



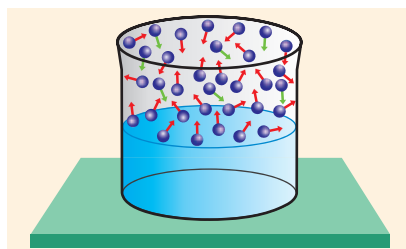
## § 10.

### Выпарэнне. Фактары, якія ўплываюць на скорасць выпарэння

Ці задумваліся вы над пытаннем: чаму сохне мокрае адзенне? Чаму ў ветранае надвор'е яно высыхае значна хутчэй, чым у зацішнае? Паспрабуем адказаць на гэтыя і некаторыя іншыя пытанні.

Успомнім, што часціцы рэчыва ў любым яго стане знаходзяцца ў бесперапынным руху. Значэнні і напрамкі скорасці змяняюцца самым выпадковым чынам. Малекула вадкасці можа атрымаць вялікую скорасць, а значыць, вялікую кінетычную энергію. Такая малекула можа пераадолець сілы прыцяжэння да іншых малекул і пакінуць вадкасць (мал. 59).

Паколькі малекулы з вялікай энергіяй у вадкасці ёсць заўсёды, то з часам яе колькасць будзе памяншацца, а над вадкасцю будзе ўтварацца пара (газ).



Мал. 59

Працэс пераходу рэчыва з вадкага стану ў газападобны называецца **параўтварэннем**. Адрозніваюць два віды параўтварэння: *выпарэнне* і *кіпенне*.

**Выпарэнне** — гэта параўтварэнне, якое адбываецца са свабоднай паверхні вадкасці.

Пад свабоднай паверхняй разумеюць паверхню вадкасці, якая мяжуе з газам ці парай.

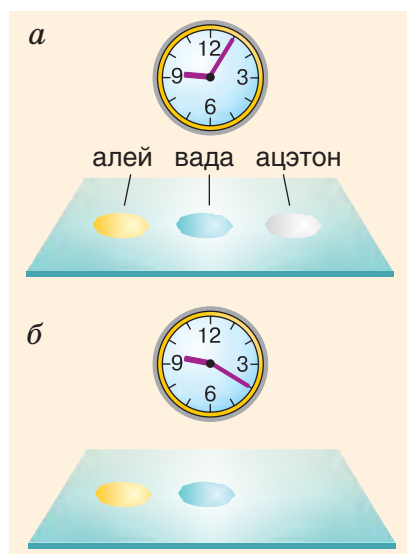
Пры выпарэнні вадкасць пакідаюць малекулы з большай энергіяй. Энергія вадкасці памяншаецца. Значыць, і яе тэмпература памяншаецца. Правярце гэта на доследзе. Капніце на далонь кроплю вады. Вы адчуеце холад. Гэта адбываецца таму, што пры выпарэнні вада забірае ў далоні цеплавую энергію. Далонь ахаладжаецца.

Ад чаго залежыць скорасць выпарэння?

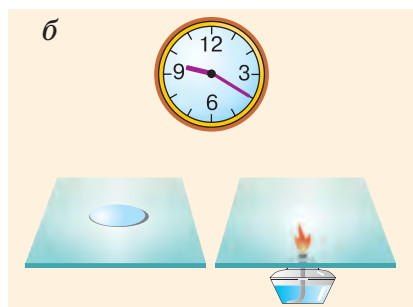
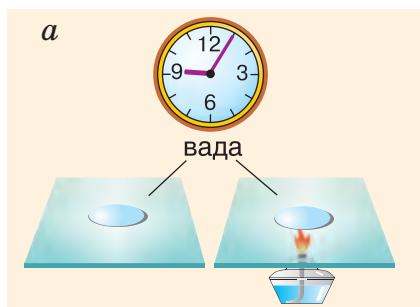
Правядзем дослед. На шкло нанясём кроплі аднолькавых памераў у наступнай паслядоўнасці: алей, вада, ацэтон (мал. 60, а).

Першай знікне пляма ацэтону (мал. 60, б), потым вады. Пляма алею захоўваецца доўга. Адсюль вынікае, што *скорасць выпарэння ў розных вадкасцей неаднолькавая*. Гэта і зразумела: у розных вадкасцях сілы ўзаемадзеяння малекул неаднолькавыя.

Працягнем дослед. Адну шкляную пласцінку возьмем халодную, а другую нагрэем. Нанясём



Мал. 60

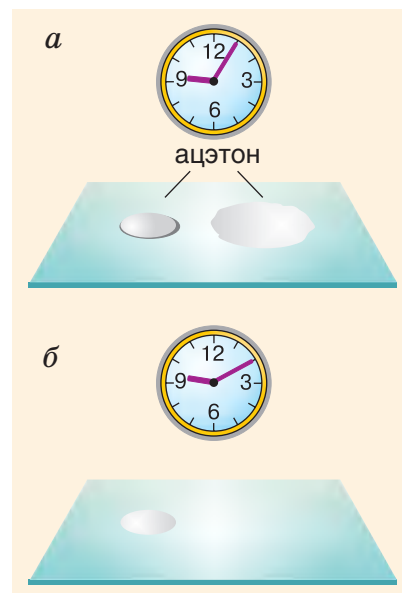


Мал. 61

на іх дзве аднолькавыя кроплі ацэтану або вады (мал. 61, а). З нагрэтага шкла кропля знікне хутчэй, чым з халоднага (мал. 61, б). Чым вышэйшая тэмпература вадкасці, тым большая скорасць выпарэння.

А цяпер нанясём на шкло дзве кроплі ацэтану. Размажам адну кроплю так, каб утварылася пляма (мал. 62, а). Пляма ацэтану выпарыцца хутчэй (мал. 62, б). Значыць, чым большая плошча свабоднай паверхні вадкасці, тым большая скорасць выпарэння.

Нарэшце, на дзве шкляныя пласцінкі нанясём па кроплі ацэтану, але адно шкло будзем абмахваць кардонным веерам. Кропля з гэтага шкла выпарыцца хутчэй. Чаму? Пры выпарэнні малекулы не толькі пакідаюць паверхню вадкасці, але і вяртаюцца назад. Веер жа адносіць малекулы, якія вылецелі. На гэтым заснавана, напрыклад, сушка валасоў феном (мал. 63).



Мал. 62

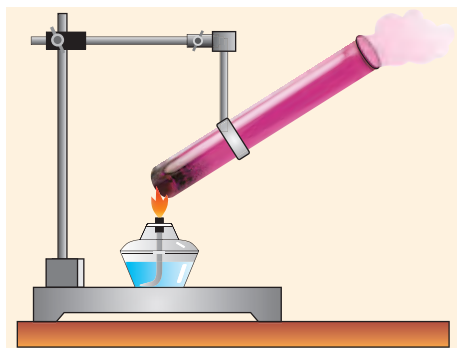
### ▼ Для дапытлівых

Працэс выпарэння знаходзіць практычнае прымяненне ў тэхніцы. Менавіта выпарэнне ляжыць у аснове працы нашых хатніх халадзільнікаў, халадзільнікаў у крамах і вагонах-рэфрыжэратах. Аб механізме ахаладжэння вы даведаецеся ў 10-м класе.

У касманаўтыцы выпарэнне рэчыва, якім пакрываюць спускаемы апарат, ахаладжвае яго. Гэта абараняе апарат ад перагрэву пры пападанні ў шчыльныя слаі атмасферы.



Мал. 63



Мал. 64

А ці выпараюцца цвёрдыя рэчывы? Правядзём наступны дослед. У прабёрку, замацаваную на штатыве, змесцім крышталікі ёду і будзем награвальваць яе ў полымі спіртоўкі (мал. 64).

Праз некаторы час крышталікі ёду выпарацца. Значыць, цвёрдыя целы таксама выпараюцца. Знікае іней на дрэвах (мал. 65). Памытая бялізна высыхае нават пры моцным морозе.



Мал. 65

### ■ Галоўныя вывады

1. Выпарэнне выклікае ахаладжэнне вадкасцей.
2. Выпарэнне вадкасцей адбываецца пры любой тэмпературы.
3. Скорасць выпарэння залежыць ад роду вадкасці, яе тэмпературы, плошчы свабоднай паверхні і ад прытоку паветра (ветру).

### ? Кантрольныя пытанні

1. Які працэс называюць выпарэннем?
2. Чаму пры выпарэнні вадкасць ахаладжваецца?
3. Якое складаемае ўнутранай энергіі вадкасці (кінетычная або патэнцыяльная) змяняецца пры выпарэнні вадкасці без падачы цеплаты звонку? Чаму?
4. Чаму скорасць выпарэння розных вадкасцей неаднолькавая?
5. Памяшканне, у якім разлілі ртуть, небяспечнае для пражывання. Чаму? Скарыстайцеся Інтэрнэтам і азнаёмцеся з рэкамендацыямі Міністэрства па надзвычайных сітуацыях, што трэба рабіць, калі разбіўся ртутны тэрмометр.

## Практыкаванне 8

1. У якім флаконе — з вузкім або шырокім рыльцам (мал. 66) — духі захаваюцца даўжэй? Чаму?

2. Чаму пры адной і той жа тэмпературы ў зацішнае надвор’е бялізна сохне павольней, чым пры моцным ветры?

3. Каб у спякотнае надвор’е захаваць ваду халоднай, пасудзіну з вадой абгортваюць мокрай тканінай. Чаму?

4. Ці будзе вада выпарацца з адкрытай пасудзіны, калі яе перанесці з цёплага пакоя ( $t_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) на вуліцу ( $t_2 = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ )? Абгрунтуйце адказ.

5. На вагах ураўнаважаны адкрытыя бутэлькі з ацэтонам і вадой (мал. 67). Ці парушыцца раўнавага вагаў праз некаторы час? Чаму?

6. Чаму, выйшаўшы з вады, купальшчык адчувае холад?

7. Чаму спацэламу чалавеку шкодна выходзіць на халоднае паветра?

8. Якое значэнне для жыццядзейнасці чалавека мае потааддзяленне?

9. Калі чалавек у акулярах заходзіць з холаду ў цёплае памяшканне, акуляры маментальна запцяваюць. Ці запцяюць акуляры, калі чалавек выйдзе з цёлага памяшкання на холад? Чаму?

10. Чаму ў гарачае надвор’е або пасля хуткага бегу сабака часта дыхае, высунуўшы язык?

11. Растлумачце прыцып дзеяння «паветранага ручніка» (струменя цёлага паветра), які выкарыстоўваецца для сушкі мокрых рук (мал. 68).

 12. Калі ў пасудзіну наліць крыху вады, а зверху — эфіру, а затым адпампаваць з яе пару эфіру, то вада ў пасудзіне замерзне. Растлумачце гэту з’яву.



Мал. 66



Мал. 67

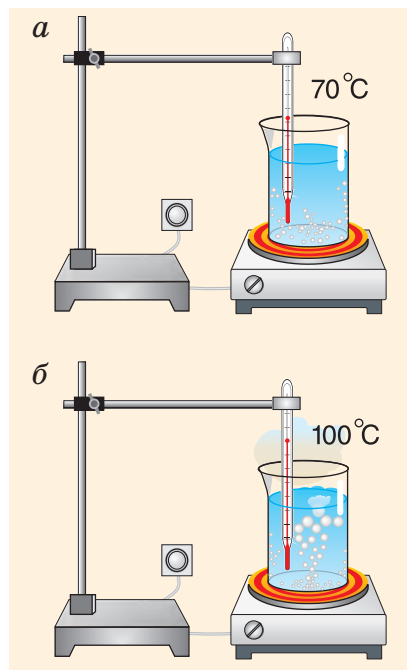


Мал. 68



## § 11.

### Кіпенне вадкасцей. Удзельная цеплата параўтварэння



Мал. 69



Мал. 70



Мал. 71

Вы ўжо ведаеце, што выпарэнне вадкасці без прытоку цеплавой энергіі пры любой тэмпературы прыводзіць да яе ахаладжэння. А як будзе ісці выпарэнне, калі вадкасці бесперапынна перадаваць цеплату?

Правядзём дослед. Паставім на электраплітку шклянку з вадой (мал. 69, а). Па тэрмометры будзем сачыць за змяненнем тэмпературы вады ў шклянцы. Тэмпература вады спачатку расце. На дне шклянкі з'яўляецца мноства маленькіх бурбалак. Іх памеры паступова павялічваюцца, паколькі вада выпараецца ўнутр бурбалак і ціск пары ў бурбалках пры награванні павышаецца. Бурбалкі адрываюцца ад дна і сценак і рухаюцца ўверх. А што далей? Калі ціск пары ўнутры бурбалкі большы, чым над вадкасцю, то каля паверхні яна разрываецца, і пара выходзіць вонкі. Пры гэтым тэмпература вады блізкая да  $100^{\circ}\text{C}$  і практычна не мяняецца. А ўсё большая колькасць бурбалак падымаецца і лопаецца каля паверхні, выкідваючы пару ў атмасферу. Вада кіпіць (мал. 69, б).

**Кіпенне — гэта працэс параўтварэння, які ідзе пры пастаяннай тэмпературы па ўсім аб'ёме вадкасці.** Сапраўды, любую бурбалку можна разглядаць як пасудзіну з парай унутры вадкасці (мал. 70). З паверхні яе сценак ідзе выпарэнне і адваротны працэс — вяртанне малекул у вадкасць, г. зн. *кандэнсцыя*.

Пры кіпенні тэмпература вадкасці не змяняецца. Але ж цеплата (ад нагрэтай пліткі) вадкасцю паглынаецца. На што ж яна ідзе? Цеплата, атрыманая вадкасцю, ідзе на ператварэнне яе ў пару (газ), г. зн. на работу па пераадоленні сіл прыцяжэння паміж малекуламі вадкасці.

Пры адваротным працэсе — **пераходзе пары ў вадкасць** (мал. 71), або *кандэнсцыі*, гэтая ж колькасць цеплаты вылучаецца.



**Тэмпература, пры якой адбываецца кіпенне вадкасці, называецца тэмпературай кіпення.**

Тэмпература кіпення ў розных вадкасцей неаднолькавая. Гэта і зразумела, бо энергія ўзаемадзеяння іх малекул таксама розная.

У табліцы 4 прыведзены тэмпературы кіпення вадкасцей пры нармальным атмасферным ціску.

А ці выпадкова мы, гаворачы аб тэмпературы кіпення вадкасці, згадваем ціск? Не, невыпадакова. Бурбалкі кіпячай вадкасці лопаюцца пры ўмове, што ціск пары ў іх не меншы за ціск звонку. Значыць, чым меншы знешні ціск, тым пры больш нізкай тэмпературы закіпіць вадкасць.

Пацвердзім гэта доследам. Наліём у колбу цёплай вады, тэмпература якой  $t = 60\text{--}70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Закрыем колбу коркам, злучаным з помпай (мал. 72). Будзем адпампоўваць газ з колбы. Вада закіпіць, хоць яе тэмпература меншая за  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Але гэта не азначае, што ў такой вадзе можна зварыць яйцо. Яйцо варыцца не ад таго, што вада кіпіць, а ад таго, што яна гарачая.

А калі ў спецыяльных умовах стварыць высокі ціск над паверхняй вады, то ў ёй можна будзе расплавіць волава, але вада так і не будзе кіпець. Растлумачце чаму.

Залежнасць тэмпературы кіпення ад знешняга ціску выкарыстоўваецца ў практычных мэтах. Напрыклад, для стэрылізацыі медыцынскіх інструментаў іх змяшчаюць у герметычна закрытыя камеры-аўтаклавы (мал. 73), вада ў якіх кіпіць пры тэмпературы значна вышэйшай за  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . У побыце выкарыстоўваюцца каструлі-скараваркі (мал. 74), у якіх тэмпература кіпення вады можа павышацца да  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Таму ежа ў скараварках гатуецца значна хутчэй, чым у звычайных каструлях.

Вернемся да параўтварэння. Каб ператварыць у пару 1 кг вадкасці пры тэмпературы кіпення, неабходна перадаць ёй пэўную колькасць цеплаты.



Мал. 72



Мал. 73



Мал. 74

А калі маса вадкасці будзе 2 кг? Значыць, цеплаты спатрэбіцца ў 2 разы больш. А пры ператварэнні ў пару  $m$  кг вадкасці колькасць цеплаты павялічыцца ў  $m$  разоў. **Колькасць цеплаты, неабходная для параўтварэння, прама прапарцыянальна масе вадкасці:**

$$Q = Lm.$$

У гэтай формуле каэфіцыент  $L$  называецца **удзельнай цеплатой параўтварэння**:

$$L = \frac{Q}{m}.$$

Як вынікае з формулы, асноўнай адзінкай удзельнай цеплаты параўтварэння ў СІ з'яўляецца **1 джоўль на кілаграм**  $\left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}\right)$ .

Удзельная цеплата параўтварэння ёсць фізічная велічыня, лікава роўная колькасці цеплаты, паглынутае 1 кг вадкасці пры пераходзе яе ў пару пры тэмпературы кіпення.

Табліца 4. Тэмпература кіпення і удзельная цеплата параўтварэння некаторых вадкасцей (пры нармальным атмасферным ціску)

| Рэчыва  | Тэмпература кіпення $t$ , °C | Удзельная цеплата параўтварэння $L$ , $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ |
|---------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Паветра | -192                         | 210 000 = $2,1 \cdot 10^5$                                          |
| Аміяк   | -33,4                        | 1 370 000 = $1,37 \cdot 10^6$                                       |
| Эфір    | 35                           | 352 000 = $3,52 \cdot 10^5$                                         |
| Ацэтон  | 56,2                         | 520 000 = $5,2 \cdot 10^5$                                          |
| Спірт   | 78                           | 857 000 = $8,57 \cdot 10^5$                                         |
| Вада    | 100                          | 2 260 000 = $2,26 \cdot 10^6$                                       |
| Ртуць   | 357                          | 285 000 = $2,85 \cdot 10^5$                                         |
| Жалеза  | 3050                         | 58 000 = $5,8 \cdot 10^4$                                           |

Удзельная цеплата параўтварэння розных вадкасцей дадзена ў табліцы 4. Што азначае  $L = 2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$  для вады? А гэта азначае, што

1 кг вады пры тэмпературы  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  павінен паглынуць  $2,26 \cdot 10^6$  Дж цеплаты, каб перайсці ў газ (пару) з той жа тэмпературай.

Можна сказаць інакш:  $L = 2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$  паказвае, якая колькасць цеплаты вылучыцца пры кандэнсацыі 1 кг пары пры тэмпературы кіпення ( $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

### Галоўныя вывады

1. Пераўтварэнне вадкасці ў газ (пару) пры пастаяннай тэмпературы ва ўсім аб'ёме вадкасці называюць кіпеннем.
2. Тэмпература кіпення залежыць ад роду вадкасці і знешняга ціску.
3. Чым вышэйшы ціск над паверхняй вадкасці, тым вышэйшая тэмпература кіпення.
4. Пры кіпенні вадкасць паглынае цеплату, пры кандэнсацыі пары вылучаецца роўная колькасць цеплаты.
5. Колькасць паглынутай пры кіпенні цеплавой энергіі залежыць ад роду вадкасці і яе масы.

### ? Кантрольныя пытанні

1. Што ўяўляе сабой працэс кіпення вадкасці?
2. Чаму тэмпература вадкасці ў працэсе кіпення не змяняецца?
3. Які фізічны сэнс мае ўдзельная цеплата параўтварэння?
4. Зыходзячы з формулы  $L = \frac{Q}{m}$ , патлумачце, ці будзе правільным сцверджанне: «Удзельная цеплата параўтварэння прама прапарцыянальна колькасці паглынутай цеплаты і адваротна прапарцыянальна масе вадкасці».
5. Чаму з павелічэннем знешняга ціску тэмпература кіпення вадкасці павышаецца, а з памяншэннем — паніжаецца?



### Прыклад рашэння задачы

На малюнку 75 паказаны графік залежнасці колькасці цеплаты, якая ідзе на параўтварэнне некаторай вадкасці, ад яе масы. Якую масу волава можна расплавіць, выкарыстаўшы цеплату кандэнсацыі пары дадзенай вадкасці масай  $m_1 = 0,01$  кг, узятай пры тэмпературы кіпення? Тэмпература волава  $t = 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

