczenia, możliwości symulacji są ograniczone, np.: model nie uwzględnia wpływu wilgotności względnej na szybkość parowania.



Bilans energii dla organizmu ludzkiego: Symulacja oblicza całkowitą energię traconą na skutek konwekcji i parowania¹, a także pozwala na ich porównanie z energią uzyskaną wewnątrz organizmu ludzkiego. Głównym celem nauczania jest nakierowanie na myślenie o doskonałości samoregulacji procesów przyczyniających się do homeostazy, której wynikiem jest stała temperatura 37 °C wewnątrz organizmu ludzkiego. Założeniem symulacji jest próba kontrolowania tych procesów tak, by otrzymać idealny bilans, normalnie osiągany automatycznie przez organizm ludzki. Trudności w sterowaniu „symulowanym organizmem” mają dać efekt podziwu w stosunku do złożoności prawdziwego systemu kontroli wewnątrz organizmu ludzkiego.

Żywność jest głównym źródłem energii organizmu. Procesy metaboliczne zachodzące w organach wewnętrznych powodują wytwarzanie energii (głównie w wątrobie). Symulacja demonstruje, że szybkość uwalniania się energii w czasie tego procesu, wynosi przeciętnie około 80W. Dla porównania, w czasie aktywności fizycznej „zbyteczna” energia wewnętrzna wytwarzana jest dużo szybciej. Najczęściej szybkość wytwarzania tej energii przez mięśnie jest 3 razy większa od mocy użytecznej. W symulacji wykorzystane są wyniki dwóch poprzednich symulacji dotyczące strat energii przez konwekcję i parowanie. Chociaż symulacja daje użytkownikowi możliwość niezależnego regulowania temperatury powierzchni skóry, w rzeczywistości organizm kontroluje ją automatycznie. Również proces pocenia się poddany jest pewnej autoregulacji: pocenie nie rozpoczyna się dopóki skóra nie osiągnie temperatury 37 °C.



¹ W symulacji nie uwzględniono energii emitowanej przez ciało ludzkie w postaci promieniowania.

MODELOWANIE

Propozycja ćwiczenia oparta jest na wzorze generującym dane jak najbardziej zbliżone do danych zdobytych w czasie pomiarów w Ćwiczeniu 1b. Model przedstawia sekwencję obliczeń, których celem jest obliczenie małych zmian *temperatury* i *masy* płynów w krótkich odstępach czasu. Powtarzalność wyników pokazuje, że temperatura i masa cieczy zmienia się w czasie. Model pokazuje jak wykonać obliczenia w kilku prostych krokach, przy użyciu podstawowych praw fizyki.

Założenia fizyczne modelu :

1. Szybkość parowania cieczy zawartej w papierowej chusteczce okręconej wokół czujnika temperatury zmienia się proporcjonalnie do masy pozostałej cieczy.
2. Szybkość strat energii spowodowana parowaniem jest proporcjonalna do szybkości parowania cieczy i ciepła parowania.
3. Szybkość pobierania ciepła z otoczenia jest proporcjonalna do różnicy temperatur pomiędzy cieczą a jej otoczeniem.
4. Zmiana temperatury wynika z pobranego ciepła, pojemności cieplnej cieczy i temperatury czujnika.

Pierwsze założenie jest opisane przez obliczenie zmiany masy cieczy Δm w regularnych odstępach czasu Δt :

$$\Delta m = - V * m * \Delta t,$$

gdzie m jest masą pozostałej cieczy, a V jest stałą proporcjonalną do lotności cieczy.

Drugie założenie jest opisane zależnością:

$$\Delta H_e = L * \Delta m,$$

gdzie ΔH_e jest ciepłem pobranym z otoczenia, kiedy paruje masa Δm , a L jest ciepłem parowania cieczy.

Trzecie założenie jest opisane przez wyrażenie obliczające zmianę temperatury ΔT w czasie krótkich odstępów czasu Δt :

$$\Delta T = K * (T - T_s) * \Delta t,$$

gdzie T_s jest temperaturą otoczenia, a K jest współczynnikiem proporcjonalności.

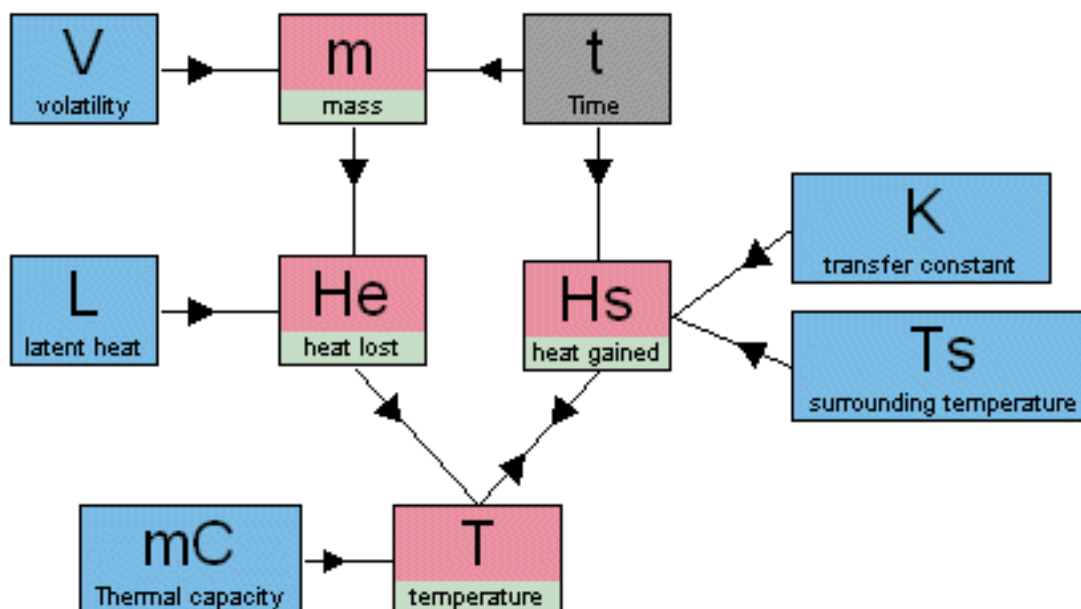
Końcowa zmiana temperatury ΔT jest obliczana w bilansie cieplnym:

$$\Delta T = (\Delta H_s + \Delta H_e) / mC,$$

gdzie mC jest pojemnością cieplną czujnika temperatury.

Ponieważ masa cieczy w papierowej chusteczce jest dużo mniejsza niż masa czujnika, pojemność cieplna czujnika jest pomijana.

Poprzez badanie wzorów oraz eksperymentowanie z różnymi wartościami stałych, założenia fizyczne zawarte w modelu mogą być zmieniane.

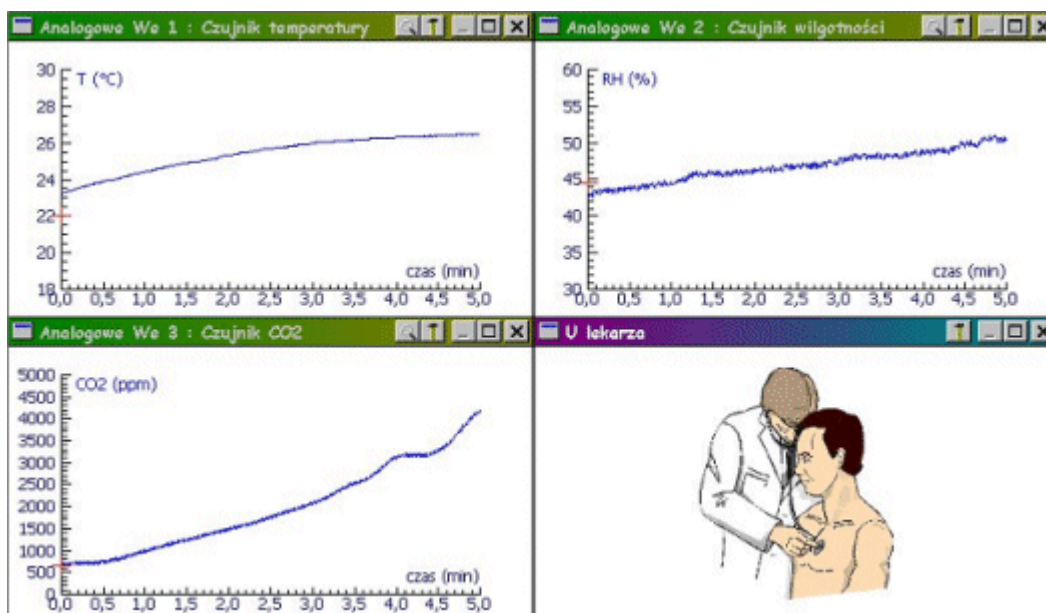


Uczniowie mogą je analizować wskazując stosowane wielkości fizyczne oraz łączące je zależności oparte na prawach naukowych.

FILM

Nagranie wideo przedstawia pomiary komputerowe zaprojektowane do mierzenia szybkości emisji energii uwalnianej z organizmu ludzkiego. Doświadczenie może być powtórzone w szkolnym laboratorium, ale ze względu na użycie nietypowych przyrządów, nagranie wideo umożliwia obserwację doświadczenia oraz jego analizę bez straty czasu i środków finansowych.

Przygotowana komora, wykonana z materiału izolującego, zawiera czujniki temperatury, wilgotności oraz poziomu CO_2 . Interfejs pomiarowy pobiera dane w czasie kilku minut, które uczestnik doświadczenia spędza w zamkniętej komorze. Przyrost temperatury odczytany z wykresu może być użyty do obliczenia energii wydzielonej z organizmu uczestnika. Aby przeprowadzić obliczenia, wymagana jest kalibracja komory podobna do tej, wykonanej w czasie pomiarów wspomnianych komputerowo w Ćwiczeniu 1b. Żarówka o znanej mocy, przez którą płynie prąd, jest umieszczona w tej samej komorze. Ponownie mierzony jest przyrost temperatury. Metoda obliczania energetycznego ekwiwalentu jest dokładnie taka sama jak w symulacji w Ćwiczeniu 2a. Jest to kolejny przykład uzupełniającego zastosowania różnych narzędzi TI: pomiarów, symulacji oraz filmu.



Pomiary poziomu CO₂ oraz wilgotności względnej są niezbędnymi elementami ilościowego opisu oddychania tlenowego organizmu ludzkiego:



Przyrost poziomu CO₂ można wykorzystać do obliczenia ilości glukozy „spalonej” w czasie doświadczenia. Znając ciepło spalania (entalpię) glukozy można obliczyć ilość energii powstałej w organizmie w wyniku spalania glukozy i porównać z ilością energii emitowanej przez człowieka (obliczonej na podstawie wzrostu temperatury).

Przykładowe wyniki obliczeń zawarte są w artykule „The Power of the Human Body” zamieszczonym w Dodatku 2.

4. Podejście dydaktyczne

Cztery rodzaje ćwiczeń prezentowane w module stanowią wyróżniające się, ale jednocześnie uzupełniające metody podejścia do tematu. Aby ćwiczenia były efektywnie wykorzystane do nauczania i uczenia się, nauczyciel powinien posiadać dwa rodzaje umiejętności niezbędne w czasie używania narzędzi programów komputerowych:

- **Umiejętności informatyczne**, które koncentrują się na umiejętności posługiwania się sprzętem komputerowym oraz narzędziami zawartymi w oprogramowaniu.
- **Umiejętności metodyczne**, które koncentrują się na sposobie wykorzystania narzędzi programowych używanych w czasie lekcji do osiągnięcia założonych celów nauczania. Dominującym aspektem tych umiejętności jest dążenie do analizy i interpretacji danych oraz powiązanie ich z dotychczasową wiedzą.

Wszystkie te umiejętności są bardzo istotne w przygotowaniu uczniów do wykonywania ćwiczeń. Dodatkowo, karty pracy zamieszczone poniżej zawierają wskazówki dotyczące niezbędnych umiejętności w poszczególnych ćwiczeniach.

Nauczyciel powinien również posiadać *umiejętności pedagogiczne*, które przyczyniają się do większej efektywności wykonywanych ćwiczeń:

1. Poglądowe przedstawianie każdego tematu.
2. Rozumienie dodatkowych wartości płynących z zastosowanych metod TI oraz ich pełne wykorzystanie w odpowiedni sposób.
3. Prowadzenie ćwiczeń w sposób promujący raczej konstruktywistyczne niż informacyjne wykorzystanie TI.
4. Integrowanie wiedzy zdobytej w każdym ćwiczeniu, tak by pogłębić rozumienie tematu przez uczniów.

Rozwój ostatniej umiejętności jest szczególnym celem Projektu IT for US, a ćwiczenia prezentowane poniżej zostały specjalnie wybrane by ilustrować, w jaki sposób można osiągnąć integrację wiedzy. Porównywanie obserwacji oraz wyników w każdym ćwiczeniu odgrywa główną rolę w procesie integracji. Na przykład:

- Porównanie dwóch zestawów danych zebranych w pierwszym doświadczeniu pomiarowym, uzyskanych z pomocą lampy użytej do kalibracji danych ze spalania chipsa ziemniaczanego.
- Użycie wyników dwóch doświadczeń pomiarowych (1. spalania, 2. parowania) wspomagających dyskusję o parowaniu oraz bilansie energetycznym organizmu ludzkiego.
- Użycie symulacji do rozszerzania dyskusji o oddychaniu i energii.
- Porównanie danych z modelu z danymi pozyskanymi w doświadczeniach.
- Porównanie danych z filmu, pomiarów komputerowych oraz modeli.

W tym przypadku, narzędzia analizy wykresu ułatwiają porównanie i interpretację danych, a czynności wykonywane na wykresach prowadzą do odpowiedniego wykorzystania ćwiczeń projektu IT for US.

Nauczyciele zazwyczaj realizują poszczególne tematy w określonej kolejności. Najczęściej wykorzystują pogadankę ilustrowaną pokazem lub wykonują z uczniami doświadczenia szkolne. Tabela poniżej sugeruje odpowiednią sekwencję tematów zapewniającą logiczny ciąg rozwoju całej koncepcji. Prawa kolumna zawiera ćwiczenia, które mogą być wybrane w tym module do poprawienia sekwencji dydaktycznej.

Sekwencja dydaktyczna	Ćwiczenia IT for US
<p>Utlenianie uwalnia energię zawartą w paliwie.</p> <ul style="list-style-type: none"> Doświadczenie ze spalaniem paliwa – wyznaczenie zawartości energii <p>Żywność jest paliwem dla organizmu ludzkiego.</p> <ul style="list-style-type: none"> Eksperyment spalania pokarmu w „bombie” kalorymetrycznej 	<p>Pomiary: 1a. Wyznaczenie wartości energetycznej żywności</p> <p>Symulacje: 2a. Wyznaczenie wartości energetycznej żywności</p>
<p>Energia wydzielana przez organizm ludzki pochodzi ze „spalania” pokarmu w procesie „Oddychania komórkowego”</p> <ul style="list-style-type: none"> Doświadczenie - pomiar energii emitowanej z ciała ludzkiego w izolowanej komorze <p>Obliczenia bilansu energetycznego (opcjonalnie)</p>	<p>Film: 4. Energia wydzielana przez człowieka</p> <p>Pomiary: Eksperyment przedstawiony na wideo</p>
<p>Pomiar traconej energii wywołanej parowaniem cieczy</p> <ul style="list-style-type: none"> Doświadczenie - pomiar temperatury parującej cieczy 	<p>Pomiary: 1b. Parowanie cieczy</p> <p>Model: 3. Parowanie cieczy</p>
<p>Przemiany energii w organizmie ludzkim</p>	<p>Symulacja: 2b Parowanie wody z organizmu</p> <p>Konwekcja energii z organizmu</p> <p>Bilans energii w organizmie</p>

Odpowiednie pokierowanie uczniami ma ogromny wpływ na sukces integracji wiedzy zawartej w ćwiczeniach. Kiedy dostęp do komputera jest utrudniony, nauczyciel może przeprowadzić pokaz. Powinien wtedy dać dokładne wskazówki uczniom pracującym nad porównaniem ćwiczeń. Alternatywnie, uczniowie mogą

pracować nad różnymi ćwiczeniami w małych, trzy lub czteroosobowych grupach. Integrację wiedzy osiągniemy poprzez prezentację całej klasie wyników pracy każdej grupy. Biorąc udział w tej prezentacji, nauczyciel może ukierunkować dyskusję na znaczące „odkrycia” każdej grupy.

Warto zwrócić uwagę, że wszystkie ćwiczenia mogą być zastosowane przy omawianiu różnych zagadnień; nie jest konieczne rozpoczynanie od doświadczenia. Równie dobrze można użyć symulacji, jako przygotowania do wykorzystania danych z nagrania wideo. Podobnie model parowania może być wprowadzony przed pomiarami wspomaganymi komputerowo jako wprowadzenie do doświadczenia. Może być również użyty do rozszerzenia badań lub do podsumowania ćwiczenia lub do nauczania na odległość. Jednak ćwiczenia zaprojektowano tak, by uzupełniały się. Nie jest konieczne wykorzystanie wszystkich; można wybrać dwa, trzy lub cztery ćwiczenia, tak by jak najlepiej zaspokajały potrzeby nauczyciela i uczniów w omawianiu określonego zagadnienia. W związku z różnicami w realizacji programu nauczania między szkołami oraz różnicami w obrębie danej szkoły, możliwość zastosowania ćwiczeń jest różnorodna. Na przykład, interfejsy pomiarowe mogą nie być dostępne w odpowiednim czasie, niektórzy uczniowie będą wymagać indywidualnego powtórzenia lub rozszerzenia wiadomości, więc wzbogacenie ćwiczeń może być wymagane w czasie wolnym. Istnieje również możliwość skrócenia ćwiczenia w przypadku braku wystarczającej ilości czasu. Tabela poniżej podsumowuje potencjalne korzyści dla każdego z ćwiczeń. Jest to praktyczny przewodnik zalet zastosowania TI.

Ćwiczenie	Korzyści płynące ze stosowania TI
Pomiary wspomagane komputerowo 1. Spalanie 2. Parowanie	Wykres zmian temperatury jest wyświetlany w czasie trwania eksperymentu. Wyniki mogą być odniesione do obserwacji (np.: czas rozpoczęcia i końca spalania) Narzędzia analityczne wykresu ułatwiają szczegółowe śledzenie danych.
Symulacje	Animacja graficzna zmusza do zastanowienia nad rolą parowania i konwekcji w zachowaniu energii w organizmie. Kompleksowość kontrolowania kilku procesów składających się na wytwarzanie lub trwanie energii w organizmie ludzkim pozwala na pełne zrozumienie zagadnienia. Symulacja palonego chipsa ziemniaczanego może być użyta jako krótkie wprowadzenie do pomiarów wspomaganym komputerowo.
Modelowanie	Model demonstruje jak istotne prawa fizyczne mogą być wyrażone w prostych krokach przy użyciu wzorów matematycznych. Model oblicza wartości temperatury, które można

	<p>porównać z danymi uzyskanymi w czasie rzeczywistego doświadczenia (wspomagane komputerowo) dotyczące parowania.</p> <p>Można śledzić efekt zmiany wybranych parametrów, np.: temperatury otoczenia, masy substancji, pojemności cieplnej i ciepła parowania.</p>
Film	<p>Zastosowanie filmu pokazującego przebieg doświadczenia i uzyskane dane pomiarowe umożliwiają dokonanie analizy bez konieczności przeprowadzania eksperymentu w pracowni szkolnej.</p> <p>Powtórzenie metody kalibracji wyników z pierwszego doświadczenia.</p>

5. Zestaw środków dydaktycznych do ćwiczeń uczniowskich

Wykaz plików źródłowych, niezbędnych do wykonania ćwiczeń

1. OPROGRAMOWANIE INSIGHT

Rodzaj ćwiczenia	Nazwa programu	Dostępne pliki
1. Pomiary wspomagane komputerowo (ćwicz.1a i 1b)	Insight - pomiary	<p>Pliki ustawień: 'energy value set up', 'evaporation set up'. Otwarcie tych plików spowoduje, że program jest przygotowany do wykonywania eksperymentu.</p> <p>Pliki danych: 'energy value data.ism', 'evaporation data.ism' Te pliki zawierają przykładowe wyniki pomiarów.</p>
2. Symulacje (ćwicz. 2a i 2b)	Simulation Insight	'energy value expt.iss' 'body convection.iss' 'body evaporation.iss' 'body energy balance.iss'
3. Modelowanie	Simulation Insight	'evaporation model.iss'
4. Film wideo	Media player	'Body heat exp.wmv'

2. OPROGRAMOWANIE COACH 5 PL / COACH 6

Rodzaj ćwiczenia	Nazwa programu	Dostępne pliki
1. Pomiary wspomagane komputerowo (ćwicz.1a i 1b)	Coach 5 PL	<p>Projekt: <i>Pomiary temperatury (II)</i> Ćwiczenie: <i>Zmiany temperatury w czasie</i> lub <i>Porównanie temperatur</i> (ćwiczenie <i>Porównanie temperatur</i> wybieramy gdy chcemy wykonać pomiary za pomocą 2 sond temperatury)</p>
(ćwicz. 4)	Coach 5 PL	<p>Projekt: <i>Ekologia</i> Ćwiczenie: <i>Metabolizm</i> Plik zawierający przykładowe wyniki pomiarów</p>
	Coach 6	<p>Projekt: <i>Energy and human body</i> Ćwiczenia: <i>Human in the box</i> <i>Bulb100W in the box</i> Pliki zawierające przykładowe wyniki pomiarów</p>

WYPOSAŻENIE I MATERIAŁY DO ĆWICZENIA 1 (POMIARY WSPOMAGANE KOMPUTEROWO):

- Komputer i oprogramowanie (patrz tabele powyżej)
- Interfejs pomiarowy np. CoachLab II/II+ lub LogIT
- 2 czujniki temperatury
- Nieduża stalowa puszka na trójnogu
- Szczypce
- Badany produkt żywnościowy (orzeszek, chrupek, chips ziemniaczany)
- Żarówka o nominalnej mocy 15 W (lub innej, niedużej mocy) w oprawce
- Zapałki, taśma klejąca, styropian
- Statyw i 'łapy'
- Niewielkie kawałki chusteczki higienicznej, pipeta
- Woda, denaturat

WYPOSAŻENIE I MATERIAŁY DO ĆWICZENIA 4 (POMIARY WSPOMAGANE KOMPUTEROWO):

- Komputer i oprogramowanie (patrz tabele powyżej)
- Interfejs pomiarowy np. CoachLab II/II+ lub LogIT
- Czujniki: temperatury, wilgotności i stężenia CO₂
- Izolowana skrzynia o pojemności ok. 1 m³

III. ĆWICZENIA UCZNIOWSKIE

ĆWICZENIE 1A. POMIAR WARTOŚCI ENERGETYCZNEJ PRÓBKİ ŻYWNOCİ

Zastosowana TI:
pomiary wspomagane komputerowo

Poziom nauczania:

14 – 17 lat

Zalecany sposób prowadzenia ćwiczeń:
ćwiczenia uczniowskie lub pokaz przeprowadzony przez nauczyciela

Cele nauczania:

- Pomiar wzrostu temperatury kalorymetru podczas spalania wewnątrz niego próbki żywności
- Kalibracja kalorymetru za pomocą żarówki w celu wyznaczenia dostarczonego ciepła
- Obliczenie energii wydzielonej w wyniku spalania próbki żywności

Umiejętności w zakresie posługiwania się TI:

- Przyłączanie czujników i interfejsu
- Wybór mierzonych wartości
- Rejestracja wyników pomiaru
- Analiza wykresów za pomocą narzędzi dostępnych w programie

Umiejętności związane ze stosowaniem programu:

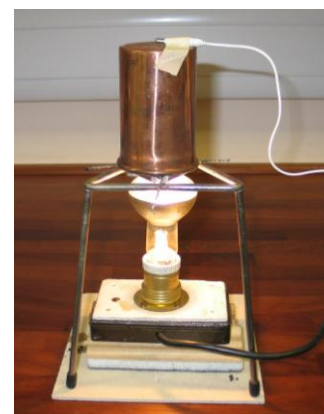
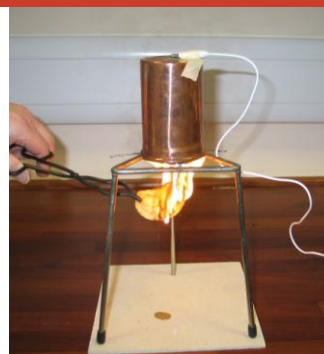
- Ocena jakości pomiaru
- Analizowanie danych z użyciem wykresów
- Odczytywanie wartości/nachylenia

Materiały:

- Interfejs pomiarowy
- Czujnik temperatury
- Nieduża stalowa puszka na trójnogu
- Szczypce
- Badany produkt żywnościowy (orzeszek, chrupek, chips ziemniaczany)
- Żarówka o nominalnej mocy 15 W (lub innej, nieco innej mocy) w oprawce
- Zapałki, taśma klejąca, styropian

Przebieg ćwiczenia:

1. Umieść puszkę odwróconą do góry dnem na trójnogu.
2. Umocuj czujnik temperatury do dna puszki od zewnątrz; osłoń ją kawałkiem styropianu.
3. Przygotuj odpowiednie ustawienia programu (*Insight - pomiary* lub *Coach 5 PL*). Ustaw czas pomiaru na 4 minuty. Uruchom pomiar.
4. Uchwyć szczypcami badany produkt i ostrożnie podpal próbkę zapałką.
5. Natychmiast umieść palący się produkt pod trójnogiem, tak aby znajdował się tuż pod otworem puszki.
6. Obserwuj przebieg zmian temperatury.
7. Poczekaż aż temperatura kalorymetru obniży się do temperatury pokojowej i powtórz pomiar umieszczając wewnątrz puszki żarówkę, zasilaną nominalnym napięciem.
8. Zarejestruj wyniki pomiaru na tym samym wykresie.



Analiza wyników:

1. Przegląd wyników

Po wykonaniu doświadczenia można odtworzyć przebieg pomiaru używając kursorów i wykresów słupkowych. Włącz opcję *Analiza/Odczyty* i ciągnij powoli kursor wzdłuż osi X. Zanotuj kiedy słupki rosną, a kiedy maleją.

2. Dodawanie opisów do wykresów

Opisz każdy wykres, aby wskazać krzywą odpowiadającą każdemu z wykonanych pomiarów (np.: chipsy, żarówka 15 W).

3. Odczyt wyników z wykresu

Zapisz najwyższą temperaturę uzyskaną w doświadczeniu z orzeszkami (chipsami).

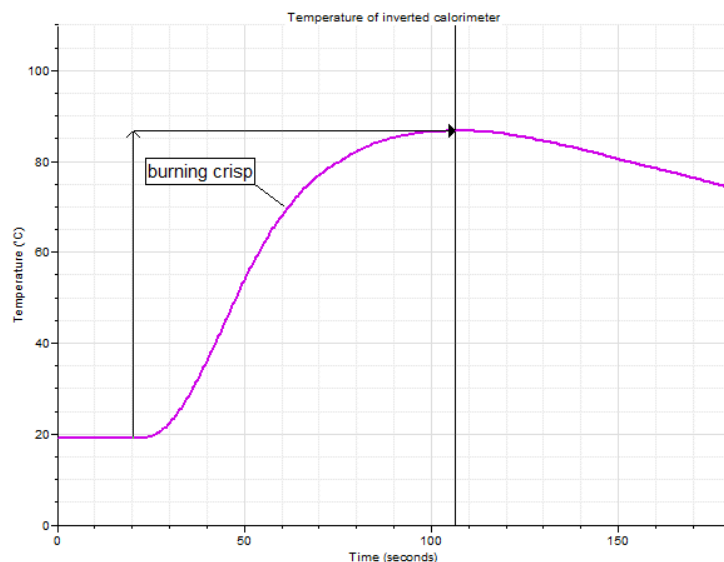
Zmierz czas, w ciągu którego uzyskano tę samą temperaturę za pomocą żarówki (użyj narzędzia 'Odczyt' do pomiaru czasu).

Oblicz energię dostarczoną przez żarówkę stosując zależność:

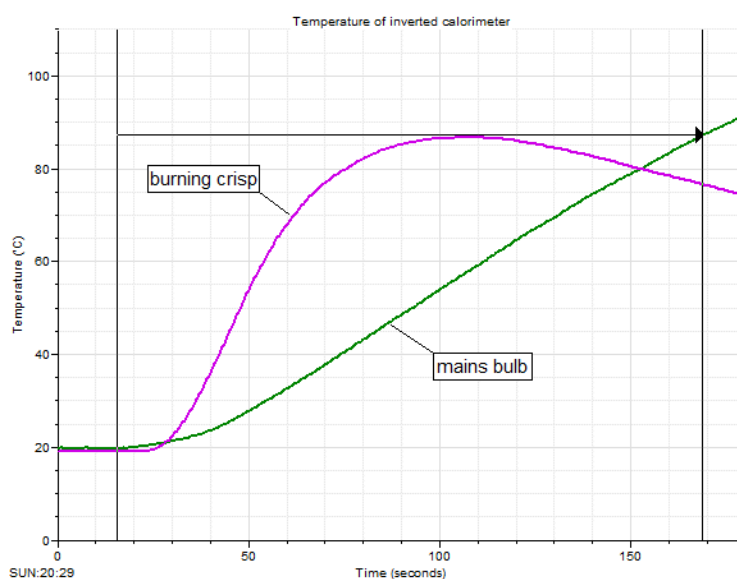
$\Delta H = 15 \text{ W} \times (\text{zmierzony przedział czasu}).$

4. Pomiary czasu

Zmierz czas palenia się próbki (orzeszka, chipsów).



Spalanie chipsa: odczyt najwyższej temperatury i czasu spalania



Żarówka: czas potrzebny do osiągnięcia najwyższej temperatury spalonego chipsa

Dalsza praca:

- Powtórz doświadczenie używając innych pokarmów (np.: z *fast-foodów*) i porównaj wyniki z wartościami energetycznymi różnych produktów z podanymi na opakowaniach.
- Zdobądź dane dotyczące wartości energetycznej różnych płatków śniadaniowych – zapisz dane umieszczone na opakowaniach. Sporządź listę wartości energetycznej różnych pokarmów i posortuj dane w porządku malejącym.

ĆWICZENIE 1B : POMIAR EFEKTU CHŁODZENIA PODCZAS PAROWANIA

Cele nauczania:

- Pomiar spadku temperatury cieczy podczas parowania
- Zrozumienie wpływu różnych czynników na chłodzący efekt parowania

Umiejętności w zakresie posługiwania się TI:

- Przyłączanie czujników i interfejsu
- Wybór mierzonych wartości
- Rejestracja wyników pomiaru
- Analiza wykresów za pomocą narzędzi dostępnych w programie

Zastosowana TI:
pomiary wspomagane komputerowo

Poziom nauczania:
14 – 17 lat

Zalecany sposób prowadzenia ćwiczeń:
ćwiczenia uczniowskie lub pokaz przeprowadzony przez nauczyciela

Umiejętności związane ze stosowaniem programu:

- Ocena jakości pomiaru
- Analizowanie danych z użyciem wykresów
- Odczytywanie wartości/nachylenia

Materiały:

- Interfejs pomiarowy
- 2 czujniki temperatury
- Statyw i „łapy”
- Niewielkie kawałki chusteczki higienicznej, pipeta
- Woda, denaturat

Przebieg ćwiczenia:

1. Umocuj czujniki temperatury w łapach statywu i owiń je kawałkami chusteczki. Możesz je ewentualnie przymocować bawełnianą nitką.
2. Napełnij pipety wodą i denaturatem.
3. Ustaw czas pomiaru na 15 min.
4. Nasącz chusteczkę wodą i denaturatem za pomocą pipety i uruchom pomiar.
5. Obserwuj przebieg zmian temperatury.



Analiza wyników:

1. Powiększenie wykresu

Aby zaobserwować zmiany temperatury powiększ skalę na osi pionowej (użyj opcji *Widok/Zoom* lub skalowania).

2. Przegląd wyników

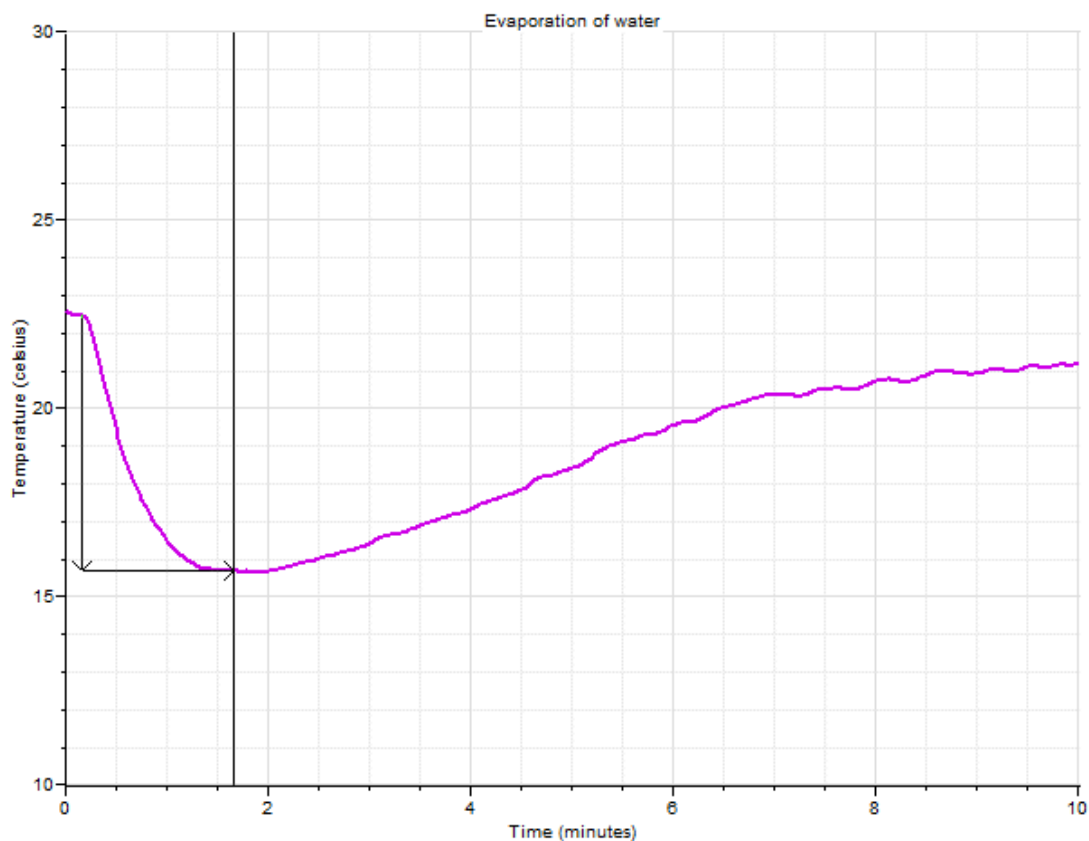
Po wykonaniu doświadczenia można odtworzyć przebieg pomiaru używając kursorów i wykresów słupkowych. Włącz opcję *Analiza/Odczyty* i ciągnij powoli kursor wzdłuż osi X. Zanotuj kiedy słupki rosną, a kiedy maleją.

3. Odczyt wartości z wykresu

Zapisz najniższe temperatury uzyskane w czasie pomiaru dla obu cieczy. Zmierz maksymalne spadki temperatury (Opcja *Analiza/Zmiana*).

4. Pomiar czasu

Zmierz czasy, które upłynęły do osiągnięcia najniższych temperatur dla każdej z cieczy (Opcja *Analiza/Przedział*).



Odczyt zmiany wartości temperatury w określonym przedziale czasu

Dodatkowe uwagi:

Można wykonać to doświadczenie inaczej - poruszając energicznie czujnikami albo ustawiając je w zasięgu wiatru z wentylatora. Parowanie będzie zachodziło wtedy szybciej. W efekcie otrzymamy większe różnice temperatur i znacznie skróci się czas eksperymentu.

ĆWICZENIE 2A. SYMULACJA DOŚWIADCZENIA 1A - POMIAR WARTOŚCI ENERGETYCZNEJ PRÓBKII ŻYWNOCII

Cele nauczania:

- Zrozumienie, że wzrost temperatury kalorymetru w ćw. 1a jest spowodowany dostarczeniem ciepła do kalorymetru
- Zrozumienie znaczenia użycia żarówki z prądem do kalibracji kalorymetru w celu wyznaczenia dostarczonego ciepła

Zastosowana TI:
symulacja

Poziom nauczania:
14 – 17 lat

Zalecany sposób
prowadzenia ćwiczeń:
ćwiczenia uczniowskie
lub symulacja
prezentowana przez
nauczyciela


Umiejętności w zakresie posługiwania się TI:

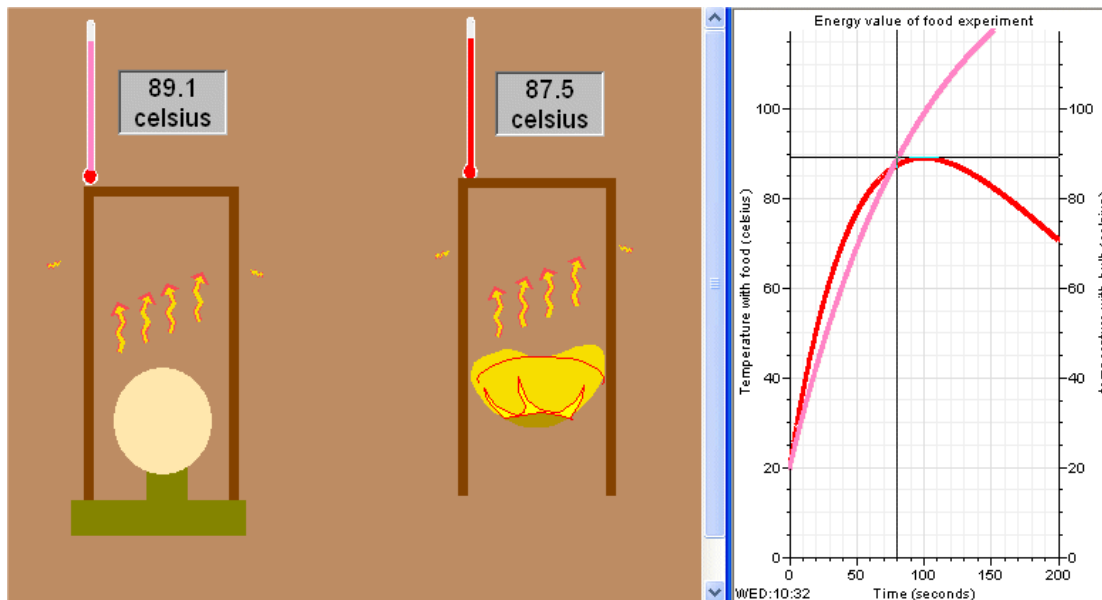
- Użycie przycisków sterowania do uruchomienia i zatrzymania symulacji
- Używanie narzędzi do odczytywania wartości z wykresów

Umiejętności związane ze stosowaniem programu:

- Wnioskowanie dotyczące temperatury i jej zmian na podstawie wykresów
- Opisanie obserwacji i powiązanie ich z wyjaśnieniami teoretycznymi

Przebieg ćwiczenia:

1. Otwórz plik `energy value expt.iss` (jeśli masz zainstalowany program *Simulation Insight*, to nastąpi automatyczne uruchomienie programu i wczytanie symulacji).
2. Obejrzyj uważnie okno symulacji i zauważ, że przedstawia ono dwa doświadczenia, które zachodzą równocześnie: doświadczenie po lewej - ogrzewanie za pomocą żarówki umieszczonej wewnątrz kalorymetru, doświadczenie po prawej - spalanie orzeszka (chipsa) wewnątrz kalorymetru.
3. Uruchom symulację zielonym przyciskiem  na środku górnego paska menu.
4. Zauważ, że wykres przedstawia zależność temperatury wewnątrz kalorymetru od czasu. Przez porównanie dwóch wykresów można obliczyć ilość energii otrzymanej w wyniku spalania próbki.



Analiza wyników:

1. Przegląd wyników

Po wykonaniu symulacji i obserwacji ogrzewania i stygnięcia można odtworzyć przebieg zmian używając kursorów i wykresów słupkowych. Włącz opcję *Analiza/Odczyty* i ciągnij powoli kursor wzdłuż osi X. Zanotuj kiedy słupki rosną, a kiedy maleją. Zauważ, że temperatura zaczyna spadać, gdy zakończy się spalanie próbki.

2. Dodawanie opisów do wykresów

Dodaj opis w punkcie wykresu, który odpowiada zakończeniu spalania.

3. Odczyt wyników z wykresu

Zapisz najwyższą temperaturę uzyskaną w doświadczeniu z orzeszkiem (chipsami).

Odczytaj czas, w ciągu którego uzyskano tę samą temperaturę za pomocą żarówki (użyj narzędzia 'Odczyt' do pomiaru czasu).

Oblicz energię dostarczoną przez żarówkę stosując zależność:
 Energia (w dżulach) = moc (w watach) x czas (w sekundach).

Ta sama ilość energii powstaje w wyniku całkowitego spalania próbki żywności.

ĆWICZENIE 2B. BADANIE PRZEMIAN ENERGII W ORGANIZMIE LUDZKIM

Cele nauczania:

- Zrozumienie czynników, które wpływają na straty ciepła przez organizm człowieka spowodowane zjawiskiem konwekcji
- Zrozumienie, w jaki sposób pocenie się i parowanie wody z powierzchni ciała wpływa na straty ciepła
- Zrozumienie, jak odżywianie i ćwiczenia fizyczne wpływają na zmiany energii zgromadzonej w organizmie człowieka

Zastosowana TI:
symulacja

Poziom nauczania:
14 – 17 lat

Zalecany sposób prowadzenia ćwiczeń: ćwiczenia uczniowskie lub symulacja prezentowana przez nauczyciela


Umiejętności w zakresie posługiwania się TI:

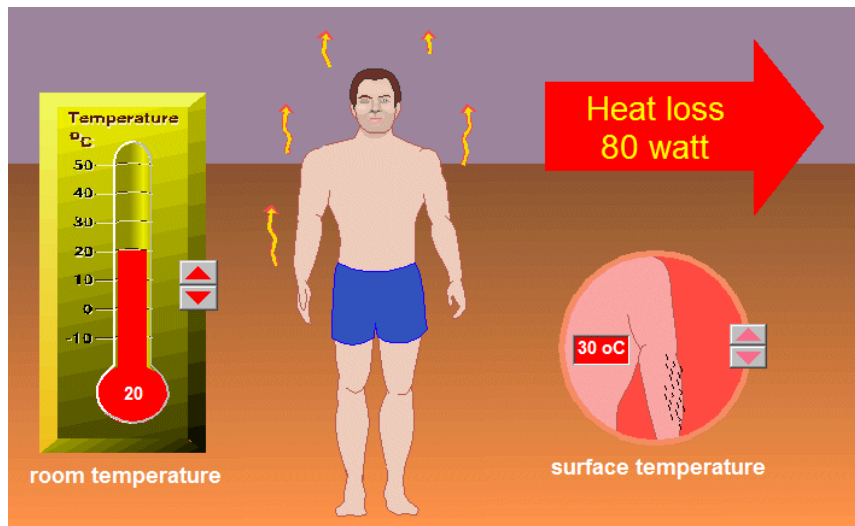
- Uruchamianie symulacji
- Używanie narzędzi do odczytywania wartości z wykresów

Umiejętności związane ze stosowaniem programu:


- Wnioskowanie dotyczące temperatury i jej zmian na podstawie wykresów
- Opisanie obserwacji i powiązanie ich z wyjaśnieniami teoretycznymi

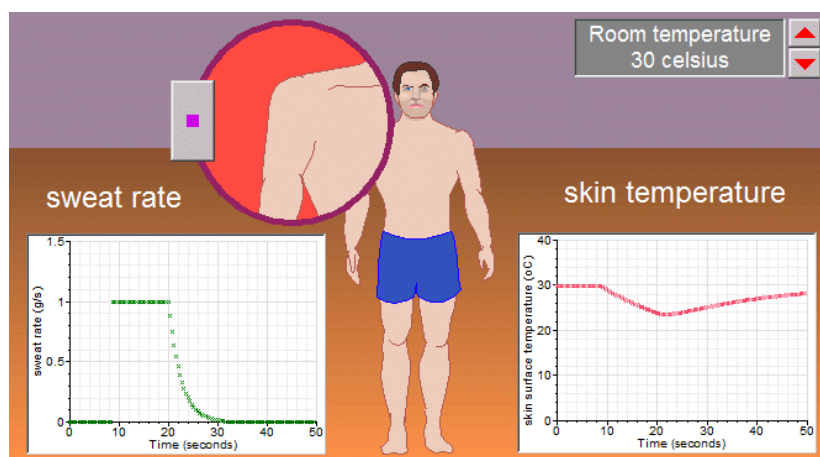
Badanie zjawiska odptywu ciepła od ciała ludzkiego w wyniku konwekcji (z *Simulation Insight*):

1. Otwórz plik *'Body convection.iss'* (Jeśli masz zainstalowany program *Simulation Insight*, to nastąpi automatyczne uruchomienie programu i wczytanie symulacji).
2. Uruchom symulację zielonym przyciskiem  na środku górnego paska menu.
3. Zmieniaj wartość temperatury powietrza i zanotuj jej wpływ na szybkość przepływu ciepła. (Jeśli szybkość odptywu ciepła jest ujemna, odpowiada to sytuacji, gdy ciało pobiera ciepło z otoczenia.)
4. Zmieniaj temperaturę powierzchni skóry i znowu zanotuj jej wpływ na szybkość przepływu ciepła.
5. Ustal zależność, która pozwoli ci przewidzieć szybkość przepływu ciepła do otoczenia.
6. Wyjaśnij, w jaki sposób noszenie ubrania będzie wpływało na szybkość odptywu ciepła od ciała ludzkiego.




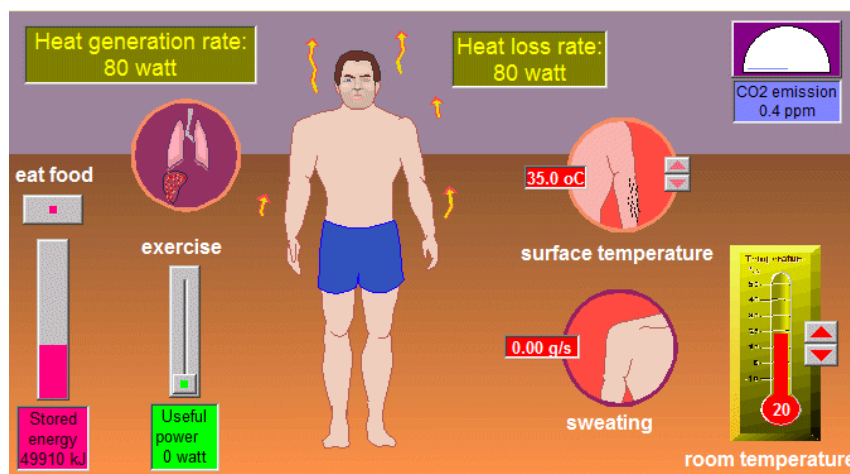
Badanie zmian energii wewnętrznej organizmu ludzkiego na skutek parowania (z *Simulation Insight*):

1. Otwórz plik 'Body evaporation.iss'.
2. Uruchom symulację - kliknij przycisk START .
3. Naciśnij i przytrzymaj przycisk 'sweat rate', aby wywołać pocenie się. Zwróć uwagę, czy to wpływa na temperaturę powierzchni skóry.
4. Pomyśl dlaczego szybkość stygnięcia spada, gdy zwolnimy przycisk.
5. Co powoduje wzrost temperatury skóry, gdy przestajemy się pocić?



Badanie przemian energii w organizmie ludzkim (z *Simulation Insight*):

1. Otwórz plik 'Body energy balance.iss'.
2. Uruchom symulację - kliknij przycisk START .
3. Symulacja przedstawia trzy procesy, które zmieniają energię wewnętrzną organizmu ludzkiego: praca organów wewnętrznych, przemiana materii i ćwiczenia gimnastyczne.
4. Zaznacz pole 'eat food' na kilka sekund i zanotuj jak to wpływa na gromadzenie energii. Opisz zjawiska zachodzące w organizmie ludzkim, które powodują odpływ energii.
5. Zaznacz pole 'exercise' na kilka sekund i obserwuj jak to wpływa na zmiany energii. Opisz zjawiska zachodzące w organizmie ludzkim, które powodują wytwarzanie energii cieplnej w czasie ćwiczeń gimnastycznych.
6. Zmieniaj wartość temperatury powietrza w pokoju i zanotuj jej wpływ na szybkość odpływu ciepła. Przy jakiej temperaturze powietrza szybkość przepływu ciepła wynosi zero?
7. Zmieniaj temperaturę powierzchni skóry i obserwuj jak to wpływa na szybkość odpływu ciepła. Czy organizm ludzki kontroluje temperaturę powierzchni skóry?
8. Przy jakiej temperaturze powierzchni skóry człowiek zaczyna się pocić? Zaobserwuj wpływ pocenia się na szybkość odpływu ciepła.
9. Ustal wartość temperatury powietrza. Dopasuj jedzenie, ćwiczenia i pocenie tak, by energia wytwarzana przez organizm równoważyła energię traconą. Organizm ludzki przeprowadza ten proces automatycznie. Czy możesz sterować przebiegiem tych procesów tak dobrze jak robi to organizm ludzki?



ĆWICZENIE 3. BADANIE MODELI PRZEMIAN ENERGII W ORGANIZMIE LUDZKIM

Cele nauczania:

- Zrozumienie, że szybkość stygnięcia zależy od masy cieczy, jej lotności i wartości ciepła parowania
- Zrozumienie, że gdy temperatura wody jest niższa niż temperatura otoczenia, to woda pobiera ciepło z otoczenia

Umiejętności w zakresie posługiwania się TI:

- Użycie przycisków do sterowania modelem
- Używanie narzędzi do odczytywania wartości z wykresów

Umiejętności związane ze stosowaniem programu:

- Wnioskowanie dotyczące temperatury i jej zmian na podstawie wykresów
- Opisanie wyników modelowania i powiązanie ich z wyjaśnieniami teoretycznymi

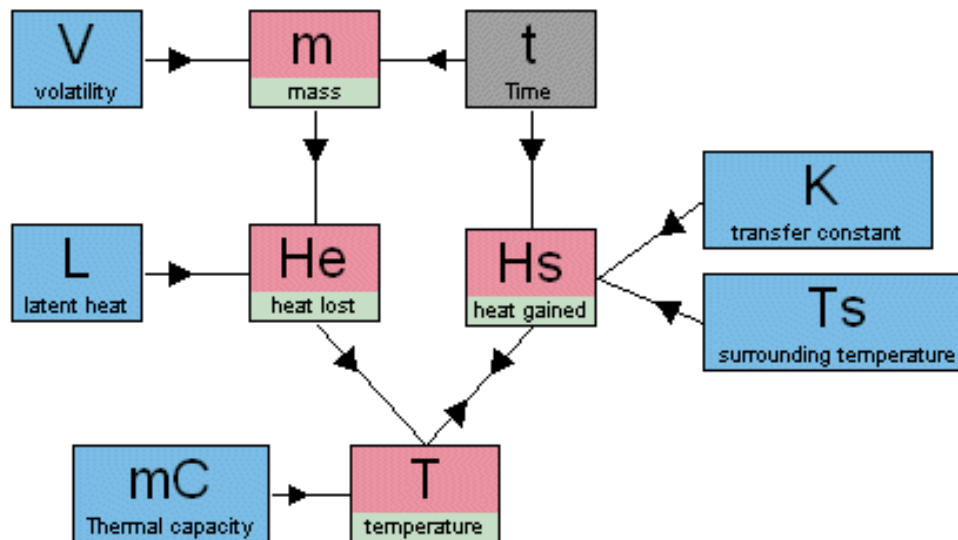
Zjawisko parowania (z *Simulation Insight*)

1. Otwórz plik 'Evaporation model.iss'
2. Uruchom model zielonym przyciskiem START (po lewej stronie ekranu).
3. Obserwuj kształt wykresu zależności temperatury od czasu i spróbuj go wyjaśnić.
4. Gdyby woda szybciej parowała, stała 'V' – lotność miałaby większą wartość. Zatrzymaj model, ustaw wartość $V = 0.2$ i uruchom go ponownie. Czym się różni otrzymany wykres od poprzedniego?

Zastosowana TI:
symulacja

Poziom nauczania:
14 – 17 lat

Zalecany sposób
prowadzenia ćwiczeń:
ćwiczenia uczniowskie
lub symulacja
prezentowana przez
nauczyciela



Modele przemian energii w organizmie (z *Simulation Insight*)

Otwórz każdą z poprzednich symulacji, otwórz okno modelu (Opcja View/Model z górnego menu) i przekonaj się jak są zbudowane i jak działają odpowiednie modele:

- 'Energy value expt'
- 'Body convection'
- 'Body evaporation'
- 'Body energy balance'

ĆWICZENIE 4. ANALIZA WYNIKÓW SFILMOWANEGO DOŚWIADCZENIA – OSZACOWANIE MOCY SPOCZYNKOWEJ CZŁOWIEKA

Cele nauczania:

- Pomiar mocy spoczynkowej człowieka – szybkości emisji energii przez organizm ludzki.

Umiejętności w zakresie posługiwania się TI:

- Używanie narzędzi do odczytywania wartości z wykresów

Umiejętności związane ze stosowaniem programu:

- Wnioskowanie dotyczące temperatury i jej zmian na podstawie wykresów
- Opisanie wyników i powiązanie ich z wyjaśnieniami teoretycznymi

Przebieg ćwiczenia:

Film przedstawia eksperyment, w czasie którego człowiek przez kilka minut siedzi wewnątrz izolowanej termicznie komory, gdzie są też rejestrowane zmiany temperatury, wilgotności i poziomu CO₂. Podobny eksperyment przeprowadzony jest ponownie z umieszczoną wewnątrz żarówką o znanej mocy. Porównanie zmian temperatury w obu doświadczeniach pozwala oszacować ilość energii dostarczonej przez człowieka do powietrza w komorze.

Zastosowana TI:
symulacja

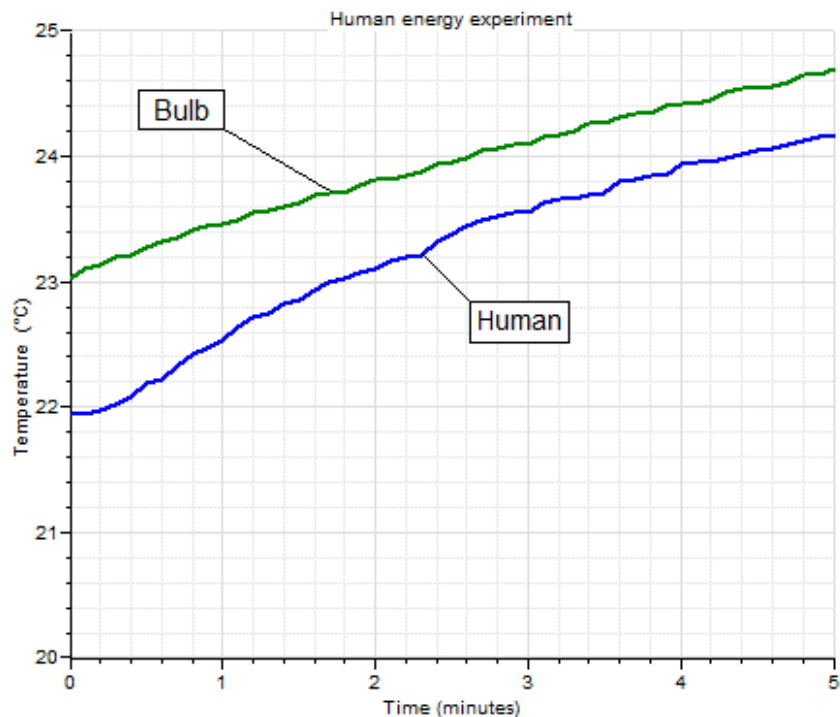
Poziom nauczania:
14 – 17 lat

Zalecany sposób
prowadzenia ćwiczeń:
ćwiczenia uczniowskie
lub symulacja
prezentowana przez
nauczyciela



Analiza wyników:

1. Otwórz w programie *Insight* lub *Coach 6* plik 'Human body data'.



2. Dokonaj odczytu z wykresów temperatury

- Zapisz przyrost wartości temperatury po 5 minutach pobytu człowieka w komorze
- Zapisz czas potrzebny do osiągnięcia tej samej temperatury przez żarówkę elektryczną.
- Oblicz ilość energii cieplnej oddanej przez żarówkę w tym czasie:

$$\text{Ciepło (w dżulach)} = \text{moc (w watach)} \times \text{czas (w sekundach)}$$

Człowiek oddał tę samą ilość ciepła w ciągu 5 minut.

- Oblicz, w sposób podany niżej, szybkość emisji energii (moc spoczynkową) człowieka:

$$\text{Moc (w watach)} = \text{Ciepło (w dżulach)} / \text{czas (300 sekund)}$$

Przykładowe dane z filmu video:

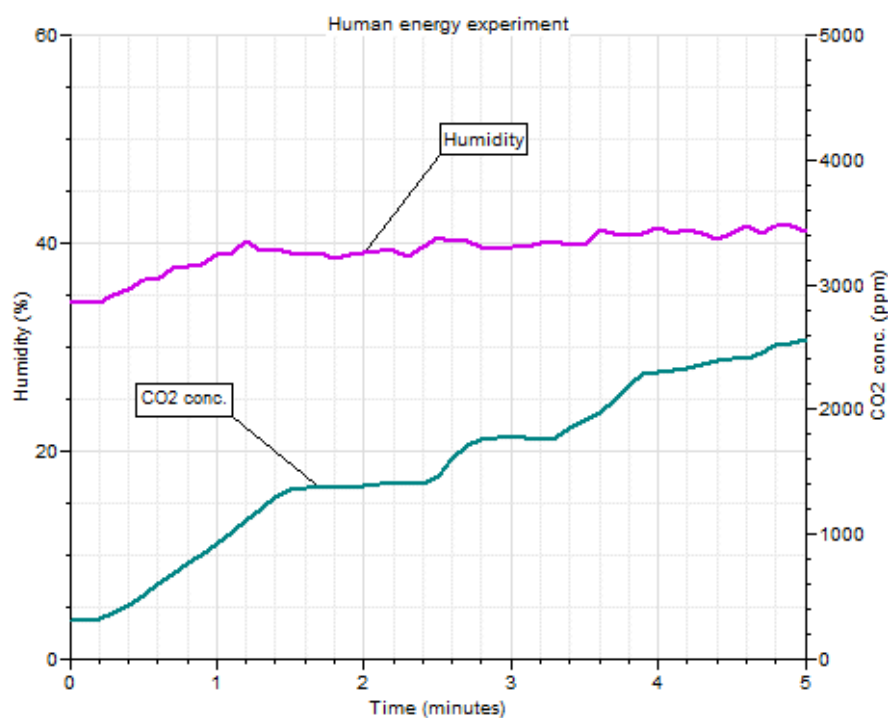
Objętość komory: 1 m³
Czas trwania doświadczenia: 5 minut
Przyrost stężenia CO₂: 2259 ppm
Przyrost temperatury: 2,2 stopni Celsjusza
Przyrost wilgotności względnej: 6,7 %

100 W żarówka powoduje wzrost temperatury powietrza w komorze o 2,2 °C w czasie 418 s (6,97 minut)

Obliczanie szybkości emisji energii cieplnej

Ciepło wytwarzane przez 100 W żarówkę w czasie 418 sekund = 100 * 418 = 41800 J

Szybkość emisji ciepła przez organizm ludzki przez 300 sekund = 41800 / 300 = 139 W



3. Odczytaj z wykresu przyrost poziomu CO₂ i wilgotności powietrza.

Odczytaj wzrost wilgotności względnej i wzrost stężenia CO₂ w czasie 5 minut trwania doświadczenia. Przedyskutuj przyczyny tego wzrostu w związku z procesami oddychania tlenowego zachodzącymi w organizmie ludzkim.

Odczytane wartości mogą być również wykorzystane do obliczenia ilości zużytej podczas spalania glukozy oraz szybkości wytwarzania energii przez człowieka. Używając przykładowych danych doświadczalnych można wykonać następujące obliczenia.

Emisja CO₂ w molach:

1 ppm (part per million) odpowiada 1 cm³ w 1 m³. Ponieważ objętość komory w doświadczeniu wynosi 1 m³, przyrost CO₂ o 2259 ppm odpowiada objętości $\Delta V = 2259 \text{ cm}^3 = 2,259 \text{ litra}$.

W temperaturze 273 K (0°C) przy ciśnieniu 1 atm, 1 mol gazu zajmuje objętość 22,4 litra (V₀).

A więc, w temperaturze 298 K (25°C) przy ciśnieniu 1 atm, 1 mol gazu ma objętość określoną przez:

$$V_t = V_0 \frac{T}{T_0} = 22,4 \frac{298}{273} = 24,45$$

Zatem 1 litr zawiera 1 / (24,45) mola

Stąd, 2,259 litra zawiera 2,259 / 24,45 = 0,092 mola CO₂

Spalanie glukozy:

W czasie utleniania glukozy, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ 1 mol glukozy w czasie spalania dostarcza 6 moli CO₂. Zatem 0,092 mola CO₂ emitowanego w doświadczeniu powstaje ze spalania 0,015 mola glukozy.

Ciepło spalania (entalpia) glukozy wynosi 2812 kJ/mol

Stąd powstałe ciepło wynosi $\Delta H_b = 0,015 * 2812 = 42200 \text{ J}$.

Moc wytwarzana w czasie spalania glukozy wynosi $P = 42200 \text{ J} / 300 \text{ s} = 141 \text{ W}$

Energia zużyta na odparowanie wody:

Przyrost wilgotności względnej $\Delta RH = 6,7\%$

Ciśnienie pary wodnej nasyconej w temperaturze 278 K wynosi 3167 Pa

Przyrost ciśnienia pary wodnej $\Delta p = 6,7\% * 3167 \text{ Pa} = 212 \text{ Pa}$

Liczba moli H₂O:

$$\Delta n_{H_2O} = \frac{\Delta pV}{RT} = \frac{212Pa \times 1m^3}{8.31J/mol/K \times 298K} = 0.0856mol$$

Ciepło parowania wody wynosi 44 kJ/mol

Energia zużyta na odparowanie wody wynosi $\Delta H_w = 0,0856 \text{ mol} * 44 \text{ kJ/mol} = 3,766 \text{ kJ}$,

czyli moc potrzebna do odparowania wody = $3766 / 300 = 12,5 \text{ W}$

Porównanie otrzymanych wyników

Zgodnie z pomiarami emisji CO₂, przemiana glukozy w organizmie ludzkim odpowiada wytworzonej mocy 141 W. 12,5 W jest zużywane do zamiany wody w parę wodną, a pozostałe 128,5 W jest to szybkość emisji energii cieplnej (moc). Wartość 139 W otrzymana podczas pomiarów kalibracyjnych z żarówką mieści się w granicach błędu pomiaru.

Pełen opis teorii doświadczenia oraz wyjaśnienie obliczeń można znaleźć w artykule Mats Areskoug 'The Power of the Human Body' - Załącznik 2. *Take readings from the humidity and CO₂ graphs*

4. Porównanie wyników z symulacją

Otwórz symulację 'Body energy balance' (w Simulation Insight) i porównaj dane z wynikami otrzymanymi w doświadczeniu ze skrzynią.

Dodatek 1

Energia w organizmie ludzkim

METABOLIZM

na podstawie <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/biology/metabolism.html#c1>

Paląc drewno, uwalniasz energię zmagazynowaną w uporządkowanych cząsteczkach celulozy, które zostały wyprodukowane przez drzewo w procesie syntezy. Podczas spalania, dodając tlen uzyskujesz CO₂ i wodę jako produkty oraz uwalniające się w procesie ciepło. Uzyskane ciepło pochodzi z energii ukrytej w uporządkowanych cząsteczkach cukrów prostych (glukozy), budujących celulozę.

Proces, dzięki któremu zwierzęta uzyskują energię, jest bardzo podobny. Również potrzebują one tlenu do spalania glukozy, w czasie którego produkują CO₂ i wodę oraz wytwarzają ciepło. Kiedy spalasz tłuszcz lub cukier w swoich komórkach, wytwarzasz takie same produkty jak podczas spalania drewna. Produkujesz też ciepło, które my - organizmy stałocieplne - wykorzystujemy do utrzymania stałej temperatury ciała. Ale również tracimy ciepło. W ciągu 24 godzin tracimy średnio tyle ciepła, ile wytwarza stuwatowa żarówka. Jednakże tylko połowa energii pochodzącej z procesu utleniania biologicznego jest natychmiast tracona w postaci ciepła. Pozostała część energii jest kumulowana w niezwykle ważnych dla realizacji procesów życiowych, wysokoenergetycznych cząsteczkach ATP czyli adenozyntrifosforanu.

Jedną z podstawowych metod termoregulacji w organizmie jest wydzielanie potu przez skórę. Po osiągnięciu przez skórę temperatury 37°C następuje stopniowy wzrost ilości wydzielanego potu, proporcjonalny do dalszego wzrostu temperatury. W raporcie Guytona można znaleźć dane, które mówią, że w warunkach normalnych maksymalne tempo pocenia się wynosi około 1,5 litra na godzinę, ale po 4 - 6 tygodniach aklimatyzacji w gorącym klimacie może osiągnąć 3,5 litra na godzinę! Musiałbyś stale uzupełniać płyny, żeby nie doprowadzić do odwodnienia organizmu! To maksymalne tempo pocenia się (zakładając, że pot paruje z powierzchni skóry) odpowiada maksymalnej mocy chłodzenia prawie 2,4 kilowatów!

Organizm człowieka ma niezwykłą zdolność utrzymywania temperatury wewnętrznej pomiędzy 36,6°C a 37,8°C, przy temperaturze otoczenia wahającej się między 20°C a 55° C, zakładając (za Guytonem), że ciało jest nagie, a powietrze suche.

Temperatura ciała jest regulowana przez mechanizm sprzężenia zwrotnego ujemnego w obrębie systemu, w którym główną rolę pełni podwzgórze (część mózgowia). Podwzgórze zawiera nie tylko mechanizmy kontrolne, ale również tzw. punkty nastawcze temperatury (normy, z którymi porównywane są odczyty „czujników” rejestrujących zmiany temperatury ciała, w tym skóry). Mechanizmy te kontrolują precyzyjne rozpoczęcie pocenia się skóry przy temperaturze 37°C, zwiększające się gwałtownie przy dalszym wzroście temperatury. Produkcja

ciepła przez organizm ludzki w tych warunkach pozostaje na stałym poziomie, bez względu na wzrost temperatury skóry.

Jeśli temperatura spadnie poniżej 37°C organizm rozpoczyna działania prowadzące do zatrzymania ciepła oraz do zwiększenia jego produkcji, takie jak:

- zwężanie naczyń krwionośnych w skórze, co powoduje zmniejszenie przepływu krwi i ograniczenie straty ciepła,
- redukcja wydzielania potu,
- dreszcze, co prowadzi do wzrostu produkcji ciepła w mięśniach,
- wydzielanie noradrenaliny, adrenaliny i tyroksyny, które przyspieszają procesy metaboliczne i prowadzą do zwiększenia produkcji ciepła,
- stroszenie włosów, u człowieka zwane „gęsią skórka”, u zwierząt dające lepszą izolację (grubsza warstwa futra z zawartym między włosami powietrzem).