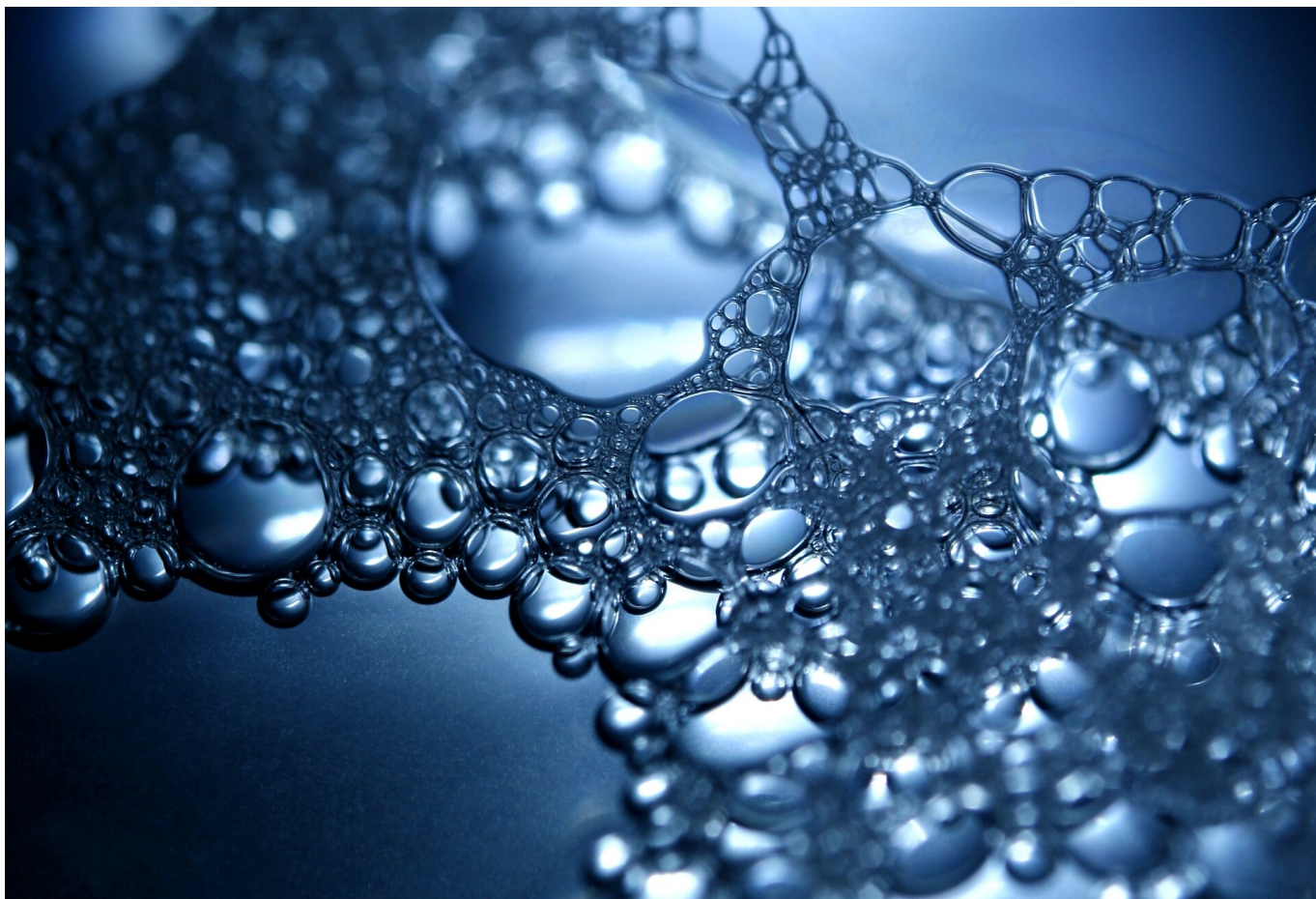
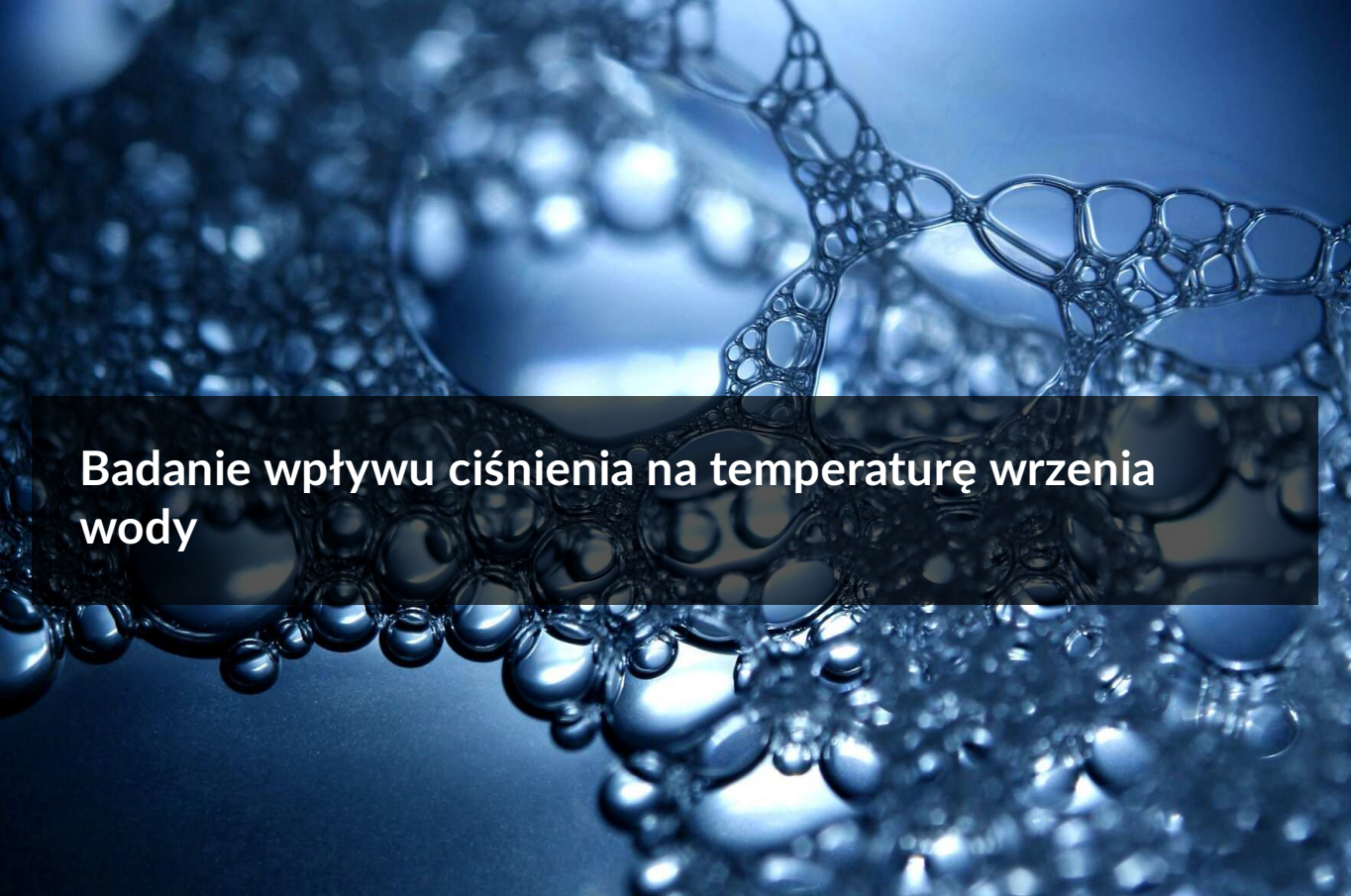




Badanie wpływu ciśnienia na temperaturę wrzenia wody

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Wirtualne Laboratorium WL-S](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)

A macro photograph of water bubbles, showing intricate patterns and reflections. A semi-transparent dark rectangle is overlaid on the center, containing the title text in white.

Badanie wpływu ciśnienia na temperaturę wrzenia wody

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/pl/photos/woda-b%20belki-makro-ciek%82y-1011160/>
[dostęp 12.06.2022], domena publiczna.

Czy to nie ciekawe?

W wysokich górach zaparzenie dobrej herbaty może być problematyczne. Potrzebna jest do tego celu woda o temperaturze $95 - 96^{\circ}\text{C}$. Czy w górach, gdzie ciśnienie atmosferyczne jest niższe niż na nizinach, woda może mieć taką temperaturę? W bazie himalaistów na wysokości 6000 m n. p. m. panuje średnie ciśnienie około 450 hPa. Woda wrze tam już w temperaturze 80°C . Herbata raczej się nie uda. W tym e-materiale możesz zbadać w naszym wirtualnym laboratorium zjawisko zależności temperatury wrzenia od ciśnienia.



Rys. a. Temperatura wrzenia wody w górach jest niższa niż na nizinach.

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/pl/photos/g%c3%b3ra-g%c5%82az-mech-zielony-ro%c5%9blin-2596995/> [dostęp 12.06.2022], domena publiczna.

Twoje cele

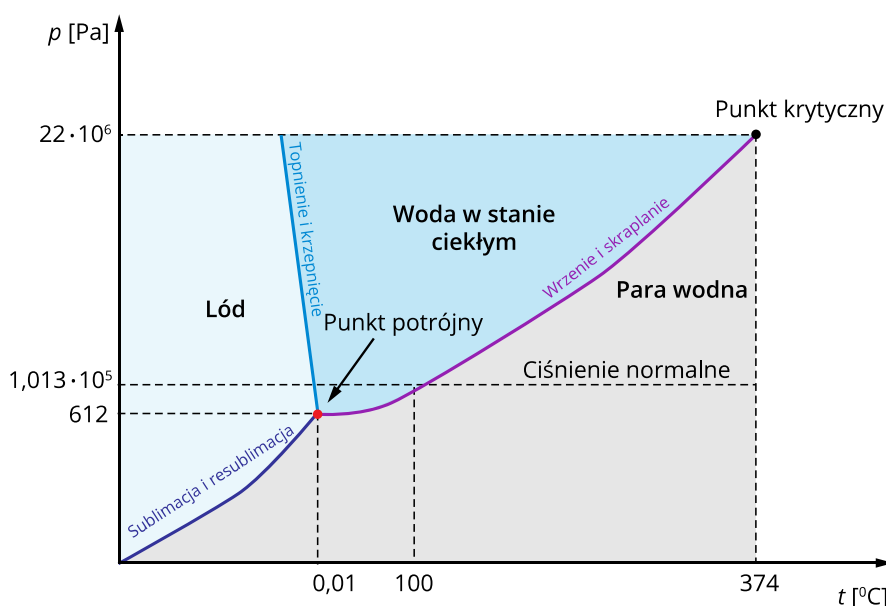
- poznasz procesy, które przebiegają podczas wrzenia cieczy,
- zrozumiesz, jaki jest związek ciśnienia pary nasyconej z temperaturą wrzenia,
- zrozumiesz, dlaczego temperatura wrzenia rośnie wraz z ciśnieniem zewnętrznym,
- zbadasz w wirtualnym laboratorium wpływ ciśnienia na temperaturę wrzenia wody.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Wrzenie to zamiana cieczy na parę w całej jej objętości. Poznajemy zjawisko wrzenia po tym, że w cieczy pojawiają się i wypływają na powierzchnię bąbelki wypełnione parą nasyconą. **Para nasycona** to para o największej gęstości i ciśnieniu w danej temperaturze. Ciśnienie **pery nasyconej** wzrasta wraz z **temperaturą**. Dopóki ciśnienie pary nasyconej w tworzących się w głębi cieczy pęcherzykach jest mniejsze od ciśnienia zewnętrznego, pęcherzyki nie mogą wypływać na powierzchnię. Gdy temperatura wzrośnie do odpowiedniej wartości, ciśnienie pary nasyconej staje się równe ciśnieniu zewnętrznemu i pęcherzyki pary zaczynają wypływać. Rozpoczyna się wrzenie cieczy. Temperaturę, w której wrzenie zachodzi, nazywamy **temperaturą wrzenia**. Temperatura wrzenia zależy od ciśnienia zewnętrznego - rośnie wraz z ciśnieniem. Nie jest to zależność wprost proporcjonalna. Jej charakter zależy od rodzaju cieczy.

Na diagramie fazowym wody (Rys. 1.) krzywa określająca wartości ciśnienia i temperatury odpowiadające stanom równowagi między wrzeniem i skraplaniem, przedstawia także zależność temperatury wrzenia wody od ciśnienia. Szczegółowy opis diagramu fazowego wody zawiera e-materiał „Przemiany fazowe wody”.



Rys. 1. Diagram fazowy wody. Fioletowa krzywa (Wrzenie i skraplanie) przedstawia zależność ciśnienia pary nasyconej od temperatury, a także zależność temperatury wrzenia wody od ciśnienia

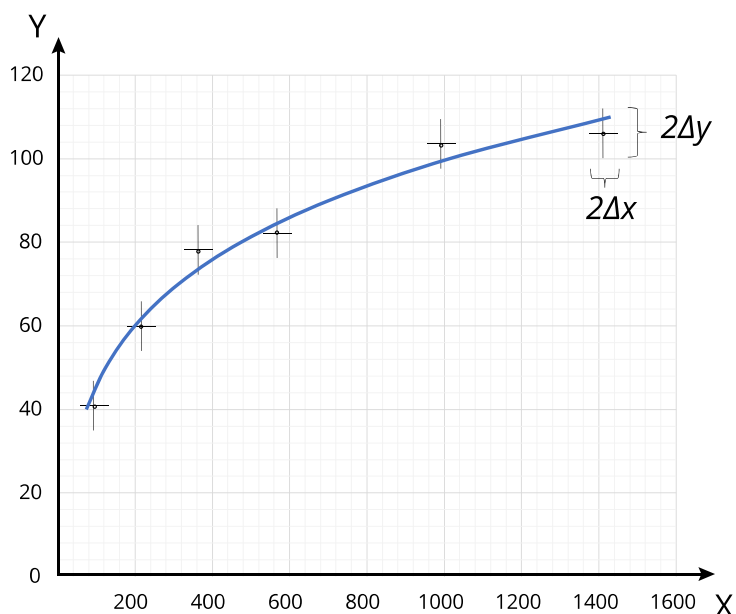
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Podczas wrzenia temperatura jest stała pomimo dostarczania do cieczy ciepła. Całe pobrane przez ciecz ciepło zużywane jest na zmianę stanu skupienia z ciekłego na gazowy.

Jeśli dysponujesz pompą próżniową, możesz mierzyć temperaturę wrzenia wody dla ciśnień równych i mniejszych od ciśnienia atmosferycznego. Używa się do tego celu przyrządu do mierzenia ciśnienia – manometru. Niektóre manometry pokazują ciśnienie względne, czyli różnicę między ciśnieniem mierzonym a ciśnieniem atmosferycznym. W naszym wirtualnym laboratorium używamy manometru mierzącego ciśnienie absolutne, mierzone od poziomu próżni. Techniczną jednostką ciśnienia, zazwyczaj używaną w manometrach, jest bar. 1 bar to ciśnienie równe 10^5 Pa = 1000 hPa, czyli nieco mniej niż **ciśnienie normalne** równe 1013,25 hPa. To wygodna jednostka – łatwo zapamiętać, że ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza to około 1 bar. Ciśnienie większe niż 1 bar to nadciśnienie, mniejsze – podciśnienie.

W eksperymencie (wirtualnym lub rzeczywistym) wyznaczamy temperatury wrzenia wody dla kilku wartości ciśnienia w celu umieszczenia punktów pomiarowych na wykresie zależności ciśnienia od temperatury $p(t)$ i dopasowaniu najlepszej linii do punktów pomiarowych. Żadnego pomiaru nie da się przeprowadzić z dowolnie dużą dokładnością, powinniśmy więc uwzględnić niepewności pomiarowe. W naszym przypadku niepewności pomiarowe są związane z dokładnością przyrządów pomiarowych – przyjmujemy, że niepewność jest równa najmniejszej działce na skali przyrządu. W przypadku miernika cyfrowego niepewność pomiaru możemy określić przez miejsce dziesiętne ostatniej cyfry wyniku. Na przykład, wynik pomiaru równy 2,35 jednostek będzie miał niepewność równą 0,01 jednostek.

Jak na wykresie uwzględnić niepewności, wyjaśnimy na przykładzie. Załóżmy, że wyznaczyliśmy wartości wielkości y w zależności od x (Rys. 2.). Niepewność wyznaczenia wielkości x wynosi $\Delta x = 40$ jednostek, wielkości y : $\Delta y = 6$ jednostek. Do każdego punktu pomiarowego na wykresie dodajemy pałeczkę dwa razy dłuższą niż wynosi niepewność. Następnie przeprowadzamy funkcję zależności y od x , przechodzącą przez wszystkie prostokąty wyznaczone pałeczkami niepewności.



Rys. 2. Każdy punkt pomiarowy na wykresie ma zaznaczony zakres niepewności pomiarowych wielkości x i y .
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Słowniczek

temperatura

(*ang.: temperature*) miara średniej energii kinetycznej cząsteczek ciała.

ciśnienie normalne

(*ang.: normal pressure*) średnie ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza, wynosi 1013,25 hPa.

para nasycona

(*ang.: saturated fluid*) para o największej możliwej gęstości i ciśnieniu w danej temperaturze.

Wirtualne Laboratorium WL-S

Badanie wpływu ciśnienia na temperaturę wrzenia wody

Przeprowadź dwuczęściowy eksperyment w wirtualnym laboratorium. Wykonaj ćwiczenia i polecenia związane z wyposażeniem pracowni, dokonaniem pomiarów oraz opracowaniem wyników.

Doświadczenie 1

Wyznaczenie zależności temperatury wrzenia wody od ciśnienia

Problem badawczy

Jak temperatura wrzenia wody zależy od ciśnienia?

Hipoteza

Ćwiczenie 1

Postaw swoją hipotezę badawczą poprzez wybranie jednej z odpowiedzi:

- ☐ Temperatura wrzenia wody rośnie liniowo wraz ze wzrostem ciśnienia.
- ☐ Temperatura wrzenia wody rośnie nieliniowo wraz ze wzrostem ciśnienia.
- ☐ Temperatura wrzenia wody maleje liniowo wraz ze wzrostem ciśnienia.
- ☐ Temperatura wrzenia wody maleje nieliniowo wraz ze wzrostem ciśnienia.
- ☐ Temperatura wrzenia wody nie zależy od ciśnienia.

Co będzie potrzebne

Zapoznaj się z wyposażeniem wirtualnego laboratorium oraz wypróbuj jego działanie pod kątem przygotowania do wykonania doświadczenia, które rozstrzygnie hipotezę badawczą. Poszukaj odpowiedzi na poniższe pytanie.

Ćwiczenie 2

Który element wyposażenia laboratorium nie jest bezwzględnie potrzebny do przeprowadzenia planowanego doświadczenia?

- ☐ termometr
- ☐ czajnik do podgrzewania wody
- ☐ włącznik pompy próżniowej
- ☐ komora próżniowa
- ☐ pompa próżniowa
- ☐ manometr
- ☐ pokrywa komory próżniowej
- ☐ woda na wymianę w czajniku
- ☐ zawór do rozszczelniania komory próżniowej

Instrukcja

Zaplanuj kolejność czynności, jakie będziesz wykonywać przeprowadzając doświadczenie i wpisz ją do formularza w dzienniku badań. Zwróć uwagę na następujące zagadnienia.

1. Jak ustawić wymaganą wartość ciśnienia w komorze próżniowej? Możesz posługiwać się zarówno włącznikiem pompy jak i zaworem rozszczelniającym.
2. Jaką dokładność odczytu ciśnienia należy przyjąć?
3. Jak odczytać temperaturę wrzenia wody w czajniku?

4. Jaką dokładność odczytu temperatury należy przyjąć?
5. Ile pomiarów dla różnych wartości ciśnienia należy wykonać, by wyczerpująco odpowiedzieć na pytanie badawcze?
6. W jaki sposób należy zorganizować i zaprezentować wyniki doświadczenia?
7. Uzyskane dane można porównać z wartościami tablicowymi znajdującymi się w drugiej odpowiedzi.

W dzienniku badań znajdują się tabele do zapisywania wyników. Przygotuj je wpisując nagłówki kolumn. Pamiętaj o podaniu jednostek wielkości fizycznych. Nie musisz wykorzystać wszystkich kolumn.

Polecenie 1

Zdecyduj, czy chcesz przeczytać pierwszą odpowiedź, czy opracować najlepszą technikę wykonywania pomiarów i przedstawienia wyników samodzielnie.

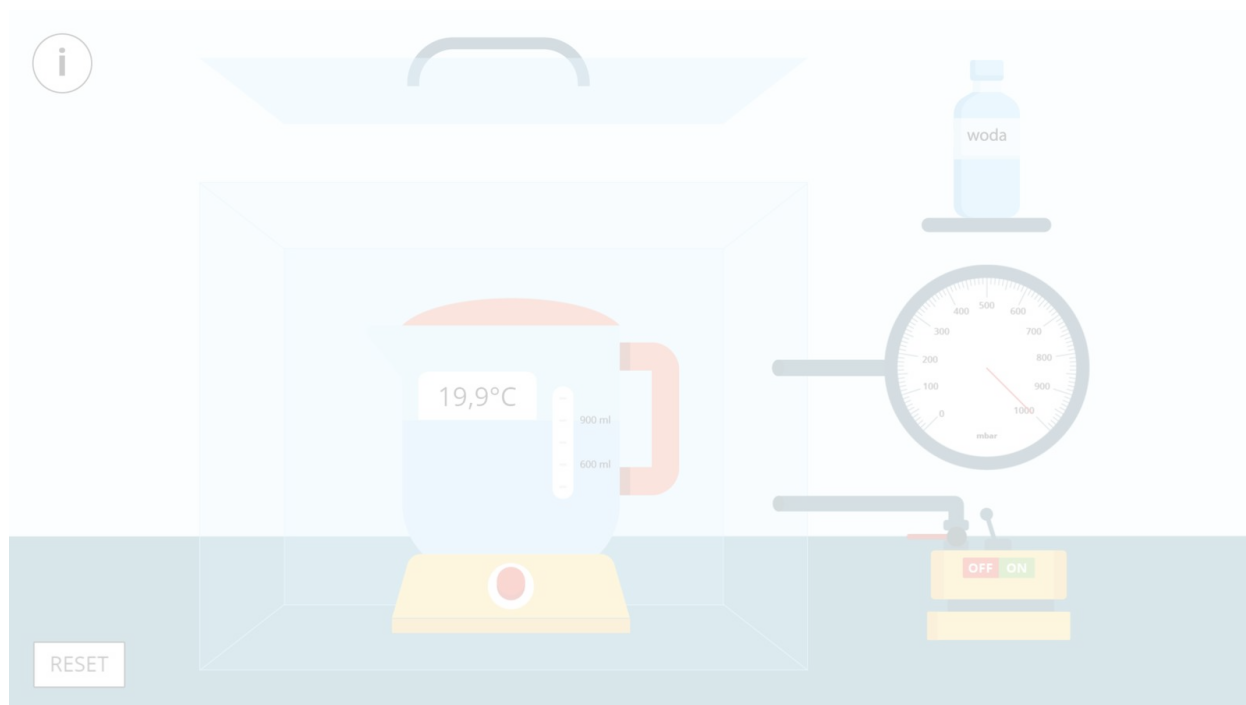
Dziennik badań doświadczenia 1.

Data:

Plan pracy

Wyniki pomiarów

--	--	--	--



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DvwD6dZQK>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Podsumowanie

Podsumuj wyniki swojego eksperymentu:

1. Sformułuj konkluzję.
2. Oceń, jaki jest charakter otrzymanej zależności i czy Twoja hipoteza badawcza potwierdziła się.
3. Porównaj jakościowo (intuicyjnie) uzyskaną przez Ciebie zależność z wartościami tablicowymi. Sprawdź, czy wśród wyników nie występują takie, które trzeba wyeliminować, gdyż obarczone są błędami grubymi. Skomentuj, czy odstępstwa Twoich danych od zależności tablicowej mają charakter przypadkowy, czy systematyczny.

Polecenie 2

Podsumowanie doświadczenia wpisz do poniższego formularza.

Doświadczenie 2

Dokładne wyznaczenie zależności temperatury wrzenia wody od ciśnienia

Problem badawczy

Jak zwiększyć dokładność wyznaczenia badanej zależności?

Hipoteza

Ćwiczenie 3

Przeanalizuj sposób przeprowadzenia poprzedniego doświadczenia oraz uzyskane wyniki i zaproponuj, jak można zwiększyć dokładność rezultatu. To będzie Twoja hipoteza, którą wpisz do formularza poniżej.

Co będzie potrzebne

Ćwiczenie 4

Wykorzystaj te same przyrządy, co w poprzednim doświadczeniu. W naszym wirtualnym laboratorium nie można ich zmienić.

Puść jednak wodze fantazji i wyobraź sobie, że nie ma żadnych ograniczeń w modyfikacji wyposażenia stanowiska pomiarowego ... Podaj dwa kierunki, w których podążałyby Twoje propozycje zmian, prowadzące do zmniejszenia niepewności pomiarowych.

Instrukcja

Ustal kolejność czynności przy przeprowadzeniu doświadczenia i opracowaniu jego wyników oraz wpisz ją do dziennika badań. Wartości pomiarów notuj w tabeli dziennika. Tak jak poprzednio, przygotuj tę tabelę uzupełniając nagłówki kolumn odpowiednimi wielkościami fizycznymi wraz z jednostkami. Nie musisz wykorzystywać wszystkich kolumn.

Zdecyduj, jakie wartości niepewności granicznych Δp i ΔT należy przyjąć jako miary błędów systematycznych pomiaru ciśnienia i temperatury. Wpisz je do dziennika badań. Pamiętaj, by nanieść je na wykres. Przykład można znaleźć w części „Przeczytaj” (Rys. 2. z opisem powyżej tego rysunku). Wykorzystaj także wiadomości zawarte w e-materiale „Przedstawianie niepewności pomiarowych w formie graficznej”.

Dziennik badań doświadczenia 2.

Data:

Plan pracy

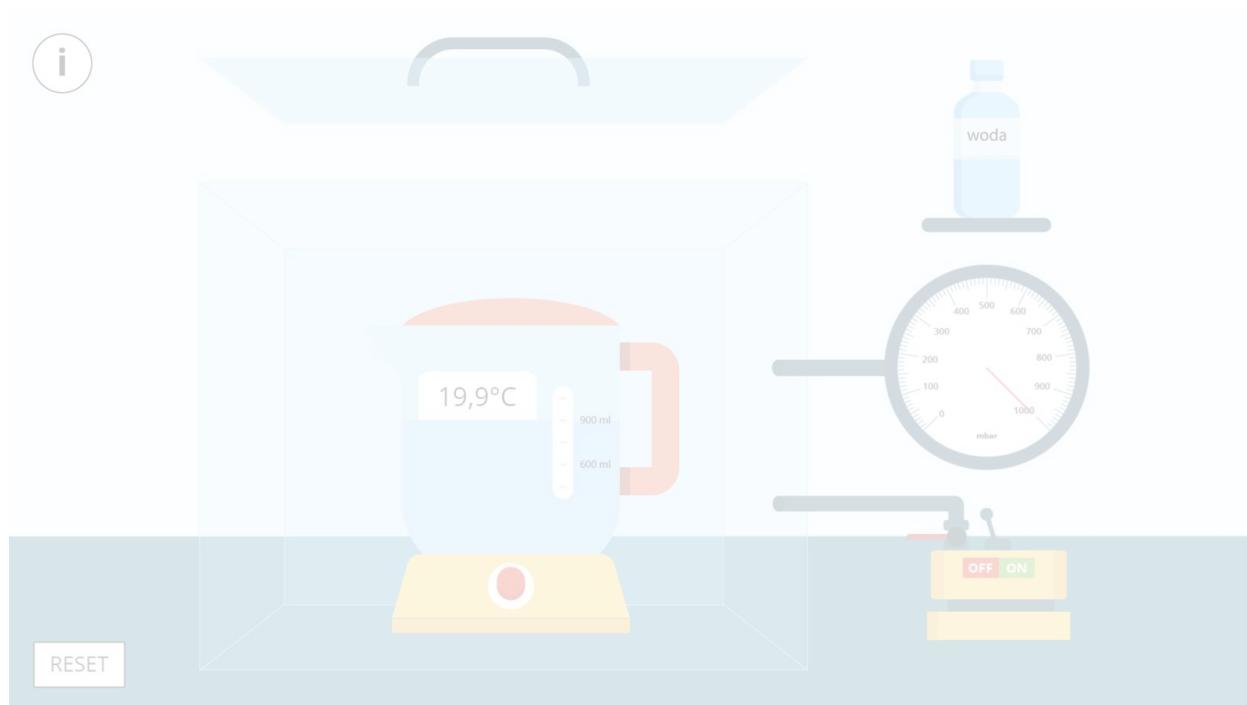
--

Wartości niepewności granicznych pojedynczego pomiaru:

$\Delta p = >$	wartość	jednostka
$\Delta T = >$	wartość	jednostka

Wyniki pomiarów

--	--	--	--



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DvwD6dZQK>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Podsumowanie

Polecenie 3

Dokonaj podsumowania wyników eksperymentu i wpisz je do formularza poniżej. Uwzględnij kwestię, czy udało się wykonać doświadczenie dokładniej niż poprzednio i czy Twoja hipoteza badawcza potwierdziła się.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij zdanie:

Gdy zwiększa się ciśnienie zewnętrzne, temperatura wrzenia wody / .

Ćwiczenie 2



Połącz w pary fragmenty zdań, aby otrzymać poprawne stwierdzenia.

Woda występuje w stanie ciekłym

powyżej temperatury wrzenia.

Para wodna skrapla się

poniżej temperatury wrzenia.

Woda występuje w stanie lotnym

w temperaturze wrzenia.

Ćwiczenie 3



Temperatura wrzenia wody pod ciśnieniem 311,5 hPa wynosi 70 °C. Podaj ciśnienie nasyconej pary wodnej, której temperatura wynosi 70 °C.

Odpowiedź: hPa.

Ćwiczenie 4



Ciśnienie wytwarzane w szybkowarze, czyli szczelnie zamkniętym garnku, wynosi około 2000 hPa. W jakiej temperaturze woda wrze w tym szybkowarze? Skorzystaj z tabeli przedstawiającej ciśnienie nasyconej pary wodnej w zależności od temperatury:

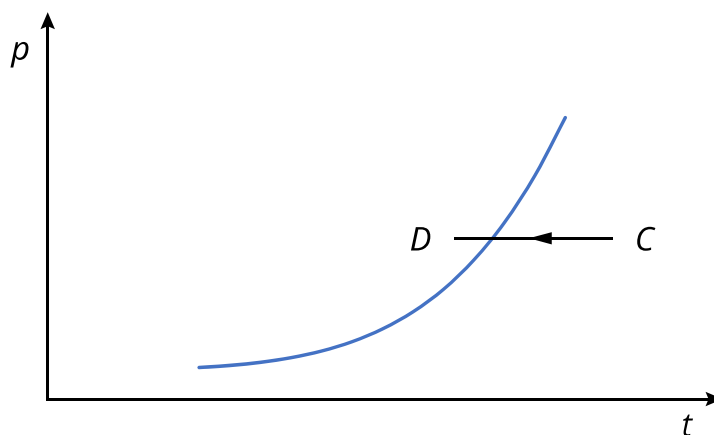
Odpowiedź: około °C.

Temperatura [°C]	Ciśnienie nasyconej pary wodnej [hPa]
100	1013
110	1430
120	1980
130	2700
140	3610
150	4760

Ćwiczenie 5



Wykres przedstawia zależność między temperaturą wrzenia i ciśnieniem zewnętrznym. Wymień trzy procesy, które prowadzą od stanu C do stanu D?

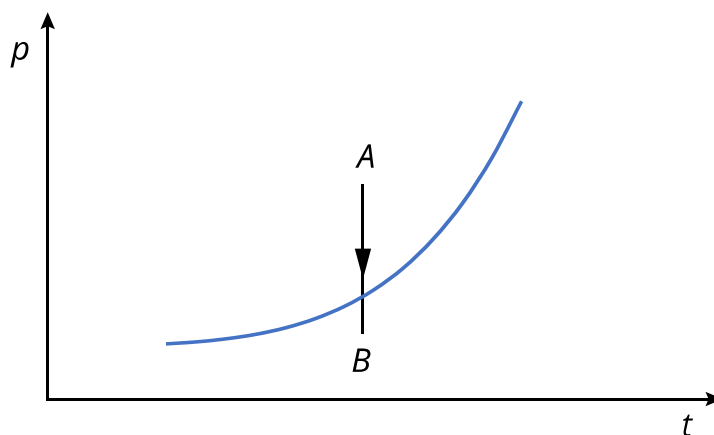


Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Ćwiczenie 6



Wykres przedstawia zależność między temperaturą wrzenia i ciśnieniem zewnętrznym. Wymień trzy procesy, które prowadzą od stanu A do stanu B?



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.



Rys. Strokkur - największy czynny gejzer Islandii.

Źródło: Diego Delso, dostępny w internecie:

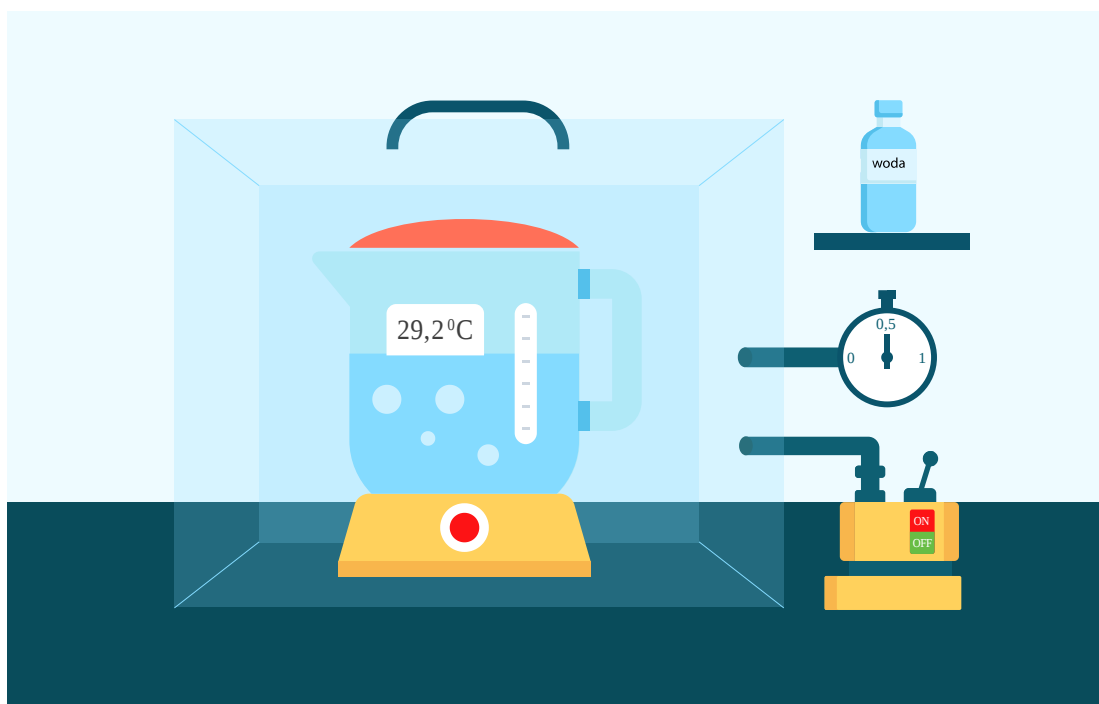
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Strokkur,_%C3%81rea_geot%C3%A9rmica_de_Geysir,_Su%C3%B0urland,_Islandia,_2014-08-16,_DD_086.JPG [dostęp 12.06.2022], licencja: CC BY-SA 4.0.

Strokkur to największy czynny gejzer Islandii (Rys.). Wybucha co 5-10 minut, wyrzucając słup wody na wysokość 30 m. Woda gromadzi się głęboko pod ziemią w zbiorniku połączonym z powierzchnią gruntu wąskim kanałem. Woda w zbiorniku podgrzewana jest energią z wnętrza Ziemi. Wybuch następuje, gdy woda w zbiorniku zaczyna wrzeć i pojawia się duża ilość pary wodnej wypychająca wodę z kanału. W jakiej temperaturze rozpoczyna się wrzenie wody w zbiorniku: 100°C, wyższej czy niższej? Odpowiedź uzasadnij.

Ćwiczenie 8



W doświadczeniu mającym na celu zbadanie wpływu ciśnienia na temperaturę wrzenia wody użyto wody o temperaturze otoczenia równej 20°C .



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Czy można w tym doświadczeniu określić, przy jakim ciśnieniu woda rozpocznie wrzenie w temperaturze 10°C ?

TAK ☐ / NIE ☐

Wyobraź sobie, że wykonujesz to doświadczenie w realnym laboratorium. Zaproponuj taką modyfikację doświadczenia, aby można było uzyskać informację, przy jakim ciśnieniu woda rozpocznie wrzenie w temperaturze 10°C .

Ćwiczenie 9

Jaki jest charakter zależności temperatury wrzenia wody od ciśnienia?

- ☐ To liniowa zależność malejąca.
- ☐ Temperatury wrzenia wody wynosi $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ i nie zależy od ciśnienia.
- ☐ To nieliniowa zależność rosnąca, najwolniej w przedziale od $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- ☐ To liniowa zależność rosnąca.
- ☐ To nieliniowa zależność rosnąca, najszybciej w przedziale od $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Badanie wpływu ciśnienia na temperaturę wrzenia wody
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi; 10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji; 15) posługuje się pojęciem niepewności pomiaru wielkości prostych i złożonych; zapisuje wynik pomiaru wraz z jego jednostką oraz z uwzględnieniem informacji o niepewności; uwzględnia niepewności przy sporządzaniu wykresów. VI. Termodynamika. Uczeń: 4) opisuje przykłady współistnienia substancji w różnych fazach w stanie równowagi termodynamicznej.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	Uczeń: 1. opíše procesy, które przebiegają podczas wrzenia cieczy. 2. wyjaśni, jaki jest związek ciśnienia pary nasyconej z temperaturą wrzenia. 3. wyjaśni, dlaczego temperatura wrzenia rośnie wraz z ciśnieniem zewnętrznym. 4. zbada w wirtualnym laboratorium wpływ ciśnienia na temperaturę wrzenia wody.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obserwacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	- wykład informacyjny, - eksperyment w wirtualnym laboratorium, - burza mózgów.
Formy zajęć:	- praca w parach, - praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	„Jak definiujemy przemianę fazową?”, „Jaki wpływ ma ciśnienie na temperaturę wrzenia cieczy?”, „W jaki sposób odróżnić wrzenie od parowania powierzchniowego?”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
• Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. • Odwołanie do wiedzy o procesie wrzenia.	
Faza realizacyjna:	

Uczniowie odpowiadają, po czym można poznać, że rozpoczęło się wrzenie. Sami lub z pomocą nauczyciela ustalają, że w pęcherzykach pojawiających się we wrzącej cieczy znajduje się para nasycona. Nauczyciel opisuje początek procesu wrzenia, gdy tworzą się pęcherzyki zawierające parę nasyconą o ciśnieniu mniejszym niż ciśnienie zewnętrzne. Uczniowie zgłaszają pomysły, jak zmienia się ciśnienie pary w pęcherzykach ze wzrostem temperatury i w dyskusji z pomocą nauczyciela dochodzą do konkluzji, że wrzenie rozpoczyna się, gdy ciśnienie pary nasyconej zrówna się z ciśnieniem zewnętrznym. Uczniowie w parach wykonują doświadczalne badanie wpływu ciśnienia na temperaturę wrzenia wody w wirtualnym laboratorium. Następnie nanoszą punkty doświadczalne wraz z niepewnościami pomiarowymi na wykres zależności temperatury wrzenia od ciśnienia i dopasowują do nich linię.

Faza podsumowująca:

Zespoły dzielą się na forum klasy swoimi wynikami. Jeśli wyniki są rozbieżne, uczniowie w dyskusji ustalają przyczynę.

Praca domowa:

Zadania z zestawu ćwiczeń, obowiązkowo zadania 1 – 3, do wyboru jedno z pozostałych zadań.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania
danego
multimedium:**

Multimedium bazowe może też być wykorzystane przez uczniów poza lekcjami w celu samodzielnego wykonania doświadczenia.