

01. Odwrócona szklanka



PRZYRODA



FIZYKA



OK. 20 MIN



ZAJĘCIA W KLASIE

Krótki opis

Czyli co ma powietrze do niewylewania się wody?

Słowa kluczowe

ciśnienie atmosferyczne, różnica ciśnień, wyrównywanie ciśnień, parcie, równowaga sił

Odniesienie do podstawy programowej

Fizyka

Uczeń:

- posługuje się pojęciem parcia (nacisku) oraz pojęciem ciśnienia w cieczech i gazach wraz z jego jednostką
- stosuje do obliczeń związek między parciem a ciśnieniem
- klasa 7 – proponowane

Przyroda

Uczeń doświadczalnie:

- demonstruje istnienie ciśnienia atmosferycznego
- demonstruje zjawiska konwekcji i napięcia powierzchniowego

Materiały z pudełka	Materiały spoza pudełka
<ul style="list-style-type: none">• PLASTIKOWA SZKLANKA• PLASTIKOWA PŁYTKA• MISKA• WKREŃTARKA• WIERTŁO 3 MM• DREWNIANA PODKŁADKA	<ul style="list-style-type: none">• WODA

Przebieg pokazu

1. Wlewamy wodę na 1/10 wysokości szklanki.
2. Przykrywamy wlot szklanki płytką.
3. Przyciskając płytkę do szklanki, odwracamy całość do góry nogami.
4. Delikatnie puszczamy płytkę.

Spodziewany wynik

Płytkę nie odpada i woda się nie wylewa. Istnieje możliwość, że niewielka ilość wody wydostanie się ze szklanki podczas jej obracania nad miską, jednak większość wody pozostanie w szklance.

Co może pójść nie tak i jak sobie z tym poradzić

- Krawędź szklanki musi być idealnie równa.
- Podkładka musi być gładka.
- Zbyt wczesne puszczenie płytki (np. podczas obracania szklanki) spowoduje, że cała woda się wyleje.
- Radzimy wykonywać eksperymenty nisko nad miską, na wypadek gdyby coś poszło nie tak i płytka odpadła.

Pytania po pokazie

Opiszcie, co się po kolei wydarzyło?

Jak myśleliście, co powinno stać się z wodą?

A co się faktycznie stało?

Za chwilę sami przeprowadzicie eksperymenty, których celem będzie lepsze zrozumienie mechanizmu obserwowanego zjawiska.

Pytanie badawcze do eksperymentu uczniowskiego

Ile wody jest w stanie utrzymać płytka?

Uczniowie przeprowadzają eksperyment, używając różnych ilości wody w szklance.

Spodziewany wynik

Płytką nie odpada przy dowolnej ilości wody w szklance.

Pytanie badawcze do eksperymentu uczniowskiego

Załóżmy, że płytka nie odpada, ponieważ woda działa jak klej.

Czy ten wodny klej udźwignie ciężar 100 g?

Co się stanie, gdy obciążymy płytkę 100 g plasteliny?

Uczniowie wlewają wodę do 1/10 wysokości szklanki, kładą na płytkę 100 g plasteliny i zakrywają wylot, tak żeby plastelina znalazła się wewnątrz szklanki. Następnie obracają szklankę do góry dnem.

Spodziewany wynik

Płytką zawsze odpada.

Pytanie badawcze do eksperymentu uczniowskiego

Co się stanie, gdy obciążymy płytkę 100 g wody?

Uczniowie wlewają wodę do 1/10 wysokości szklanki, następnie dolewają 100 g wody i obracają szklankę do góry dnem.

Spodziewany wynik

Płytką nie odpada.

! Ważny moment

Wyniki przeprowadzonych do tej pory przez uczniów eksperymentów sugerują, że „wodny klej” jest w stanie utrzymać 100 g wody, ale nie – 100 g plasteliny. Uczniowie mogą zwrócić uwagę na to, że porównywanie „efektu kleju” w tych dwóch sytuacjach – niewielka ilość wody i 100 g plasteliny oraz duża ilość wody i brak plasteliny – ma pewną wadę. W pierwszym przypadku używamy małej ilości „kleju” (czyli samej wody, ponieważ plastelina nie działa jak klej), natomiast w drugim przypadku używamy zarówno dużej ilości „kleju”, jak i dużej powierzchni klejenia (woda jest jednocześnie obciążnikiem i klejem, a dodatkowo ma kontakt ze ściankami szklanki, co wzmacnia „efekt kleju”). Aby ostatecznie rozstrzygnąć, czy o wyniku eksperymentu decyduje „efekt kleju”, trzeba lekko zmodyfikować układ.

Pytanie badawcze do eksperymentu uczniowskiego

Co się stanie, gdy powietrze zewnętrzne będzie mogło dostać się do wnętrza szklanki?

Co się stanie, gdy w dnie szklanki będzie otwór?

Prosimy uczniów, żeby wywiercili otwór w dnie szklanki. Służą do tego akcesoria z pudełka MPP Powietrze: zaopatrzona w wiertło 3 mm wkrętarka oraz drewniana podkładka. Po wykonaniu tego zadania uczniowie powtarzają eksperyment, zatykając palcem wywiercony w dnie szklanki otwór. Następnie przeprowadzają ten sam eksperyment, odtykając otwór po obróceniu szklanki do góry dnem.

Spodziewany wynik

W momencie odetkania otworu płytką zawsze odpada.

Co może pójść nie tak i jak sobie z tym poradzić

- **UWAGA:** Uczniowie powinni zachować szczególną ostrożność podczas wiercenia otworów. Aby nie uszkodzić blatu stołu, pod wierconym obiektem należy położyć drewnianą podkładkę.
- Aby nie rozlewać wody dookoła, radzimy przeprowadzać eksperymenty tuż nad miską.

Podsumowanie/wnioski

W wyniku powyższych eksperymentów uczniowie powinni dojść do wniosku, że choć siły przylegania wody do płytki oraz do ścianek szklanki mają znaczenie (np. uszczelniają układ), same w sobie nie decydują o tym, że płytką nie odpada od szklanki. Mogą to wywnioskować, obserwując, że płytką odpada zawsze, gdy otwór w dnie szklanki jest odetkany (obecność otworu na pewno nie zmniejszyła siły przylegania płytki do szklanki).

Szczelność układu, którą gwarantują duże siły spójności i przylegania cechujące wodę, powoduje, że powietrze z zewnątrz nie może przedostać się do szklanki i dlatego płytką nie odpada. Kiedy zaś powietrze z zewnątrz ma dostęp do wnętrza szklanki, płytką za każdym razem odpada. Zatem dla wyniku doświadczenia kluczowe jest to, co dzieje się z powietrzem (zob. Wyjaśnienie obserwowanego zjawiska). Ciecze charakteryzujące się mniejszymi od wody siłami spójności (np. alkohol, olej, benzyna ekstrakcyjna) nie zapewniają wystarczającego uszczelnienia i w konsekwencji płytką odpada.

Wyjaśnienie obserwowanego zjawiska

W badanym układzie do końcowego efektu przyczynia się przynajmniej pięć sił:

- Ciężar wody i płytki
- Siła parcia związana z różnicą ciśnień między powietrzem na zewnątrz i wewnątrz szklanki
- Siły przylegania wody do powierzchni płytki
- Siły przylegania wody do powierzchni naczynia
- Siły spójności pomiędzy cząsteczkami wody

Przy czym tylko jedna z nich, tj. ciężar, oddziałuje w taki sposób, który może sprawić, że woda wyleje się ze szklanki. Oddziaływanie pozostałych sił w różnej mierze przyczynia się do tego, że woda się nie wylewa.

Co istotne, każda z wymienionych sił zmienia się w różnym stopniu wraz ze zmianą skali układu, np. ciężar wody i płytki rośnie proporcjonalnie do objętości, parcie związane z różnicą ciśnień rośnie proporcjonalnie do pola powierzchni wylotowej naczynia, siły przylegania zależą od pola powierzchni styku szklanki i płytki. Zmiana skali lub jednego z parametrów (np. średnicy wylotu szklanki, grubości ścianek szklanki, czy materiału, z którego wykonana jest płytka albo ścianki naczynia) spowoduje zmianę stosunku oddziałujących w układzie sił. A zatem ostatecznie to kombinacja parametrów określająca stosunek sił w układzie decyduje o tym, czy płytka odpadnie czy nie. W przypadku dużych naczyń z szerokim wylotem ciężar wody przeważa nad pozostałymi siłami – płytka zawsze odpadnie, a woda się wyleje. Natomiast w przypadku małego naczynia o kształcie i rozmiarze typowej szklanki nad ciężarem przeważają pozostałe cztery siły – płytka nie odpadnie, a woda pozostanie w naczyniu.

Analizując zjawisko, warto przyjrzeć się dwóm skrajnym sytuacjom:

- Kiedy ilość wody jest znikoma – wystarczy jej tylko do zwilżenia obwodu wylotowego szklanki
- Kiedy woda wypełnia całe naczynie

W pierwszym przypadku mamy do czynienia tylko z ciężarem płytki (ciężar wody jest tak mały, że można go pominąć), w drugim natomiast – zarówno z ciężarem płytki, jak i wody. Sytuację można uprościć, zakładając, że płytka jest lekka. Wówczas w drugim przypadku istotny będzie tylko ciężar wody (niewielki w stosunku do niego ciężar płytki możemy pominąć). W pierwszym przypadku można hipotetycznie założyć, że siły przylegania są w stanie utrzymać ciężar lekkiej płytki, podobnie jak wtedy, gdy woda „skleja” dwie gładkie powierzchnie. Siły przylegania, choć nieduże (wystarczy lekkie przytknięcie, by płytka odpadła) są wystarczające, aby utrzymać ciężar płytki.

W drugim przypadku trudno sobie jednak wyobrazić, aby te same siły zdolne były utrzymać ciężar wody w odwróconej szklance! Wobec tego jaka siła sprawia, że płytka nie odpada? Siłą tą jest parcie wytwarzane na skutek różnicy powstałej między ciśnieniem panującym wewnątrz szklanki a tym na zewnątrz. Aby zrozumieć, co powoduje tę nagłą różnicę ciśnień, trzeba dokonać istotnej obserwacji. Otóż przyglądając się układowi, można zauważyć, że po tym, jak szklanka zostanie odwrócona do góry dnem, woda nieznacznie opada, a niewielka jej ilość wydostaje się z naczynia. To powoduje, że powietrze wewnątrz szklanki ma więcej miejsca (woda, która wyciekła z naczynia, pozostawiła po sobie wolną przestrzeń) i w związku z tym się rozpręża – jego ciśnienie się obniża. Jednocześnie niezmiennione ciśnienie powietrza otaczającego szklankę dociska od wewnątrz wodę, nie pozwalając jej w pełni wydostać się z naczynia. Teoretycznie powietrze z zewnątrz mogłoby przedostać się do wnętrza szklanki przez ciekłą szczelinę pomiędzy płytką a krawędzią naczynia, przez którą wyciekła woda. Jednak szczelina ta wypełniona jest wodą – duże napięcie powierzchniowe tworzy szczelną warstwę uniemożliwiającą powietrzu przedostanie się z zewnątrz do środka.

Podsumowując, siłami, które przyczyniają się istotnie do utrzymania ciężaru płytki, są siły przylegania wody do powierzchni płytki oraz szklanki. Ciężar wody utrzymuje głównie siła parcia, związana z istnieniem atmosfery i ciśnienia atmosferycznego. Siła parcia nie mogłaby powstać, gdyby układ był nieszczelny. Szczelność zapewnia woda. Duże napięcie powierzchniowe wody nie pozwala powietrzu z zewnątrz przeniknąć do szklanki, dzięki czemu utrzymywana jest stała różnica ciśnień między powietrzem zamkniętym w naczyniu a powietrzem, które je otacza.