

Gaz idealny - prawa gazowe



Źródło obrazu: <https://www.pexels.com/de-de/foto/schwarzer-schaltwerk-296848/>

Przedział wiekowy od:	Przedmiot:	Podtematy	Poziom wymagań	Poziom wdrożenia	Przygotowanie
14 lat	Fizyka	Termodynamika	•	•	5 min.

Definicja zadania

Mierzone są jednocześnie temperatura, objętość i ciśnienie gazu, aby pokazać, że zmieniają się one zgodnie z prawem gazu idealnego. Badane są również przypadki szczególne, takie jak stała objętość i stała temperatura. Jak to się ma do opony rowerowej?

1. Kontekst

W 1662 roku Robert Boyle odkrył, że iloczyn ciśnienia (p) i objętości (V) gazu jest stały w stałej temperaturze.

$$V = p k_1, (1)$$

k_1 jest stałą. Dlatego ciśnienie i objętość są odwrotnie proporcjonalne.

W 1787 roku Jacques Charles udowodnił eksperymentalnie, że objętość i temperatura (T) gazu przy stałym ciśnieniu są wprost proporcjonalne.

$$V = k_2 \Delta T, (2)$$

k_2 jest stałą.

W 1802 roku Joseph Gay-Lussac odkrył bezpośrednią zależność między ciśnieniem i temperaturą gazu o stałej objętości:

$$p = k_3 \Delta T, (3)$$

k_3 jest stałą.

Prawo gazu doskonałego łączy w sobie trzy powyższe odkrycia. Odnosi ono ciśnienie bezwzględne (p) i objętość (V) gazu do temperatury bezwzględnej (T) w stopniach Kelvina.

$$pV = nRT, (4)$$

n jest liczbą moli cząsteczek w gazie, a R jest uniwersalną stałą gazową.

2. Materiały i sprzęt

Możesz eksperymentować z prawami gazowymi - używając do tego inteligentnych czujników (numer artykułu: [117.4001](#)) SPARKvue (numer artykułu: [110.4020](#)) lub bezpłatnie jako aplikacja na Androida i iPhone'a wanienska szklana (numer artykułu: [104.0630](#))

3. Procedura eksperymentalna: Prawo gazu doskonałego

Wytrzymałe urządzenie do badania praw gazowych umożliwia jednoczesny pomiar temperatury i ciśnienia gazu podczas jego sprężania. Miniaturowy wtyk stereo jest podłączony do termistora o niskiej masie termicznej, wbudowanego w końcówkę strzykawki, co pozwala na pomiar zmian temperatury wewnątrz strzykawki. Wtyk stereo łączy się bezpośrednio z interfejsem Smart do pomiaru temperatury.



Biała plastikowa złączka jest przymocowana do Smart ciśnieniomierza i można ją obrócić, aby zablokować połączenie. Dzięki temu można łatwo odłączyć i ponownie podłączyć złączkę w trakcie eksperymentu, aby zmienić początkowe ustawienie tłoka.

Tłok jest wyposażony w mechaniczne ograniczenie, które chroni termistor i umożliwia szybką, precyzyjną zmianę objętości. Nigdy nie uderzaj tłokiem o powierzchnię stołu. Zawsze chwytaj strzykawkę i tłok tak, jak pokazano, aby sprężyć powietrze.



4. Zbieranie danych

- a. W aplikacji SPARKvue należy podłączyć oba czujniki. Wybierz wykres temperatury w funkcji czasu i ciśnienia w funkcji czasu. Wybierz częstotliwość próbkowania 20 Hz.
- b. Odłączyć czujnik ciśnienia od strzykawki i raz wcisnąć tłok do końca. Zmierz minimalną objętość. Powinna ona wynosić około 20 ml.
- c. Napełnić strzykawkę do 40 ml i ponownie podłączyć czujnik ciśnienia.
- d. Rozpocznij omiar. Szybko wciśnij tłok oporu i przytrzymaj go.
- e. Zwróć uwagę na pomiar i przytrzymaj tłok, aż temperatura się ustabilizuje. Powinno to zająć około 10 sekund.
- f. Gdy wartości przestaną się zmieniać, całkowicie zwolnij stempel. Ponownie zwróć uwagę na pomiar.
- g. Gdy zmierzone wartości ustabilizują się w tym miejscu, zakończ pomiar.

5. Analiza danych

- a. Przyjrzyj się krzywom ciśnienia i temperatury. Przypisz zmiany ciśnienia i temperatury do ruchu tłoka.
- b. Co dzieje się z temperaturą, gdy powietrze sprężane? Dlaczego?
- c. Jaka jest temperatura równowagi gazu po jego ? Dlaczego? Jakie jest ciśnienie równowagi? Dlaczego gaz nie wraca do "ciśnienia pokojowego"?
- d. Co dzieje się z temperaturą podczas rozprężania (gdy tłok jest zwolniony)? Dlaczego? Czy spada poniżej temperatury pokojowej? Czy ciśnienie spada poniżej "ciśnienia pokojowego"? Co musiałbyś zrobić, aby tak się stało?
- e. Utwórz tabelę danych na nowym arkuszu w SPARKvue z danymi dotyczącymi ciśnienia i temperatury.

- f. Zmierz początkową temperaturę (T_1) i ciśnienie (P_1) gazu z danych tuż przed jego sprężeniem. Możesz wybrać (kliknąć i przeciągnąć) obszar na wykresie, a dane te zostaną wyświetlone w tabeli danych. Dane te odpowiadają początkowej objętości (V_1) 40 ml.
- g. Wybierz obszar na krzywej temperatury, w którym temperatura osiąga wartość szczytową. Wybierz punkt, w którym temperatura osiągnęła wartość szczytową, a nie ciśnienie. Czujnik temperatury potrzebuje około 1/2 sekundy na reakcję. Zapisz temperaturę szczytową (T_2) i odpowiadające jej ciśnienie (P_2) dla tego czasu. Potrzebne są dwie wartości, które wystąpiły w tym samym czasie. Dane te odpowiadają objętości (V_2) 20 ml. Uwaga: Jeśli sprężona objętość wskazana na strzykawce różni się od 20 ml, należy użyć tej wartości.
- h. Skorzystaj z prawa gazu doskonałego, aby pokazać, że stosunek objętości można wyrazić jako

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_2 P_1}{T_1 P_2}$$

gdzie indeks dolny 1 odnosi się do stanu początkowego (objętość = 40 ml), a indeks dolny 2 odnosi się do stanu końcowego (objętość 20 ml) po kompresji.

- i. Oblicz stosunek objętości przy użyciu wartości ciśnienia i temperatury. Jak to się ma do rzeczywistego stosunku? Czy są one mniej więcej tej samej wielkości?

6. Procedura eksperymentalna: stała temperatura

- a. Utwórz nowy arkusz z tabelą. Dodaj trzecią kolumnę do tabeli. W pierwszej ręcznie zanotuj objętość strzykawki o wartościach 50 ml, 45 ml, 40 ml, 35 ml, 30 ml i 25 ml. W pozostałych kolumnach zmierz ciśnienie i temperaturę.
- b. Ustaw częstotliwość próbkowania na 20 Hz i ustaw pomiar ręczny. uwagę na wiersz poniżej tabeli, w którym wyświetlane są bieżące wartości pomiarowe.
- c. Ponownie odłączyć czujnik ciśnienia i napełnić strzykawkę do 50 ml. Ponownie podłącz czujnik ciśnienia.
- d. Rozpocznij . Zapamiętaj temperaturę jako wartość odniesienia. Zapisz pierwszą zmierzoną wartość, klikając zielony haczyk.
- e. Wciśnij tłok do 45 ml i przytrzymaj go tej pozycji. Poczekać, aż temperatura powróci do wartości początkowej. Wykonaj kolejny pomiar.
- f. Powtórz ten proces dla objętości 40 ml, 35 ml, 30 ml i 25 ml.
- g. Następnie zakończ pomiar.

7. Analiza danych

- Utwórz wykres zależności ciśnienia od V w nowym arkuszu. Wprowadź dopasowanie liniowe na wykresie. Jak dobrze to dopasowanie pasuje do danych?
- Jaka jest zależność ciśnieniem a objętością? W jakich warunkach brzegowych ta zależność jest prawdziwa?
- Jakie fizyczne znaczenie ma nachylenie linii na wykresie?
- Wykorzystaj nachylenie linii, aby obliczyć liczbę moli cząsteczek gazu w strzykawce. Upewnij się, że jednostki są poprawne.
- Czy na wykresie istnieje punkt przecięcia z osią y przy objętości? Jakie ma on znaczenie?

8. Pytania do analizy

Jeśli rozpoczniesz pomiar przy objętości 60 ml, a następnie przejdziesz bezpośrednio do 45 ml, dlaczego nachylenie linii na wykresie się zmienia? Czy początkowa objętość na wykresie pozostała mniej więcej taka sama?

9. Procedura testowa: stała objętość

Urządzenie do pomiaru zera bezwzględnej składa się z wydrążonej kuli, która działa jak pojemnik o stałej objętości, podczas gdy urządzenie jest umieszczane w łaźniach wodnych o różnych temperaturach. Podłącz gniazdo mini jack do inteligentnego interfejsu temperatury, aby zmierzyć temperaturę za pomocą termistora wbudowanego w ścianę kuli. Podłącz białą złączkę ciśnieniową do inteligentnego czujnika ciśnienia tylko na początku eksperymentu.

Do przeprowadzenia eksperymentu potrzebne są dwie łaźnie wodne o różnych temperaturach.



10. Zbieranie danych

- Ustaw częstotliwość próbkowania na 10 Hz. Utwórz kolejny arkusz w SPARKvue z wykresem temperatury w $^{\circ}\text{C}$ w funkcji ciśnienia. Utwórz tabelę z temperaturą i ciśnieniem. Wybierz pomiar ręczny z opcji próbkowania w menu ustawień. Pomocne jest również utworzenie tabeli temperatury i ciśnienia.
- Napełnij szklaną wanienkę gorącej wody, przykryj ją kulką. Napełnij drugą wannę lodem i wodą. Napełnij trzecią wannę wodą o temperaturze pokojowej. Całkowicie piłkę w gorącej wodzie. Dopiero teraz podłącz inteligentny czujnik ciśnienia do piłki.
- Rozpocząć pomiar. Całkowicie zanurz kulę i odczekaj chwilę, aż temperatura i ciśnienie ustabilizują. Kliknij zaznaczenie, aby zapisać zmierzone wartości.

- d. Przejdź do kąpielni wodno-lodowej. Tutaj również całkowicie zanurz kulę. Upewnij się, że czujnik ciśnienia nie poluzował się podczas całego eksperymentu. Poczekaj, aż zmierzone wartości znajdą się w stanie równowagi i zapisz je.
- e. Całkowicie zanurz kulę w łaźni wodnej o temperaturze pokojowej. Po ustabilizowaniu się temperatury i ciśnienia zapisz zmierzone wartości.
- f. Zakończ ten test.
- g. Rozpocznij nowy cykl z kulą w lodowatej wodzie. Napowietrz kulę, odkręcając na chwilę czujnik ciśnienia i ponownie mocując go do kuli. Spowoduje to zmianę liczby cząsteczek powietrza w kuli. Zapisz zmierzone wartości po ustabilizowaniu się ciśnienia i temperatury.
- h. Powtórz pomiary w gorącej łaźni wodnej i łaźni wodnej w temperaturze pokojowej. Zapisz zmierzone wartości po osiągnięciu stanu równowagi.
- i. Ukończ cykl badania.
- j. Trzeci cykl należy rozpocząć w łaźni wodnej w temperaturze pokojowej i napowietrzyć kulę przed rozpoczęciem pomiaru.

11. Analiza danych

- a. Za pomocą suwmiarki zmierz średnicę kuli i oblicz jej objętość. Czy ten pomiar jest większy czy mniejszy niż rzeczywista objętość kuli? Dlaczego?
- b. Skorzystaj z prawa gazu doskonałego, aby wykazać, że wykres zależności temperatury od ciśnienia daje linię prostą o nachyleniu określonym przez

$$\text{wzrost} = \frac{V}{n \cdot R}$$

można opisać.

- c. Określ nachylenie tej linii na podstawie wykresu zależności temperatury od ciśnienia dla jednej z serii. Użyj odczytów, aby określić liczbę cząsteczek powietrza (n) w kuli. Zwróć uwagę na jednostki!
- d. Porównaj ze wszystkie trzy przebiegi.

12. Wnioski

Napisz podsumowanie swoich wyników. Jakie ogólne wnioski można wyciągnąć z uzyskanych wyników? Na przykład, jak zmienia się ciśnienie gazu, gdy zmniejsza się jego objętość przy stałej temperaturze?

Wskaż zmierzoną wartość liczbową zera bezwzględnego, w tym niepewność, wartość literaturową i względną różnicę między nimi. Czy uzyskana wartość była niższa czy wyższa od wartości podanej w literaturze? Czy wartość literaturowa mieści się w granicach niepewności pomiaru? Dlaczego tak lub dlaczego nie?

Opona rowerowa ma stałą objętość. Jaki wpływ ma napompowanie lub opony? Które wartości zmieniają się i w jaki sposób? Wyjaśnij