**Поверхневий натяг рідини. Змочування. Капілярні явища**

**Поверхневий шар рідини**

На кожну молекулу рідини діють сили притягання сусідніх молекул. Ці сили для молекули *М*1 що містяться всередині рідини, взаємно скомпенсовані, тобто середнє значення рівнодійної сил притягання близьке до нуля.

Рівнодійна сил притягання *F*, що діє на молекули, які містяться на поверхні рідини, відмінна від нуля, адже з рідини на неї діє набагато більше молекул, ніж із газу.

Це означає, що *молекули поверхневого шару рідини* (порівняно з молекулами всередині рідини) *мають надлишкову потенціальну енергію*.

**Поверхнева енергія** $W\_{пов}$ **– надлишкова енергія, що є складником внутрішньої енергії рідини.**

$$W\_{пов}=σS$$

*S* – площа поверхні рідини

σ (сигма) – коефіцієнт пропорційності (поверхневий натяг рідини)

**Поверхневий натяг рідини – фізична величина, яка характеризує дану рідину і дорівнює відношенню поверхневої енергії до площі поверхні рідини.**

$$σ=\frac{W\_{пов}}{S}$$

Одиниця поверхневого натягу в СІ – **ньютон на метр**:

$$\left[σ\right]=1\frac{Дж}{м^{2}}=1\frac{Н∙м}{м^{2}}=1\frac{Н}{м}$$

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Рідина** | $$t, ℃$$ | $$σ,\frac{Н}{м}$$ |
| Вода (чиста) | 20 | 0,0728 |
| Розчин мила | 20 | 0,040 |
| Спирт | 20 | 0,0228 |
| Ефір | 20 | 0,0169 |
| Ртуть | 20 | 0,4650 |
| Золото | 1130 | 1,102 |
| Водень | -253 | 0,0021 |
| Гелій | -269 | 0,00012 |

***Поверхневий натяг рідини залежить:***

1) *від природи рідини:* у летких рідин (ефір, спирт, бензин) поверхневий натяг менший, ніж у нелетких (ртуть, рідкі метали);

2) *від температури рідини:* чим вища температура рідини, тим меншим є поверхневий натяг рідини;

3) *від наявності в складі рідини поверхнево активних речовин*; їх наявність значно зменшує поверхневий натяг рідини;

4) *від властивостей газу, з яким рідина межує*. У таблицях зазвичай наводять значення поверхневого натягу на межі рідини і повітря за певної температури.

**Сила поверхневого натягу**

***Проведемо дослід***

Якщо дротяний каркас із прив’язаною до нього ниткою занурити в мильний розчин, каркас затягнеться мильною плівкою, а нитка набере довільної форми. Якщо ж обережно проткнути голкою мильну плівку з одного боку від нитки, сила поверхневого натягу мильного розчину, яка діє з іншого боку нитки, натягне нитку.

**Сила поверхневого натягу – це сила, яка діє вздовж поверхні рідини перпендикулярно до лінії, що обмежує цю поверхню, і прагне скоротити площу вільної поверхні до мінімуму.**

***Проведемо дослід***

Опустимо в мильний розчин дротяну рамку, одна зі сторін якої рухома. На рамці утвориться мильна плівка. Будемо розтягувати цю плівку.

На поперечину діють три сили: зовнішня сила $\vec{F}\_{зовн}$ і дві сили поверхневого натягу $\vec{F}\_{пов}$, що діють уздовж кожної з двох поверхонь плівки.

$$A=F\_{зовн}∆x=2F\_{пов}∆x$$

$$A=∆W\_{пов}=σ∆S=σ∙2l∆x$$

$$2F\_{пов}∆x=σ∙2l∆x => F\_{пов}=σl σ=\frac{F\_{пов}}{l}$$

***Проблемне питання***

• Де виявляється поверхневий натяг?

Завдяки йому на поверхні води утримуються легкі предмети і деякі комахи.

Коли ви купаєтесь і пірнаєте у воду з головою, ваше волосся розходиться в усі боки, але щойно виринете з води, як волосся злипається, бо в цьому випадку площа вільної поверхні води набагато менша, ніж у разі окремого розташування кожного пасма. З цієї ж причини можна побудувати різні фігури з вологого піску: вода, обволікаючи піщинки, притискає їх одну до одної.

В умовах невагомості вода набуває форми кулі, – за даного об’єму кулястій формі відповідає найменша площа поверхні. Форми кулі набувають і тонкі мильні плівки (мильні бульбашки).

Поверхневим натягом пояснюється утворення піни.

Завдяки поверхневому натягу рідина не виливається з маленького отвору тонесеньким струменем, а капає, дощ не проливається через тканину парасолі або намету тощо.

**Змочування. Незмочування**

***Проблемне питання***

• Прокоментуйте прислів’я «як з гусака вода», «вийти сухим з води». Чи можна де зробити реально – вийти з води сухим? Що для цього потрібно?

*Якщо сили взаємодії між молекулами рідини менші від сил взаємодії між молекулами рідини і твердого тіла, рідина* ***змочує*** *поверхню твердого тіла* $\left(0\leq θ<90°\right).$Якщо крапельку ртуті помістити на цинкову пластинку, то крапелька прагнутиме розтектися по поверхні пластинки; так само поводиться й крапелька води на склі.

*Якщо сили взаємодії між молекулами рідини більші, ніж сили взаємодії між молекулами рідини та твердого тіла, рідина* ***не змочує*** *поверхню твердого тіла* $\left(90°<θ\leq 180°\right).$ Наприклад, ртуть не змочує скло, а вода не змочує вкриту сажею поверхню.

**Капілярні явища**

***Проблемне питання***

• Чому рідина піднімається в капілярах?

**Капіляри – це вузькі трубки, діаметр яких набагато менший за їх довжину.**

У циліндричних капілярах скривлена поверхня рідини являє собою частину сфери, яку називають *меніском*. У змочувальній рідині утворюється ввігнутий меніск (а), а в незмочувальній – опуклий (б).

Поверхня рідини прагне до мінімуму потенціальної енергії, а викривлена поверхня має більшу площу порівняно з площею перерізу капіляра, тому поверхня рідини прагне вирівнятись і під нею виникає надлишковий (від’ємний або додатний) тиск – тиск Лапласа $p\_{надл}=\pm \frac{2σ}{R}$, *R* – радіус кривизни меніска.

Під увігнутою поверхнею (рідина змочує капіляр) загальний тиск менший від тиску на поверхню рідини й рідина втягується в капіляр, піднімаючись на досить велику висоту. Під опуклою поверхнею (рідина не змочує капіляр) тиск більший за зовнішній тиск і рідина в капілярі опускається.



***Проблемне питання***

• На яку висоту піднімається рідина в капілярі?

$$mg=F\_{пов}$$

$$m=ρV V=πr^{2}h => m=ρ∙πr^{2}h$$

$$F\_{пов}=σl l=2πr => F\_{пов}=σ∙2πr$$

$$ρπr^{2}hg=2σπr => h=\frac{2σ}{ρgr}$$

***Проблемне питання***

• Де капілярні явища зустрічаються в природі та техніці?

Капілярні явища надзвичайно поширені в природі, техніці та побуті:

• проникнення поживних речовин із ґрунту в рослини;

• підйом вологи з глибших шарів ґрунту;

• будівельна практика;

• застосування рушників, серветок, марлі і т. п.

Живлення рослин зумовлене всмоктуванням з ґрунту вологи й поживних речовин, яке можливе, завдяки наявності капілярів у кореневій системі й стеблі рослини.

Облік капілярності необхідний під час обробки ґрунту. Так, для того, щоб відбувалося більш інтенсивне випаровування вологи з ґрунту, необхідно її утрамбовувати. У цьому випадку в ґрунті утворюються капіляри, якими волога піднімається вгору, а потім випаровується. Щоб зменшити випаровування, ґрунт розпушують, руйнуючи при цьому капіляри, і волога довше залишається в ґрунті.

Тіла, які мають велику кількість капілярів, добре вбирають вологу. Саме тому під час витирання рук рушник убирає в себе воду, гас або розплавлений стеарин підіймаються по гніту лампи або свічки.

**ЗАКРІПЛЕННЯ**

1. Чому розплавлений жир плаває на поверхні води у вигляді сплюснутих кульок? (Під дією сили поверхневого натягу жир збирається у кульки, а сила тяжіння сплющує їх у диски.)

2. Перш ніж розпочати паяння, поверхню деталі або предмета ретельно знежирюють. Для чого де роблять? (Для якісного паяння необхідно забезпечити якомога повніше змочування, для цього жир з поверхні ретельно стирають.)

3. Чому чорнилами не можна писати на замащеному папері? (Чорнила не змочують такий папір.)

4. Визначте поверхневий натяг рідини, якщо в капілярі радіусом 3 мм на неї діє сила в 10–3 Н.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$r=3 мм=3∙10^{-3}м$$$$F\_{пов}=10^{-3} Н$$ | ***Розв’язання***$$F\_{пов}=σl=σ∙2πr => σ=\frac{F\_{пов}}{2πr}$$$$\left[σ\right]=\frac{Н}{м} σ=\frac{10^{-3}}{2∙3,14∙3∙10^{-3}}≈0,053 \left(\frac{Н}{м}\right)$$***Відповідь:*** $σ≈53 \frac{мН}{м}.$ |
| $$σ - ?$$ |

5. За допомогою капілярної трубки, діаметр каналу якої 0,15 мм, вимірюють поверхневий натяг спирту. У ході експерименту спирт піднявся на 7,6 см. Який поверхневий натяг спирту було отримано за результатами експерименту? Густина спирту 800 кг/м3.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$d=0,15 мм$$$$=0,15∙10^{-3} м$$$$h=7,6 см$$$$=7,6∙10^{-2} м$$$$ρ=800 \frac{кг}{м^{3}}$$$$g=10\frac{м}{с^{2}}$$ | ***Розв’язання***$$h=\frac{2σ}{ρgr} r=\frac{d}{2} => σ=\frac{1}{4}ρghd$$$$\left[σ\right]=\frac{кг}{м^{3}}∙\frac{м}{с^{2}}∙м∙м=\frac{Н}{м}$$$$σ=\frac{1}{4}∙800∙10∙7,6∙10^{-2}∙0,15∙10^{-3}=22,8∙10^{-3}\left(\frac{Н}{м}\right)$$***Відповідь:***$ σ=22,8 \frac{мН}{м}.$ |
| $$σ - ?$$ |

6. Тонке алюмінієве кільце радіусом 7,8 см лежить на поверхні мильного розчину. З яким зусиллям можна відірвати кільце від розчину? Температуру розчину вважати кімнатною. Маса кільця 7 г.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$r=7,8 см$$$$=7,8∙10^{-2}м$$$$m=7 г=7∙10^{-3}кг$$$$σ=4∙10^{-2}\frac{Н}{м}$$$$g=10\frac{м}{с^{2}}$$ | ***Розв’язання***Оскільки кільце дотикається до мильного розчину і зовнішньою і внутрішньою поверхнями, то сила поверхневого натягу відповідно:$$F\_{пов}=2σl=4σπr$$$$ F\_{тяж}=mg$$$$F=F\_{тяж}+F\_{пов}$$$$F=mg+4σπr$$$$F=кг∙\frac{м}{с^{2}}+\frac{Н}{м}∙м=Н+Н=Н$$$$F=7∙10^{-3}∙10+4∙4∙10^{-2}∙3,14∙7,8∙10^{-2}=$$$$=7∙10^{-2}+3,92∙10^{-2}≈0,11 \left(Н\right)$$***Відповідь:*** $F≈0,11 Н.$ |
| $$F - ?$$ |

7. Дротяна рамка затягнута мильною плівкою. Яку роботу необхідно виконати, щоб розтягти цю плівку так, щоб площа її поверхні збільшилася на 6 см2 з кожного боку?

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$∆S=6 см^{2}$$$$=6∙10^{-4} м^{2}$$$$σ=4∙10^{-2}\frac{Н}{м}$$ | ***Розв’язання***$$A=∆W\_{пов}=σ∙2∆S$$$$\left[A\right]=\frac{Н}{м}∙м^{2}=Н∙м=Дж$$$$A=4∙10^{-2}∙2∙6∙10^{-4}=48∙10^{-6} \left(Дж\right)$$***Відповідь:***$ A=48 мкДж.$ |
| $$A - ?$$ |

8. Знайдіть масу води, яка піднялась по капілярній трубці діаметром 0,5 мм. Змочування повне.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$d=0,5 мм$$$$=5∙10^{-4}м$$$$σ=7,28∙10^{-2}\frac{Н}{м}$$$$g=10\frac{м}{с^{2}}$$ | ***Розв’язання***Вода припиняє підійматися по капіляру, коли рівнодійна сил поверхневого натягу зрівноважується з силою тяжіння, що діє на стовп води.$$F\_{пов}=F\_{тяж}$$$$F\_{пов}=σl=σ∙2πr=σπd F\_{тяж}=mg$$$$σπd=mg => m=\frac{σπd}{g}$$$$\left[m\right]=\frac{\frac{Н}{м}∙м}{\frac{м}{с^{2}}}=\frac{кг∙\frac{м}{с^{2}}}{\frac{м}{с^{2}}}=кг$$$$m=\frac{7,28∙10^{-2}∙3,14∙5∙10^{-4}}{10}≈11,4∙10^{-6} \left(кг\right)$$***Відповідь:*** $m≈11,4 мг.$ |
| $$m - ?$$ |
| Опрацювати § 33, Вправа № 33 (1, 2) |