



## § 6.

### Дзеянні над фізічнымі велічынямі

У матэматыцы можна складаць, аднімаць і параўноўваць любыя лікі. А якія дзеянні можна выконваць над фізічнымі велічынямі?

Дзеянні складання, аднімання і параўнання над фізічнымі велічынямі можна выконваць толькі ў тым выпадку, калі яны аднародныя, г. зн. **выражаюць адну і тую ж фізічную велічыню.**

Мы можам складаць даўжыню з даўжынёй, аднімаць ад масы масу, параўноўваць час з часам (прыклад 1). Смешна і недарэчна было б складаць 4 м і 5 кг або аднімаць 30 с ад 9 кг. А вось памнажаць і дзяліць можна як аднародныя, так і разнародныя фізічныя велічыні.

У прыкладзе 2 дзялення не толькі лікавыя значэнні ( $10 : 2 = 5$ ), але і адзінкі фізічных велічынь ( $\text{кг} : \text{кг} = 1$ ). Вынік паказвае, у колькі разоў адна маса большая за другую.

У прыкладзе 3 памнажаюцца лікавыя значэнні ( $2 \cdot 4 = 8$ ) і адзінкі фізічных велічынь ( $\text{м} \cdot \text{м} = \text{м}^2$ ). У выніку множання дзвюх даўжынь  $l_1 = 2 \text{ м}$  і  $l_2 = 4 \text{ м}$  атрымалася новая фізічная велічыня — плошча  $S = 8 \text{ м}^2$ .

У прыкладзе 4 у выніку дзялення дзвюх разнародных фізічных велічынь — даўжыні  $l = 10 \text{ м}$  на час  $t = 2 \text{ с}$  — атрымалася новая фізічная велічыня  $5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Яе лікавае значэнне роўна 5, а адзінка новай фізічнай велічыні —  $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Гэта фізічная велічыня  $v = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  — скорасць. Больш падрабязна вы даведаецеся аб ёй у 3-й главе.

У прыкладзе 5 знак роўнасці адносіцца не толькі да лікавых значэнняў, але і да адзінак.

Знак роўнасці паставіць нельга, калі параўноўваць  $\frac{10 \text{ м}}{2 \text{ с}}$  і  $\frac{20 \text{ м}}{4 \text{ мін}}$ . Тут  $\frac{\text{м}}{\text{с}} \neq \frac{\text{м}}{\text{мін}}$ .

Прыклад 1

$$4 \text{ м} + 3 \text{ м} = 7 \text{ м}$$

$$9 \text{ кг} - 5 \text{ кг} = 4 \text{ кг}$$

$$30 \text{ с} > 10 \text{ с}$$

Прыклад 2

$$\frac{10 \text{ кг}}{2 \text{ кг}} = 5$$

Прыклад 3

$$2 \text{ м} \cdot 4 \text{ м} = 8 \text{ м}^2$$

Прыклад 4

$$\frac{10 \text{ м}}{2 \text{ с}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Прыклад 5

$$\frac{10 \text{ м}}{2 \text{ с}} = \frac{20 \text{ м}}{4 \text{ с}}$$

### Галоўныя вывады

1. Складаць, аднімаць і параўноўваць можна толькі аднародныя фізічныя велічыні.
2. Множанне і дзяленне разнародных велічынь прыводзіць да новай фізічнай велічыні.



### Кантрольныя пытанні

1. Што неабходна ўлічваць пры складанні і адніманні фізічных велічынь?
2. Якія фізічныя велічыні можна параўноўваць? Прывядзіце прыклады.
3. Ці можна дзяліць і памнажаць разнародныя фізічныя велічыні?



### Прыклады рашэння задач

1. Выберыце значэнні фізічных велічынь, якія можна складаць: 120 г, 40 см<sup>2</sup>, 56 м<sup>3</sup>, 8 мін, 0,048 кг. Вызначыце значэнне фізічнай велічыні, атрыманай у выніку складання.

#### Рашэнне

Аднароднымі фізічнымі велічынямі ў дадзеным выпадку з'яўляюцца масы цел:  $m_1 = 120$  г і  $m_2 = 0,048$  кг.

Для выканання аперацыі складання фізічныя велічыні неабходна выразіць у адных адзінках.

Адно з мас, напрыклад  $m_2$ , выразім у адзінках, у якіх запісана маса  $m_1$ , г. зн. у грамах (г).

Паколькі  $1$  кг = 1000 г,  $m_2 = 0,048$  кг =  $0,048 \cdot 1000$  г = 48 г.

Такім чынам,  $m = m_1 + m_2 = 120$  г + 48 г = 168 г.

Адказ: вынікам складання з'яўляецца маса  $m = 168$  г.

2. Вызначыце фізічныя велічыні, атрыманыя ў выніку выканання наступных дзеянняў: а)  $35$  г :  $5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ ; б)  $40$  см · 0,25 м.

#### Рашэнне

а) Знайдзем адносіну дзвюх фізічных велічынь, падзяліўшы іх лікавыя значэнні і адзінкі:

$$35 \text{ г} : 5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{35}{5} \text{ см}^3 = 7 \text{ см}^3.$$

Мы атрымалі фізічную велічыню — аб'ём  $V = 7$  см<sup>3</sup>.

б) Каб памножыць дзве аднародныя фізічныя велічыні, неабходна выразіць іх у адных адзінках, напрыклад у сантыметрах (см):

$$40 \text{ см} \cdot 0,25 \text{ м} = 40 \text{ см} \cdot 25 \text{ см} = 1000 \text{ см}^2 = 10 \text{ дм}^2.$$

Мы атрымалі фізічную велічыню — плошчу  $S = 10 \text{ дм}^2$ .

Адказ: а) у выніку дзялення дзвюх разнародных фізічных велічынь (масы і шчыльнасці) атрымана трэцяя фізічная велічыня — аб'ём  $V = 7 \text{ см}^3$ ; б) у выніку множання дзвюх аднародных фізічных велічынь (даўжынь) атрымана трэцяя фізічная велічыня — плошча  $S = 10 \text{ дм}^2$ .

## Практыкаванне 2

1. Якія з прыведзеных значэнняў велічынь можна склацаць? Выканаўце складанне і запішыце вынік:

а) 3,0 мін, 26 см, 5 см<sup>2</sup>, 40 с, 10 кг, 25 см<sup>3</sup>;

б) 2,0 кг, 15 мм, 10 мм<sup>2</sup>, 60 с, 25 г, 2,5 мл.

2. Якія з прыведзеных значэнняў велічынь можна аднімаць? Выканаўце адніманне і запішыце вынік:

а) 16 см, 8,0 кг, 40 с, 64 см<sup>3</sup>, 90 мм;

б) 2,0 м<sup>2</sup>, 300 кг, 40 см<sup>3</sup>, 20 мін, 30 км, 12 т.

3. Параўнайце даўжыні адрэзкаў:  $l_1 = 4,8 \text{ см}$ ,  $l_2 = 4,8 \text{ мм}$ ,  $l_3 = 48 \text{ мм}$ . Ці ёсць сярод іх роўныя? Які адрэзак мае найменшую даўжыню? Пабудуйце адрэзкі ў сшытку.

4. Якая фізічная велічыня атрымаецца ў выніку наступных дзеянняў:

а)  $12 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 3,0 \text{ м}^3$ ;      в)  $25,0 \text{ см} + 150 \text{ мм}$ ;      д)  $\frac{14 \text{ м}^2}{2,0 \text{ м}}$ ;

б)  $40 \text{ см} - 0,15 \text{ м}$ ;      г)  $20 \text{ см} \cdot 0,50 \text{ м} \cdot 3,0 \text{ дм}$ ;      е)  $\frac{27 \text{ м}^3}{9,0 \text{ м}}$ ?

5. Устаўце патрэбную фізічную велічыню:

а)  $5 \text{ м} - \dots = 1 \text{ м}$ ;

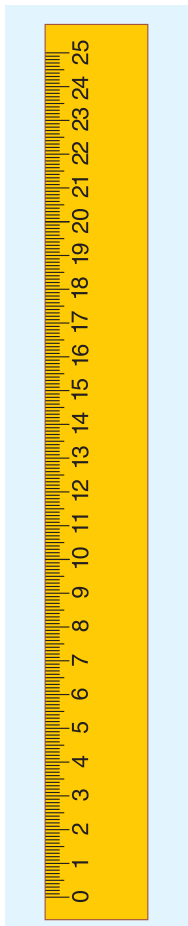
б)  $300 \text{ кг} + \dots = 0,5 \text{ т}$ ;

в)  $4 \text{ дм} \cdot \dots = 20 \text{ дм}^2$ .

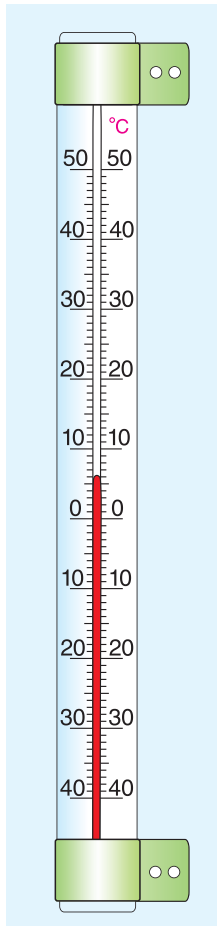


## § 7.

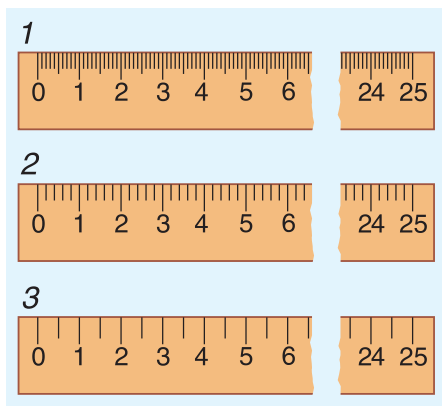
### Вымяральныя прыборы. Цана дзялення. Хібнасць вымярэння



Мал. 32



Мал. 33



Мал. 34

Распачынаючы вымярэнні, неабходна перш за ўсё падабраць прыборы. Што трэба ведаць аб вымяральных прыборах?

**Мінімальнае (ніжняя мяжа) і максімальнае (верхняя мяжа) значэнні шкалы прыбора** — гэта **межы вымярэння**. Часцей за ўсё мяжа вымярэння адна, але можа быць і дзве. Напрыклад, лінейка мае адну мяжу — верхнюю. У лінейкі на малюнку 32 яна роўна 25 см. У тэрмометра на малюнку 33 дзве мяжы: верхняя мяжа вымярэння тэмпературы роўна  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; ніжняя  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

На малюнку 34 паказаны тры лінейкі з аднолькавымі верхнімі межамі (25 см). Але гэтыя лінейкі вымяраюць даўжыню з рознай хібнасцю. Найменшую хібнасць вымярэнняў дае лінейка 1, найбольшую — лінейка 3.

Што такое хібнасць вымярэння і ад чаго яна залежыць? Для адказу на гэтыя пытанні разгледзім спачатку паняцце *цаны дзялення шкалы прыбора*.

**Цана дзялення** — гэта значэнне найменшага дзялення шкалы прыбора.

Як вызначыць цану дзялення шкалы? Для гэтага неабходна:

1) выбраць на шкале лінейкі два суседнія значэнні, напрыклад 3 см і 4 см;

2) падлічыць колькасць дзяленняў (не штрыхоў!) паміж гэтымі значэннямі; напрыклад, на лінейцы 1 (мал. 34) колькасць дзяленняў паміж значэннямі 3 см і 4 см роўна 10;

3) адняць ад большага значэння меншае (4 см – 3 см = 1 см) і атрыманы вынік падзяліць на колькасць дзяленняў.

Атрыманае значэнне і будзе цаной дзялення шкалы прыбора. Абзначым яе літарай *C*.

$$\text{Для лінейкі 1: } C_1 = \frac{1 \text{ см}}{10 \text{ дзял.}} = 0,1 \frac{\text{см}}{\text{дзял.}}$$

$$\text{Для лінейкі 2: } C_2 = \frac{1 \text{ см}}{5 \text{ дзял.}} = 0,2 \frac{\text{см}}{\text{дзял.}}$$

$$\text{Для лінейкі 3: } C_3 = \frac{1 \text{ см}}{2 \text{ дзял.}} = 0,5 \frac{\text{см}}{\text{дзял.}}$$

Дакладна гэтак жа можна вызначыць і цану дзялення шкал мензурак 1 і 2 (мал. 35).

$$\text{Для мензуркі 1: } C_1 = \frac{30 \text{ мл} - 20 \text{ мл}}{2 \text{ дзял.}} = 5 \frac{\text{мл}}{\text{дзял.}}$$

$$\text{Для мензуркі 2: } C_2 = \frac{30 \text{ мл} - 20 \text{ мл}}{10 \text{ дзял.}} = 1 \frac{\text{мл}}{\text{дзял.}}$$

А якімі лінейкай і мензуркай можна вымераць больш дакладна, г. зн. з меншай хібнасцю?

Як вынікае з тэорыі, **хібнасць пры вымярэнні роўна палове цаны дзялення шкалы вымяральнага прыбора.**

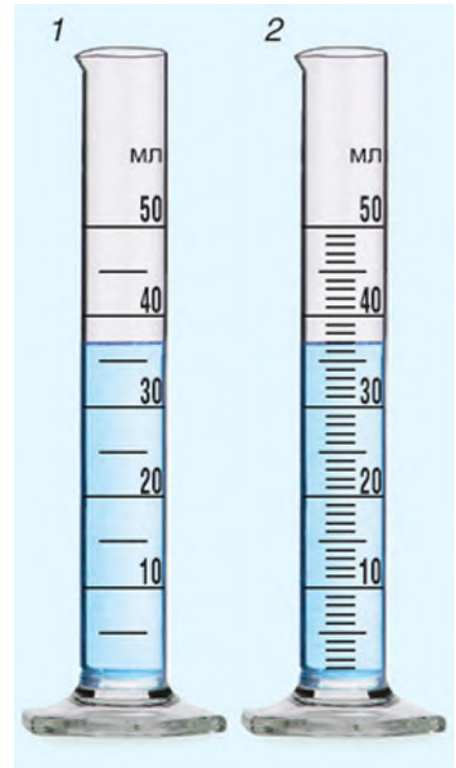
Вымераем адзін і той жа аб'ём мензуркай 1 і мензуркай 2. Па паказаннях шкал у мензурцы 1 аб'ём вады  $V = 35$  мл; у мензурцы 2 —  $V = 37$  мл.

Зразумела, што больш дакладна (з меншай хібнасцю) вымераны аб'ём вады мензуркай 2, цана дзялення якой меншая  $\left(1 \frac{\text{мл}}{\text{дзял.}} < 5 \frac{\text{мл}}{\text{дзял.}}\right)$ .

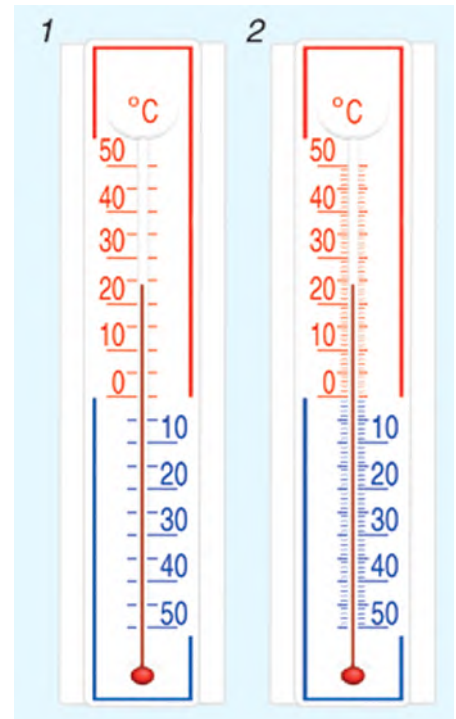
Значыць, **чым меншая цана дзялення шкалы, тым з меншай хібнасцю можна вымераць дадзеным прыборам.** Гавораць: мензуркай 1 мы вымералі аб'ём з хібнасцю да 2,5 мл (параўнайце з цаной дзялення шкалы  $C_1 = 5 \frac{\text{мл}}{\text{дзял.}}$ ), мензуркай 2 — з хібнасцю да 0,5 мл (параўнайце з цаной дзялення шкалы  $C_2 = 1 \frac{\text{мл}}{\text{дзял.}}$ ). *Хібнасць вымярэння тэмпературы тэрмометрамі 1 і 2 (мал. 36) вызначыце самастойна.*

Такім чынам, любым прыборам, які мае шкалу, вымераць фізічную велічыню можна з хібнасцю, роўнай палове цаны дзялення шкалы.

Лінейкай 1 (мал. 34) можна вымераць даўжыню з хібнасцю да 0,5 мм. *Хібнасць вымярэння даўжыні лінейкамі 2 і 3 вызначыце самастойна.*



Мал. 35



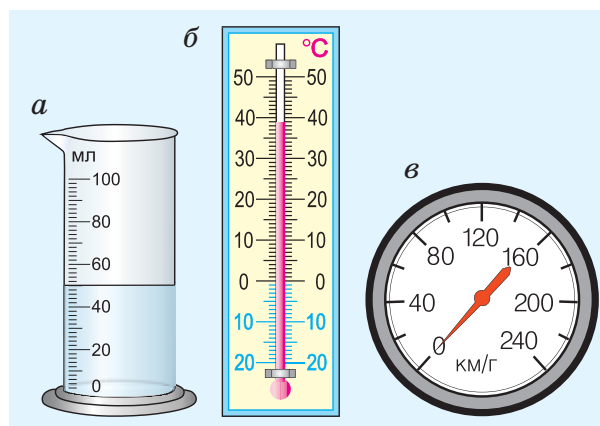
Мал. 36

## Галоўныя вывады

1. Верхняя і ніжняя межы вымярэння — гэта максімальнае і мінімальнае значэнні шкалы прыбора.
2. Цана дзялення шкалы роўна значэнню найменшага дзялення шкалы.
3. Чым меншая цана дзялення шкалы, тым з меншай хібнасцю будучь праведзены вымярэнні дадзеным прыборам.

## ? Кантрольныя пытанні

1. Што называюць цаной дзялення?
2. Як вызначыць цану дзялення шкалы прыбора?
3. Ад чаго залежыць хібнасць вымярэння дадзеным прыборам?
4. На малюнку 37 паказаны вымяральныя прыборы. Як яны называюцца? Якія фізічныя велічыні яны вымяраюць? Якая цана дзялення шкалы кожнага з іх?
5. Якія значэнні верхняй і ніжняй меж вымярэння прыбораў, паказаных на малюнку 37?
6. Ці можна выкарыстоўваць тэрмометр, паказаны на малюнку 37, б, на Поўначы? Чаму?
7. На якіх відах транспарту можна выкарыстоўваць паказаны на малюнку 37, в спідометр: на самалёце, аўтамабілі, веласіпедзе? Чаму?



Мал. 37

## ▼ Для дапытлівых

У гісторыі навукі ёсць нямала выпадкаў, калі памяншэнне хібнасці вымярэнняў давала штуршок да новых адкрыццяў. Больш дакладныя вымярэнні шчыльнасці азоту, вылучанага з паветра, дазволілі ў 1894 г. адкрыць новы інертны газ — аргон. Памяншэнне хібнасці вымярэнняў шчыльнасці вады прывяло да адкрыцця ў 1932 г. адной з разнавіднасцей цяжкіх атамаў вадароду — дэйтэрыю. Пазней дэйтэрыў увайшоў у склад ядзернага паліва. Ацаніць адлегласці да зорак і стварыць іх дакладныя каталогі вучоныя змаглі дзякуючы памяншэнню хібнасці пры вымярэнні месцазнаходжання яркіх зорак на небе.

## → Дамашняе заданне

1. Вазьміце пластыкавую бутэльку і мерную шклянку, вырабіце мензурку. Вызначыце цану дзялення і хібнасць вымярэння вырабленай вамі мензуркі. Для вырабу шкалы выкарыстайце вузкі лейкапластыр.

2. Зрабіце «гадзіннік Галілея». У дне пластыкавай бутэльні пракліце цвіком адтуліну. Вертыкальна на ўсю вышыню бутэльні наклейте вузкую палоску лейкапластыра. Напоўніце бутэльку вадой на  $\frac{2}{3}$  вышыні. Штрыхамі адзначце на лейкапластыры пачатковы ўзровень вады, а затым узроўні вады ў адкрытай бутэльцы праз 10 с, 20 с, 30 с і г. д. Адлегласці паміж штрыхамі падзяліце на 10 роўных частак. Карыстаючыся гэтым «гадзіннікам», вымераўце час паказу аднаго рэкламнага роліка па тэлевізары.



## Прыклад рашэння задачы

Для вымярэння велічыні вугла выкарыстоўваюць транспарцір. Вызначыце: а) цану дзялення верхняй і ніжняй шкал транспарціра, паказанага на малюнку 38; б) значэнне вугла  $BAC$ , выкарыстаўшы кожную шкалу; пазначце хібнасць вымярэння вугла  $BAC$  у кожным выпадку.

### Рашэнне

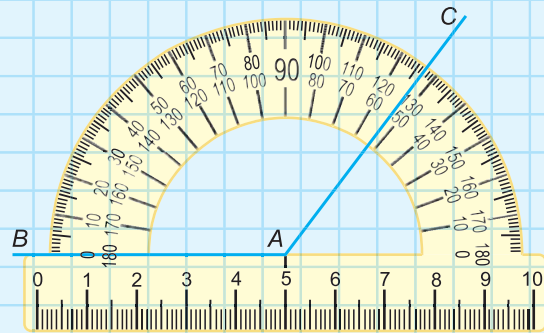
а) Цана дзялення ніжняй шкалы:

$$C_n = \frac{130^\circ - 120^\circ}{1 \text{ дзял.}} = \frac{10^\circ}{\text{дзял.}}$$

Цана дзялення верхняй шкалы:

$$C_v = \frac{130^\circ - 120^\circ}{10 \text{ дзял.}} = \frac{1^\circ}{\text{дзял.}}$$

б) Вызначаны па ніжняй шкале з хібнасцю да  $5^\circ \angle BAC = 125^\circ$ ; вызначаны па верхняй шкале з хібнасцю да  $0,5^\circ \angle BAC = 127,0^\circ$ .



Мал. 38

## Практыкаванне 3

1. Вызначыце цану дзялення шкалы гадзінніка, калі паміж штрыхамі, якія адпавядаюць значэнням 15 мін і 30 мін, ёсць 3 дзяленні.

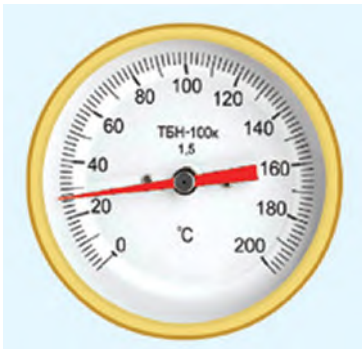
2. Тэмпература паветра ў пакоі  $t_0 = 16^\circ\text{C}$ . Пасля таго як уключылі абагравальнік, узровень вадкасці ў пакаёвым тэрмометры падняўся на 4 дзяленні. Вызначыце, якая тэмпература паветра ўсталявалася ў пакоі, калі цана дзялення тэрмометра  $C = 2,0 \frac{^\circ\text{C}}{\text{дзял.}}$ .

3. Цана дзялення шкалы спідометра  $C = 10 \frac{\text{км}}{\text{дзял.}}$ . На колькі дзяленняў перамясцілася стрэлка спідометра пры выездзе аўтамабіля з населенага пункта на трасу, калі яго скорасць змянілася ад  $v_1 = 60 \frac{\text{км}}{\text{г}}$  да  $v_2 = 90 \frac{\text{км}}{\text{г}}$ ?

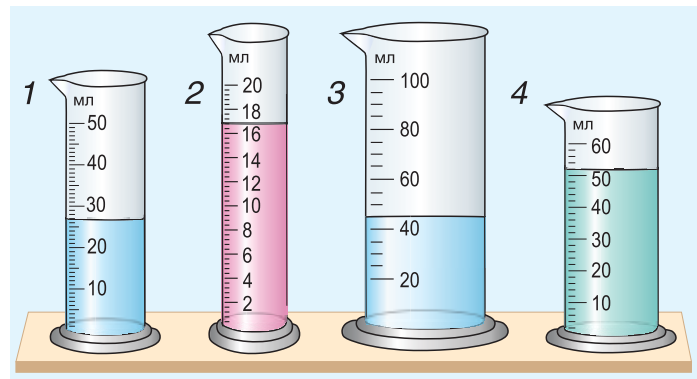
4. Якую тэмпературу паказвае тэрмометр на малюнку 39? З якой хібнасцю можна вымераць тэмпературу дадзеным тэрмометрам?

5. На малюнку 40 паказаны чатыры мензуркі. Вызначыце цану дзялення шкалы кожнай мензуркі і аб'ёмы вадкасцей, налітых у іх.

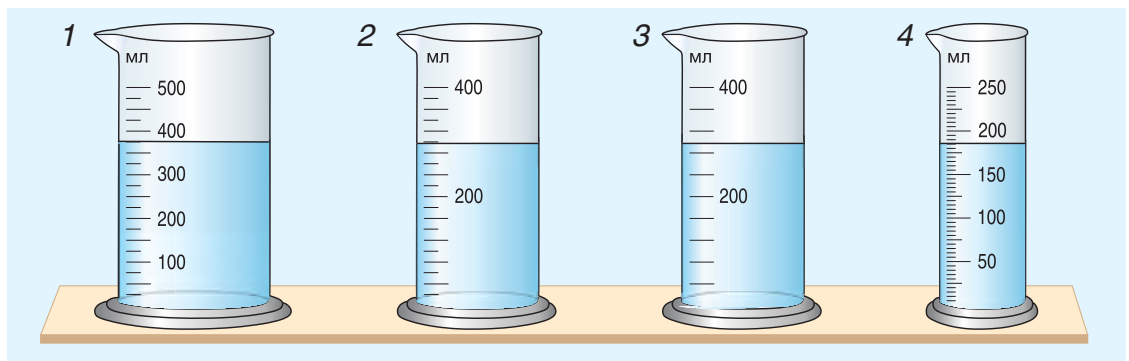
6. Вызначыце аб'ёмы вадкасцей, налітых у мензуркі (мал. 41). Ці ёсць сярод іх роўныя? Якая з мензурак дазваляе вызначыць аб'ём вадкасці з меншай хібнасцю?



Мал. 39



Мал. 40



Мал. 41



### Тэмы праектных заданняў

1. Роля эксперыменту пры адкрыцці закону.
2. Ад аршына да метра.
3. Чаму шкала тэрмометра мае дзве мяжы вымярэння, а шкалы лінейкі, спідометра — толькі адну?