

Badanie zachowania cieczy w naczyniach połączonych

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

A photograph of water being poured from a metal spout into a clear glass. The water is captured mid-pour, creating a dynamic splash with many bubbles. The background is a solid, vibrant blue. The glass sits on a reflective surface, and several water droplets are scattered on the surface around the base of the glass.

Badanie zachowania cieczy w naczyniach połączonych

Źródło: dostępny w internecie: <https://pxhere.com/en/photo/1569315> [dostęp 19.03.2022], domena publiczna.

Czy to nie ciekawe?

Czy wiesz, że z punktu widzenia fizyki ciecze i gazy mają wiele podobnych własności? Z tego powodu nazywa się je często mianem płynów. Jedną z ciekawszych własności płynów jest istnienie w nich ciśnienia hydrostatycznego (zob. e-materiał pt. *Ciśnienie hydrostatyczne w obliczeniach*), które jest podstawą działania wielu użytecznych przyrządów pomiarowych, takich jak powszechnie wykorzystywane ciśnieniomierze rtęciowe.

Twoje cele

- dowiesz się (albo sobie przypomnisz), czym jest ciśnienie hydrostatyczne,
- zrozumiesz, na czym polega równowaga hydrostatyczna w naczyniach połączonych,
- przeanalizujesz szereg sytuacji, w których pojęcie równowagi hydrostatycznej wykorzystasz do wyznaczenia gęstości różnych cieczy,
- wyjaśnisz zasadę działania prostych przyrządów pomiarowych wykorzystywanych do pomiaru ciśnienia i gęstości cieczy i gazów,
- zaplanujesz i przeprowadzisz doświadczenie w wirtualnym laboratorium, w którym wyznaczysz gęstość tajemniczej cieczy.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Choć o ciśnieniu hydrostatycznym pisaliśmy e-materiale *Ciśnienie hydrostatyczne w obliczeniach*), przypomnijmy, że:

Ciśnienie hydrostatyczne

(ang.: *hydrostatic pressure*) to ciśnienie p wywołane przez płyn (ciecz lub gaz), które zależy jedynie od wysokości słupa płynu h , jego gęstości d oraz przyspieszenia grawitacyjnego g . Jego wartość wynosi

$$p = gdh .$$

(1)

W tym e-materiale będziemy analizować zachowanie się cieczy w naczyniach połączonych.

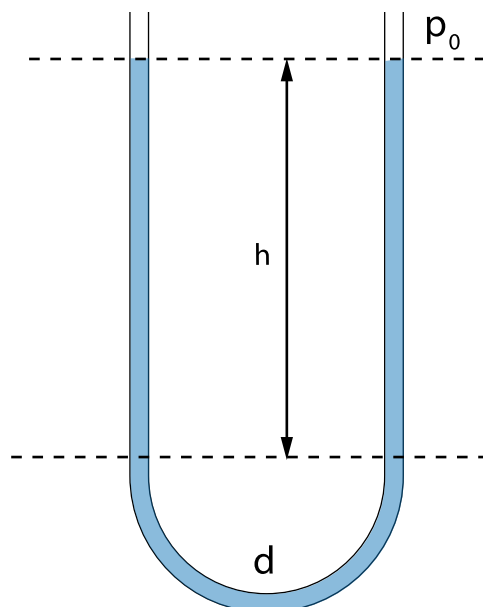
Naczynia połączone

(ang.: *communicating vessels, connected dishes*) to takie naczynia, pomiędzy którymi płyn może przepływać swobodnie.

Typowymi naczyniami połączonymi, często stosowanymi w pracowniach fizycznych i w rozważaniach teoretycznych, są naczynia w kształcie litery U, tzw. **U-rurki**, których ramiona mają równe powierzchnie przekroju (Rys. 1.).

Warunek równowagi cieczy w naczyniach połączonych

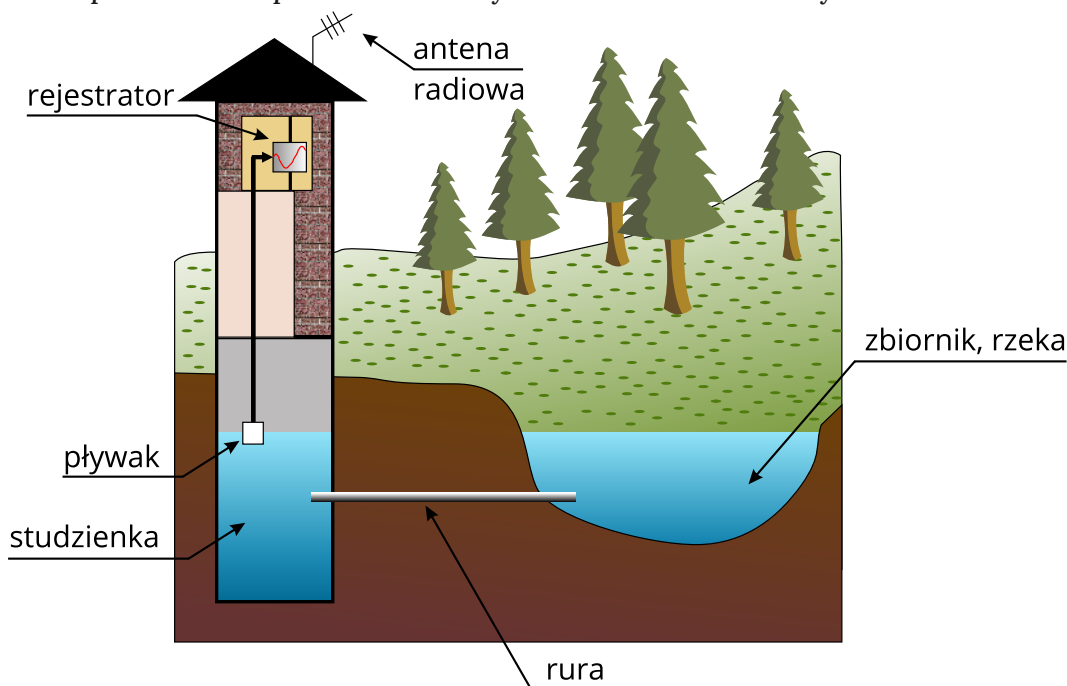
Jeżeli do U-rurki nalejemy wody, to w obu jej ramionach wysokość słupa cieczy ustali się na jednakowym poziomie (Rys. 1.). Stanie się tak, ponieważ na ustalonej głębokości ciśnienie hydrostatyczne jest w całym naczyniu takie samo. Zależy ono jedynie od wysokości słupa wody i jej gęstości – por. wzór (1).



Rys. 1. Ciecz jednorodna o gęstości d w otwartej U-rurce. W obu ramionach U-rurki wysokość słupów cieczy h jest taka sama. Ciśnienie atmosferyczne wynosi p_0 .

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

Efekt ten wykorzystywany jest np. w wodowskazach (Rys. 2.), czyli przyrządach stosowanych do sprawdzania poziomu cieczy w zbiornikach wodnych.

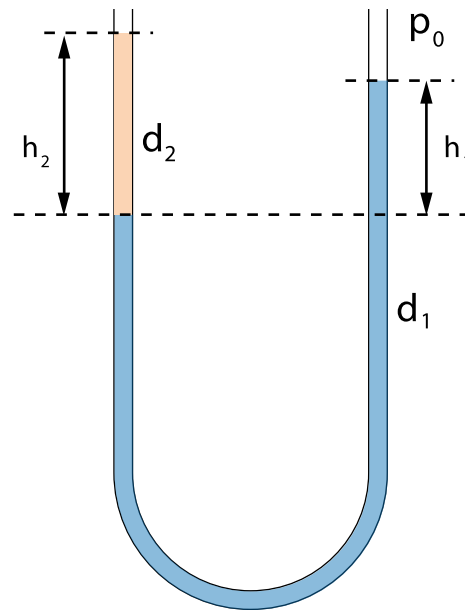


Rys. 2. Schemat konstrukcji wodowskazu.

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

Zastanówmy się teraz, co się stanie, jeżeli do U-rurki nalejemy wody, a potem do jednego z jej ramion dolejemy trochę nafty (ciecze te nie mieszają się, co możesz wiedzieć z lekcji chemii). W takiej sytuacji poziomy tych cieczy w obu ramionach będą różne (Rys. 3.) - dzieje się tak, ponieważ gęstości wody i nafty są różne. Można to łatwo wywnioskować, analizując [warunek równowagi cieczy w naczyniach połączonych](#), w których - w każdym miejscu na

ustalonej głębokości - ciśnienie hydrostatyczne musi być takie samo. Gdyby było inaczej, równowaga nie byłaby zachowana i ciecz zaczęłaby się poruszać i np. wylewać z naczynia.



Rys. 3. Różne poziomy dwóch cieczy (np. wody i nafty), które nie mieszają się i mają różną gęstość.

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

Zapisując warunek równowagi ciśnień w U-rurce przy pomocy wzoru (1), dostajemy

$$p_0 + gd_1h_1 = p_0 + gd_2h_2 .$$

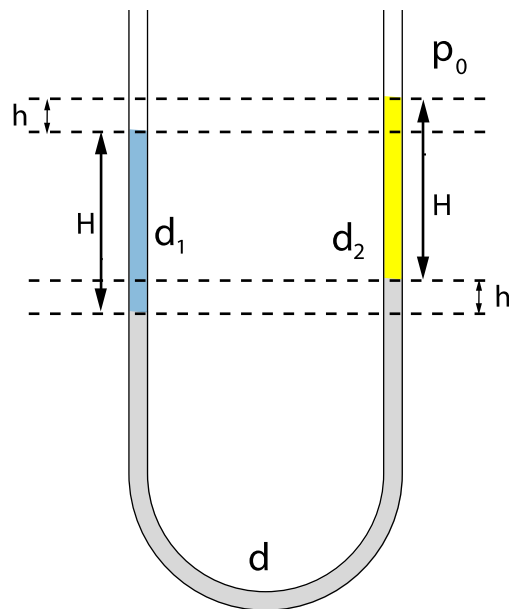
(2)

gdzie p_0 oznacza **ciśnienie atmosferyczne**, zaś gęstość i wysokość słupa wody oznaczono odpowiednio indeksami 1 i 2.

Wzór (2) może być wykorzystany do pomiaru gęstości jednej z cieczy, oczywiście pod warunkiem, że gęstość drugiej cieczy jest znana. Ogólnie rzecz biorąc, warunek równowagi ciśnień hydrostatycznych w naczyniach połączonych można również wykorzystać do zbadania zależności między gęstościami trzech niemieszających się cieczy (Przykład 1. poniżej), a nawet do wyznaczenia różnicy gęstości dwóch mieszających się cieczy (Przykład 2. poniżej).

Przykład 1. Trzy niemieszające się ciecze w U-rurce

Do U-rurki o przekroju poprzecznym $S = 1 \text{ cm}^2$ wlewo rtęć o gęstości $d = 13,6 \text{ g/cm}^3$. Następnie do obydwu ramion U-rurki dolano dwie różne ciecze: wodę i naftę, o gęstościach $d_w = 1 \text{ g/cm}^3$ i $d_n = 0,8 \text{ g/cm}^3$. Obie ciecze miały tę samą objętość $V = 10 \text{ ml}$. Znajdźmy różnicę wysokości cieczy w ramionach U-rurki.



Rys. 4. Różne poziomy cieczy w Przykładzie 1. przy założeniu, że $d_1 > d_2$.

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

Zauważ, że różnica poziomów cieczy h jest równa różnicy poziomów rtęci w ramionach U-rurki. Z warunku równowagi wynika, że ciśnienia hydrostatyczne na tym samym poziomie będą równe, gdy

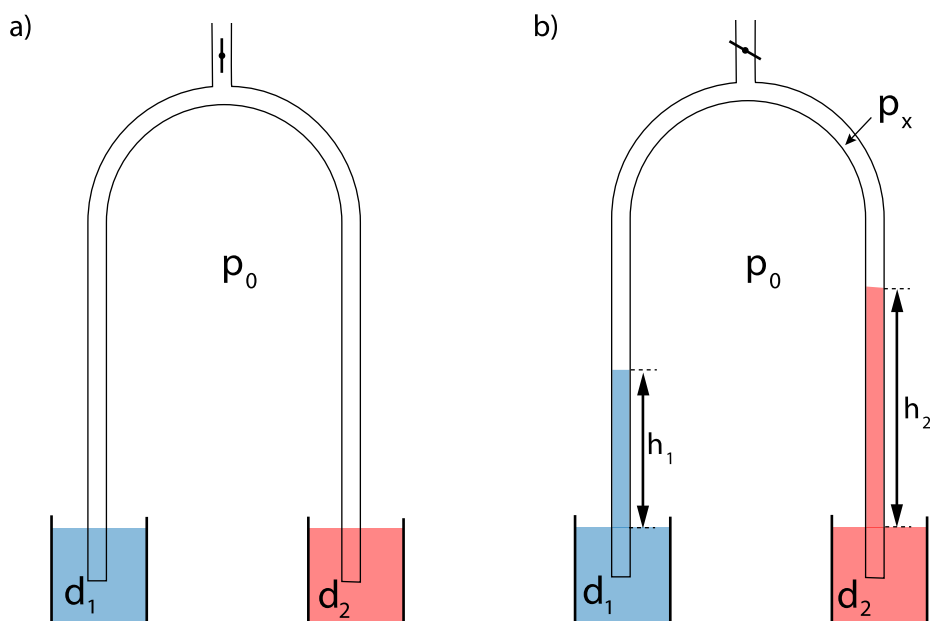
$$d_1 H = d_2 H + dh , \quad (3)$$

gdzie $H = \frac{V}{S} = 10 \text{ cm}^2$. Po przekształceniu zależności (3) dostajemy

$$h = \frac{(d_1 - d_2)}{d} H \approx 0,15 \text{ cm} . \quad (4)$$

Przykład 2. Dwie mieszające się ciecze w rurce Harrego

Przeanalizujemy doświadczenie z użyciem odwróconej U-rurki, na górze której umieszczono zawór pozwalający na odpompowanie powietrza ([przyrząd](#) taki nosi nazwę rurki Harrego). Doświadczenie, o którym będzie mowa, zostało zilustrowane na Rys. 5. Jeśli znamy gęstość jednej z cieczy (np. wody), doświadczenie to pozwala wyznaczyć gęstość drugiej cieczy (np. soku owocowego).



Rys. 5. Poziomy mieszających się cieczy w rurce Harrego: a) gdy górny zawór jest otwarty, b) po odpompowaniu powietrza i zamknięciu górnego zaworu.

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

W tym celu w otwartych, wypełnionych dwiema różnymi cieczech naczyniach umieszczamy wyloty ramion rurki w taki sposób, jak zostało to pokazane na Rys. 5a. Następnie, korzystając z umieszczonego na szczycie rurki zaworu odpompowujemy z rurki nieco powietrza. Odpompowanie powietrza spowoduje „zassanie” do ramion rurki cieczy (Rys. 5b.). Wysokość słupów cieczy zależy od tego, ile powietrza wypompowano z rurki. W stanie równowagi suma ciśnienia hydrostatycznego wywieranego przez słup cieczy i ciśnienia powietrza p_x znajdującego się w rurce równa jest ciśnieniu atmosferycznemu p_0 :

$$p_0 = p_x + g d_1 h_1 = p_x + g d_2 h_2 . \quad (5)$$

Wynika stąd, że

$$d_1 h_1 = d_2 h_2 . \quad (6)$$

Jeśli znamy gęstość jednej z cieczy, np. d_1 , to - korzystając z powyższej zależności i mierząc wysokości h_1 i h_2 - możemy łatwo wyznaczyć gęstość drugiej cieczy d_2 .

Np. gdybyśmy w doświadczeniu z rurką Harrego wykorzystali wodę o gęstości $d_1 = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ i spirytus o gęstości $d_2 = 0,79 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, to przy znajomości wysokości słupa wody $h_1 = 10 \text{ cm}$ moglibyśmy nie tylko wyznaczyć wysokość słupa spirytusu,

$$h_2 = \frac{d_1}{d_2} h_1 \approx 12,7 \text{ cm} , \quad (7)$$

ale także wartość ciśnienia p_x (wzór (5)) wytworzonego w rurce. Przy założeniu, że na zewnątrz panują **normalne warunki** atmosferyczne, wynosiłoby ono

$$p_x = p_0 - \rho g h_1 = 100344 \text{ Pa} .$$

(8)

Słowniczek

ciśnienie atmosferyczne

(ang.: *atmospheric pressure*) - stosunek wartości siły, z jaką słup powietrza atmosferycznego naciska na powierzchnię Ziemi (lub innej planety), do powierzchni, na jaką ten słup naciska.

manometr

(ang.: *manometer*) - w szerszym znaczeniu jest to każdy przyrząd do pomiaru ciśnienia. Przykładem manometru jest rurka Harrego, czyli odwrócona U-rurka z zaworem umożliwiającym odpompowanie powietrza.

U-rurka

(ang.: *u-tube*) - często stosowane w laboratoriach i w rozważaniach teoretycznych naczynie w kształcie litery U.

warunki normalne

(ang.: *normal or standard conditions for temperature and pressure*) - temperatura i ciśnienie otoczenia, które stanowią - na mocy umowy - punkt odniesienia dla niektórych obliczeń fizykochemicznych. W warunkach normalnych wartość temperatury wynosi $273,15 \text{ K} = 0^\circ\text{C}$, a ciśnienie jest równe 101325 Pa .

warunek równowagi cieczy w naczyniach połączonych

(ang.: *condition of equilibrium for liquid in connected vessels*) - ciśnienie hydrostatyczne panujące w ramionach naczynia jest takie samo na tym samym poziomie.

Wirtualne laboratorium WL-S

Badanie zachowania się cieczy w naczyniach połączonych

Wykonaj dwa doświadczenia w wirtualnym laboratorium fizyki, w których porównasz gęstości różnych cieczy i wyznaczysz wartość gęstości jednej z nich.

Dodatkowym wyzwaniem dla Ciebie jest brak szczegółowej instrukcji postępowania - opracujesz ją samodzielnie. Pamiętaj przy tym, że prowadzących do celu różnych ścieżek jest w każdym doświadczeniu kilka.

Doświadczenie 1

Jakościowe badanie różnic gęstości cieczy

Problem badawczy

Celem pierwszej części doświadczenia jest jakościowe wykazanie różnic gęstości cieczy.

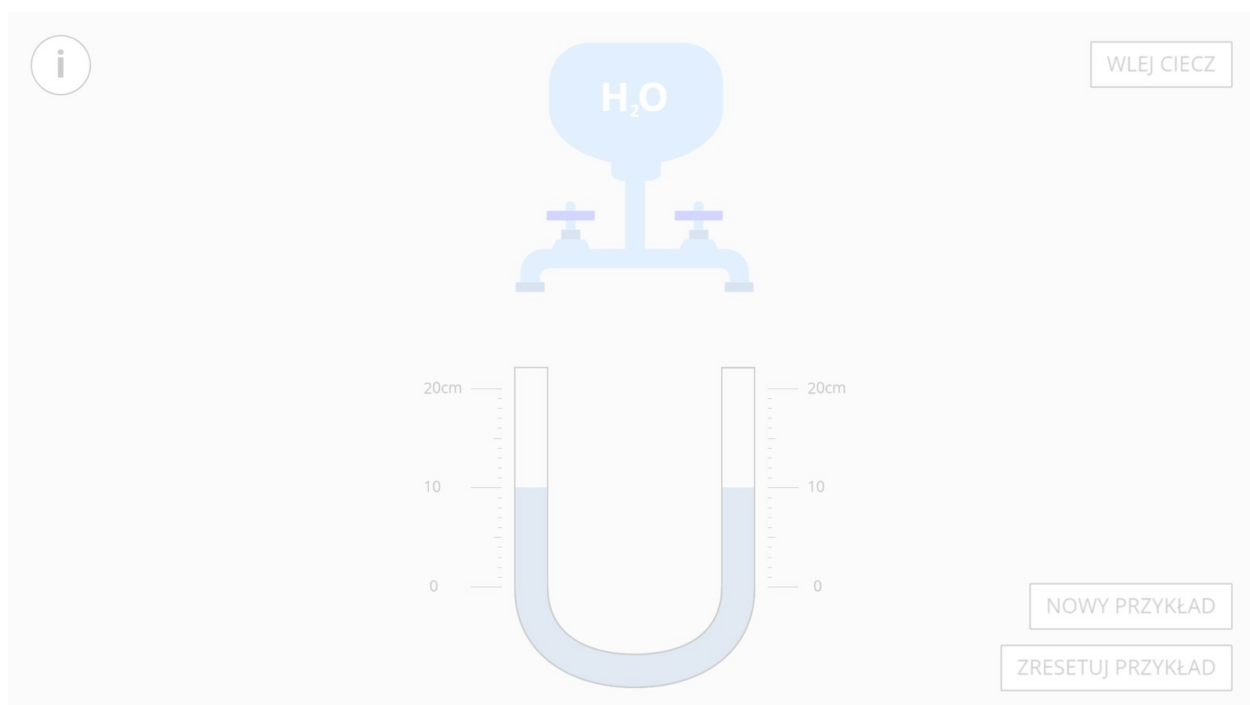
Hipoteza

Różne ciecze mają na ogół różne gęstości.

Co będzie potrzebne

Zapoznaj się z opisem wirtualnego laboratorium oraz działaniem poszczególnych elementów jego wyposażenia. Przeprowadź kilkakrotnie dostępne w nim czynności eksperymentalne.

Postępuj przy tym w sposób celowy - miej na uwadze postawiony problem badawczy. Efektem tego etapu Twojej pracy powinno być sporządzenie instrukcji (planu pracy), zgodnie z którą przeprowadzisz eksperyment. Instrukcję tę wpiszesz następnie do dziennika pracy.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DuJtH77DI>

Ćwiczenie 1

Innym efektem Twojej pracy wstępnej, powiązany z ustaleniem planu pracy, powinno być rozstrzygnięcie następującego problemu. W tym doświadczeniu cel jest sformułowany czysto **jakościowo** - nie ma konieczności dokonywania **obliczeń**, by cel ten osiągnąć. Czy z tego wynika, że do rozstrzygnięcia poprawności hipotezy zbędne jest korzystanie ze skali na u-rurce?

Wybierz najtrafniejsze spośród proponowanych rozstrzygnięć i je uzasadnij. Jeśli masz inny pogląd na sprawę, to zapisz go i uzasadnij.

1. Korzystanie ze skali jest zupełnie zbędne, a nawet niewskazane.
2. Można obejść się bez korzystania ze skali, ale nieco wydłuża to całe postępowanie.
3. Korzystanie ze skali znakomicie przyspiesza całe postępowanie.
4. Korzystanie ze skali na u-rurce jest niezbędne.

Zajrzyj do odpowiedzi - jeśli znajdziesz tam inne rozstrzygnięcie niż swoje, to spróbuj je uzasadnić.

Podsumowanie

Polecenie 1

Przeprowadź zasadnicze badanie prowadzące do rozstrzygnięcia postawionej hipotezy. Wypełnij dziennik badania zgodnie z umieszczonymi w nim rubrykami.

Dziennik obserwacji

Sprawozdanie z badania przeprowadzonego w dniu DD-MM-RRRr

Instrukcja postępowania

Obserwacja nr

Opis i wniosek

Podsumowanie i konkluzje

Miejsce na notatki

Doświadczenie 2

Wyznaczanie gęstości nieznanej cieczy.

Problem badawczy

Celem drugiej części doświadczenia jest wyznaczenie gęstości nieznanej cieczy.

Co będzie potrzebne

Dysponujesz wyposażeniem takim, jak w pierwszej części doświadczenia. Jednak przed wykonaniem tej części eksperymentu w Twojej klasie pojawiły się propozycje uzupełnienia wyposażenia o wagę oraz papier milimetrowy.

Odnieś się do każdej z tych propozycji.

Ćwiczenie 2

Waga jest w tym doświadczeniu:

☐ niezbędna.

☐ przydatna, ale nie jest niezbędna.

☐ nieprzydatna.

Ćwiczenie 3

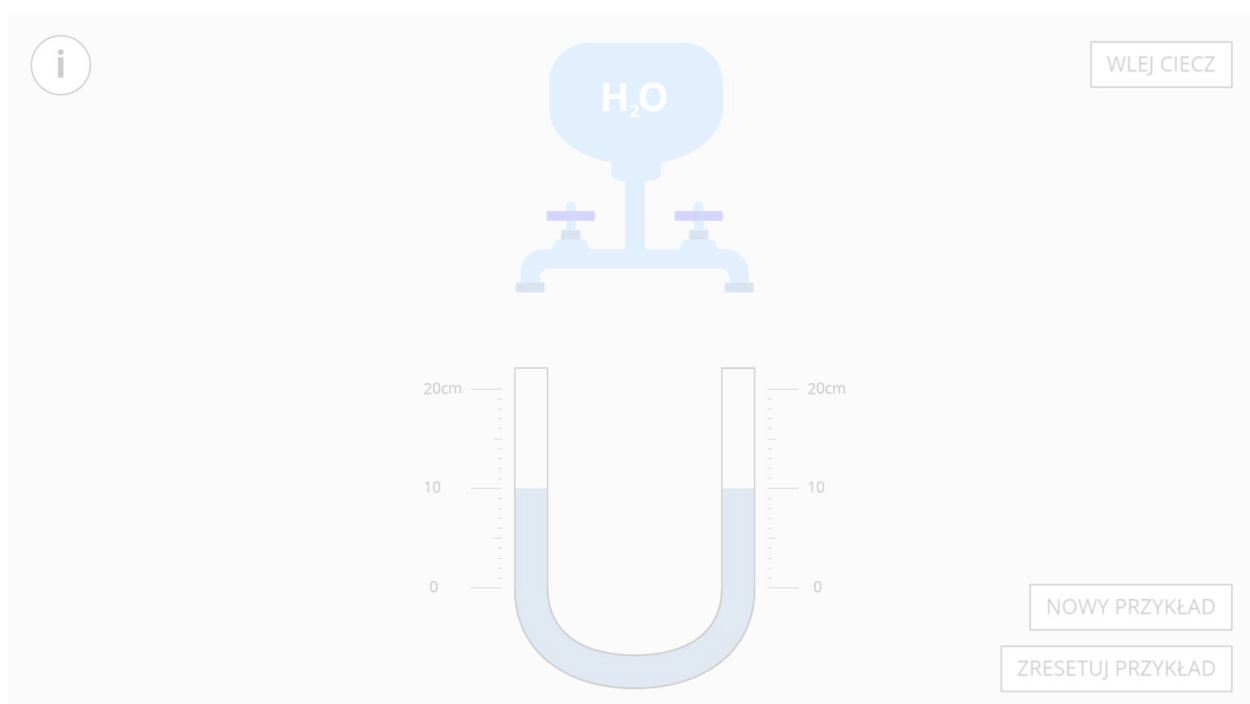
Podczas krótkiej dyskusji uczniowie doszli do wniosku, że papier milimetrowy byłby przydatny, gdyż pozwoliłby na zwiększenie dokładności uzyskiwanych wyników.

Zaproponuj sposób wykorzystania papieru milimetrowego w tym eksperymencie. Uzasadnij przy tym, że zwiększy to dokładność wyniku.

Polecenie 2

Opracuj, podobnie jak dla pierwszej części doświadczenia, instrukcję postępowania przy pomiarze gęstości d_c tajemniczej cieczy. Zamieść tę instrukcję w odpowiedniej rubryce sprawozdania.

Dokonaj pomiaru dla co najmniej jednej cieczy. Wpisz do dziennika pomiarów swoje oznaczenia zmiennych, które mierzysz bezpośrednio, ich wartości, jednostki oraz niepewności ich pomiaru. Zapisz także wartość nominalną gęstości d_n badanej cieczy.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DuJtH77DI>

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

Dziennik pomiarów

DD-MM-RRRF

Instrukcja

Pomiar nr

Wielkości mierzone bezpośrednio

zmienna 1

wartość, jednostka

niepewność graniczna

niepewność standardowa

udział w całkowitej niepewności gęstości

zmienna 2

wartość, jednostka

niepewność graniczna

niepewność standardowa

udział w całkowitej niepewności gęstości

zmienna 3

wartość, jednostka

niepewność graniczna

niepewność standardowa

udział w całkowitej niepewności gęstości

Wynik pomiaru

gęstość cieczy d_c

gęstość nominalna d_n

Konkluzje, uwagi

=====

Podsumowanie

Polecenie 3

Opracuj uzyskane wyniki. Dla każdej tajemniczej cieczy oblicz wartość jej gęstości d_c oraz jej niepewność. Wypełnij dziennik zgodnie z umieszczonymi w nim rubrykami. Porównaj wartości d_c oraz d_n . Zapisz także inne swoje uwagi dotyczące przebiegu i wyników pomiarów.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wskaż prawidłowe dokończenie poniższego zdania:

Ciśnienie hydrostatyczne zależy od

☐ gęstości cieczy i wysokości jej słupa

☐ masy cieczy i kształtu naczynia

☐ ciężaru cieczy i jej objętości

Ćwiczenie 2



Uzupełnij zdanie:

W stanie równowagi poziom jednorodnej cieczy w U-rurce ☐ nie zależy ☐ / ☐ zależy ☐ od przekroju poprzecznego ramion rurki i w obu ramionach jest ☐ taki sam ☐ / ☐ różny ☐.

Ćwiczenie 3



Dokończ zdanie:

Jeśli w układzie naczyń połączonych znajdą się dwie niemieszające się ciecze o różnych gęstościach, to wysokości ich słupów w ramionach naczyń połączonych będą ☐ różne ☐ / ☐ takie same ☐.

Ćwiczenie 4



Wskaż prawidłowy element tekstu:

W układzie naczyń połączonych znajdują się dwie niemieszające się ciecze o różnych gęstościach. Wyższy poziom cieczy będzie obserwowany zawsze tam, gdzie znajduje się ciecz o / gęstości. Takie samo zachowanie zaobserwujemy w doświadczeniu z użyciem rurki Harrego: wyższy słup powstanie z cieczy o / gęstości.

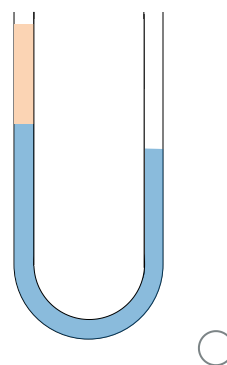
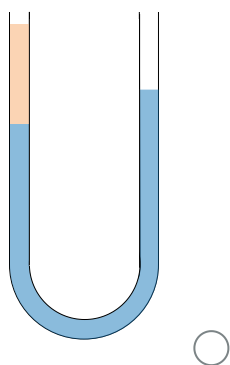
Ćwiczenie 5



Do U-rurki nalano pewną ilość rtęci, a następnie do jednego z jej ramion wiano naftę. Różnica poziomów rtęci wyniosła $\Delta h = 1 \text{ cm}$.

Potrzebne dane to gęstość nafty $d_n = 800 \text{ kg/m}^3$ oraz rtęci $d_r = 13600 \text{ kg/m}^3$.

Wskaż, który rysunek poprawnie jakościowo ilustruje powstałą równowagę.



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

Oblicz wysokość słupa nalanej nafty.

Odp. cm.

Ćwiczenie 6



Do U-rurki o przekroju 1 cm^2 nalano rtęci. Następnie do jednego ramienia rurki wiano 24 g nafty, a do drugiego 24 g wody. Oblicz różnicę poziomów powierzchni cieczy. Gęstość nafty wynosi 800 kg/m^3 , gęstość wody 1000 kg/m^3 .

Odp. cm

Ćwiczenie 7



Do U-rurki nalano wody, a następnie do jednego z ramion nalano nafty; wysokość jej słupa wynosi $h_n = 10$ cm. Dane są gęstości: nafty 800 kg/m^3 i wody 1000 kg/m^3 oraz przyspieszenie ziemskie. Jakiej wysokości słup wody "zrównoważył" słup nafty? O ile obniżył się poziom wody po nalaniu nafty do ramienia U-rurki? O ile podniósł się poziom wody w drugim ramieniu?

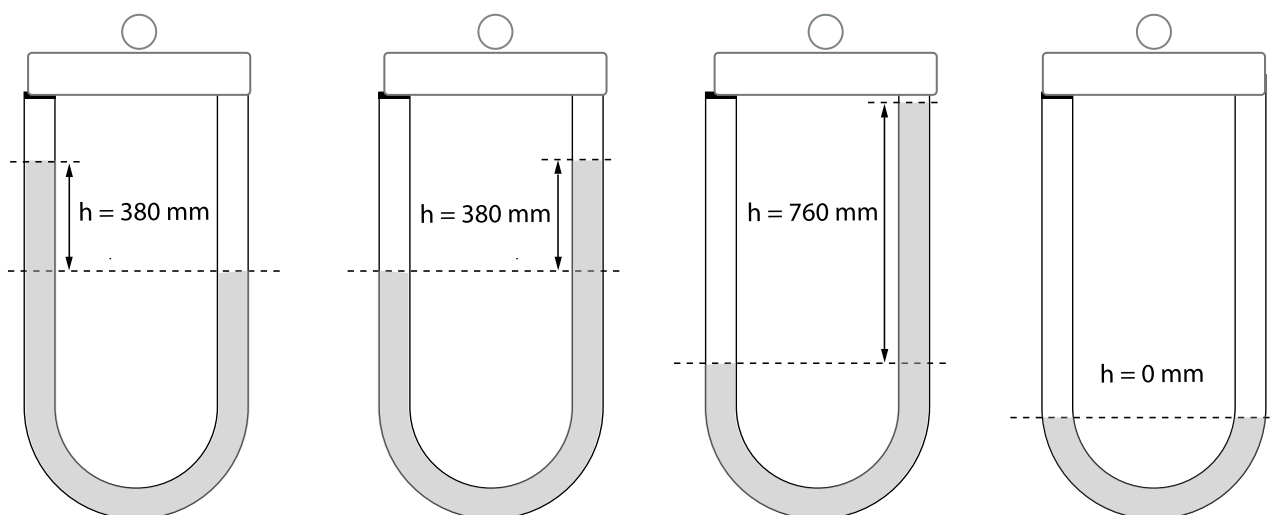
Odp. Wysokość słupa wody: cm, szukana różnica poziomów:

cm

Ćwiczenie 8



Zamieszczona ilustracja przedstawia U-rurki wypełnione rtęcią. Wiedząc, że ciśnieniu atmosferycznemu o wartości $p_0 = 101325 \text{ Pa}$ odpowiada ciśnienie hydrostatyczne wywierane przez słupkę rtęci o wysokości $h_0 = 760 \text{ mm}$, w odpowiednie miejsca na ilustracji wstaw właściwe wartości ciśnienia powietrza p zamkniętego w krótszym ramieniu każdej z przedstawionych U-rurek.



$p = 2 \cdot p_0$

$p = 2,5 \cdot p_0$

$p = 1,5 \cdot p_0$

$p = 0,5 \cdot p_0$

$p = p_0$

$p = 0,25 \cdot p_0$

$p = 1,2 \cdot p_0$

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Elżbieta Szerewicz i Krzysztof Lorek
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Badanie zachowania cieczy w naczyniach połączonych
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: 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach; 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; 11) opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość. II. Mechanika. Uczeń: 24) posługuje się pojęciem ciśnienia hydrostatycznego i stosuje je do obliczeń; analizuje równowagę cieczy w naczyniach połączonych.

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. wyjaśnia, na czym polega równowaga hydrostatyczna cieczy w naczyniach połączonych, 2. wyjaśnia zasadę działania prostych przyrządów do pomiaru ciśnienia atmosferycznego, 3. analizuje równowagę hydrostatyczną dwóch i trzech cieczy o różnych gęstościach w naczyniach połączonych, 4. planuje i przeprowadza doświadczenie w wirtualnym laboratorium oraz analizuje i interpretuje jego wyniki.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obserwacyjna - dostrzeganie i definiowanie problemów oraz odkrywanie rzeczywistości poprzez eksperymenty
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: „Ciśnienie hydrostatyczne w obliczeniach”, „Badanie zachowania cieczy w naczyniach połączonych”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. Nauczyciel odwołuje się do potocznej wiedzy uczniów o naczyniach połączonych. W tej fazie lekcji nauczyciel może wyświetlić na rzutniku kilka przyrządów pomiarowych (np. rysunek wodowskazu z części „Warto przeczytać”) lub urządzeń domowych (np. czajnik z wodowskazem) i poprosić uczniów o wyjaśnienie zasady ich działania. W tej fazie lekcji można również wykonać proste doświadczenie polegające na przelaniu wody z jednego naczynia do drugiego przy pomocy giętkiej rurki.	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel omawia równowagę jednorodnej cieczy w naczyniach połączonych, uzasadnia warunek takiej równowagi. Następnie uczniowie pod kierunkiem nauczyciela analizują równowagę dwóch niemieszających się cieczy. Wspólnymi siłami na tablicy zostaje wyprowadzony wzór opisujący warunek równowagi hydrostatycznej. Następnie uczniowie przechodzą do Wirtualnego Laboratorium. Nauczyciel ustala z uczniami sposób wykonania kilku doświadczeń. Uczniowie oceniają wyniki swoich doświadczeń, wykonując odpowiednie obliczenia.

Faza podsumowująca:

W ramach utrwalenia zdobytych wiadomości uczniowie wspólnie dyskutują nad rozwiązaniem zadania 8 z zestawu zadań, dzięki któremu poznają zasadę działania manometru rtęciowego.

Praca domowa:

W celu powtórzenia i utrwalenia wiadomości o zachowaniu cieczy w naczyniach połączonych uczniowie rozwiązują zadania z zestawu ćwiczeń: 1-4 (obowiązkowo) i jedno z zadań 5-7 (dla chętnych).

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium**

Multimedium bazowe można wykorzystać na lekcji i połączyć z wykonaniem zadań oraz przedyskutowaniem wyników. Może też być wykorzystane przez uczniów po lekcji w celu powtórzenia i utrwalenia materiału.