

Ćwiczenie 1: Badanie gęstości wody i rozwarstwiania

Materialy

- Prostopadłościenny zbiornik z przegrodą.
- Butelka z wodnym roztworem soli (około 75 g soli rozpuszczonej w 1 l wody).
- Dwie zlewki zawierające wodę z kranu o temperaturze pokojowej.
- Barwniki spożywcze (dwa różne kolory).
- Lód.

Procedura

1. Oblicz gęstości wody wodociągowej i roztworu soli. By to zrobić wyznacz masę danej objętości wody, tzn. odejmij masę naczynia od całkowitej masy naczynia z cieczą. Można wtedy obliczyć gęstość, ponieważ gęstość (ρ) jest wynikiem dzielenia masy (m) przez objętość (V), ($\rho = m/V$).
2. Nalej wodę wodociągową do jednej komory zbiornika a roztwór soli do drugiej.
3. Dodaj po kilka kropli barwnika spożywczego do każdej części zbiornika, aby płyny miały różne kolory.
4. Co się stanie gdy usuniesz przegrodę rozdzielającą części zbiornika? Objaśnij swoje rozumowanie.
5. Wyjmij przegrodę. Co się dzieje? Czy to, co widzisz, ma jakiś związek ze zmierzonymi przez ciebie gęstościami?
6. Opróżnij zbiornik i zlewki. Napełnij jedną zlewkę gorącą wodą wodociągową, a drugą wodą lodowato zimną.
7. Dodaj po kilka kropli barwnika spożywczego do każdej zlewki (różne kolory do różnych zlewek).
8. Wlej gorącą wodę do jednej komory zbiornika, a lodowato zimną do drugiej. Jak przewidujesz, co się zdarzy gdy usuniesz przegrodę? Objaśnij swoje rozumowanie.
9. Wyjmij przegrodę. Co się dzieje? Czy to właśnie przewidywałeś?
10. Po ustaleniu się równowagi w zbiorniku, dotknij opuszkami palców powierzchni cieczy i powoli przesuwaj swoje dłonie w kierunku dna zbiornika. Czy wyczuwasz zmiany temperatury?
11. W jaki sposób zjawiska klimatyczne, takie jak: ocieplenie, topienie lodów, mogą zmieniać pionową strukturę wody w oceanie? Przedyskutujcie możliwe scenariusze.

Ćwiczenie 2: Badanie fal wewnętrznych

Materialy

- Prostopadłościenny zbiornik z przegrodą.

Materialy pomocnicze:

Watt S (2012) Zjawiska wielkoskalowe – fizyka oceanów *Science in School* **25**: 28-33. www.scienceinschool.org/2012/issue25/ocean/polish

- Stoper.
- Barwiki spożywcze albo inne odpowiednie.
- Dwa naczynia: jedno z wodą słodką, drugie z zabarwioną słoną (około 75 g soli rozpuszczonej w 1 l wody wodociągowej).
- Łopatka do wzbudzania fal (kawałek plastiku o wysokości około 2 cm i szerokości zbliżonej do szerokości zbiornika).
- Opcjonalnie kawałek plastiku o szerokości takiej jak zbiornika i o długości jednej trzeciej jego długości.

Procedura

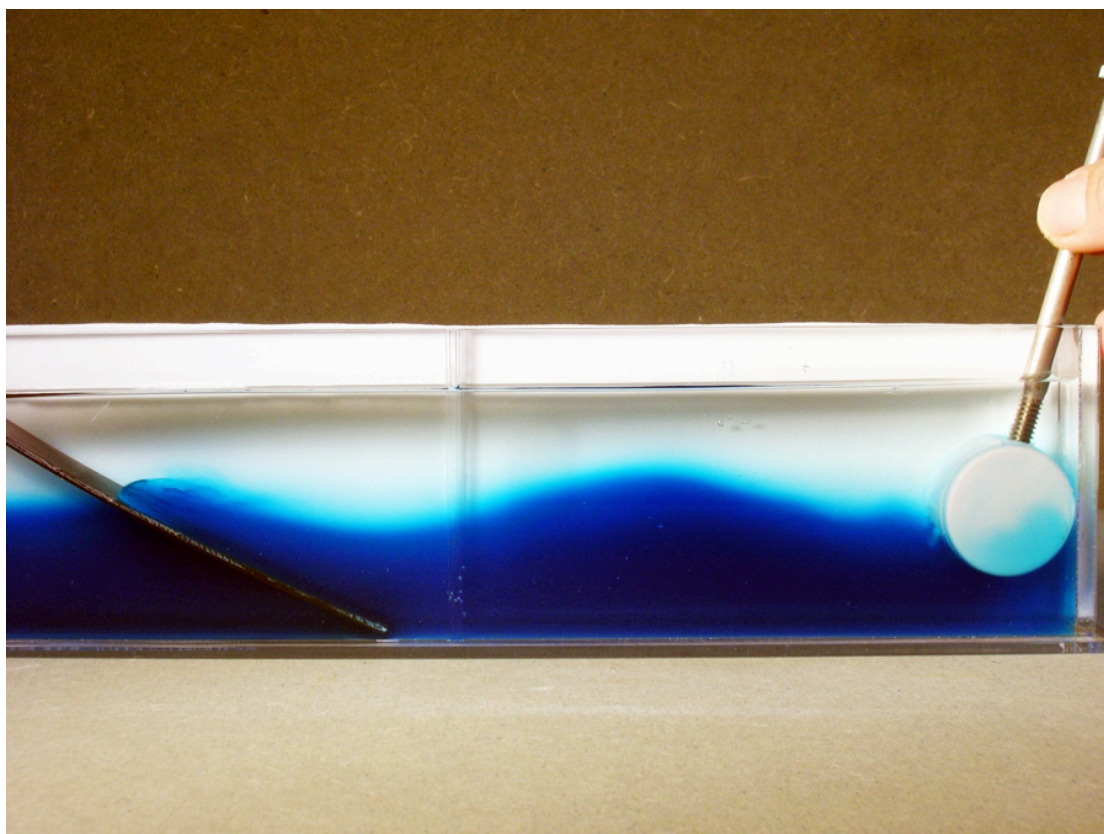
1. Nalej wody z kranu do jednej komory zbiornika a zabarwioną słoną wodę do drugiej.
2. Wyjmij przegrodę rozdzielającą komory i obserwuj co się dzieje. Zanotuj obserwacje wszystkich fal, które widzisz i opisz ich ruchy.
3. Zidentyfikuj falę wewnętrzną – przemieszcza się tam i z powrotem wzdłuż powierzchni rozdzielającej dwie różnobarwne ciecze. Wyznacz szybkość tej fali, określając czas potrzebny jej na pokonanie długości zbiornika. (Posłuż się średnią z kilku pomiarów.) Oblicz jej szybkość na podstawie następującej zależności:

Długość zbiornika (m) / czas (s) = szybkość fali (m/s)

4. Spróbuj wytworzyć, z pomocą łopatkę do fal, fale powierzchniowe i fale wewnętrzne. By pojawiły się fale powierzchniowe zanurzaj i unosź łopatkę, powtarzając cykl z dużą częstotliwością (co najmniej raz na sekundę). Aby powstały fale wewnętrzne rób to znacznie wolniej (około raz na 10 sekund).
5. Przedyskutujcie rezultaty.
6. Opcjonalnie, o ile jest czas, możesz powtórzyć eksperymenty z użyciem kawałka plastiku umieszczonego pod kątem względem dna zbiornika, tak aby otrzymać efekt płytkiego dna. Umieść plastik w pozycji jak na rysunku.

Materiały pomocnicze:

Watt S (2012) Zjawiska wielkoskalowe – fizyka oceanów *Science in School* **25**: 28-33. www.scienceinschool.org/2012/issue25/ocean/polish



*Fala wewnętrzna na powierzchni międzyfazowej między gęstszą, słoną wodą (niebieska) i mniej gęstą wodą (bezbarwna). Łopatkę do fal widać po prawej stronie zbiornika, a kawałek plastiku do symulowania płycizny po lewej.
Dzięki uprzejmości Lee Karp-Boss*

Dyskusja

W ogólności, energia fal wewnętrznych jest mniejsza niż fal powierzchniowych. To dlatego, że na skutek nieznacznej różnicy gęstości wód tworzących warstwy, grawitacyjna siła przywracająca w przypadku fal wewnętrznych jest mniejsza (w porównaniu do różnicy gęstości wody i powietrza dla fal powierzchniowych). Skoro mniejsza energia, to w zbiorniku (lub basenie wodnym) o danych wymiarach, naturalna częstotliwość fal wewnętrznych także będzie mniejsza niż dla fal powierzchniowych.

Rozwarstwienie płynów wpływa korzystnie na fale wewnętrzne. Fale te w dwuwarstwowych cieczach biegają po wierzchniej warstwie rozdzielającej oba płyny. Ich okresy są znacząco dłuższe niż w przypadku fal powierzchniowych, a ich amplitudy mogą być znacząco wyższe. Po zaburzeniu system dwuwarstwowego, wzbudza się początkowo wiele różnych fal, ale pozostają tylko te, które pasują (rezonują) w danej geometrii basenu. Symulując płyciznę, tzn. umieszczając plastikowy element u jednego końca zbiornika, możemy wywołać załamanie fal wewnętrznych, podobne do załamania fal powierzchniowych na plaży, ale zachodzące pod powierzchnią.

Materiały pomocnicze:

Watt S (2012) Zjawiska wielkoskalowe – fizyka oceanów *Science in School* **25**: 28-33. www.scienceinschool.org/2012/issue25/ocean/polish