



Jak wyznaczyć parametry gazu?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film samouczek
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Czy to nie ciekawe?

Jak wyznaczyć parametry gazu? Narzuca się prosta odpowiedź: zmierzyć odpowiednimi przyrządami – temperaturę termometrem, ciśnienie manometrem. Objętość też łatwo wyznaczyć, jeśli pojemnik z gazem ma formę prostej bryły geometrycznej, na przykład prostopadłościanu czy walca. Ale jak sobie poradzić z objętością powietrza w oponie samochodowej (Fot. a). Powiedzmy, że chcemy wyznaczyć gęstość powietrza w takiej oponie. Gęstość to stosunek masy do objętości. Bezpośrednie zmierzenie obu tych parametrów jest kłopotliwe. Zamiast nich możemy zmierzyć temperaturę i ciśnienie powietrza. Jak – korzystając z tych danych – obliczyć jego gęstość, dowiesz się z tego e-materiału.



Fot. a. Sprawdzanie ciśnienia w oponie z pomocą manometru

Twoje cele

- dowiesz się, jak mierzy się ciśnienie manometrem cieczowym,
- poznasz równanie Clapeyrona,
- zastosujesz równanie Clapeyrona do wyznaczania parametrów gazu.

Przeczytaj

Warto przeczytać

1. Pomiar temperatury

Do pomiaru temperatury można wykorzystać każdą wielkość fizyczną, która ulega zmianie wraz ze zmianą temperatury. Urządzenie wykorzystujące to zjawisko - mimo być może skomplikowanego opisu - nosi nazwę termometru. Do najczęściej stosowanych należą termometry cieczowe (rtęciowe, alkoholowe), w których pomiaru temperatury dokonuje się przez pomiar objętości cieczy, a także termometry elektryczne lub elektroniczne, w których wykorzystuje się wpływ temperatury na właściwości elektryczne materiałów wykorzystywanych do budowy czujników.

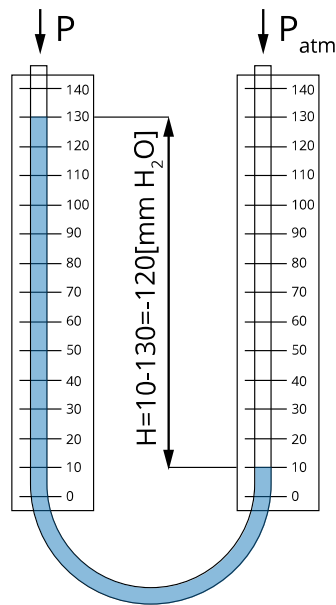
2. Pomiar ciśnienia

Prostym przyrządem do pomiaru ciśnienia stosowanym często w doświadczeniach szkolnych jest manometr cieczowy. To rurka w kształcie litery U wypełniona cieczą, najczęściej wodą. Manometr mierzy różnicę ciśnienia panującego w obu jego częściach (Rys. 1.). Ciśnienie na każdym poziomie naczyń połączonych jest jednakowe. W przypadku pokazanym na Rys. 1. ciśnienie atmosferyczne p_{atm} równe jest sumie mierzonego ciśnienia p i [ciśnienia hydrostatycznego](#) słupa wody o wysokości H .

$$p_{atm} = p + dgH,$$

gdzie d to [gęstość](#) wody, g – przyspieszenie ziemskie.

Aby wyznaczyć wartość bezwzględną ciśnienia p , należy znać wartość ciśnienia atmosferycznego, którą można zmierzyć barometrem.



Rys. 1. Manometr cieczowy mierzy różnicę między ciśnieniem atmosferycznym (prawa rurka) a ciśnieniem gazu w pojemniku.

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

• Równanie Clapeyrona

Do wyznaczenia parametrów gazu, które trudno jest zmierzyć bezpośrednio, możemy użyć równania Clapeyrona. To równanie, które łączy parametry **gazu doskonałego**: ciśnienie p , temperaturę T w skali Kelvina i objętość V , a także liczbę **moli** gazu n :

$$\frac{pV}{T} = nR, \quad (1)$$

gdzie $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol K})$ jest tzw. uniwersalną stałą gazową.

Liczbę moli można wyrazić przez iloraz masy gazu m i masy jego molowej M , $n = \frac{m}{M}$. Jeśli dana jest masa gazu, równanie Clapeyrona przybierze postać

$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{M}R. \quad (2)$$

Dla przykładu obliczmy **gęstość** powietrza w oponie samochodowej, w której panuje ciśnienie 3500 hPa, a temperatura wynosi 25°C . Gęstość to iloraz masy i objętości,

$$d = \frac{m}{V}.$$

Aby wyznaczyć gęstość powietrza w oponie skorzystamy z równania Clapeyrona (2), dzieląc obie strony równania przez objętość V oraz przez wyrażenie $\frac{R}{M}$. Dostajemy wtedy

$$\frac{m}{V} = \frac{pM}{TR}.$$

Po lewej stronie równania mamy gęstość wyrażoną poprzez ciśnienie i temperaturę:

$$d = \frac{pM}{TR}$$

Wystarczy podstawić dane liczbowe w układzie SI: $p = 350000 \text{ Pa}$, $T = 273 \text{ K} + 25 \text{ K} = 298 \text{ K}$, masa molowa powietrza $M = 29 \text{ g/mol} = 0,029 \text{ kg/mol}$,

$$d = \frac{350000 \text{ Pa} \cdot 0,029 \text{ kg/mol}}{298 \text{ K} \cdot 8,31 \text{ J/(mol K)}} = 4,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

W kolejnym przykładzie obliczymy ciśnienie gazu po połączeniu dwóch zbiorników zawierających ten sam gaz o jednakowej temperaturze T i różnych ciśnieniach.

W pierwszym zbiorniku o objętości $V_1 = 3 \text{ m}^3$ panowało ciśnienie $p_1 = 4200 \text{ hPa}$. Drugi zbiornik miał objętość $V_2 = 8 \text{ m}^3$ i ciśnienie gazu w nim zawartego wynosiło $p_2 = 2500 \text{ hPa}$.

Zapiszmy równanie Clapeyrona w stanie końcowym, oczywiście przyjmując temperatury końcową i początkową jako równe; oznaczmy je przez T . Mamy

$$\frac{p_k V_k}{T} = n_k R.$$

Objętość gazu V_k jest sumą objętości obu zbiorników $V_k = V_1 + V_2$, liczba moli to również suma liczby moli gazu w każdym ze zbiorników $n_k = n_1 + n_2$, temperatura nie zmienia się po połączeniu zbiorników. Równanie Clapeyrona możemy więc przepisać w postaci

$$p_k(V_1 + V_2) = (n_1 + n_2)RT.$$

Zauważmy, że po prawej stronie występują wyrazy $n_1 RT = p_1 V_1$, a $n_2 RT = p_2 V_2$.

Wobec tego

$$p_k(V_1 + V_2) = p_1 V_1 + p_2 V_2,$$

i ostatecznie

$$p_k = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_1 + V_2}.$$

Możemy powiedzieć, że końcowe ciśnienie jest średnią ważoną ciśnień początkowych; wagami są objętości. Gdyby były równe, ciśnienie końcowe byłoby średnią arytmetyczną wyjściowych ciśnień.

Podstawmy dane liczbowe i znajdziemy końcowe ciśnienie:

$$p_k = \frac{420000 \text{ Pa} \cdot 3 \text{ m}^3 + 250000 \text{ Pa} \cdot 8 \text{ m}^3}{(3 + 8) \text{ m}^3} = 296364 \text{ Pa} = 2964 \text{ hPa}.$$

Słowniczek

Gaz doskonały

(ang.: *ideal gas*) - model gazu spełniający warunki:

- Cząsteczki gazu o zanedbywalnie małych rozmiarach poruszają się chaotycznie.
- Zderzenia cząsteczek są idealnie sprężyste, a poza zderzeniami cząsteczki nie oddziałują ze sobą.

Ciśnienie hydrostatyczne

(ang.: *hydrostatic pressure*) - ciśnienie wywierane przez słup cieczy o wysokości h , równe jest iloczynowi wysokości słupa cieczy i ciężaru właściwego cieczy: $p = dgh$, gdzie d to gęstość cieczy, g - przyspieszenie ziemskie.

warunki normalne

(ang.: *normal conditions*) - warunki w których ciśnienie jest równe 1013,25 hPa, a temperatura 273,15 K, czyli 0° C.

mol

(ang.: *mole*) - ilość substancji, której masa wyrażona w gramach jest liczbowo równa masie atomowej lub cząsteczkowej (masa molowa). Liczba drobin (atomów, cząsteczek) w molu jest stała i nosi nazwę liczby Avogadro. Wynosi ok. $6.02 \cdot 10^{23}$.

gęstość

(ang.: *density*) - masa substancji podzielona przez jej objętość. Gęstość obliczamy z definicji jako $d = \frac{m}{V}$.

paskal

(ang.: *pascal*), ozn. Pa - jednostka ciśnienia, 1 Pa to ciśnienie wywierane przez siłę 1 N na powierzchnię 1 m², $1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2}$.

kelwin

(ang.: *kelvin*), ozn. K - jednostka temperatury w skali bezwzględnej. 0 K oznacza najniższą teoretycznie możliwą temperaturę, jaką może mieć ciało. Jest to temperatura, w której według fizyki klasycznej ustałby wszelki ruch cząsteczek. Przyrost temperatury o 1 K jest tożsamy z przyrostem o 1 °C. Aby otrzymać temperaturę w skali Kelvina (skali bezwzględnej), T , należy do temperatury w skali Celsjusza, t , dodać 273,15 K:

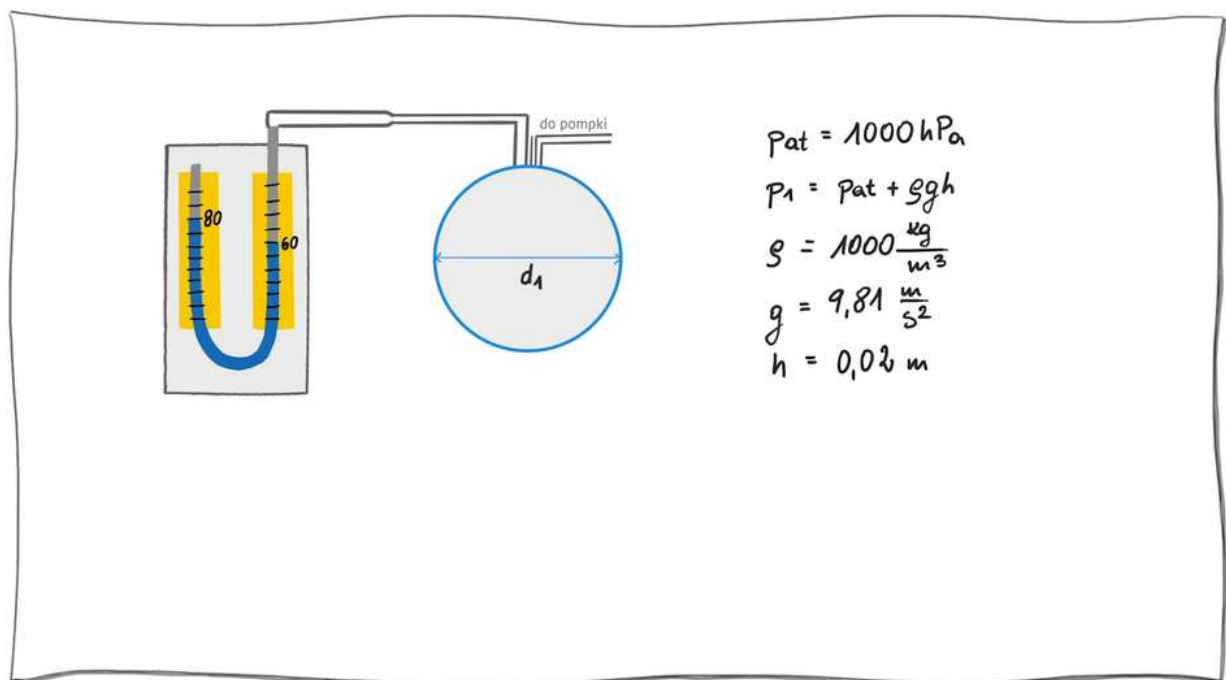
$$T = t + 273,15.$$

Film samouczek

Jak wyznaczyć parametry gazu?

Obejrzyj film samouczek, w którym zastosujemy równanie Clapeyrona do obliczenia, ile powietrza przybyło w pompowanym balonie. Wykonaj samodzielnie zadane w nim obliczenia.

Trwa wczytywanie danych ..



Film dostępny pod adresem [/preview/resource/Rh48AjIDNtGWu](https://preview/resource/Rh48AjIDNtGWu)

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

Zapoznaj się z audiodeskrypcją samouczka.

Polecenie 1

Polecenie 2

Ile razy więcej powinno być w balonie powietrza, aby ciśnienie w balonie zwiększyło się dwukrotnie, a objętość zwiększyła się ośmiokrotnie?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

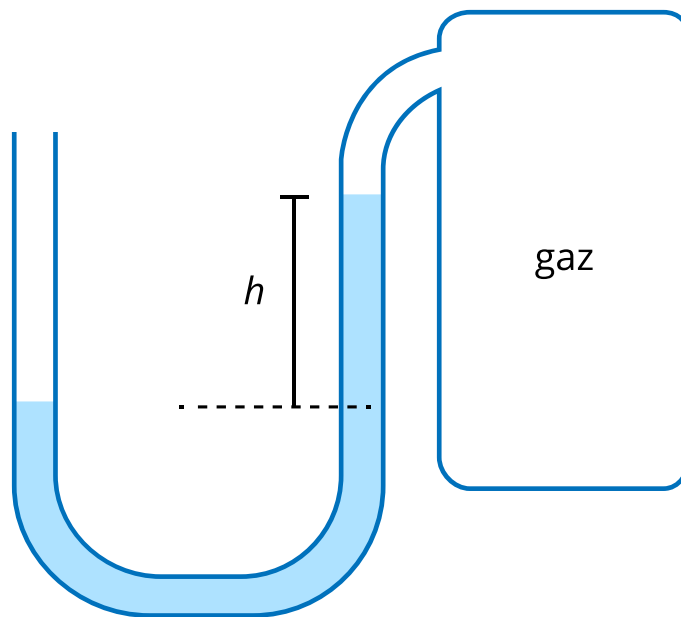
Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Manometr cieczowy napełniony wodą połączono ze zbiornikiem gazu (Rys.). Gęstość wody wynosi d , przyspieszenie ziemskie g , ciśnienie atmosferyczne p_{atm} . Jakie ciśnienie p panuje w zbiorniku?



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



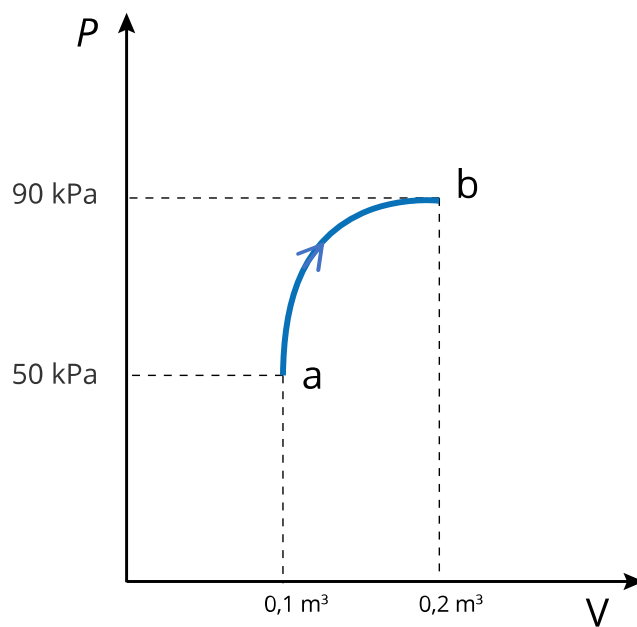
Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



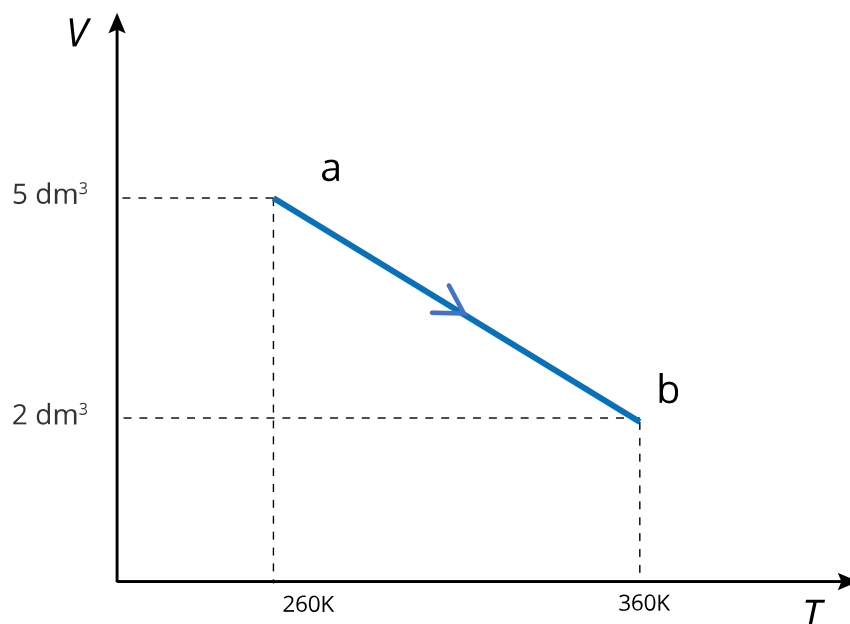
Gaz doskonały w zamkniętym naczyniu poddano przemianie pokazanej na wykresie. Temperatura w stanie a wynosiła 27°C . Oblicz temperaturę w stanie b oraz liczbę moli gazu w naczyniu. Uniwersalna stała gazowa wynosi $R = 8,31\text{ J}/(\text{mol K})$.



Ćwiczenie 7



Gaz doskonały w zamkniętym naczyniu poddano przemianie pokazanej na wykresie (uwaga: oś temperatury nie przecina się z osią objętości w $T = 0$). Ciśnienie w stanie a wynosi $9,94 \cdot 10^5$ Pa. Oblicz ciśnienie w stanie b oraz liczbę moli gazu w naczyniu. Uniwersalna stała gazowa wynosi $R = 8,31$ J/(mol K).



Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jak wyznaczyć parametry gazu?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa	<p>Cele kształcenia - wymagania ogólne</p> <p>I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania - wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;</p> <p>VI. Termodynamika. Uczeń:</p> <p>13) stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu;</p>

Kształowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie 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 osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się, - kompetencje cyfrowe.
Cele operacyjne:	Uczeń: <ul style="list-style-type: none"> • objaśnia, jak mierzy się ciśnienie manometrem cieczowym. • podaje równanie Clapeyrona; • stosuje równanie Clapeyrona do wyznaczania parametrów gazu.
Strategie nauczania	strategia eksperymentalno-obszawacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania	wykład informacyjny, pokaz multimedialny, analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca w grupach, praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia.
Materiały pomocnicze:	e-materiały „Definicja gazu doskonałego”, „Równanie stanu gazu doskonałego”, „Zmiana parametrów gazu”, „Co to są warunki normalne?”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<ul style="list-style-type: none"> • Wprowadzenie. • Odwołanie do wiedzy uczniów o gazie doskonałym. 	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel objaśnia zasadę działania manometru cieczowego, podkreślając równość ciśnień na każdym poziomie w naczyniach połączonych. Uczniowie proponują wzory na mierzone ciśnienie w przypadku ciśnienia większego i mniejszego niż ciśnienie atmosferyczne.

Nauczyciel wprowadza równanie Clapeyrona jako związek między parametrami gazu. Uczniowie w grupach z pomocą nauczyciela obliczają gęstość gazu w oponie oraz ciśnienie gazu po połączeniu dwóch zbiorników, stosując równanie Clapeyrona.

Uczniowie oglądają film-samouczek i wykonują powiązane z filmem polecenia.

Faza podsumowująca:

Uczniowie rozwiązują zadanie 8 i jedno z zadań 6-7 z zestawu ćwiczeń.

Praca domowa:

Obowiązkowo zadania 1-3, do wyboru 1 z pozostałych zadań.

**Wskazówki metodyczne
opisujące różne zastosowania
danego multimedium**

Film samouczek może być wykorzystany przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału.