



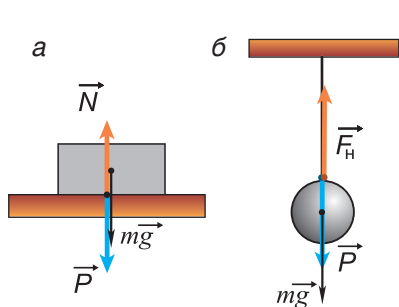
## § 24.

### Вага. Бязважкасць і перагрузкі

Ці заўсёды вага роўна сіле цяжару? Пры якіх умовах наступае бязважкасць? Ці можна зведаць стан бязважкасці, не адпраўляючыся ў космас?

У 7-м класе вы даведаліся, што **вага цела** — гэта сіла, з якой цела дзейнічае на апору або на падвес з-за прыцяжэння да Зямлі.

Вагу нельга блытаць з сілай цяжару. Сіла цяжару  $m\vec{g}$  — гэта сіла прыцягнення, якая дзейнічае з боку Зямлі на цела. Яна прыкладзена да цела ў яго цэнтры цяжару (мал. 165, а, б).



Мал. 165

Вага  $\vec{P}$  — сіла, з якой цела дзейнічае на апору або на падвес. Яна прыкладзена да апоры або да падвесу.

Вага ўзнікае ад таго, што пад дзеяннем сілы цяжару цела імкнецца рухацца ўніз, а апора перашкаджае гэтаму руху. Менавіта таму цела цісне на апору сілай  $\vec{P}$ . У адказ на сілу  $\vec{P}$  апора дзейнічае на цела сілай рэакцыі  $\vec{N}$  (мал. 165, а).

Як звязаны паміж сабой вага  $\vec{P}$  і сіла цяжару  $m\vec{g}$ ?

Правядзём просты дослед. Пакладзём цела масай  $m = 1$  кг на чашу спружынных вагаў. Паказанні вагаў  $P$  будуць роўны  $9,8$  Н, г. зн.  $P = mg$ . Вынік знаходзіцца ў поўнай згодзе з законамi Ньютана. Па першым законе сілы, якія дзейнічаюць на цела, што знаходзіцца ў стане спакою, кампенсуюць адна адну:

$$m\vec{g} = -\vec{N}. \quad (1)$$

Па трэцім законе Ньютана

$$\vec{P} = -\vec{N}. \quad (2)$$

Значыць,  $\vec{P} = m\vec{g}$ .

Але ці заўсёды вага лікава роўна сіле цяжару?

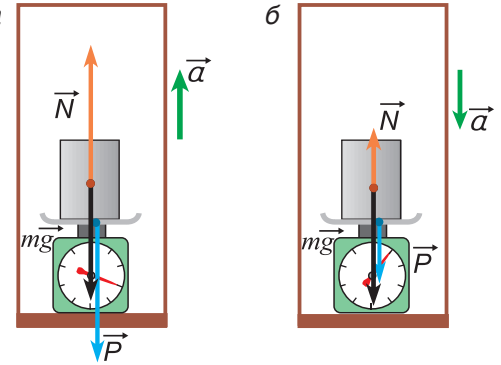
Працягнем дослед у кабiне ліфта. Калі ліфт рухаецца раўнамерна, то паказанні вагаў будуць такімі ж, як у стане спакою. Вага  $\vec{P}$  цела, якое рухаецца раўнамерна і прамалінейна (як і таго, што знаходзіцца ў стане спакою), роўна сіле цяжару  $m\vec{g}$ .

Няхай цяпер кабiна ліфта рухаецца з паскарэннем  $\vec{a}$ . Пры паскарэнні, накіраваным уверх, выніковая сіла павiнна быць накіравана ўверх (мал. 166, а). Значыць,  $N > mg$ . Але па трэцім законе Ньютана

на модулі сіл  $N$  і  $P$  роўныя. Значыць,  $P > mg$ , г. зн. вага цела большая за сілу цяжару.

Пры паскарэнні кабіны ліфта, накіраваным уніз (мал. 166, б), вага цела памяншаецца:  $P < mg$ . Дакажыце гэта самастойна.

Калі ж кабіна ліфта будзе рухацца з паскарэннем  $\vec{a} = \vec{g}$ , г. зн. свабодна падаць, то цела не будзе дзейнічаць на апору, і паказанні вагаў стануць роўнымі нулю. Знікне не толькі ціск цела на апору, але і ціск адных частак цела на іншыя. Узнікне *стан бязважкасці*.



Мал. 166

**У стане бязважкасці знаходзяцца ўсе целы, якія свабодна падаюць.**

Як вылічыць вагу цела, якое рухаецца паскорана?

Для цела, якое знаходзіцца ў ліфце, што рухаецца паскорана, па другім законе Ньютана  $m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}$ . Значыць, пры  $\vec{a} \neq \vec{0}$  замест роўнасці (1) атрымаецца:

$$m\vec{g} - m\vec{a} = -\vec{N}. \tag{3}$$

Улічыўшы, што  $\vec{P} = -\vec{N}$ , знаходзім:

$$\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a}). \tag{4}$$

Формула (4) справядлівая пры любым напрамку паскарэння. Неабходна толькі памятаць, што  $\vec{a}$  — паскарэнне руху цела (разам з апорай) адносна інерцыяльнай сістэмы адліку.

Лікавае значэнне вагі цела вызначаецца модулем вектара  $\vec{P}$ :

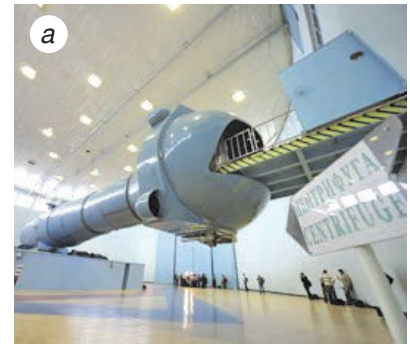
$$P = m|\vec{g} - \vec{a}|. \tag{5}$$

Змяненне вагі цела, абумоўленае паскораным рухам, характарызуець *перагрузкай*  $Q$ . Яе вызначаюць як адносіну вагі цела  $P$  у разглядаемых умовах да вагі цела, якое знаходзіцца ў стане спакою адносна Зямлі. Згодна з формулай (5)

$$Q = \frac{P}{mg} = \frac{|\vec{g} - \vec{a}|}{g}.$$

Пры  $\vec{a} = \vec{g}$  (г. зн. пры бязважкасці)  $Q = 0$ . У ракеце, якая стартуе з Зямлі вертыкальна з паскарэннем  $\vec{a}$ , перагрузка  $Q = 1 + \frac{a}{g}$ .

Вялікія перагрузкі зведаюць касманаўты, трэніруючыся на цэнтрыфузе (мал. 167, а) і на ўчастку



Мал. 167



Мал. 168

разгону касмічнага карабля ракетай-носьбітам. Па заканчэнні работы рухавікоў і выхадзе за межы атмасферы перагрузкі змяняюцца станам бязважкасці. У стане працяглай бязважкасці знаходзіцца экіпаж арбітальнай станцыі (мал. 167, б).

Перагрузкі і бязважкасць можна зведаць, не адпраўляючыся ў палёт. Перагрузкі ўзнікаюць пры руху з разгонам, тармажэннем, рэзкімі паваротамі (мал. 168). Стан, блізкі да бязважкасці, зведае чалавек у час скачка.

### Галоўныя вывады

1. Вага цела — гэта сіла, з якой цела дзейнічае на апору (падвес) з-за дзеяння сілы цяжару.
2. Сіла цяжару прыкладзена да цела, а вага — да апоры або падвесу.
3. Целы, якія свабодна падаюць, знаходзяцца ў стане бязважкасці.

### Кантрольныя пытанні

1. Што такое вага? Чым яна адрозніваецца ад сілы цяжару?
2. У якіх умовах вага  $P$  роўна сіле цяжару  $mg$ ?  $P > mg$ ?  $P < mg$ ?
3. Пры якіх умовах наступае стан бязважкасці?
4. Што называецца перагрузкай?
5. Ці можа вага быць накіравана вертыкальна ўверх?



### Прыклад рашэння задачы

Чалавек масай  $m = 60$  кг, які знаходзіцца ў кабіне ліфта, што рухаецца ўніз, цісне на падлогу кабіны сілай  $\vec{F}$  (мал. 169). Вызначыце паскарэнне кабіны ліфта, калі  $F = 690$  Н. Прыміце  $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

Дадзена:

$$m = 60 \text{ кг}$$

$$F = 690 \text{ Н}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

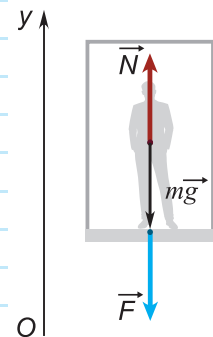
$$\vec{a} = ?$$

Рашэнне

На чалавека ў кабіне ліфта дзейнічаюць: сіла цяжару  $m\vec{g}$  і сіла рэакцыі падлогі  $\vec{N}$ .

Па другім законе Ньютана

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N}.$$



Мал. 169

Па трэцім законе Ньютана  $\vec{N} = -\vec{F}$ .

Тады  $m\vec{a} = m\vec{g} - \vec{F}$ .

У праекцыі на вось  $Oy$ :

$$ma_y = mg_y - F_y = -mg + F.$$

Адсюль

$$a_y = \frac{F - mg}{m};$$

$$a_y = \frac{690 \text{ Н} - 600 \text{ Н}}{60 \text{ кг}} = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Паколькі  $a_y > 0$ , паскарэнне кабіны накіравана ўверх, хоць яна апускаецца. Значыць, кабіна рухаецца запаволена (з тармажэннем).

Адказ:  $a = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ; паскарэнне кабіны ліфта накіравана ўверх.

## Практыкаванне 19

Ва ўсіх задачах дадзенага практыкавання прыняць  $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

1. У кабіне пад'ёмніка ляжыць груз. Калі кабіна нерухома, вага грузу  $P = 2,0$  кН. У кабіне, якая рухаецца з пастаянным паскарэннем, вага грузу большая на  $\Delta P = 200$  Н. Вызначыце модуль і напрамак паскарэння кабіны пад'ёмніка.

2. Шарык, што вісіць на спружыне ў кабіне нерухомага ліфта, расцягвае спружыну на  $x_1 = 3,0$  см. У кабіне ліфта, якая рухаецца ўверх з пастаянным паскарэннем, расцяжэнне спружыны стала роўным  $x_2 = 6,0$  см. Вызначыце модуль паскарэння кабіны ліфта.

3. Аўтамабіль масай  $m = 4,0$  т рухаецца па выпуклым мосце радыусам крывізны  $R = 100$  м. Модуль скорасці аўтамабіля пастаянны і роўны  $v = 54 \frac{\text{км}}{\text{г}}$ . Знайдзіце вагу аўтамабіля ў верхнім пункце траекторыі.

4. Выкарыстаўшы лікавыя даныя папярэдняй задачы, знайдзіце вагу аўтамабіля ў ніжнім пункце траекторыі пры руху па ўвагнутым мосце.





5. Час разбегу самалёта перад узлётам з палубы авіяноса  $t = 3,0$  с. Даўжыня разбегу  $s = 108$  м. Якой была вага пілота масай  $m = 70$  кг у час разбегу самалёта? Якую перагрузку  $Q$  зведаў пілот? Рух самалёта лічыць роўнапаскораным, палубу — гарызантальнай.



6. Груз падвешаны да спружыннага дынамометра. Паказанні дынамометра  $F = 34$  Н. Вызначыце масу груза, калі ўзважванне праведзена ў вагоне цягніка, які рухаецца па закругленым участку шляху радыусам  $R = 75$  м. Участак шляху гарызантальны. Модуль скорасці поезда пастаянны і роўны  $v = 72 \frac{\text{км}}{\text{г}}$ .



### Тэмы праектных заданняў па раздзеле «Асновы дынамікі»

1. Трэнне: шкода або карысць?
2. Залежнасць гранічнай трываласці ніткі ад яе таўшчыні.
3. Як скараціць тармажны шлях?
4. Вызначэнне масы атмасферы Зямлі.
5. Чаму Месяц не падае на Зямлю, а Зямля на Сонца?
6. Сілы ў прыродзе.
7. Фізіка ў танцах.