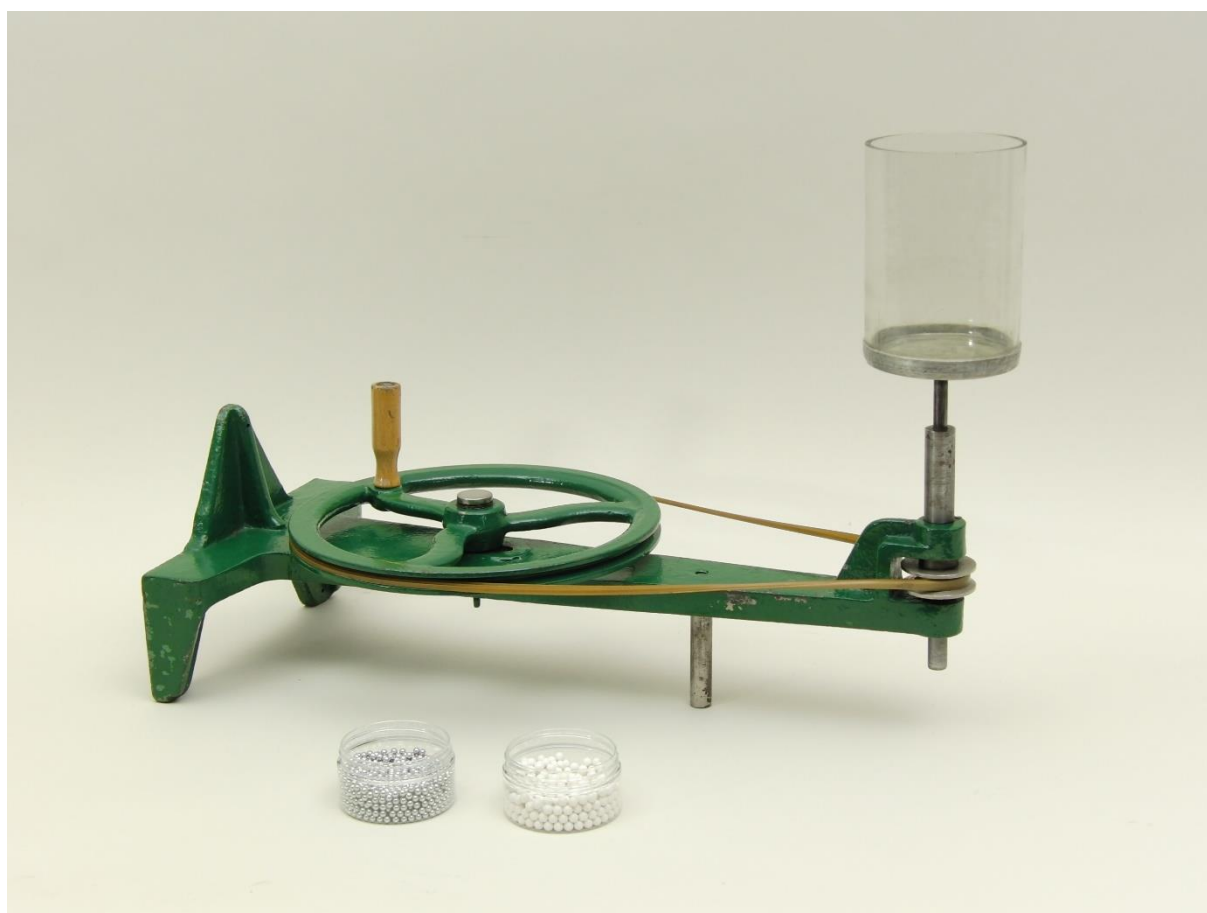


Siła dośrodkowa – zasada działania separatora

Cel: Demonstrowanie zasady działania separatora.

Przyrządy: (1) Wirownica, szklane naczynie z metalowym dnem, groch i śrut lub kulki plastikowe i metalowe; (2) Metalowy pręt w kształcie litery T z dwoma uchwytyami na próbki na końcach, umożliwiającymi obrót próbek wokół osi prostopadłej do pręta, dwie próbki, kreda (najlepiej kolorowa).

1.



Opis: Do szklanego naczynia wsypujemy groch i śrut, wymieszane razem. Naczynie umieszczamy na osi wirownicy i wprawiamy w szybki ruch obrotowy.

Obserwujemy rozdzielanie się składników. Na dole i bokach naczynia gromadzi się śrut, a na nim groch. Kuleczki śrutu choć są mniejsze, mają jednak większą masę od ziaren grochu. Aby kuleczki śrutu i ziarenka grochu utrzymać w ruchu po okręgu o stałym promieniu, musi na nie działać odpowiednio duża siła dośrodkowa. Ponieważ masa kulki śrutu jest większa od masy ziarna grochu, więc aby mogły one poruszać się po okręgu o stałym promieniu, na śrut musi działać większa siła dośrodkowa niż na ziarno grochu. Ponieważ sąsiednie kuleczki śrutu

i ziarna grochu nie działają odpowiednią siłą, więc śrut mający większą masę i wymagający działania większej siły dośrodkowej, przesuwa się szybciej od osi obrotu niż ziarna grochu. Dopiero ścianki naczynia dostarczają mu odpowiedniej siły dośrodkowej. Kulki śrutu gromadzą się więc wokół ścianek naczynia. Ziarna grochu natomiast gromadzą się bliżej osi obrotu, tworząc krzywą podobną do krzywej, wzdłuż której układa się wirująca powierzchnia wody (paraboloida obrotowa). W pokazie widać, że kulki śrutu gromadzą się bliżej dna, a nad nimi dopiero ziarna grochu. Dzieje się tak dlatego, że na kulki oprócz siły dośrodkowej działa jeszcze siła ciężkości, która ma większą wartość dla kulek śrutu niż dla ziaren grochu.



Na podobnej zasadzie działają urządzenia, służące do rozdzielania mieszanin cieczy różniących się gęstością, a także zawiesin ciała stałego w cieczy.

2.



Metalowy pręt w kształcie litery T zamocowujemy w uchwycie wirownicy. Na końcach pręta mocujemy probówki wypełnione mieszaniną wody ze sproszkowaną kredą. Wirownicę wprawiamy w ruch.

Podczas wirowania, próbówki ustawiają się pod pewnym kątem do poziomu tak, że dolna część próbówek zakreśla większy okrąg niż górna. Po zatrzymaniu wirownicy widzimy, że mętna woda stała się przezroczysta, a na dnie próbówek osadziła się kreda (dla kolorowej kredy efekt jest lepiej widoczny).

Siły działające na ciało będące w ruchu obrotowym możemy rozpatrywać z punktu widzenia obserwatora nieruchomego i ruchomego.

Obserwator nieruchomy

Po odchyleniu próbówki od położenia pionowego siła ciężkości nie jest zrównoważona przez reakcję pręta. Rozłóżmy siłę ciężkości na dwie składowe: skierowaną równoległe do próbówki i skierowaną poziomo. Składową, której kierunek jest wyznaczony przez próbówkę równoważy równa co do wartości i przeciwnie skierowana siła reakcji pręta, natomiast składowa pozioma jest siłą dośrodkową, która powoduje skręcenie próbówki i jej ruch po okręgu. W próbówce znajduje się mieszanina wody i kredy, których cząsteczki mają różne gęstości. Aby utrzymać cząsteczkę kredy w ruchu po okręgu o stałym promieniu trzeba działać odpowiednio większą siłą dośrodkową niż w przypadku cząsteczki wody poruszającej się po takim samym promieniu. Cząsteczki kredy zaczną więc oddalać się od osi obrotu do miejsca, w którym ścianki próbówki dostarczą im odpowiednio dużej siły dośrodkowej. W efekcie nastąpi nagromadzenie cząstek kredy na dnie próbówki, co obserwujemy po zatrzymaniu wirownicy.

Obserwator ruchomy

Warunkiem koniecznym spoczynku próbówki jest, aby suma sił działających na nią była równa zeru. Na próbówkę działają trzy siły: siła ciężkości, siła odśrodkowa i siła reakcji pręta. Kierunek ustawienia próbówki musi być taki, że w wyniku geometrycznego sumowania siły się zerują; suma sił ciężkości i odśrodkowej jest siłą, która działa wzdłuż próbówki i jest zrównoważona przez jej siłę reakcji.

Próbówka zawiera mieszaninę wody i kredy, które różnią się gęstością. Kreda ma większą gęstość niż woda, więc będzie na nią działać większa siła odśrodkowa niż na wodę. Spowoduje ona przemieszczenie i osadzenie się kredy na dnie próbówki.

Proces opadania zawiesiny ciała stałego w cieczy, nazywamy sedymentacją. Sedymentacji ulegają zawiesiny o gęstości większej niż gęstość cieczy. W polu grawitacyjnym Ziemi jest to zwykle proces powolny. Wykorzystanie wirówki pozwala go przyspieszyć. Siła wypadkowa działająca na ciało o objętości V i gęstości ρ , całkowicie zanurzone w płynie o gęstości ρ_0 , wirujące z częstością ω w odległości r od osi obrotu opisana jest wzorem:

$$\vec{F} = (\rho_0 - \rho)V(-\vec{g} + \vec{a})$$

gdzie $\vec{g}$ jest przyspieszeniem ziemskim, a $\vec{a}$ - przyspieszeniem dośrodkowym o wartości $a = \omega^2 r$. Przy odpowiednich częstościach wirowania siła ta może być znacznie większa od jej wartości w polu grawitacyjnym Ziemi, tj. dla $a = 0$.

W konsekwencji proces sedymentacji może być znacznie szybszy, a jego szybkość można regulować częstością wirowania.

Opisany proces stanowi podstawę działania separatorów odśrodkowych, pozwalających oddzielać substancje o różnych gęstościach i mających bardzo szerokie zastosowania.

Tagi: Siła dośrodkowa, ruch obrotowy, wirownica, separator, sedymentacja

Literatura: Zakładka: Bibliografia [5, 20].