

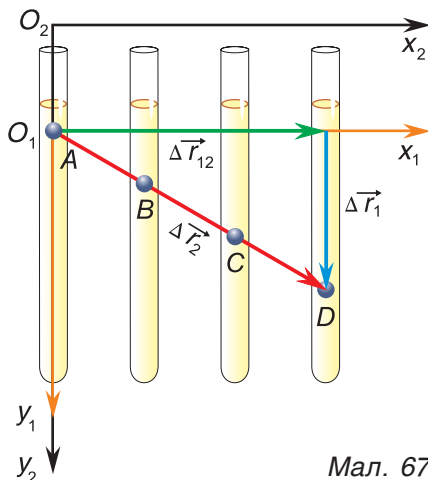


§ 9.

Складанне скарасцей



Мал. 66



Мал. 67

У штодзённым жыцці мы часта бачым, як адны целы рухаюцца адносна іншых цел, якія таксама рухаюцца. Напрыклад, сцюрдэса перамяшчаецца па салоне самалёта, які ляціць, чалавек ідзе па эскалатары, які рухаецца ўніз (мал. 66), катар перасякае раку з хуткім цячэннем і г. д.

Якія заканамернасці такіх рухаў?

Правядзём дослед. У вертыкальную шклянную трубку, запоўненую вязкай вадкасцю (напрыклад, цукровым сіропам), апусцім металічны шарык (мал. 67). Трубку будзем раўнамерна перамяшчаць адносна школьнай дошкі ў гарызантальным напрамку.

Сістэму адліку з восямі каардынат O_1x_1 і O_1y_1 , звязаную з трубкой, назавём *рухомай*, а сістэму адліку з восямі O_2x_2 і O_2y_2 , звязаную з дошкай, — *нерухомай*.

Назіраючы за рухам шарыка, будзем пазначаць на дошцы яго становішчы праз кожныя 10 с (пункты A, B, C, D).

На малюнку 67 бачна, што адносна трубки шарык за 30 с выканаў перамяшчэнне $\Delta\vec{r}_1$. За гэты час трубка выканалала перамяшчэнне $\Delta\vec{r}_{12}$ адносна школьнай дошкі. Бачна таксама, што перамяшчэнне $\Delta\vec{r}_2$ шарыка адносна дошкі роўна вектарнай суме перамяшчэнняў $\Delta\vec{r}_1$ і $\Delta\vec{r}_{12}$:

$$\Delta\vec{r}_2 = \Delta\vec{r}_1 + \Delta\vec{r}_{12}. \quad (1)$$

Перамяшчэнне цела адносна нерухомай сістэмы адліку роўна вектарнай суме яго перамяшчэння адносна рухомай сістэмы і перамяшчэння рухомай сістэмы адносна нерухомай.

Усе гэтыя перамяшчэнні выкананы за адзін і той жа прамежак часу Δt . Падзяліўшы ў формуле (1) кожнае з перамяшчэнняў на Δt , атрымаем:

$$\frac{\Delta\vec{r}_2}{\Delta t} = \frac{\Delta\vec{r}_1}{\Delta t} + \frac{\Delta\vec{r}_{12}}{\Delta t}. \quad (2)$$

Вектар $\frac{\Delta \vec{r}_2}{\Delta t} = \vec{v}_2$ — скорасць руху шарыка адносна дошкі (нерухомай сістэмы адліку), вектар $\frac{\Delta \vec{r}_1}{\Delta t} = \vec{v}_1$ — скорасць руху шарыка адносна трубкі (рухомай сістэмы адліку), а вектар $\frac{\Delta \vec{r}_{12}}{\Delta t} = \vec{v}_{12}$ — скорасць, з якой трубка (рухомая сістэма адліку) перамяшчаецца адносна дошкі (нерухомай сістэмы адліку).

Такім чынам, з (2) вынікае:

$$\vec{v}_2 = \vec{v}_1 + \vec{v}_{12}. \quad (3)$$

Скорасць цела ў нерухомай сістэме адліку роўна вектарнай суме яго скорасці адносна рухомай сістэмы і скорасці рухомай сістэмы адносна нерухомай.

Гэта сцверджанне называюць *законам складання скорасцей Галілея*.

Закон складання скорасцей (3) выкарыстоўваецца пры рашэнні многіх практычных задач. Ён дазваляе разлічыць скорасць самалёта, які заходзіць на пасадку пры моцным ветры (мал. 68), скорасць руху цеплахода па рацэ (мал. 69) і г. д.



Мал. 68



Мал. 69

Галоўныя вывады

1. Перамяшчэнне цела адносна нерухомай сістэмы адліку роўна вектарнай суме яго перамяшчэння адносна рухомай сістэмы і перамяшчэння рухомай сістэмы адносна нерухомай.
2. Скорасць цела ў нерухомай сістэме адліку роўна вектарнай суме яго скорасці адносна рухомай сістэмы і скорасці рухомай сістэмы адносна нерухомай.

? Кантрольныя пытанні

1. Чаму не мае сэнсу гаварыць аб скорасці цела, не выбраўшы сістэму адліку?
2. Як вызначыць скорасць цела адносна нерухомай сістэмы адліку, ведаючы яго скорасць адносна рухомай сістэмы?
3. Ці можна паставіць дослед з шарыкам у трубцы так, каб скорасць шарыка адносна школьнай дошкі была роўна нулю? Калі можна, то як гэта зрабіць?



Прыклад рашэння задачы

Шлях ад адной прыстані да другой матарная лодка прайшла па цячэнні ракі за час $t_1 = 0,30$ г, а зваротны шлях — за час $t_2 = 0,70$ г. Модуль скорасці цячэння ракі $v_{\text{ц}} = 7,2 \frac{\text{км}}{\text{г}}$. Вызначыце модуль скорасці руху лодкі адносна вады, лічачы яго пастаянным.

Дадзена:

$$v_{\text{ц}} = 7,2 \frac{\text{км}}{\text{г}}$$

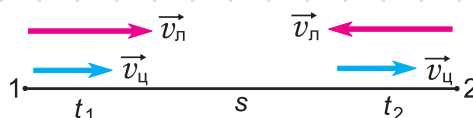
$$t_1 = 0,30 \text{ г}$$

$$t_2 = 0,70 \text{ г}$$

$$v_{\text{л}} = ?$$

Рашэнне

Выканаем малюнак да задачы (мал. 70).



Мал. 70

Адносна берага лодка плыла па цячэнні (ад прыстані 1 да прыстані 2) са скорасцю, модуль якой $v_{12} = v_{\text{л}} + v_{\text{ц}}$, а назад (ад прыстані 2 да прыстані 1) — са скорасцю, модуль якой $v_{21} = v_{\text{л}} - v_{\text{ц}}$.

Значыць, шлях ад прыстані 1 да прыстані 2: $s = (v_{\text{л}} + v_{\text{ц}})t_1$, а шлях ад прыстані 2 да прыстані 1: $s = (v_{\text{л}} - v_{\text{ц}})t_2$. Прыраўноўваючы шляхі, атрымліваем: $v_{\text{л}}t_1 + v_{\text{ц}}t_1 = v_{\text{л}}t_2 - v_{\text{ц}}t_2$.

Адсюль

$$v_{\text{л}} = \frac{v_{\text{ц}}(t_1 + t_2)}{t_2 - t_1} = \frac{7,2 \frac{\text{км}}{\text{г}} \cdot 1,0 \text{ г}}{0,40 \text{ г}} = 18 \frac{\text{км}}{\text{г}}.$$

Адказ: $v_{\text{л}} = 18 \frac{\text{км}}{\text{г}}.$

Практыкаванне 6

1. Як знайсці скорасць плыўца адносна берага ракі, ведаючы яго скорасць адносна вады і скорасць цячэння вады ў рацэ?

2. Навошта перад кіданнем кап'я спартсмен разб'ягаецца?

3. Ці аднолькавыя далёкасці палёту снарадаў, выпушчаных з нерухомага і рухомага танкаў? Чаму?

4. Модуль скорасці руху катара адносна вады $v_1 = 4,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Якія значэнні можа прымаць модуль скорасці руху катара адносна берага, калі модуль скорасці цячэння вады $v_2 = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$?

5. Верталёт ляціць з Мінска, накіроўваючыся на поўдзень. Модуль скорасці руху верталёта адносна паветра $v_1 = 54 \frac{\text{км}}{\text{г}}$. У напрамку з

поўначы на поўдзень дзьме вецер, модуль скорасці якога $v_2 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Знайдзіце скорасць і перамяшчэнне верталёта адносна Зямлі. Час палёту $t = 30$ мін.

6. Рашыце задачу 5 для выпадкаў, калі вецер дзьме з поўдня на поўнач.

7. У колькі разоў адрозніваюцца прамежкі часу, якія затраціць лодачнік, каб праплыць адзін і той жа шлях туды і назад па возеры і па рацэ, калі модуль скорасці лодкі адносна вады ў абодвух выпадках $v_{\text{л}} = 2,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, а модуль скорасці цячэння вады ў рацэ $v_{\text{ц}} = 1,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$?



8. Плыт шырынёй $l = 10$ м плыве па рацэ са скорасцю, модуль якой $v_1 = 3,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Плытагон, які знаходзіцца на плыце, перайшоў з аднаго краю плыта на другі і вярнуўся назад. Чаму роўны модуль перамяшчэння плытагона за гэты час адносна плыта і адносна берага, калі скорасць руху плытагона адносна плыта $\vec{v}_2$ накіравана перпендыкулярна скорасці цячэння вады, а яе модуль $v_2 = 1,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$? Знайдзіце таксама модуль скорасці руху плытагона адносна берага.

9. Упоперак ракі нацягнуты трос. Плывец павінен пераплысці цераз раку, плывучы паралельна тросу. Модуль скорасці цячэння вады $v_1 = 0,50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Пад якім вуглом да троса павінна быць накіравана скорасць руху плыўца $\vec{v}_2$ адносна вады, калі яе модуль $v_2 = 1,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$? Чаму роўны модуль скорасці руху плыўца адносна берага? Колькі часу зойме пераправа пры шырыні ракі $l = 98$ м?



10. Эскалатар метро падымае пасажыра, які стаіць на ім, за час $t_1 = 0,5$ мін. Па нерухомым эскалатары пасажыр падняўся б за час $t_2 = 1,5$ мін. За які час паднімецца пасажыр, які ідзе ўверх па рухомым эскалатары?



11. Выкарыстоўваючы інтэрактыўную мадэль, прадэманструйце справядлівасць закону складання скорасцей на прыкладзе плыўца, які пераплывае на процілеглы бераг ракі.



Дамашняе заданне

Змясціце гарошыну ў празрыстую пластыкавую бутэльку, запоўненую вадой. Гарошына павольна тоне ў вадзе. Перасоўваючы бутэльку, дасягніце таго, каб гарошына заставалася некаторы час нерухомай адносна памяшкання. Растлумачце вынік, выкарыстаўшы закон складання скорасцей.