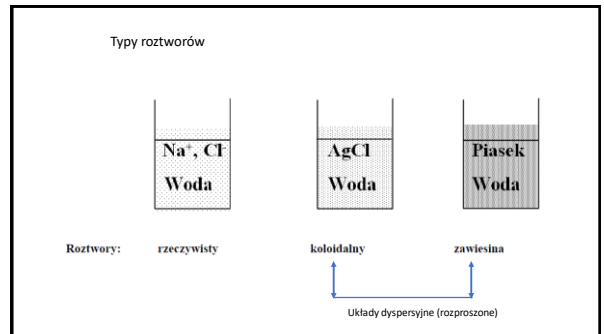


## Zawiesiny



- Dokonując podziału układów rozproszonych, należy uwzględnić średni rozmiar cząstek oraz stan skupienia faz. Istotnym parametrem, określającym stopień rozdrobnienia danej substancji, jest stopień dyspersji. Definiuje się go, jako stosunek powierzchni fazy rozproszonej, do objętości tej fazy.

Biorąc pod uwagę stopień dyspersji, układy rozproszone dzieli się na :

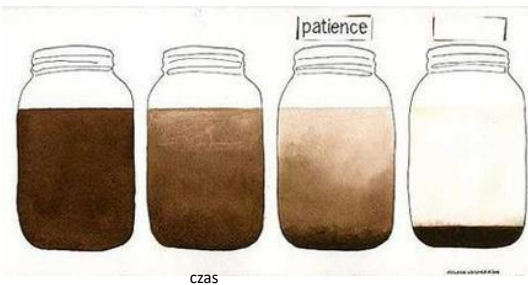
- układy o rozdrobnieniu molekularnym, określane inaczej mianem roztworów właściwych, gdzie rozmiary cząstek są mniejsze od  $10^{-9}$  m, a stopień dyspersji większy od  $10^9$  m<sup>-3</sup>;
- układy o rozdrobnieniu koloidalnym, określane mianem zoli, posiadają cząstki o rozmiarach z zakresu od  $10^{-9}$  do  $10^{-7}$  m i stopieniu dyspersji  $10^7 - 10^9$  m<sup>-3</sup>. Mikroemulsje, nanocząstki oraz mikrosfery zaliczane są również do koloidów;

- układy grubodispersyjne o rozproszeniu cząstek w zakresie od  $10^7$  –  $10^5$  m i stopniu dyspersji  $10^5$  –  $10^7$  m<sup>-1</sup>;
- układy grubodispersyjne o rozproszeniu makrocząsteczkowym – rozmiary cząstek większe od  $10^5$  m, stopień dyspersji mniejszy od  $10^5$  m<sup>-1</sup>. Grupę tych układów reprezentują zawiesiny i emulsje.

### Ogólna charakterystyka i właściwości zawiesin

- Zawiesiny są heterogeniczną mieszaniną dwóch lub więcej substancji.
- Cząstki substancji rozpuszczonej nie rozpuszczają się w rozpuszczalniku, raczej pozostają zawieszona w nim przez cały czas.
- Rozmiar cząstek zawiesiny jest wystarczająco duży, aby był widoczny gołym okiem. Są większe niż 1 nanometr ( $10^{-9}$  metra).
- Zawiesina pokazuje efekt Tyndalla ze względu na ich duży rozmiar cząstek.
- Gdy zawiesina zostanie pozostawiona na jakiś czas, jej cząstki osiadają na dnie. Dlatego nie są stabilne.
- Cząsteczki zawiesiny można oddzielić przez proces filtracji.
- Nie rozprasza światła po osadzeniu cząstek na dnie, ponieważ w tym przypadku układ staje się dwufazowy.

<https://www.yesmrsanderson.com/solutions-colloids-and-suspensions.html>



- Zawartość ciała stałego w zawieszynie (stężenie ciała stałego) może być różna.
- Zawiesiny zawierające poniżej 10% obj. ciała stałego uważa się zazwyczaj za rozcieńczone, natomiast powyżej 70% obj. - za zagęszczone.
- Cząstki ciała stałego w zawieszynie mogą mieć różne kształty, np. kuli, walca, prostopadłościanu lub innych brył o kształcie regularnym lub nieregularnym.

- Wielkość rozmiarów kulistych cząstek ciała stałego określa się wprost za pomocą ich średnicy, a cząstek niekulistych - odpowiednio zdefiniowanej średnicy zastępczej. Cząstki ciała stałego o rozmiarach powyżej 100  $\mu\text{m}$  noszą nazwę gruboziarnistych, a poniżej 30  $\mu\text{m}$  - drobnoziarnistych.

Zawiesiny zawierające cząstki ciała stałego o takim samym kształcie, gęstości i takich samych rozmiarach nazywane są **monodispersyjnymi**, a w innych przypadkach - **polidispersyjnymi**.

- Związki pomiędzy ilością ciała stałego, ilością cieczy i zawiesiny są, ze względu na ich różnorodność, wyrażane w postaci udziałów masowych lub objętościowych.

Sposoby wyrażania stężenia zawiesiny

- Udział masowy ciała stałego ( $c_s$ ) - kg ciała stałego / kg zawiesiny
- Udział masowy cieczy ( $c_c$ ) - kg cieczy / kg zawiesiny
- Udział objętościowy ciała stałego ( $\phi$ ) -  $\text{m}^3$  ciała stałego /  $\text{m}^3$  zawiesiny
- Udział objętościowy cieczy ( $\epsilon$ ) -  $\text{m}^3$  cieczy /  $\text{m}^3$  zawiesiny
- Koncentracja ciała stałego ( $C_s$ ) - kg ciała stałego /  $\text{m}^3$  zawiesiny
- Koncentracja cieczy ( $C_c$ ) - kg cieczy /  $\text{m}^3$  zawiesiny

### Przykłady zawiesin

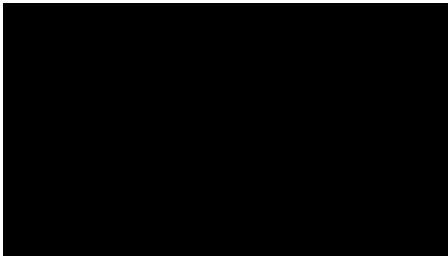
- Typowe przykłady zawiesiny obejmują mieszaninę kredy i wody, mętną wodę, mieszaninę mąki i wody, mieszaninę cząstek pyłu i powietrza, mleka magnezji itp.

### Koloid vs. zawiesina

- Cząstki w zawieszynie mają zwykle więcej niż 1000 nm, podczas gdy cząsteczki w zakresie koloidu wynoszą od 1-1,000 nm.
- W przeciwieństwie do zawiesin cząsteczki koloidu nie rozdzielają się podczas pozostania w bezruchu.
- Cząstki w zawieszynie można oddzielić przez filtrację, w przeciwieństwie do cząstek koloidu.
- Koloidy są w stanie rozproszyć światło, ale zawiesziny po opadnięciu ich części stałych nie mogą przepuszczać światła.
- Cząstki w zawieszynie można zobaczyć gołym okiem, ale te w koloidzie należy obejrzeć za pomocą mikroskopu świetlnego

<https://www.beei.com/blog/suspension-vs-colloid>

### Sposoby przygotowania zawiesziny



## Zawiesiny w farmacji

- Zawiesina to układ niejednorodny, składający się z dwóch faz: rozproszonej (substancja lecznicza) i rozpraszającej (vehiculum), o jednakowym rozproszeniu cząstek, gdzie cząstki fazy rozproszonej mają wymiar poniżej 100  $\mu\text{m}$ . W układzie tym nie powinno dochodzić do tworzenia się aglomeratów substancji zawieszonych, może natomiast występować zjawisko sedimentacji, lecz musi być ono łatwo niwelowane poprzez wytrząsanie zawiesiny. Układ ten musi być stabilny pod względem fizykochemicznym oraz mikrobiologicznym.

- Zawiesina farmaceutyczna jest gruboziarnistą dyspersją nierozpuszczalnych cząstek stałych w ciekłym ośrodku. Średnica cząstek w zawiesinie jest zwykle większa niż 0,5  $\mu\text{m}$ . Jednak nałożenie ostrej granicy między zawiesinami i dyspersjami o drobniejszych cząsteczkach jest trudne i niepraktyczne. Zawiesiny są ważną klasą farmaceutycznych postaci dawkowania.

www.wjpps.com Vol 5, Issue 12, 2016.  
1471

- Zalety postaci dawkowania w zawiesinie obejmują:
- skuteczne dozowanie leków hydrofobowych;
- unikanie stosowania wspótrozpuszczalników;
- maskowanie nieprzyjemnego smaku niektórych składników;
- odporność na degradację leków z powodu hydrolizy, utleniania lub aktywności mikrobiologicznej;
- łatwe połykanie dla młodych i starszych pacjentów;
- skuteczna terapia domięśniowa.

www.wjpps.com Vol 5, Issue 12, 2016.  
1471

## Podział zawiesin farmaceutycznych

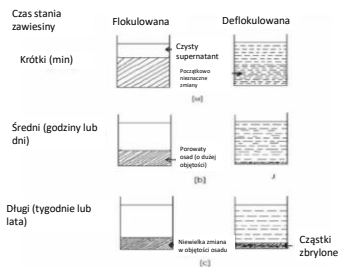
- 1. ogólny
- A) zawiesiny do stosowania doustnego
- B) Zawiesina do stosowania zewnętrznego
- C) Zawiesina do stosowania pozajelitowego

### Podział ze względu na proporcje cząsteczek stałych

- 1) rozcieńczone zawiesiny (2-10% wagowo/objętościowych cząstek stałych)
- 2) stężone zawiesiny (do 50% wagowo/objętościowych cząstek stałych)

### Podział w oparciu o elektrokinetyczne własności ciał stałych

- Cząsteczkowe
- Flokulowane zawiesiny
- Deflokulowane zawiesiny



Santosh et al.

World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences

### Zawiesiny flokulowane

- W flokulowanej zawieszynie uformowane kłaczkii (luźne agregaty) spowodują wzrost szybkości sedimentacji z powodu wzrostu wielkości cząstek sedimentujących. Dlatego flokulowane zawiesiny osadzają się szybciej. Ich sedimentacja zależy nie tylko od wielkości skupiska, ale także od porowatości kłaczków. W flokulowanej zawieszynie luźna struktura szybko sedimentujących kłaczków zachowuje się w osadach, które zawierają znaczną ilość uwiecznionej cieczy. Objętość końcowego osadu jest zatem stosunkowo duża i można go łatwo rozproszyć przez mieszanie.

## Deflokulowane zawiesiny

- W deflokulowanej zawieszynie pojedyncze cząstki osiadają, więc szybkość sedymentacji jest niska, co zapobiega uwięzieniu ciekłego ośrodka, co utrudnia ponowne rozproszenie przez mieszanie. Zjawisko to nazywane jest również „pękaniem, rozluptywaniem (cracking)” lub „iłowaniem, szlamowaniem (claying)”.
- W deflokulowanej zawieszynie większe cząstki osiadają szybko, a mniejsze pozostają w cieczy supernatantu, więc supernatant wydaje się mętny, podczas gdy w flokulowanej zawieszynie nawet najmniejsze cząsteczki biorą udział w kłaczkach, więc supernatant nie wydaje się mętny.

- Sflokulowana zawieszyna to taka, w której potencjał zeta cząstek wynosi od -20 do +20 mV. Zatem zjawisko flokulacji i deflokulacji zależy od potencjału zeta przenieszonego przez cząstki. Ładunek przenoszony przez cząstki może pochodzić z adiuwantów, a także podczas procesu, takiego jak krystalizacja, mielenie, adsorpcja jonów z roztworu np. jonowe środki powierzchniowo czynne.

- Środki flokulujące zmniejszają potencjał zeta zawieszonyj naładowanej cząstki, a tym samym powodują agregację (tworzenie kłaczków) cząstek.
- Przykładami środków flokulujących są:
  - Neutralne elektrolity, takie jak KCl, NaCl.
  - Sole wapniowe
  - Alun
  - Siarczany, cytryniany, fosforany

## Układy sflokulowane

- W tym układzie faza zdyspergowana ma postać dużych puszystych aglomeratów, w których poszczególne cząstki są słabo związane ze sobą. Wraz ze wzrostem wielkości jednostki sedymentacyjnej flokulacja powoduje szybkie tempo sedymentacji. Szybkość sedymentacji zależy od wielkości kłaczków i porowatości. Tworzenie kłaczków cząstek zmniejsza swobodną energię powierzchniową między cząstkami, a ciekłym ośrodkiem, uzyskując w ten sposób stabilność termodynamiczną.

- Struktura kłaczków jest utrzymywana w osadach, więc zawierają one niewielką ilość cieczy uwieżonej w kłaczkach. Uwieżenie płynu w stadach zwiększa objętość sedimentacji, a osad łatwo zdysperguje się przy niewielkim mieszaniu.

## Tworzenie układów sflokulowanych

Istnieją dwa ważne sposoby formułowania flokulowanej zawiesiny

- Poprzez zwilżanie cząstek
- Poprzez kontrolowaną flokulację

Podstawowym etapem formułowania jest zapewnienie odpowiedniego zwilżenia cząstek. Odpowiednia ilość środków zwilżających rozwiązuje ten problem.

- Konieczna jest staranna kontrola flokulacji, aby zapewnić łatwość podawania produktu. Taką kontrolę zwykle osiąga się poprzez zastosowanie optymalnego stężenia elektrolitów, środków powierzchniowo czynnych lub polimerów. Zmiana tych stężeń może zmienić zawiesinę z stanu sflokulowanego na stan deflokulacyjny.

## Podział w oparciu o rozmiar cząstek stałych

- Zawiesina koloidalna (<1 mikrona)
- Większe cząstki zawiesiny (>1 mikrona)
- Nanozawiesiny (10 ng)



## Środki flokulujące

### 1. elektrolity

- Elektrolity zmniejszają barierę elektryczną między cząsteczkami i łączą je ze sobą, tworząc kłaczkę. Zmniejszają potencjał zeta zbliżony do zera, co powoduje powstawanie mostka między sąsiadującymi cząsteczkami, które układają je razem w luźno ułożoną strukturę.

- Jeśli zdyspergujemy w wodzie cząstki azotanu bizmutu, stwierdzimy, że w oparciu o potencjał ruchliwości elektroforetycznej z powodu silnej siły odpychania między sąsiednimi cząsteczkami układ jest peptyzowany lub deflokulowany. Przygotowując serię zawiesin azotanu bizmutu zawierających rosnące stężenie jednozasadowego fosforanu potasu, można wykazać związek między pozornym potencjałem zeta a objętością sedymentacji, zbrzylenie i flokulacja.

## 2. Surfaktanty

- Zarówno jonowe, jak i niejonowe środki powierzchniowo czynne mogą być stosowane do powodowania flokulacji zawieszonych cząstek. Optymalne stężenie jest konieczne, ponieważ związki te działają również jako środki zwilżające w celu uzyskania dyspersji. Optymalne stężenie środków powierzchniowo czynnych obniża swobodną energię powierzchniową poprzez zmniejszenie napięcia powierzchniowego między ciekłym ośrodkiem, a cząstkami stałymi.

- Powoduje to tworzenie ściśle upakowanych aglomeratów. Cząstki o mniejszej energii swobodnej powierzchni są przyciągane do siebie przez siły van der Waalsa i tworzą luźne aglomeraty.

### 3. Polimery

- Polimery mają długi łańcuch w swoich strukturach. Część długiego łańcucha jest adsorbowana na powierzchni cząstek, a pozostała część wystaje do rozproszonego ośrodka. Łączenie tych późniejszych części prowadzi również do tworzenia kłaczków.

### Charakterystyka flokulowanej zawiesiny

- Cząstki w zawieszynie mają postać luźnych aglomeratów.
- Kłaczkowi gromadzą cząstki, więc szybkość sedimentacji jest wysoka.
- Osad powstaje szybko.
- Osad jest luźno upakowany. Cząsteczki nie są ze sobą ściśle powiązane.
- Osad łatwo rozprasza się przez niewielkie zmieszanie.
- Flokulowane zawiesiny wykazują zachowanie plastyczne lub pseudo plastyczne (ciecze nienutonowskie).
- Zawiesina jest nieco nieestetyczna ze względu na szybką sedimentację i obecność oczywistego wyraźnej części supernatantu.

- Rozkład ciśnienia w tego typu zawieszynie jest jednakowy we wszystkich miejscach, tzn. ciśnienie na górze i na dole zawiesiny jest takie samo.
  - W tego rodzaju zawieszynie lepkość jest prawie taka sama na różnych poziomach głębokości.
- Cel jednolitego rozkładu dawki jest spełniony przez flokulowaną zawiesinę.

### Charakterystyka deflokulowanej zawiesiny

- W tej zawieszynie cząsteczki wykazują się jako oddzielne jednostki.
- Wielkość cząstek jest mniejsza w porównaniu do cząstek sflokulowanych. Cząsteczki osiadają osobno, a zatem tempo osiadania jest bardzo niskie.
- Osad po pewnym czasie staje się bardzo ściśle upakowany ze względu na ciężar górnych warstw materiałów sedimentacyjnych.
- Po ścisłym upakowaniu osadu siły odpychające między cząsteczkami zostają pokonane, co powoduje powstanie nierozpraszalnej bryłki.
- Bardziej skoncentrowane deflokulowane układy mogą wykazywać zachowanie dylatacyjne.

- Ten rodzaj zawiesiny ma przyjemny wygląd, ponieważ cząsteczki są zawieszane stosunkowo dłużej.
- Ciecz supernatantu jest mętna, mimo że większość cząstek została już osadzona.
- W miarę tworzenia się zwartej brytki w deflokulowanej zawieszynie lepkościomierz wykazuje wzrost lepkości, gdy wrzeczono pomiarowe przesuwa się na spód zawiesiny.
- Nie ma wyraźnej granicy między osadem a supernatantem. Flokulacja jest niezbędna dla stabilności zawiesiny, jednak flokulacja wpływa na biodostępność zawiesiny.

- W idealnym preparacie w zawieszynie powinny być nierozpuszczalne cząstki równomiernie rozproszone. Jednak po odstaniu cząstki stałe w zawieszinach oddzielają się od cieczy jako osady. Bez względu na ilość sedymentacji dobrze sformułowany zawieszina powinna rozpraszać się równomiernie w sposób ciągły faza, przy umiarkowanym wstrząśnieniu, przez wystarczający okres czasu.

- Pozwala to na wycofanie odpowiedniej ilości leku minimalna zmiana dawki. Szybkość osiadania można zmniejszyć stosując środki poprawiające lepkość i łatwość redyspersowania
- można kontrolować za pomocą środków flokulujących. Produkty też lepki może jednak nie być łatwo usunąć z pojemnika i może być zbyt trudny do przeniesienia na stronę aplikacji.

- Ponadto oczekuje się, że proces dyfuzji leku również będzie utrudniony przez wysoką lepkość. Stanowi zatem wyzwanie do formulatora w celu znalezienia odpowiedniego środka nadającego lepkość i środek flokulujący, który, gdy jest stosowany odpowiednio
- stężenia, pozwalają na optymalne tempo sedymentacji i łatwą redispersję w produkcie wysokiej jakości. Zawieszony cząstki powinny być również małe i jednolite, aby zapewnić gładkość i elegancki produkt, który nie ma szorstkiej konsystencji

• Jednym z najważniejszych czynników wpływających na wykonanie zbieranie zawiesin farmaceutycznych, to wybór właściwego środka zawieszającego. Powinien on dawać lepkość układu heterogenicznego i spowalniać sedymentację cząstek, poprawiać właściwości reologiczne i musi zapewniać kompatybilność chemiczną z innymi dodatkowymi substancjami, stabilności pH. Tworzyć pokrycie hydrofilowe zaokrąglać cząstki stałe i tym samym zapewniać ich zwilżenie.

• Środki zawieszające - związki wysokocząsteczkowe (HMC, pochodne hydroksymetylocelulozy) lub substancje powierzchniowo czynne (SAS) są klasyfikowane jako pochodne celulozy, naturalne (żelatyna, tragakant, alginiany, i bentonit) i syntetyczny (karboksypolymetylen i poliwinylpirolidon jod). Często mogą być połączone ze sobą.

#### Parametry wpływające na sedymentację

- 1. średnica cząstek stałych (zależność wprost proporcjonalna do kwadratu średnicy)
- 2.

• Jedną z charakterystycznych cech zawiesin jest ich zdolność do opadania. Właśnie dlatego stabilność jest jednym z najważniejszych wymagań. Stabilność sedymentacyjna zapobiega sedymentacji cząstek ze względu na ich wielkość. Stabilność będzie tym większa tym mniejszy jest promień fazy dyspersyjnej.

• Stabilność zawiesiny zależy od stosunku zdyspergowanych cząstek w fazie dyspersyjnej do środowiskiem dyspersyjnym. Im gęstsza faza dyspersyjna jest tym szybciej cząsteczki osiadają, kiedy gęstość jest mniejsza, ich opadanie jest wolniejsze. Kiedy gęstości są zbliżone to zawieszenie cząstek jest najbardziej stabilne.

**Table 1: Stability pH range and concentrations of most commonly used suspending agents**

Suspending agent	Stability pH range	Concentrations used as suspending agent, %
Sodium alginate	4-10	1-5
MC	3-11	1-2
Hydroxyethyl cellulose	2-12	1-2
Hydroxypropyl cellulose	6-8	1-2
Hydroxypropyl methylcellulose	3-11	1-2
CMC	7-9	1-2
Sodium CMC	5-10	0.1-5.0
Microcrystalline cellulose	1-11	0.6-1.5
Tragacanth	4-8	1-5
Xanthan gum	3-12	0.05-0.5
Bentonite	pH=6.0	0.5-5.0
Carboplate	6-10	0.5-1.0
Guar gum	4-10.5	1-5
Silicon colloid dioxide	0-7.5	2-4

MC: Methylcellulose, CMC: Carboxymethyl cellulose

Asian Journal of Pharmaceutics • Oct-Dec 2017 (Suppl) • 11 (4) 1806

### Sedymentacja

W chemii to proces opadania zawiesiny ciała stałego w cieczy w wyniku działania siły grawitacji lub sił bezwładności. Sedymentacji ulegają zawiesiny o gęstości większej niż gęstość cieczy. Sedymentacja prowadzi więc do rozdzielenia substancji niejednorodnych, a kryterium podziału jest gęstość.

Proces sedymentacji jest kluczowy np.

- w oczyszczaniu ścieków,
- w filtracji
- w fermentacji

Najprostszym przypadkiem opadania cząstek ciał stałych w płynach pod wpływem pola grawitacyjnego jest opadanie swobodne pojedynczej cząstki.

Prędkość jej swobodnego opadania zależy od właściwości fizycznych płynu i samej cząstki, a w szczególności od różnicy gęstości cząstki i płynu, od rozmiaru i kształtu cząstki oraz lepkości płynnego środowiska w którym ruch się odbywa.

Bardziej złożony jest proces opadania cząstek ciała stałego w zawiesinie.

Proces ten jest nazywany opadaniem zakłóconym lub sedymentacją zawiesiny.

Ponieważ na ruch każdej cząstki w zawiesinie wpływa obecność opadających cząstek sąsiednich, prędkość opadania cząstek zależy również od stężenia ciała stałego

#### równanie Stokesa

$$v = \frac{d^2 (\rho_s - \rho_o) g}{18 \eta_o}$$

v- prędkość opadania cząstek w cm/sec  
 $\rho_s$ ,  $\rho_o$  - gęstości fazy zdyspergowanej i ośrodka dyspersyjnego  
 g- przyspieszenie ziemskie  
 $\eta$ - lepkość ośrodka dyspergującego w poise'a

Jaka jest prędkość opadania cząstek węglanu wapnia w wodzie, jeżeli ich średnica wynosi 54  $\mu\text{m}$ , gęstości wody i węglanu wapnia to 2,7 i 0,997  $\text{g}/\text{cm}^3$ ? Lepkość wody to 0,009 Poisa (Pa s).

$$v = \frac{(54 \cdot 10^{-4})^2 (2,7 - 0,997) 981}{18 \cdot 0,009} = 0,30 \text{ cm/s}$$

- Zmiana równania Stokes'a uwzględniająca porowatość cząsteczek zawiesiny
- $v' = v \cdot \varepsilon^n$
- $V'$  – szybkość sedimentacji w przestrzeni międzyfazowej
- $V$  - szybkość sedimentacji zgodna z równaniem Stokes'a
- $\varepsilon$  - początkowa porowatość układu (początkowa ułamek objętościowy jednolite zawieszono układu (wynosi od 0-1)
- $n$  – stała określająca „utrudnianie” sedimentacji przez układ

Jaka jest prędkość opadania cząstek węglanu wapnia w wodzie, jeżeli ich średnica wynosi 54  $\mu\text{m}$ , gęstości wody i węglanu wapnia to 2,7 i 0,997  $\text{g}/\text{cm}^3$ ? Lepkość wody to 0,009 Poisa (Pa s). Uwzględnij porowatość cząsteczek,  $\varepsilon_1 = 0,95$ ,  $n = 19,75$

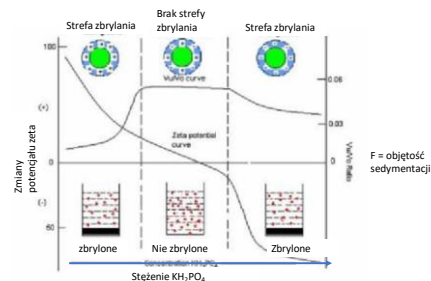
- $v' = v \cdot \varepsilon^n$
- po zlogarytmowaniu
- $\log v' = \log v + n \log \varepsilon = -1,204 + [19,73 (-0,0510)] = -2,21$
- $V' = 0,11 \text{ cm}/\text{sec}$

Jaka jest prędkość opadania cząstek węglanu wapnia w wodzie, jeżeli ich średnica wynosi 54  $\mu\text{m}$ , gęstości wody i węglanu wapnia to 2,7 i 0,997  $\text{g}/\text{cm}^3$ ? Lepkość wody to 0,009 Poisa (Pa s). Uwzględnij porowatość cząsteczek,  $\varepsilon_1 = 0,5$  (co odpowiada wysokiemu cząstek stężeniu zawiesiny),  $n = 19,75$

- Dla rozcieńczonych zawiesin stężenie cząstek stałych wynosi mniej niż 0,5  $\text{g}/100 \text{ ml}$ . W tym przypadku cząsteczki nie interferują między sobą podczas sedimentacji i dochodzi do ich swobodnego opadania.
- Dla zawiesin zawierających 5, 10 czy więcej % cząstek stałych cząsteczki interferują między sobą i dochodzi do ukrytego ich opadania i równanie Stokes'a nie jest spełniane.

### Parametry sedimentacji

- Objętość sedimentacji,  $F$ , - stosunek początkowej lub końcowej objętości osadu na dnie płynu  $V_u$  do pierwotnej objętości zawiesiny  $V_0$  przed sedimentacją.
- $F = \frac{V_u}{V_0}$
- $F$  może wynosić mniej niż 1 gdy końcowa objętość osadu na dnie naczynia jest mniejsza od pierwotnej zawiesiny przed sedimentacją
- $F = 1$  dla zflukolowanych cząsteczek



- Stopień flokulacji,  $\beta$ ,  $\beta = \frac{F}{F_{\infty}}$
- $F_{\infty}$  - objętość sedimentacji dla zdeflokulowanej zawiesiny
- $\beta = \frac{\text{ostateczna objętość osadu na dnie płynu flokulowanej zawiesiny}}{\text{ostateczna objętość osadu na dnie płynu zdeflokulowanej zawiesiny}}$

Oblicz objętość sedimentacji 5% w/v zawiesiny węglanu magnezu w wodzie.  $V_0 = 100\text{mL}$ ,  $V_u = 30\text{ ml}$ .

Stopień flokulacji  $\beta = 1.3$ . Jaka jest objętość frakcji zdeflokulowanej?

- $F = \frac{30}{100} = 0,3$
- $F_{\infty} = \frac{F}{\beta} = \frac{0,30}{1,3} = 0,23$



### Zawiesiny z punktu widzenia termodynamiki

- Obecność małych cząstek w zawiesinie powoduje wzrost jego powierzchni, a przez to wzrost energii swobodnej układu  $\Delta G$ .
- $\Delta G = \sigma_{SL} \Delta A$
- $\sigma_{SL}$  - napięcie międzyfazowe pomiędzy fazą stałą a ciekłą
- $\Delta A$  - wzrost powierzchni układu

Oblicz zmianę w energii swobodnej powierzchni układu, w którym wprowadzenie cząstek stałych i utworzenie zawiesiny powoduje wzrost powierzchni z  $10^3$  do  $10^7$  cm. Napięcie międzyfazowe pomiędzy cieczą a ciałem stałym wynosi 100 dyn/cm.

- Początkowa wartość energii swobodnej  
 $G = 100 \times 10^3 = 10^5 \text{ erg/cm}^2$
- Wartość energii swobodnej po wprowadzeniu cząstek stałych  
 $G = 100 \times 10^7 = 10^9 \text{ erg/cm}^2$
- $\Delta G = 10^9 - 10^5 \text{ erg/cm}^2 = 10^4 \text{ erg/cm}^2$

### Przeliczny uzyskane dane na jednostki energii układu SI

- $1 \text{ erg} = 1 \text{ g} \times 1 \text{ cm}^2 / \text{s}^2$
- $1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}$

### Zastosowanie zawiesin

- 1) Zawiesiny stosuje się zwykle w przypadku leku nierozpuszczalnego lub słabo rozpuszczalnego. (np. zawiesina prednizolonu).
- 2) Aby zapobiec degradacji leku lub poprawić stabilność leku. (np. zawiesina oksytetrycyliny).
- 3) Aby ukryć smak gorzkiego nieprzyjemnego leku. (np. zawiesina palmitynianu chloramfenikolu).
- 4) Zawiesinę leku można sformułować do stosowania miejscowego, (np. w dermatologii).
- 5) Zawiesiny można sformułować do stosowania pozajelitowego w celu kontroli szybkości wchłaniania leku.
- 6) Szczepionki jako środki immunizacyjne są często formułowane jako zawiesiny. (np. szczepionka przeciw cholerze).
- 7) kontrast rentgenowski - środek kontrastowy jest również formułowany jako zawiesina. (np. siarczan baru do badania przewodności pokarmowego)

### Lepkość zawiesiny

Wpływa na stabilność zawiesiny i jej zdolność do wylewania z naczyń. Gdy lepkość środowiska dyspersyjnego rośnie to szybkość opadania spada i faza zdyspergowana opada wolniej i pozostaje dłużej zdyspergowana, co daje stabilniejszą zawiesinę. Jednak gdy lepkość układu rośnie to spada możliwość do jej wylania z naczynia i powstaje problem dla pacjenta przy dozowaniu.

### Zmiany lepkości zawiesiny

Wzrost:  
 Dodanie naturalnych gum (akacjowej, tragakanty)  
 Pochodnych celulozy (CMC sodowa, metyloceluloza)  
 Glinek (bentonit)  
 koloidalnego  $\text{SiO}_2$   
 Cukrów (glukoza, fruktoza)

- Skład granulometryczny polidispersyjnej zawiesiny można ustalić z wykorzystaniem analizatorów optycznych, głównie granulometrów laserowych. W urządzeniach tego typu dokonuje się pomiaru wielkości rozpraszania światła przez cząstki tworzące zawiesinę.
- Analiza wielkości rozproszenia światła lasera pod różnym kątem w stosunku do kierunku osi optycznej wiązki światła wychodzącego z lasera pozwala określić liczbę cząstek, objętość oraz powierzchnię.

**MultiScan MS 20**  
 The measuring device for the automatic optical stability and aging analysis of a variety of multiphase dispersions, in particular suspensions and emulsions, and the comprehensive characterization of time- and temperature-dependent destabilization mechanisms. Due to its modular design the MS 20 can be operated with up to six scan towers SE. The scan towers are independently configurable, which allows for perform several measurements simultaneously.