



FIZYKA DA SIĘ LUBIĆ - 2013

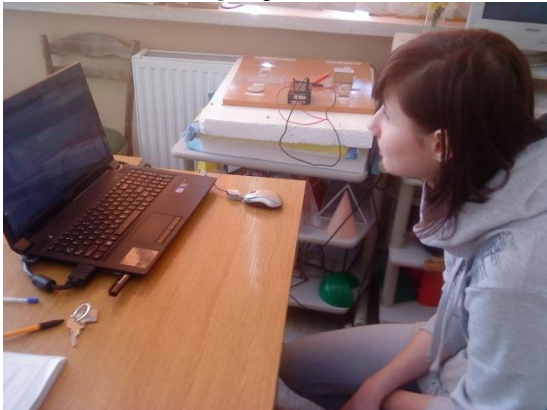
KATEGORIA DOŚWIADCZALNA: WYZNACZENIE MOCY ŚWIECZKI, JEJ ENERGETYCZNA SPRAWNOŚĆ

SKF Świetliki w osobach:

Zuzanna Kamińska, Wojciech Zielonka, Patryk Kęska,
Kamil Jeszka, Kacper Prączyński, Mateusz Górniak

OMÓWIENIE PROJEKTU KONKURSOWEGO

- Zanim przystąpiliśmy do działań z uwagą przeczytaliśmy wytyczne konkursowe. Nie od razu „zobaczyliśmy” całe doświadczenie, ponieważ większość z nas miała termodynamikę w klasie drugiej i należało nieco odświeżyć wiedzę. Wyznaczyliśmy, kto jest za co odpowiedzialny i tak beczynn timer minęło parę miesięcy. W końcu jednak zmotywowani do pracy. Pod czujnym okiem koleżanki przygotowaliśmy doświadczenie.



PRZYGOTOWANIA

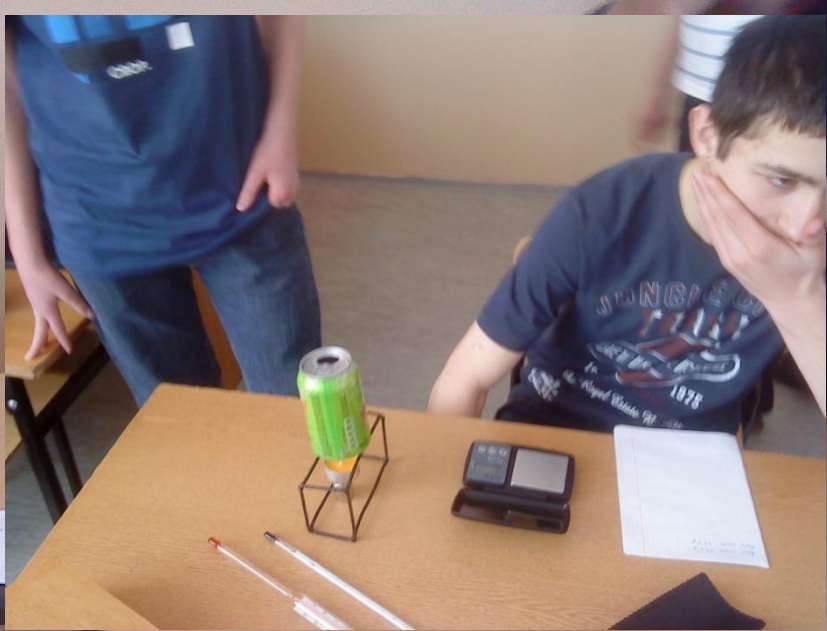


ZESTAW DOŚWIADCZALNY

W skład zestawu doświadczalnego wchodziły:

- Śweczka (w aluminiowym pojemniku o kształcie walca o promieniu podstawy około 18 mm i wysokości około 15 mm znajduje się knot zanurzony w stearynie);
- Puszka po napoju orzeźwiającym o pojemności 0,33 l;
- Termometr laboratoryjny;
- Woda kranowa w naczyniu;
- Strzykawka 24 ml;
- Stoper w telefonie komórkowym;
- Podstawka pod puszkę (taki nasz statyw – wymodelowany szkielet prostopadłościanu z podkładką drewnianą).





Zestaw pomiarowy

PRZYGOTOWANIE ZESTAWU

Kłopot sprawiło nam ustawienie puszki na ramce, dopiero po którymś z kolei ręcznym modelowaniu, uzyskaliśmy zadowalający efekt – puszka stała równoległe do blatu ławki i nie poruszała się. Następnie dobraliśmy podkładkę pod świeczkę, aby znajdowała się jak najbliżej dna puszki – użyliśmy ostatecznie drewnianej



Mając zestaw pomiarowy dobraliśmy narzędzia pomiaru – wybraliśmy termometr laboratoryjny i wagę elektroniczną oraz stoper w telefonie komórkowym.



PROCEDURA POMIARU – PODSTAWY TEORETYCZNE

- Zależało nam na doświadczalnym wyznaczeniu mocy świeczki. Skorzystaliśmy z zależności:

$$E = P t$$

$$Q = m c \Delta T$$

gdzie :

- Q – ilość ciepła pobranego przez układ;
- E – energia chemiczna zawarta w stearynie, wydzielona przez świeczkę, pobrana przez układ doświadczalny;
- P – moc świeczki;
- c – ciepło właściwe wody;
- ΔT – przyrost temperatury;
- t – czas podgrzewania wody.



PROCEDURA POMIARU – PODSTAWY TEORETYCZNE - ZAŁOŻENIA

Przy założeniu, że nie było strat ciepła, można zapisać:

$$E = Q$$

Wówczas, podstawiając wyznaczoną doświadczalnie ilość pobranego ciepła, jesteśmy w stanie wyznaczyć moc świeczki.

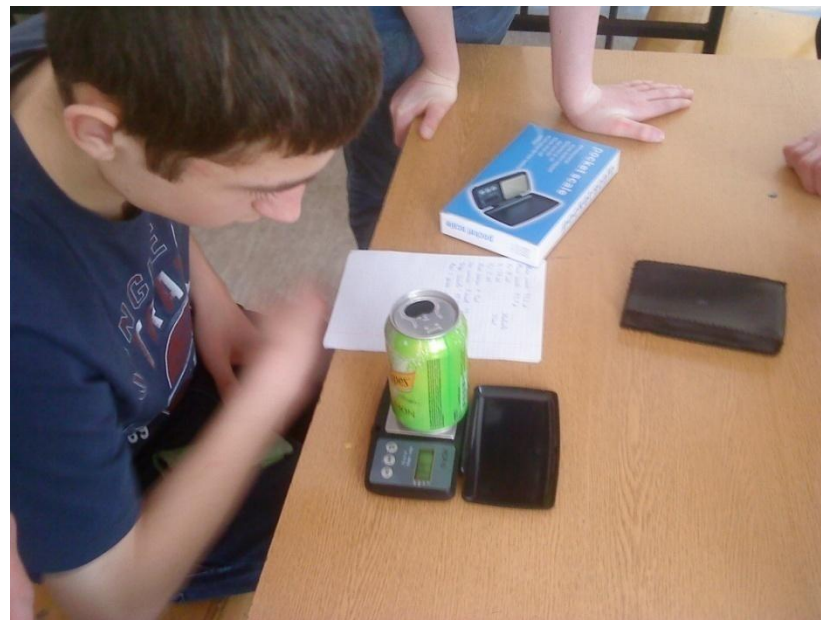
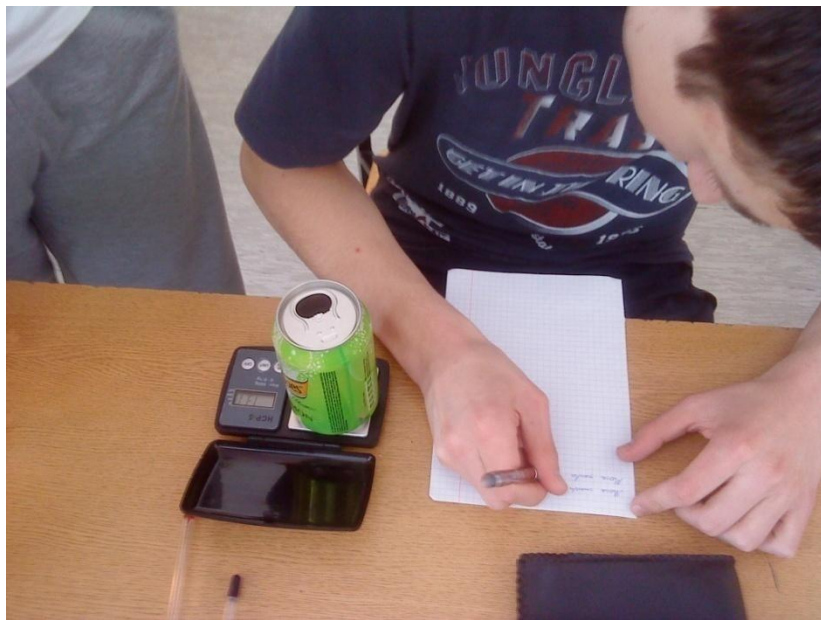
Musieliśmy zatem dokonać pomiaru temperatury, czasu, wyznaczyć masę wody; ciepło właściwe wody odczytaliśmy z podręcznika do fizyki: „Spotkania z fizyką 2”, wyd. Nowa Era:

$$c = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}.$$

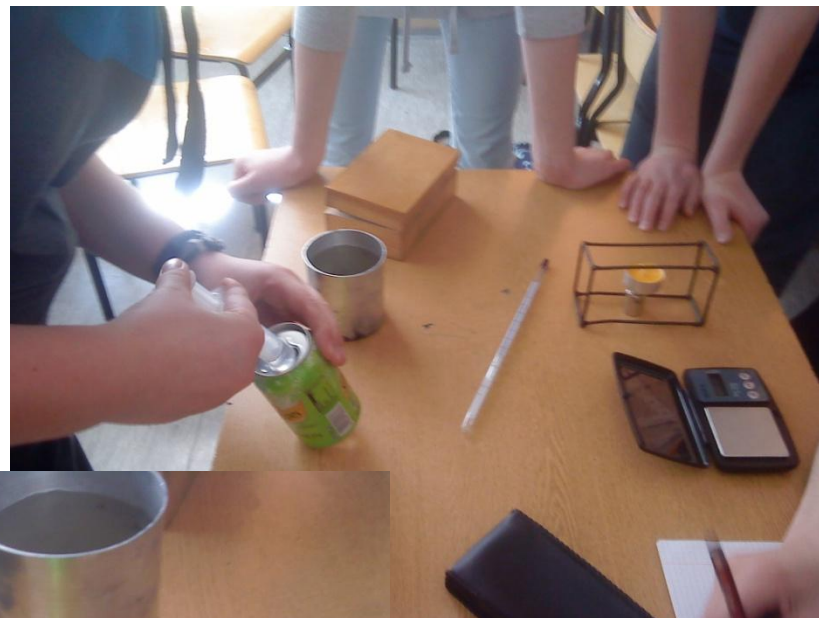


PRZEBIEG POMIARU – CZYNNOŚCI WSTĘPNE

Przed wlaniem wody do puszki, odczytaliśmy jej masę, a następnie drugim odczytem /po wlaniu do puszki wody/ była masa puszki z wodą.



PRZEBIEG POMIARU – CZYNNOŚCI WSTĘPNE: NAPEŁNIANIE PUSZKI WODĄ



PRZEBIEG POMIARU – CZYNNOŚCI

WSTĘPNE: NAPEŁNIANIE PUSZKI WODĄ – CD.

Nie ma się co łudzić, nasze działania obarczone były sporą ilością usterek. Ustaliliśmy, że za każdym razem podgrzewać będziemy 50 ml wody, gdyż to nie za mało (w puszcze odpowiedni poziom do zanurzenia termometru), i nie za dużo (szybkość podgrzewania). Niestety jako narzędzia do napełniania używaliśmy strzykawki /tak pod dyngus i szkło się w pracowni wytłukło ☹/. Na szczęści nasza koleżanka, ma największą praktykę pomiarową, zadbała byśmy uwzględnili błąd pomiaru związany z narzędziem – strzykawką – $3 \cdot 1\text{ml}$. Dopiero po drugim próbnym pomiarze olśniło nas i eliminując błędy pomiarowe związane z objętością, zaczęliśmy ważyć puszkę z wodą.

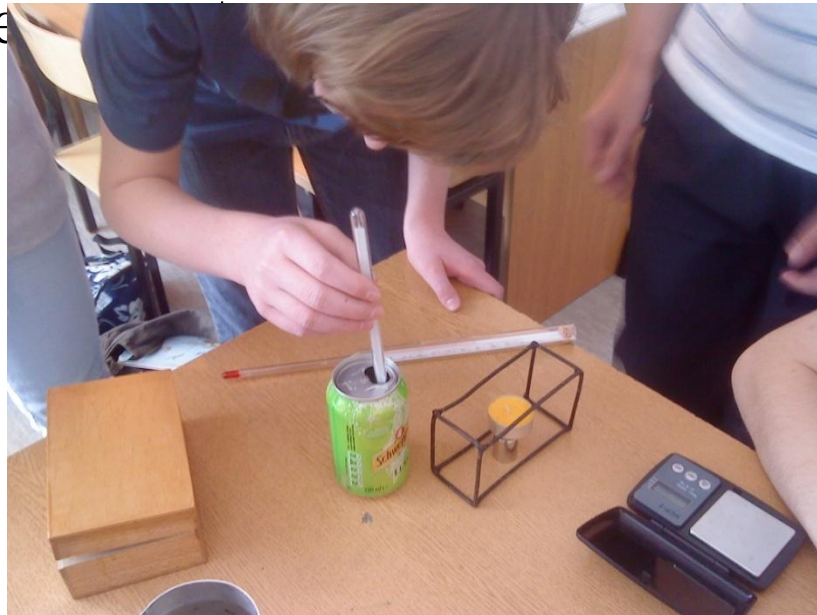


PRZEBIEG POMIARU – CZYNNOŚCI WSTĘPNE:

NAPEŁNIANIE PUSZKI WODĄ – CD.

Tym samym również nie było już problemów z bąbelkami powietrza w strzykawce, które zmniejszały objętość wody. Korzystając z wagi elektronicznej, błąd pomiaru wynosił 0,1g.

Po wlaniu wody do puszki odczytaliśmy jej temperaturę, i dzięki wskazówką koleżanki,



...ydały.



PRZEBIEG POMIARU – CZYNNOŚCI WSTĘPNE - CD

Wyprzedzając nieco zdarzenia, dokonywaliśmy dodatkowo pomiary masy świeczki przed doświadczeniem i po jego zakończeniu.



USTAWIĆ, DO POMIARU GOTOWI, STOPER

...



PRZEBIEG POMIARU

Przy pomocy skonstruowanego przez nas, zgodnie z wytycznymi, zestawu pomiarowego ogrzewaliśmy przy pomocy typowej świeczki 50 ml wody. Do celów obliczeń braliśmy jej odczytaną za każdym razem masę. Mierzyliśmy, przy pomocy aplikacji stoper, czas potrzebny do ogrzania 50 ml wody, od temperatury początkowej /pierwsze pomiary próbne 20°C, temperatura otoczenia 25°C/ do obranej przez nas granicy 50°C. Wyznaczony czas zapisywaliśmy z dokładnością co do sekundy.

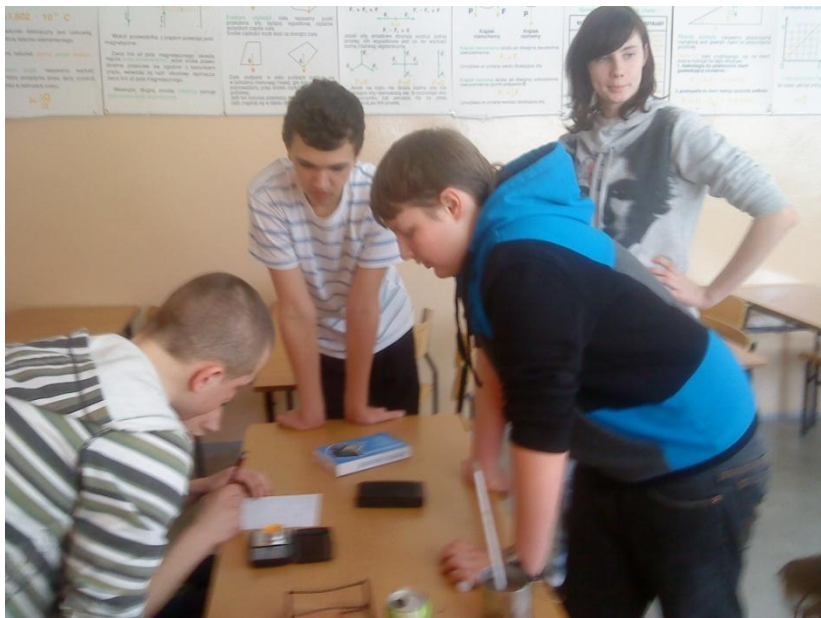


PO PIERWSZYM POMIARZE PRÓBNYM

- Zważyliśmy puszkę z wodą i okazało się, że różnica sięga 0,8g. Graniczna temperatura była zbyt wysoka, woda zaczęła parować. Zauważyliśmy to po gwałtownym wzroście temperatury /odczyt czasu był chyba opóźniony, bo się zagadaliśmy/ i dojechała do końca skali.



KOLEJNY POMIAR PRÓBNY



POMIAR PRÓBNY - EFEKTY

- Kolejne pomiary próbne zakończyły się sukcesem, udało nam się ustalić poprawną procedurę przeprowadzenia doświadczenia. Mogliśmy przeprowadzić właściwą serię, ale chcieliśmy jeszcze wyeliminować wszelkie straty energii. Dostrzegliśmy je, ponieważ musieliśmy zmienić miejsce przeprowadzenia doświadczenia. Nowe miejsce naszych zmagania to korytarz szkolny. Korytarz był wywietrzony - 10°C , temperatura wody - 13°C ; więc pomiar próbny, szybko zanalizowany, przyniósł niższą moc. Zatem zaizolowaliśmy puszkę.



IZOLOWANIE PUSZKI



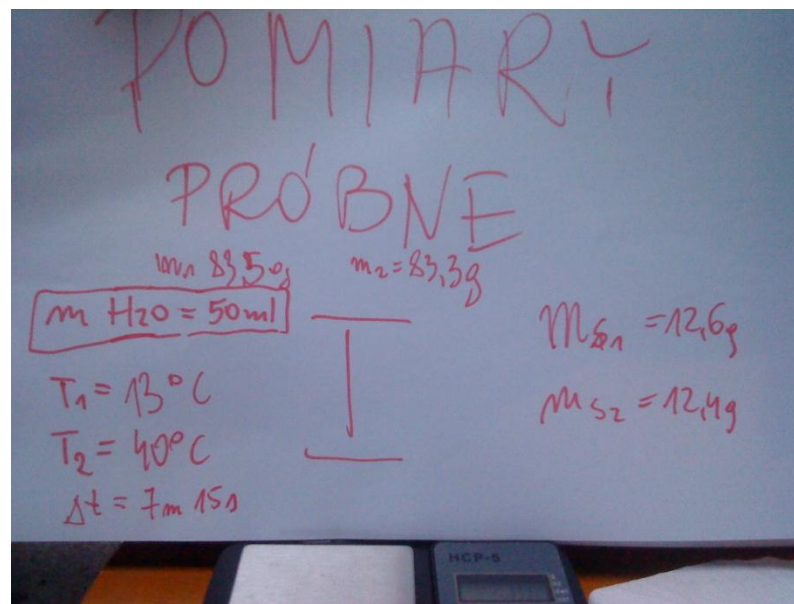
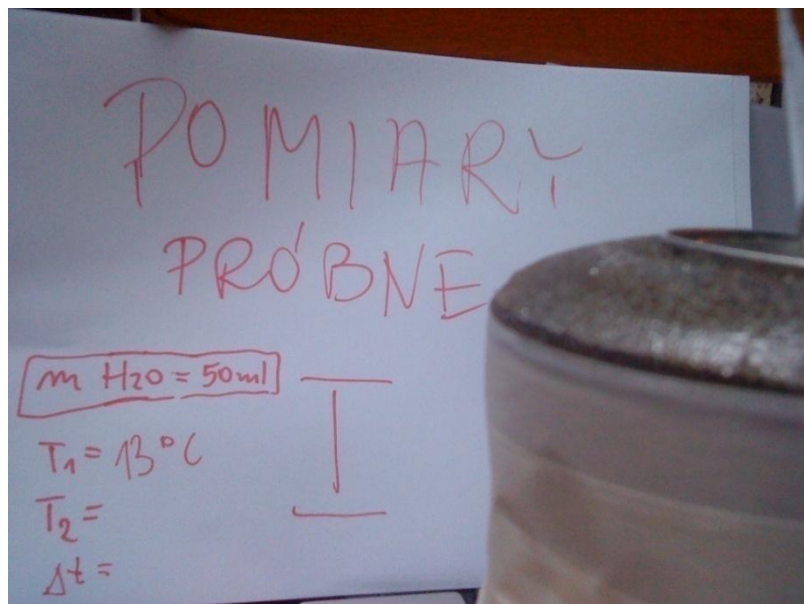
ZESTAW POMIAROWY



ZESTAW POMIAROWY – CD.



DOPRACOWANIE SZCZEGÓŁÓW



Po wyeliminowaniu wszystkich usterek i dopracowaniu szczegółów pomiaru w serii próbnej, przystąpiliśmy do właściwych pomiarów, a ich wyniki zebraliśmy w tabeli:



POMIARY - WYNIKI

Nr pomiaru	m - masa wody	ΔT - przyrost temperatury	t – czas podgrzewania wody
I	48,7 g	27°C	7 min 20 s
II	48,3 g	27°C	7 min 20 s
III	47,8 g	27°C	7 min 23 s
średnia	48,3 g = 0,0483 kg	27°C	7 min 21 s = 441 s



WARTOŚĆ MOCY ŚWIECZKI

Uwzględniając wspomnianą wcześniej zależność (z założeniem braku strat ciepła):

$$E = Q$$

otrzymujemy:

$$P = \frac{m c \Delta T}{t}$$

Podstawiając uśrednione wartości pomiarów, mamy:

$$P = \frac{0,0483 \text{ kg} \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 27^\circ\text{C}}{441\text{s}}$$

$$P = 12,42 \text{ W}$$



RACHUNEK NIEPEWNOŚCI

Wyznaczając wartość mocy świeczki mamy do czynienia z pomiarami pośrednimi wielkości złożonych.

Niepewności, które nam towarzyszą związane

są z narzędziami pomiaru i procedurami pomiarowymi.

Jako miarę niepewności użyjemy **niepewności maksymalnej**.



RACHUNEK NIEPEWNOŚCI – CD.

Niepewności związane z narzędziami pomiaru podane były w opisie pomiarów i zawarte są wraz z wartościami w tabelce poniżej:

m - masa wody	(0,0483+/-0,0001) kg
ΔT - przyrost temperatury	(27+/-1) °C
t – czas podgrzewania wody	(441+/-1) s

W przypadku czasu, za niepewność przyjęliśmy 1s, w związku ze zmianą aparatu telefonicznego wykorzystywanego w pomiarach właściwych (i rzędem wielkości).



RACHUNEK NIEPEWNOŚCI – OBLICZENIA.

- Dla mocy mamy:

$$\begin{aligned} P_{max} &= \frac{(m + \Delta m) \cdot c \cdot (\Delta T + \Delta(\Delta T))}{(t - \Delta t)} \\ &= \frac{(0,0483kg + 0,0001kg) \cdot 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (27^\circ C + 1^\circ C)}{(441s - 1s)} \\ &= \frac{(0,0484kg) \cdot 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (28^\circ C)}{(440s)} = 12,936 \text{ W} \end{aligned}$$



RACHUNEK NIEPEWNOŚCI – OBLICZENIA CD.

$$\begin{aligned} P_{min} &= \frac{(m - \Delta m) \cdot c \cdot (\Delta T - \Delta(\Delta T))}{(t + \Delta t)} \\ &= \frac{(0,0483kg - 0,0001kg) \cdot 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (27^\circ C - 1^\circ C)}{(441s + 1s)} \\ &= \frac{(0,0482kg) \cdot 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (26^\circ C)}{(442s)} \\ &= 11,908 \text{ W} \end{aligned}$$



NIEPEWNOŚĆ POMIARU MOCY

$$\begin{aligned}\Delta P &= (P_{max} - P_{min}) : 2 \\ &= (12,936 \text{ W} - 11,908 \text{ W}) : 2 \\ &= 1,028 \text{ W} : 2 = 0,514 \text{ W}\end{aligned}$$

Stąd moc świeczki:

$$P = (12,420 \pm 0,514) \text{ W}$$



SPRAWNOŚĆ ENERGETYCZNA

W celu wyznaczenia sprawności świeczki (a tak naprawdę sprawności całego zestawu zamieniającego energię chemiczną zawartą w stearynie w ciepło ogrzanej wody) wyznaczoną doświadczalnie moc porównamy z energią spalania świeczki w określonym czasie.

Skorzystamy z zależności:

$$E = P t$$

$$Q = m c_s$$

gdzie:

E – energia chemiczna zawarta w stearynie, wydzielona przez świeczkę, pobrana przez układ doświadczalny;



SPRAWNOŚĆ ENERGETYCZNA - TEORIA

- Q – ilość ciepła oddanego przez świeczkę;
- P – moc świeczki;
- c_s – ciepło spalania stearyny;
- m – masa stearyny, która ubyła;
- t – czas podgrzewania wody / palenia się świeczki.

Przy założeniu, że nie było strat ciepła, można zapisać:

$$E = Q$$

Wówczas:

$$P = \frac{m c_s}{t}$$

Musieliśmy zatem dokonać pomiaru temperatury, czasu, wyznaczyć masę stearyny; wyszukać wartość ciepła spalania stearyny.



SPRAWNOŚĆ ENERGETYCZNA - DANE

Dane na podstawie opisanych wcześniej pomiarów zawarte są w poniższej tabelce:

Nr pomiaru	m - masa stearyny	t – czas podgrzewania wody
I	0,2 g	7 min 20 s
II	0,2 g	7 min 20 s
III	0,2 g	7 min 23 s
średnia	0,2 g = 0,0002 kg	7 min 21 s = 441 s



CIEPŁO SPALANIA

Poszukiwanie tej wielkości przysporzyło bardzo wiele trudności i zajęło kilka cennych dni. W Internecie najczęściej nie ma wzmianki o tej wartości, a jeżeli już gdzieś się pojawi, to związana jest z jednym z kwasów tworzących stearynę. W poszczególnych fazach pracy korzystano z różnych wielkości, w miarę ich pozyskiwania; jednakże były one dalekie od ideału, często generując błędy rzędu jednej jednostki.

OSTATECZNIE oparto się o wartość podaną w państwowej informacji, zawartej w pliku:

PN_B_02852_Gestosc_obciazenia_ogniowego[1].d

oc dostępnym w Internecie.

$$c_s = 39000000 \frac{J}{kg}$$


CIEKAWA LITERATURA

- W trakcie poszukiwań wartości ciepła spalania stearyny, natrafiono na bardzo interesujący artykuł Juliusza Domańskiego „Świeca, a cóż tu ciekawego?”. Warto do niego zajrzeć i zgłębić z autorem ten nurtujący temat. Artykuł pod tytułem:

2007_m07_d12_swieca.pdf dostępny jest w Internecie.



ZNAMIENIOWA MOC ŚWIECZKI

Podstawiając uśrednione wartości pomiarów, mamy:

$$P = \frac{m c_s}{t} = \frac{0,0002 \text{ kg} \cdot 39000000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}}{441 \text{ s}} \\ \approx 17,687 \text{ W}$$



RACHUNEK NIEPEWNOŚCI

Niepewności związane z narzędziami pomiaru podane były w opisie pomiarów i zawarte są wraz z wartościami w tabelce poniżej:

m - masa stearyny	$(0,0002 \pm 0,0001) \text{ kg}$
t – czas podgrzewania wody	$(441 \pm 1) \text{ s}$

Uwaga: w przypadku masy stearyny, nie będziemy posługiwać się błędem pomiaru, gdyż wartość ta mogłaby znacząco wypaczyć obraz pomiaru.



RACHUNEK NIEPEWNOŚCI - OBLICZENIA

$$\begin{aligned}P_{max} &= \frac{m \cdot c_s}{(t - \Delta t)} = \frac{0,0002 \text{ kg} \cdot 39000000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}}{(441 \text{ s} - 1 \text{ s})} \\ &= \frac{0,0002 \text{ kg} \cdot 39000000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}}{(440 \text{ s})} \\ &= 17,727 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{min} &= \frac{m \cdot c_s}{(t + \Delta t)} = \frac{0,0002 \text{ kg} \cdot 39000000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}}{(441 \text{ s} + 1 \text{ s})} \\ &= \frac{0,0002 \text{ kg} \cdot 39000000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}}{(442 \text{ s})} \\ &= 17,647 \text{ W}\end{aligned}$$



NIEPEWNOŚĆ POMIARU MOCY ZNAMIENIOWEJ ŚWIECZKI

$$\begin{aligned}\Delta P &= (P_{max} - P_{min}) : 2 \\ &= (17,727 \text{ W} - 17,647 \text{ W}) : 2 \\ &= 0,080 \text{ W} : 2 = 0,040 \text{ W}\end{aligned}$$

Stąd znamieniowa moc świeczki:

$$P = (17,687 \pm 0,040) \text{ W}$$



ENERGETYCZNA SPRAWNOŚĆ ŚWIECZKI

Otrzymaliśmy:

$$\eta = \frac{12,420 \text{ W}}{17,687 \text{ W}} * 100\% \approx 70,22\%$$

korzystając ponownie z niepewności maksymalnej:

$$\eta_{max} = \frac{(12,420 + 0,514)W}{(17,687 - 0,040)W} = \frac{12,934}{17,647} \\ \approx 0,7329$$

$$\eta_{min} = \frac{(12,420 - 0,514)W}{(17,687 + 0,040)W} = \frac{11,906}{17,727} \\ \approx 0,6716$$

$$\Delta\eta = (\eta_{max} - \eta_{min}):2 \\ = (0,7329 - 0,6716):2 = 0,0613:2 \\ \approx 0,0307$$



ENERGETYCZNA SPRAWNOŚĆ ŚWIECZKI

wynosi:

$$(0,7022 \pm 0,0307) * 100\%,$$



DZIĘKUJEMY ZA UWAGĘ

