

3. ПОВЕРХНЕВИЙ НАТЯГ РІДИН

3.1. Основні закони та формули

- Поверхневий натяг характеризує вільну енергію одиниці площі поверхні

$$dF = \sigma dS.$$

- Коефіцієнт поверхневого цитягу

$$\sigma = \frac{F_{\text{ц}}}{l}, \quad \sigma = \frac{\Delta W}{\Delta S};$$

- Методи вимірювання коефіцієнта поверхневого натягу:

метод відриву краплі $\sigma = \frac{mg}{2\pi r};$ > —

метод відриву кільця (пластини) $\sigma = \frac{F_{\text{ц}}}{\pi(d_1 - d_2)},$ ($\sigma = \frac{F}{2l}$);

метод визначення σ по висоті підйому рідини в циліндричному капілярі

$$\sigma = \frac{h\rho gr}{2}.$$

- Додатковий тиск (формула Лапласа)

$$\Delta p = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

$R_{1,2}$ – радіуси кривизни двох взаємно перпендикулярних перетинів поверхонь рідини.

- Додатковий тиск над сферичною поверхнею (крайовий кут $\theta = 0^\circ; 180^\circ$)

$$\Delta p = \frac{2\sigma}{R};$$

для опуклої поверхні $R > 0$, для увігнутої $R < 0$;

$R = r$, r – радіус капіляра.

- Формула Лапласа (крайовий кут $\theta \neq 0^\circ; 180^\circ$)

$$\Delta p = \frac{2\sigma \cos \theta}{r}; \quad \left(R = \frac{r}{\cos \theta} \right).$$

- Температурна залежність σ (емпіричні формули):

формула Етвеша

$$\sigma = \frac{2,12}{V^{2/3}} (T_c - T - 6),$$

де V – молярний об'єм, T_c – критична температура речовини;

формула Гугенгейма

$$\sigma = \sigma_0 \left(1 - \frac{T}{T_c} \right)^n,$$

де $n \approx 1,2$; $\sigma \approx 4,4 \frac{T_c}{V^{2/3}}$.

3.2. Задачі для самостійного розв'язку

Для кожної з 10 наступних задач запишіть скорочену умову, розв'язок та відповідь.

1. При опусканні двох капілярних трубок у воду, в них встановилася різниця рівнів 2,6 см. При опусканні їх в спирт, встановилася різниця рівнів 1 см. Знайти коефіцієнт поверхневого натягу спирту, якщо коефіцієнт поверхневого натягу воді дорівнює $0,073 \text{ Н/м}$, а густина спирту $0,8 \text{ г/см}^3$. Змочування вважати повним.

Відповідь: _____

2. В посудину об'ємом 6 см^3 падають краплі води з трубки, що має внутрішній діаметр 1мм. Скільки крапель потрібно, щоб заповнити посудину? Температура води 20°C .

Відповідь: _____

3. Горизонтальне кільце масою 2 г з зовнішнім радіусом 5 см та внутрішнім радіусом 4,5 см торкається поверхні води. Яку силу потрібно прикласти до нього, щоб відірвати від води? Температура 20°C , вода змочує кільце.

Відповідь: _____

4. Довга горизонтальна трубка радіуса 1 мм відкрита з обох кінців і заповнена водою. Трубку ставлять вертикально. Визначити висоту стовпа води, що залишився в капілярі. Товщиною стінки капіляра можна знехтувати.

Відповідь: _____

5. П'ятдесят однакових крапель ртуті, що мають радіус 0,3 мм, злились в одну велику краплю. Як при цьому змінилася температура ртуті?

Відповідь: _____

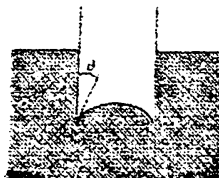
6. Визначити тиск повітря всередині мильної бульбашки радіусом 10^{-2} мм при температурі 27°C . Коефіцієнт поверхневого натягу мильного розчину $0,04$ Н/м, атмосферний тиск нормальний.

Відповідь: _____

7. Всередину скляного капіляру діаметром 2 мм вставлений симетрично скляний стержень діаметром 1,5 мм. Капіляр зі стержнем опущений у воду. На яку висоту піднімається вода в зазорі? Змочування повне.

Відповідь: _____

8. Трубка з внутрішнім діаметром 1 мм опущена у ртуть на глибину 5 мм. Знайти крайовий кут.

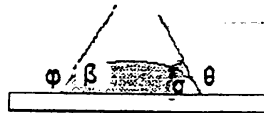


Відповідь: _____

3.3. Тестові завдання

Для кожного з наступних 10 тестових завдань знайдіть одну вірну відповідь і позначте її хрестиком в таблиці тестових відповідей (після тесту № 10).

1. Якщо в рідину додати поверхнево активну речовину, яка зменшує поверхневий натяг на 40%, і в два рази зменшити радіус капіляра, то висота підйому рідини в капілярі:
 - а) не зміниться;
 - б) збільшиться у 3,3 рази;
 - в) зменшиться у 3,3 рази;
 - г) зменшиться у 1,2 рази;
 - д) збільшиться у 1,2 рази.
2. Додатковий тиск, який створюється меніском рідини:
 - а) не залежить від густини рідини;
 - б) пропорційний густині рідини;
 - в) обернено пропорційний густині рідини;
 - г) пропорційний квадрату густини рідини;
 - д) обернено пропорційний квадрату густини рідини.
3. Поверхнево-активними називаються речовини, які...
 - а) збільшують в'язкість рідин;
 - б) збільшують поверхневий натяг рідин;
 - в) зменшують в'язкість рідин;
 - г) зменшують поверхневий натяг рідин;
 - д) збільшують вільну поверхню рідини.
4. Який кут на малюнку є крайовим?
 - а) φ ;
 - б) β ;
 - в) $\varphi + \beta$;
 - г) σ ;
 - д) θ .



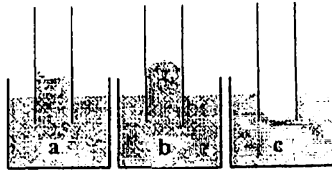
5. Який кут на малюнку є крайовим?

- а) φ ;
- б) θ ;
- в) $\varphi + \theta$;
- г) β ;
- д) $\pi - \beta$.



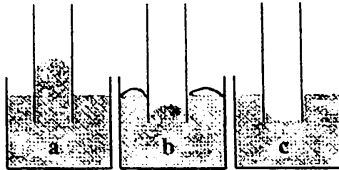
6. На якому малюнку приведений правильний меніск рідини?

- а) а, с;
- б) б, с;
- в) а;
- г) б;
- д) с.



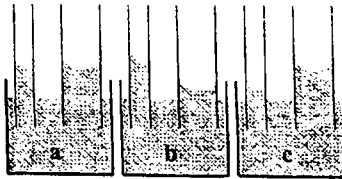
7. На якому малюнку приведений правильний меніск рідини?

- а) а, с;
- б) б, с;
- в) а;
- г) б;
- д) с.



8. На якому малюнку приведені вірні положення менісків рідин у двох скляних капілярах?

- а) немає вірної відповіді;
- б) а, с;
- в) а;
- г) б;
- д) с.



9. Знайдіть вірні відповіді:

Увага!

- 1) змочування
2) повне змочування
3) незмочування
4) повне незмочування

- а) 1-а, 2-б, 3-с, 4-д;
б) 1-д, 2-б, 3-с, 4-а;
в) 1-с, 2-б, 3-д, 4-а;
г) 1-б, 2-с, 3-а, 4-д;
д) 1-с, 2-а, 3-д, 4-б.

Крайовий кут

- а) 0°
б) 180°
в) від 0° до 90°
д) від 90° до 180°

10. У горизонтальному скляному капілярі зі змінним перерізом спочатку помістили крапельку води (рис.1), а потім крапельку ртуті (рис.2). Куди буде рухатись крапелька води та ртуті?

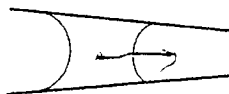


Рис.1



Рис.2

- а) вода - зліва направо, ртуть - зправа наліво;
б) вода - зправа наліво, ртуть - зліва направо;
в) вода - зліва направо, ртуть - зліва направо;
г) вода - зправа наліво, ртуть - зправа наліво;
д) вода - зправа наліво, ртуть - рухатись не буде.

Таблиця відповідей на тестові завдання

№ гесту	а	б	в	г	д
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

3.4. Установити відповідності і записати відповідні літери поруч

1. Висота підйому рідини в капілярі, що має в перерізі... дорівнює...

1) коло радіуса a	а) $h = \frac{4\sqrt{3}a}{\rho g a}$
2) рівнобічний трикутник стороною a	б) $h = \frac{3a}{\rho g a}$
	в) $h = \frac{2a}{\rho g a}$

1)	
2)	

2. Висота підйому рідини в капілярі, що має в перерізі... дорівнює...

1) прямокутник зі сторонами a та $2a$	а) $h = \frac{4a}{\sqrt{3}\rho g a}$
2) шестикутник зі стороною a	б) $h = \frac{3a}{\rho g a}$
	в) $h = \frac{4a}{\rho g a}$

1)	
2)	

3. Якщо радіус піпетки дорівнює 0,3 мм, то маса однієї краплі... приблизно дорівнює...

1) води	а) 10,9 мг
2) олії	б) 13,8 мг
3) спирту	в) 96 мг
4) крові	г) 6,9 мг
	д) 4,1 мг

1)	
2)	
3)	
4)	

4. При... косинус кривого кута...

1) змочуванні	а) дорівнює мінус одиниці
2) повному змочуванні	б) від'ємний
3) незмочуванні	в) дорівнює нулю
4) повному незмочуванні	г) додатний
	д) дорівнює одиниці

1)	<input type="checkbox"/>
2)	<input type="checkbox"/>
3)	<input type="checkbox"/>
4)	<input type="checkbox"/>

5.

1) якщо сили взаємодії між молекулами рідина більше ніж між молекулами рідина і твердого тіла	а) то рідина змочує поверхню твердого тіла
2) якщо сили взаємодії між молекулами рідина менше ніж між молекулами рідина і твердого тіла	б) то рідина розтікається по поверхні твердого тіла
	в) то рідина не змочує поверхню твердого тіла

1)	<input type="checkbox"/>
2)	<input type="checkbox"/>

6.

Явище	Пояснення
1) турбулентність плину рідини	а) вологість повітря
2) існування точки роси	б) механічні коливання, звук
3) реверсрація	в) поверхневий натяг
4) газова емболія	г) пружні властивості біологічних тканин
	д) в'язкість, внутрішнє тертя

1)	<input type="checkbox"/>
2)	<input type="checkbox"/>
3)	<input type="checkbox"/>
4)	<input type="checkbox"/>

7.

Причина	Наслідок
1) при зменшенні температури	а) додатковий тиск під сферичною поверхнею збільшується
2) при додаванні в рідину поверхнево-активних речовин	б) додатковий тиск під сферичною поверхнею не змінюється
3) при збільшенні радіуса капіляра	в) коефіцієнт поверхневого натягу зменшується
4) при зменшенні радіуса капіляра	г) коефіцієнт поверхневого натягу зростає
	д) коефіцієнт поверхневого натягу не змінюється

1)	<input type="checkbox"/>
2)	<input type="checkbox"/>
3)	<input type="checkbox"/>
4)	<input type="checkbox"/>

8. Для сферичної поверхні додатковий тиск Лапласа визначається

$$\Delta p = \frac{2\sigma \cos \theta}{r}, \text{ де...}$$

1) σ	а) радіус сферичної поверхні
2) θ	б) радіус капіляра
3) r	в) крайовий кут
	г) коефіцієнт поверхневого натягу

1)	<input type="checkbox"/>
2)	<input type="checkbox"/>
3)	<input type="checkbox"/>

9. Формула.... яка визначає...

1) ρgh	а) силу в'язкого тертя
2) $\frac{2\sigma}{R}$	б) виштовхувальну силу
3) σl	в) гідростатичний тиск
4) ρgV	г) тиск Лапласа
	д) силу поверхневого натягу

1)	<input type="checkbox"/>
2)	<input type="checkbox"/>
3)	<input type="checkbox"/>
4)	<input type="checkbox"/>

10.

Характеристика	Одиниці вимірювання в системі СІ
1) сила натягу	а) Н/м
2) крайовий кут	б) Н/м
3) коефіцієнт натягу	в) Н
4) тиск Лапласа	г) град
	д) рад

1)	
2)	
3)	
4)	