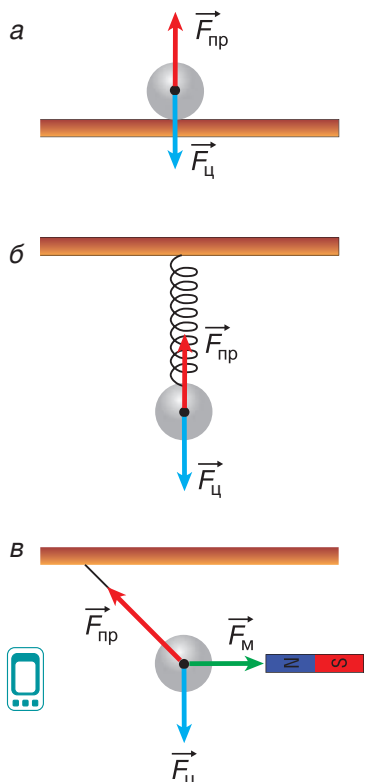




§ 15.

Узаемадзеянне цел. Сіла. Інерцыяльныя сістэмы адліку. Першы закон Ньютана



Мал. 98



Мал. 99

Вам ужо вядома, што целы вакол нас узаемадзейнічаюць адно з адным. Якім заканамернасцям падпарадкоўваюцца ўзаемадзеянні цел? Як яны ўплываюць на механічны рух цел? Адказы на гэтыя пытанні дае раздзел фізікі — дынаміка.

Разгледзім узаемадзеянне стальнога шарыка з рознымі цэламі (мал. 98, а, б, в). Шарык знаходзіцца ў стане спакою.

З якімі цэламі ўзаемадзейнічае шарык у выпадку а? З Зямлёй і апорай.

Колькаснай мерай узаемадзеяння, як вам вядома, з'яўляецца сіла. Зямля прыцягвае шарык сілай цяжару $\vec{F}_ц$ пры дапамозе поля прыцягнення (палявое ўзаемадзеянне). Апора дзейнічае на шарык сілай пругкасці $\vec{F}_пр$. Гэта кантактнае ўзаемадзеянне.

Сілы, якія дзейнічаюць, кампенсуюць адна адну ($\vec{F}_ц + \vec{F}_пр = \vec{0}$). Шарык знаходзіцца ў стане спакою адносна апоры.

У выпадку б сіла пругкасці дзейнічае на шарык з боку расцягнутай спружыны. У абодвух выпадках шарык узаемадзейнічаў з двума цэламі: Зямлёй і апорай (мал. 98, а), з Зямлёй і спружынай (мал. 98, б). Значыць, колькасць сіл, прыкладзеных да цела, роўна колькасці цел, з якімі дадзенае цела ўзаемадзейнічае.

У зямных умовах любое цела ўзаемадзейнічае хоць бы з адным цэлам (Зямлёй).

У выпадку в на шарык дзейнічаюць тры целы: Зямля з сілай $\vec{F}_ц$, нітка з сілай $\vec{F}_пр$ і магніт з сілай $\vec{F}_м$. Сума ўсіх сіл, прыкладзеных да шарыка, як і ў выпадках а і б, роўна нулю: $\vec{F}_ц + \vec{F}_пр + \vec{F}_м = \vec{0}$. Шарык знаходзіцца ў стане спакою адносна Зямлі.

А пры якой умове шарык захоўваў бы стан раўнамернага прамалінейнага руху?

Штодзённы вопыт сведчыць: каб цела рухалася раўнамерна, яго трэба цягнуць або штурхаць (мал. 99), прыкладаючы сілу. Скончыцца дзеянне сілы — цела,

якое рухаецца, рана ці позна спыніцца. Так лічылі і вядомыя вучоныя старажытнасці, напрыклад Арыстоцель. Абвергнуць гэтыя ўяўленні змог у першай палове XVII ст. італьянскі вучоны Галілеа Галілей.

Правядзём дослед, падобны да доследаў Галілея. Пусцім з некаторай вышыні жалезны шарык па нахіленым жолабе (мал. 100). Шарык скочваецца з жолаба і працягвае рух па гарызантальнай паверхні стала, накрывае тканінай (мал. 100, а), кардонам (мал. 100, б), шклом (мал. 100, в).

Дослед паказвае, што па шкле шарык пракоціцца далей за ўсё. Чаму? Таму што ў гэтым выпадку трэнне было найменшым. А калі б трэння не было зусім? На шарык дзейнічалі б толькі дзве сілы: сіла цяжару $\vec{F}_ц$ і сіла пругкасці $\vec{F}_пр$ (мал. 101), якія кампенсуюць адна адну. Шарык рухаўся б з пастаяннай скорасцю неабмежавана доўга.

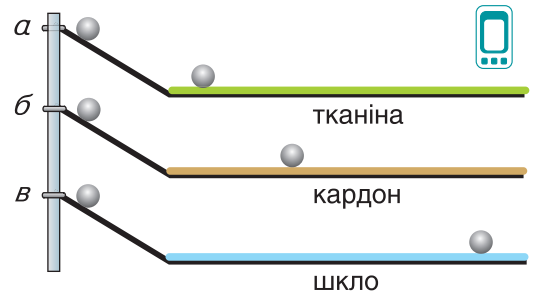
Галілей зрабіў выснову: скорасць руху цела застаецца пастаяннай, калі на цела не дзейнічаюць сілы або калі сілы дзейнічаюць, але кампенсуюць адна адну. Такі рух называюць рухам па інерцыі.

Развіваючы ідэі Галілея, у 1687 г. Ісаак Ньютан сфармуляваў сцверджанне, якое атрымала назву *першы закон Ньютана* (або *закон інерцыі*): усякае цела знаходзіцца ў стане спакою або раўнамернага прамалінейнага руху да таго часу, пакуль на яго не падзейнічаюць сілы.

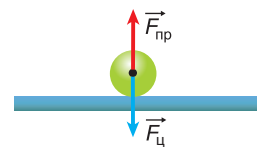
У першым законе Ньютана заключана найважнейшая ідэя механікі. Дзейнічаць на цела сілай неабходна не для таго, каб захаваць яго скорасць пастаяннай, а для таго, каб змяніць яе. Сіла патрэбна як для змянення *модуля* скорасці, так і для змянення яе *напрамку*.

Мы ведаем, што скорасць цела залежыць ад сістэмы адліку. А ці ў любой сістэме адліку выконваецца першы закон Ньютана?

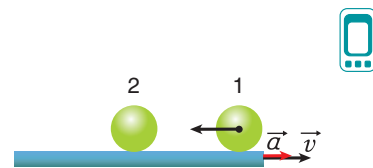
Правядзём у паскораны рух апору, на якой у стане спакою знаходзіцца шарык (гл. мал. 101). Адносна апоры шарык пачне рухацца паскорана ў процілеглы бок (ад становішча 1 да становішча 2) (мал. 102). Але ж на шарык дзейнічалі тыя ж сілы $\vec{F}_ц$ і $\vec{F}_пр$, якія па-ранейшаму кампенсавалі адна адну: $\vec{F}_ц + \vec{F}_пр = \vec{0}$.



Мал. 100



Мал. 101



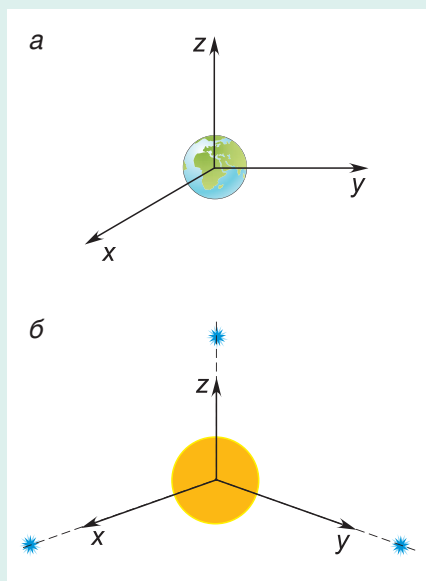
Мал. 102

Якая ж сіла выклікала рух шарыка? Такой сілы няма. Проста першы закон Ньютана выконваецца ў сістэме адліку, якая знаходзіцца ў стане спакою адносна Зямлі, але не выконваецца ў сістэме адліку, звязанай з апорай, што рухаецца паскорана.

Сістэмы адліку, адносна якіх целы знаходзяцца ў стане спакою або рухаюцца раўнамерна і прамалінейна, калі на іх не дзейнічаюць сілы (або сілы скампенсаваны), называюцца *інерцыяльнымі*.

Значыць, сістэма адліку, звязаная з Зямлёй, з'яўляецца *інерцыяльнай сістэмай адліку*, а сістэма адліку, звязаная з апорай, якая рухаецца адносна Зямлі паскорана, — *неінерцыяльнай*. Існаванне сістэм адліку, блізкіх да інерцыяльных, — найважнейшы, правяраны эксперыментальна факт. Таму першаму закону Ньютана даюць наступную фармулёўку: **існуюць сістэмы адліку, адносна якіх любое цела рухаецца раўнамерна і прамалінейна, калі на яго не дзейнічаюць сілы або дзеянне сіл скампенсавана.**

▼ Для дапытлівых



Мал. 103

Доследы паказваюць, што сістэму адліку, звязаную з Зямлёй, — геацэнтрычную сістэму (мал. 103, а) — можна лічыць інерцыяльнай толькі прыбліжна. Значна больш блізкая да інерцыяльнай геліяцэнтрычная сістэма адліку. Яе пачатак каардынат звязаны з Сонцам, а восі каардынат накіраваны на далёкія зоркі (мал. 103, б).

Любая сістэма адліку, якая рухаецца адносна інерцыяльнай сістэмы паступальна, раўнамерна і прамалінейна, таксама будзе інерцыяльнай. Калі ж сістэма адліку рухаецца паскорана або верціцца адносна інерцыяльнай сістэмы, то яна будзе неінерцыяльнай.

Напрыклад, неінерцыяльныя сістэмы адліку — гэта сістэмы, звязаныя з ракетай на ўчастку разгону, з цягніком, што тармозіць, з каруселлю, якая верціцца, і да т. п.

Мы не заўважаем неінерцыяльнасці геацэнтрычнай сістэмы з-за таго, што Зямля верціцца вакол сваёй восі павольна (адзін абарот за 24 г).

Галоўныя вывады

1. Колькаснай мерай узаемадзеяння з'яўляецца сіла.
2. Калі ўсе сілы, якія дзейнічаюць на цела, скампенсаваны або іх няма, то цела знаходзіцца ў стане спакою або ў стане раўнамернага прамалінейнага руху.
3. Раўнамерны рух цела пры дзеянні на яго скампенсаваных сіл называецца рухам па інерцыі.
4. Сістэма адліку называецца інерцыяльнай, калі целы, на якія не дзейнічаюць сілы або дзейнічаюць скампенсаваныя сілы, знаходзяцца ў стане спакою або рухаюцца адносна яе раўнамерна і прамалінейна.
5. Першы закон Ньютана ў сучаснай фармулёўцы: «Існуюць сістэмы адліку, адносна якіх любое цела рухаецца раўнамерна і прамалінейна, калі на яго не дзейнічаюць сілы або дзеянне сіл скампенсавана».

Кантрольныя пытанні

1. Якія ўзаемадзеянні (мал. 98, в, с. 68) з'яўляюцца кантактнымі, а якія — палявымі?
2. Як бы паводзіў сябе шарык (мал. 98, а, с. 68), калі б апору рухалі раўнамерна?
3. Што такое рух па інерцыі?
4. Ці можна лічыць інерцыяльнай сістэму адліку, звязаную з дыскам, які раўнамерна верціцца?

Практыкаванне 11

1. Якія целы дзейнічаюць на мяч, калі ён: а) ляжыць на паліцы; б) прыціснуты да зямлі нагой футбаліста?

2. Ці скампенсаваны дзеянні цел на шайбу, калі яна: а) знаходзіцца ў стане спакою на лёдзе; б) раўнамерна слізгае па лёдзе пад дзеяннем клюшкі хакеіста; в) слізгае па лёдзе з тармажэннем?

3. У якіх выпадках сістэма адліку, звязаная з аўтамабілем, з'яўляецца інерцыяльнай, калі аўтамабіль: а) раўнамерна рухаецца па шашы; б) роўнапаскорана і прамалінейна рухаецца па дарозе; в) выконвае разварот; г) раўнамерна паднімаецца на гару; д) раўнамерна спускаецца з гары; е) роўнапаскорана спускаецца з гары?

4. З якімі цэламі, вылучанымі курсівам, можна звязаць інерцыяльную сістэму адліку?

а) *Самалёт* разганяецца на ўзлётнай паласе; б) *Кропля* вады падае вертыкальна ўніз з паскарэннем; в) *Чалавек* ідзе з пастаяннай скорасцю па эскалатары метро, які раўнамерна рухаецца; г) *Аўтамабіль* рухаецца прамалінейна і раўнамерна; д) *Кабіна* кола агляду верціцца з пастаяннай вуглавой скорасцю.