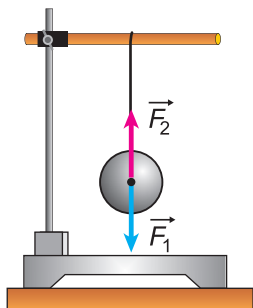




§ 25.

Умовы раўнавагі цел. Момант сілы



Мал. 170

Да гэтага часу мы вывучалі рух цел. А ці трэба вывучаць стан спакою цел? Безумоўна, трэба! Бо забяспечыць стан спакою і ўстойлівасць дамоў, мастоў, плацін, тэлевізійных вежаў і г. д. — найважнейшая практычная задача! Яе рашэннем займаецца **статыка**.

Стан цела, пры якім яно застаецца нерухомым адносна дадзенай інерцыяльнай сістэмы адліку, называюць **станам механічнай раўнавагі**.

Разгледзім, пры якіх умовах целы знаходзяцца ў стане раўнавагі.

Першая ўмова вынікае з другога закону Ньютана: для раўнавагі цела неабходна, каб вектарная сума ўсіх сіл, прыкладзеных да яго, была роўна нулю:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \vec{0}. \quad (1)$$

Напрыклад, для раўнавагі шарыка (мал. 170) вектарная сума сілы цяжару \vec{F}_1 і сілы пругкасці \vec{F}_2 , якія дзейнічаюць на шарык, павінна быць роўна нулю: $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$.

Але ці дастаткова выканання ўмовы (1) для раўнавагі цел? Напрыклад, для цела, якое мае вось вярчэння: кола аўтамабіля (мал. 171, а), кола агляду (мал. 171, б), калаўрота (мал. 171, в), рулявога кола (мал. 172) і г. д.

На малюнку 172, а на рулявое кола дзейнічаюць сіла цяжару $m\vec{g}$ і сіла рэакцыі восі \vec{N} . Іх сума $m\vec{g} + \vec{N} = \vec{0}$, і кола знаходзіцца ў стане спакою. Ці застаецца рулявое кола ў стане спакою, калі да яго прыкладзены яшчэ дзве сілы \vec{F}_1 і \vec{F}_2 (мал. 172, б), модулі якіх роўныя, напрамкі процілеглыя, а пункты прыкладання не супадаюць (такія сілы ў механіцы называюць *парай сіл*)?

Нягледзечы на тое, што ўмова (1) па-ранейшаму выконваецца: $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$, руль не застаецца ў стане спакою. З-за дзеяння сіл \vec{F}_1 і \vec{F}_2 ён будзе паварочвацца вакол сваёй восі. Значыць, выканання ўмовы (1) для раўнавагі цел *недастаткова*. Якая яшчэ ўмова павінна выконвацца, каб не ўзнікала вярчэння цела?



Мал. 171

Для адказу на пытанне правядзём доследы з дыскам (мал. 173, а), што мае гарызантальную вось вярчэння, якая праходзіць праз яго цэнтр — пункт O . З дапамогай штыроў, устаўленых у адтуліны, і нітак будзем прыкладаць да дыска сілы, якія маюць розныя напрамкі, пункты прыкладання і модулі (мал. 173, б, в).

Сіла цяжару дыска \vec{F}_c і сіла рэакцыі \vec{N} восі прыкладзены да дыска ў яго цэнтры (мал. 173, а). Яны не выклікаюць вярчэння дыска, і на малюнках 173, б, в мы іх паказваць не будзем. Паварот дыска могуць выклікаць толькі тыя сілы, што дзейнічаюць ўздоўж лініі, якая не праходзіць праз вось вярчэння (мал. 173, б, в).

Адлегласць ад восі вярчэння да лініі дзеяння сілы называюць **плячом сілы**.

На малюнку 173, б адлегласць l_1 — гэта плячо сілы \vec{F}_1 , l_2 — сілы \vec{F}_2 .

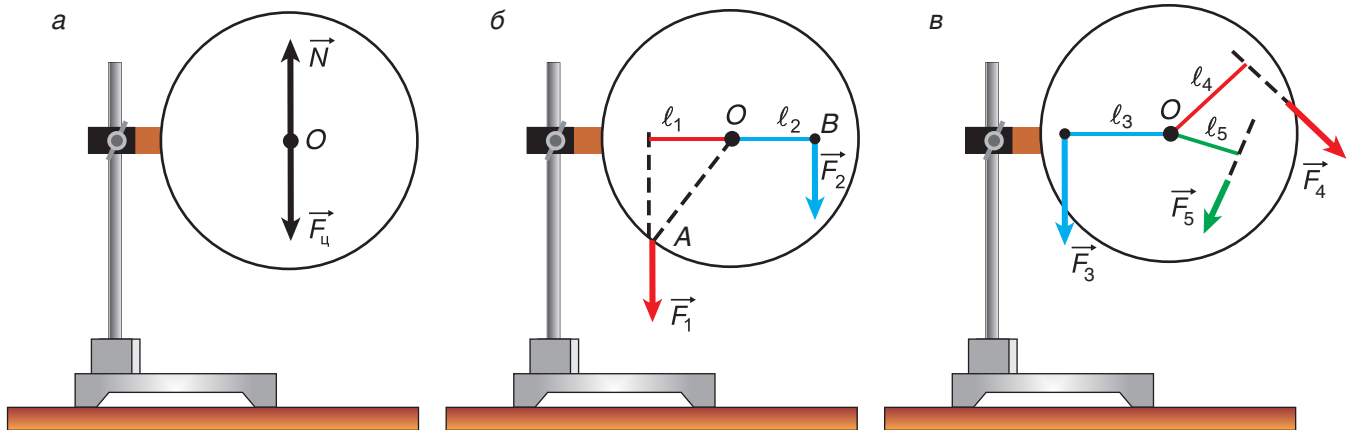
На малюнку 173, в сіла \vec{F}_1 імкнецца павярнуць дыск супраць ходу гадзіннікавай стрэлкі, а сіла \vec{F}_2 — па ходу гадзіннікавай стрэлкі. Куды ў выніку павернецца дыск?

Доследы паказваюць: калі $F_1 \cdot l_1 > F_2 \cdot l_2$, то дыск павернецца супраць ходу гадзіннікавай стрэлкі, калі $F_1 \cdot l_1 < F_2 \cdot l_2$ — па ходу гадзіннікавай стрэлкі. А пры выкананні ўмовы

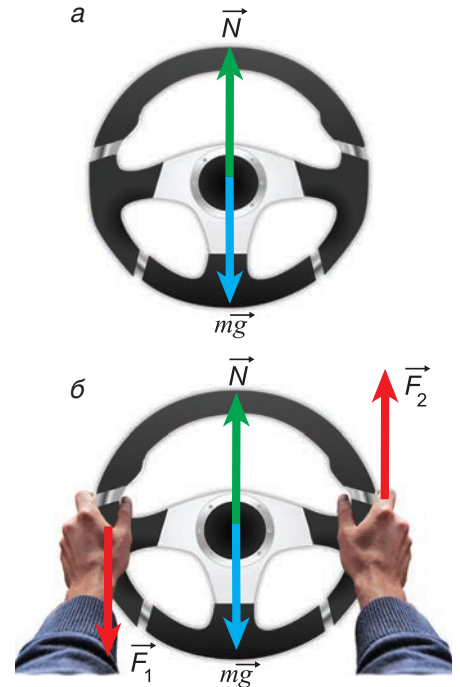
$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2 \quad (2)$$

дыск будзе знаходзіцца ў стане раўнавагі.

Здабытак модуля сілы на яе плячо называюць **момантам сілы** (вярчальным момантам).



Мал. 173



Мал. 172

Момант сілы можа быць дадатным або адмоўным. Усё залежыць ад таго, у які бок сіла імкнецца павярнуць цела вакол дадзенай восі. **Калі супраць ходу гадзіннікавай стрэлкі, то $M = +F \cdot l$, калі па ходу, то $M = -F \cdot l$:**

$$M = \pm F \cdot l. \quad (3)$$

Адзінка моманту сілы ў СІ — **ньютан-метр (Н · м)**. *Адзін ньютан-метр роўны вярчальнаму моманту, ствараемаму сілай 1 ньютан, якая мае плячо 1 метр.*

Умова раўнавагі (2), выражаная праз моманты сіл з улікам іх знакаў, прыме выгляд $M_1 = -M_2$, або

$$M_1 + M_2 = 0. \quad (4)$$

А калі да цела прыкладзена больш за дзве сілы (мал. 173, в)? Тады, як сведчыць дослед, для раўнавагі **неабходна роўнасць нулю алгебраічнай сумы момантаў усіх сіл, што дзейнічаюць на цела:**

$$M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0. \quad (5)$$

Гэта і ёсць *другая ўмова раўнавагі*.

Момант сілы вельмі важны для практыкі! Напрыклад, калі пры закручванні балта ці гайкі мы прыкладзём занадта вялікі вярчальны момант, то разьба будзе сарвана. Для адказных прац выкарыстоўваюць гаечныя ключы з датчыкам вярчальнага моманту (мал. 174).



Мал. 174

Галоўныя вывады

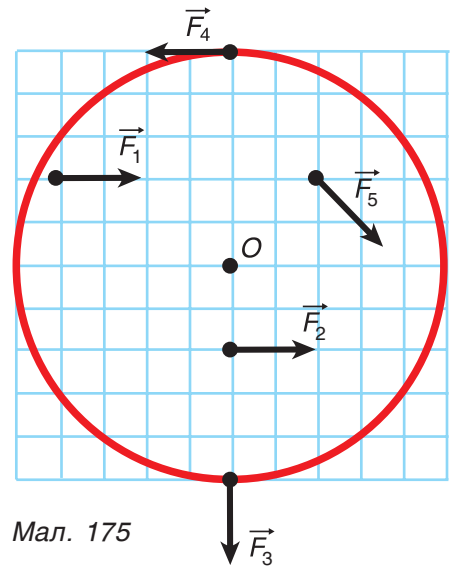
1. Плячо сілы — гэта адлегласць ад восі вярчэння да лініі дзеяння сілы.
2. Момант сілы роўны здабытку модуля сілы і яе пляча, узятаму са знакам «плюс» або «мінус».
3. Цела, якое мае нерухомую вось вярчэння, будзе знаходзіцца ў раўнавазе, калі алгебраічная сума момантаў сіл, прыкладзеных да яго, роўна нулю.

? Кантрольныя пытанні

1. Што называюць плячом сілы?
2. Ці можна назваць плячом сілы \vec{F}_1 адлегласць OA (гл. мал. 173, б)? Чаму?
3. Ад чаго залежыць момант сілы?
4. Калі момант сілы лічаць дадатным? Адмоўным?
5. У якіх адзінках вымяраецца момант сілы ў СІ?
6. Пры якой умове цела, якое мае нерухомую вось вярчэння, будзе знаходзіцца ў раўнавазе?

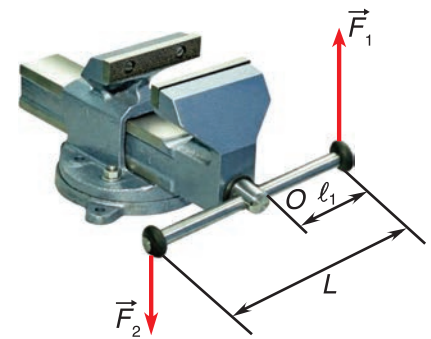
Практыкаванне 20

1. Дыск можа вярцецца адносна восі, якая праходзіць перпендыкулярна плоскасці дыска праз яго цэнтр O (мал. 175). Да дыска па чарзе прыкладаюць сілы $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4$ і \vec{F}_5 , якія ляжаць у плоскасці дыска. Модулі ўсіх гэтых сіл роўныя. Вызначыце адносна пункта O : а) плячо якой сілы самае вялікае; б) плячо якой сілы роўна нулю; в) моманты якіх сіл дадатныя; г) моманты якіх сіл адмоўныя; д) якія сілы ствараюць аднолькавыя па абсалютнай велічыні моманты.



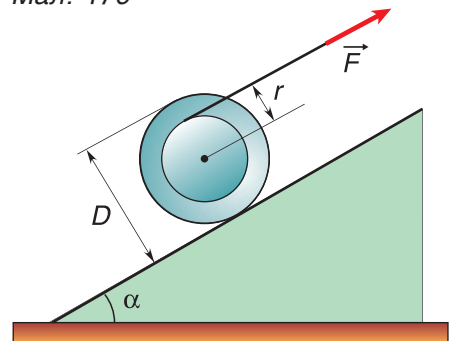
2. Ці будзе знаходзіцца ў раўнавазе дыск (мал. 175), калі да яго будуць прыкладзены адначасова ўсе паказаныя на малюнку сілы?

3. Пры рабоце са слясарнымі ціскамі да канцоў гарызантальнага стрыжня прыкладлі сілы \vec{F}_1 і \vec{F}_2 , накіраваныя вертыкальна (мал. 176). Модуль сілы $F_1 = 15$ Н, $F_2 = 10$ Н. Вызначыце моманты гэтых сіл адносна гарызантальнай восі, якая праходзіць праз пункт O перпендыкулярна стрыжню, калі даўжыня стрыжня $L = 45$ см, а плячо $l_1 = 18$ см.



4. Знайдзіце вярчальны момант пары сіл \vec{F}_1 і \vec{F}_2 адносна восі рулявога кола (гл. мал. 172, б, с. 119), калі іх модулі $F_1 = F_2 = 75$ Н, а радыус руля $R = 20$ см.

5. Да цела прыкладзены дзве сілы. Модулі сіл роўныя. Адлегласці ад восі вярчэння да пунктаў прыкладання гэтых сіл аднолькавыя. Ці вынікае з этага, што моманты дадзеных сіл адносна гэтай восі роўныя? Чаму?



6. На шпулю масай $m = 90$ г намотана нітка (мал. 177). Дыяметр шпулі $D = 6,0$ см, радыус намоткі ніткі $r = 2,0$ см. Вызначыце сілу нацяжэння F ніткі, якая ўтрымлівае шпулю ў стане спакою на нахіленай плоскасці. Вугал нахілу плоскасці да гарызонту $\alpha = 30^\circ$, $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.