**Вологість повітря. Точка роси**

Можливо, ви чули фрази «вологе повітря», «сухе повітря».

Як оцінити ступінь вологості повітря?

Від яких чинників залежить вологість повітря і як її можна змінити?

**ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ**

**1. Вологість повітря**

**Абсолютна вологість** $ρ\_{а}$ **– фізична величина, яка характеризує вміст водяної пари в повітрі та чисельно дорівнює масі водяної пари, що міститься в 1 м3 повітря.**

$$ρ\_{а}=\frac{m\_{H\_{2}O}}{V}$$

Одиниця абсолютної вологості в СІ – **кілограм на метр кубічний:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| $$t, ℃$$ | $$p\_{н}, кПа$$ | $$ρ\_{н},\frac{г}{м^{3}}$$ |
| 0 | 0,61 | 4,8 |
| 2 | 0,71 | 5,6 |
| 4 | 0,81 | 6,4 |
| 6 | 0,93 | 7,3 |
| 8 | 1,07 | 8,3 |
| 10 | 1,23 | 9,4 |
| 12 | 1,40 | 10,7 |
| 14 | 1,60 | 12,1 |
| 16 | 1,81 | 13,6 |
| 18 | 2,07 | 15,4 |
| 20 | 2,33 | 17,3 |
| 22 | 2,64 | 19,4 |
| 24 | 2,99 | 21,8 |
| 26 | 3,36 | 24,4 |
| 28 | 3,39 | 27,2 |
| 30 | 4,24 | 30,3 |

$$\left[ρ\_{а}\right]=1\frac{кг}{м^{3}}$$

В екваторіальних широтах вона може сягати 30 г/м3, до полюсів Землі знижується до 0,1 г/м3.

***Проблемне питання***

• Чи можна скласти об'єктивну картину про ступінь вологості повітря знаючи тільки абсолютну вологість повітря?

Щоб визначити ступінь вологості повітря, необхідно розуміти, наскільки водяна пара близька до насичення. Для цього вводять поняття відносної вологості.

**Відносна вологість** $φ$ **– фізична величина, яка показує, наскільки водяна пара близька до насичення, і дорівнює поданому у відсотках відношенню абсолютної вологості до густини насиченої водяної пари за даної температури.**

$$φ=\frac{ρ\_{а}}{ρ\_{н}}∙100\% φ=\frac{p\_{а}}{p\_{н}}∙100\%$$

**Точка роси** $t\_{р}$ **– температура, за якої водяна пара, що міститься в повітрі, стає насиченою.**

***Проблемне питання***

• Як виміряти вологість повітря?

**Гігрометри – прилади для прямого вимірювання вологості повітря.**

Принцип дії ***волосяного гігрометра*** базується на властивості знежиреної волосини збільшувати свою довжину зі збільшенням вологості повітря.

Будова волосяного гігрометра: волосину натягують на металеву рамку; зміна довжини волосини передається стрілці, яка переміщується вздовж шкали.

***Психрометр*** складається з двох термометрів – *сухого*, який вимірює температуру довкілля, і *вологого* – його колба обгорнута тканиною, кінчик якої опущений у посудину з водою. Вода з тканини випаровується, і вологий термометр показує нижчу температуру, ніж сухий. Чим нижча відносна вологість повітря, тим швидше випаровується рідина і тим більша різниця показів сухого та вологого термометрів.

Відносну вологість визначають за допомогою психрометричної таблиці.

Наприклад, сухий термометр показує 22 °С, а вологий 14 °С; різниця температур $∆t=22℃-14℃=8℃$ . Із таблиці бачимо, що $φ=40 \%.$

*Психрометрична таблиця*

|  |  |
| --- | --- |
| **Показ сухого термометра** $$t, ℃$$ | **Різниця показів сухого і вологого термометрів** $∆t, ℃$ |
| **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **Відносна вологість** $φ$**, %** |
| 13 | 100 | 89 | 79 | 69 | 59 | 49 | 40 | 31 | 23 | 14 | 6 |
| 14 | 100 | 89 | 79 | 70 | 60 | 51 | 42 | 34 | 25 | 17 | 9 |
| 15 | 100 | 90 | 80 | 71 | 61 | 52 | 44 | 36 | 27 | 20 | 12 |
| 16 | 100 | 90 | 81 | 71 | 62 | 54 | 46 | 37 | 30 | 22 | 15 |
| 17 | 100 | 90 | 81 | 72 | 64 | 55 | 47 | 39 | 32 | 24 | 17 |
| 18 | 100 | 91 | 82 | 73 | 65 | 56 | 49 | 41 | 34 | 27 | 20 |
| 19 | 100 | 91 | 82 | 74 | 65 | 58 | 50 | 43 | 35 | 29 | 22 |
| 20 | 100 | 91 | 83 | 74 | 66 | 59 | 51 | 44 | 37 | 30 | 24 |
| 21 | 100 | 91 | 83 | 75 | 67 | 60 | 52 | 46 | 39 | 32 | 26 |
| 22 | 100 | 92 | 83 | 76 | 68 | 61 | 54 | 47 | 40 | 34 | 28 |
| 23 | 100 | 92 | 84 | 76 | 69 | 61 | 55 | 48 | 42 | 36 | 30 |
| 24 | 100 | 92 | 84 | 77 | 69 | 62 | 56 | 49 | 43 | 37 | 31 |
| 25 | 100 | 92 | 84 | 77 | 70 | 63 | 57 | 50 | 44 | 38 | 33 |

***Проблемне питання***

• Чому потрібно стежити за вологістю повітря?

Людина почувається добре за відносної вологості 50-65 %. Для її здоров’я шкідливе як надмірно сухе, так і дуже вологе повітря. Надлишкова вологість сприяє розмноженню різних хвороботворних грибків; у сухому повітрі людина швидко стомлюється, у неї дере в горлі, пересихають губи, стає сухою шкіра тощо. Якщо повітря занадто сухе, то пил, не зв’язаний вологою, літає по всьому приміщенню, і це особливо небезпечно для людей, які потерпають від алергії. Недостатня вологість призводить до загибелі чутливих до рівня вологості домашніх рослин; тріщини на предметах із дерева, розладнані музичні інструменти – теж результат недостатньої вологості повітря. Вологість повітря важливо враховувати у ткацькому, кондитерському та інших виробництвах; під час зберігання книжок і картин; у лікуванні багатьох хвороб тощо.

**ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ**

1. Визначте відносну вологість повітря за температури 18 °С, якщо парціальний тиск водяної пари становить 1,24 кПа.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$t=18 ℃$$$$p\_{а}=1,24 кПа$$$$=1,24∙10^{3}Па$$$$p\_{н}\left(18 ℃\right)=2,07 кПа$$$$=2,07∙10^{3}Па$$ | ***Розв’язання***$$φ=\frac{p\_{а}}{p\_{н}\left(18 ℃\right)}∙100\%$$$$φ=\frac{1,24∙10^{3}Па}{2,07∙10^{3}Па}∙100\%≈60\%$$***Відповідь:*** $φ≈60 \%$. |
| $$φ - ?$$ |

2. Визначте абсолютну вологість повітря за температури 26 °С, якщо відносна вологість дорівнює 54 %.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$t=26 ℃$$$$φ=54 \%$$$$ρ\_{н}\left(26 ℃\right)=24,4 \frac{г}{м^{3}}$$$$=24,4∙10^{-3}\frac{кг}{м^{3}}$$ | ***Розв’язання***$$φ=\frac{ρ\_{а}}{ρ\_{н}\left(26 ℃\right)}∙100\% => ρ\_{а}=\frac{φ∙ρ\_{н}\left(26 ℃\right)}{100\%}$$$$\left[ρ\_{а}\right]=\frac{\%∙\frac{кг}{м^{3}}}{\%}=\frac{кг}{м^{3}}$$$$ρ\_{а}=\frac{54∙24,4∙10^{-3}}{100}≈13,2∙10^{-3}\left(\frac{кг}{м^{3}}\right)$$***Відповідь:*** $ρ\_{а}≈13,2 \frac{г}{м^{3}}$. |
| $$ρ\_{а} - ?$$ |

3. Визначте відносну вологість повітря за температури $t=20 ℃$, якщо точка роси $t\_{р}=14 ℃$.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$t=20 ℃$$$$t\_{р}=14℃$$$$p\_{н}\left(20 ℃\right)=2,33 кПа$$$$=2,33∙10^{3}Па$$ | ***Розв’язання***$$φ=\frac{p\_{а}}{p\_{н}\left(20 ℃\right)}∙100\%$$Якщо вважати, що під час охолодження до точки роси атмосферний тиск не змінюється, то не змінюється й парціальний тиск водяної пари. Отже, цей тиск $p\_{а}$ дорівнює тиску насиченої пари за температури $t\_{р}$, тобто$$p\_{а}=p\_{н}\left(14 ℃\right)=1,6∙10^{3}Па$$$$φ=\frac{p\_{н}\left(14 ℃\right)}{p\_{н}\left(20 ℃\right)}∙100\%$$$$φ=\frac{1,6∙10^{3}Па}{2,33∙10^{3}Па}∙100\%≈69\%$$***Відповідь:*** $φ≈69 \%$. |
| $$φ - ?$$ |

4. Визначте відносну вологість та точку роси, якщо термометри психрометра показують 20 °С і 11 °С.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$t\_{1}=20 ℃$$$$t\_{2}=11℃$$$$p\_{н}\left(20 ℃\right)=2,33 кПа$$$$=2,33∙10^{3}Па$$ | ***Розв’язання***Показ сухого термометра дорівнює 20 °С, а різниця показань термометрів $∆t=t\_{1}-t\_{2}.$$$∆t=20℃-11℃=9℃$$За табл. 2 § 32 знаходимо відносну вологість повітря: $$φ=30\%$$$$φ=\frac{p\_{а}}{p\_{н}\left(20 ℃\right)}∙100\% => p\_{а}=\frac{φ∙p\_{н}\left(20 ℃\right)}{100\%}$$$$\left[p\_{а}\right]=\frac{\%∙Па}{\%}=Па$$$$p\_{а}=\frac{30∙2,33∙10^{3}}{100}≈0,7∙10^{3}\left(Па\right)$$За табл. 1 § 32 знаходимо відповідну температуру, яка дорівнює точці роси $t\_{р}≈2℃.$***Відповідь:*** $φ=30\%; t\_{р}≈2℃$. |
| $$φ - ?$$$$t\_{р} - ?$$ |

5. У кімнаті при 0 °С відносна вологість повітря становить 80 %. Якою буде відносна вологість за температури 20 °С?

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$t\_{1}=0 ℃$$$$φ\_{1}=80 \%$$$$t\_{2}=20℃$$$$ρ\_{н}\left(0℃\right)=4,8\frac{г}{м^{3}}$$$$=4,8∙10^{-3}\frac{кг}{м^{3}}$$$$ρ\_{н}\left(20℃\right)=17,3\frac{г}{м^{3}}$$$$=17,3∙10^{-3}\frac{кг}{м^{3}}$$ | ***Розв’язання***$$φ\_{1}=\frac{ρ\_{а}}{ρ\_{н}\left(0 ℃\right)}∙100\% => ρ\_{а}=\frac{φ\_{1}∙ρ\_{н}\left(0 ℃\right)}{100\%}$$$$φ\_{2}=\frac{ρ\_{а}}{ρ\_{н}\left(20 ℃\right)}∙100\%=\frac{\frac{φ\_{1}∙ρ\_{н}\left(0 ℃\right)}{100\%}}{ρ\_{н}\left(20 ℃\right)}∙100\%=\frac{ρ\_{н}\left(0 ℃\right)}{ρ\_{н}\left(20 ℃\right)}∙φ\_{1}$$$$φ\_{2}=\frac{\frac{кг}{м^{3}}}{\frac{кг}{м^{3}}}∙\%=\%$$$$φ\_{2}=\frac{4,8∙10^{-3}}{17,3∙10^{-3}}∙80≈22 \left(\%\right)$$***Відповідь:*** $φ\_{2}≈22 \%$. |
| $$φ\_{2} - ?$$ |

6. У кімнаті за температури 20 °С відносна вологість повітря 20 %. Скільки води треба додатково випаровувати для збільшення вологості до 50 %, якщо об’єм кімнати – 40 м3?

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$t=20 ℃$$$$φ\_{1}=20 \%$$$$φ\_{2}=50 \%$$$$V=40 м^{3}$$$$ρ\_{н}\left(20℃\right)=17,3\frac{г}{м^{3}}=17,3∙10^{-3}\frac{кг}{м^{3}}$$ | ***Розв’язання***$$φ\_{1}=\frac{ρ\_{а1}}{ρ\_{н}}∙100\% => ρ\_{а1}=\frac{φ\_{1}ρ\_{н}}{100 \%}$$$$φ\_{2}=\frac{ρ\_{а2}}{ρ\_{н}}∙100\% => ρ\_{а2}=\frac{φ\_{2}ρ\_{н}}{100 \%}$$$$m\_{1}=ρ\_{а1}V=\frac{φ\_{1}ρ\_{н}V}{100 \%} m\_{2}=ρ\_{а2}V=\frac{φ\_{2}ρ\_{н}V}{100 \%}$$$$∆m=m\_{2}-m\_{1}=\frac{ρ\_{н}V}{100 \%}\left(φ\_{2}-φ\_{1}\right)$$$$\left[∆m\right]=\frac{\frac{кг}{м^{3}}∙м^{3}}{\%}\left(\%-\%\right)=кг$$$$∆m=\frac{17,3∙10^{-3}∙40}{100}∙\left(50-20\right)≈0,208 \left(кг\right)$$***Відповідь:***$∆m≈0,208 кг$. |
| $$∆m - ?$$ |

7. У повітрі об’ємом 6 м3 міститься 51,3 г водяної пари за температури 22 °С. Визначте абсолютну й відносну вологість повітря.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$V=6 м^{3}$$$$m=51,3 г$$$$=51,3∙10^{-3}кг$$$$t=22 ℃$$$$ρ\_{н}\left(22 ℃\right)=19,4 \frac{г}{м^{3}}$$$$=19,4∙10^{-3}\frac{кг}{м^{3}}$$ | ***Розв’язання***$$ρ\_{а}=\frac{m}{V} ρ\_{а}=\frac{51,3∙10^{-3}кг}{6 м^{3}}=8,55∙10^{-3} \frac{кг}{ м^{3}}$$$$φ=\frac{ρ\_{а}}{ρ\_{н}\left(22 ℃\right)}∙100\%$$$$φ=\frac{8,55∙10^{-3} \frac{кг}{ м^{3}}}{19,4∙10^{-3}\frac{кг}{м^{3}}}∙100\%≈44\%$$***Відповідь:*** $ρ\_{а}=8,55 \frac{г}{м^{3}}; φ≈44\%$. |
| $$ρ\_{а} - ?$$$$φ - ?$$ |

**Дати відповіді на питання:**

*1. Наведіть характеристики абсолютної та відносної вологостей повітря як фізичних величин.*

*2. Як можна збільшити відносну вологість?*

*3. Які прилади для визначення вологості повітря ви знаєте? Опишіть будову і принцип дії кожного з них.*

*4. Що називають точкою роси? Як, знаючи точку роси, визначити абсолютну вологість? відносну вологість?*

**Домашнє завдання**

Опрацювати § 32, Вправа № 32 (1 – 4)