



§ 39.

Кінетычная энергія



Мал. 230



Мал. 231



Мал. 232

Энергія — адно з найбольш важных і складаных паняццяў. Прычым не толькі ў фізіцы, але і ў іншых навуках. А што ж такое кінетычная энергія?

Разгледзім два прыклады. Шайба, трапляючы ў сетку варот (мал. 230), прагінае яе. Молат для забівання паляў (мал. 231), падаючы на палю, заганяе яе ў зямлю на некаторую глыбіню. Каб мацней прагнуць сетку або глыбей забіць палю, шайба і молат павінны мець большую скорасць. І шайба, і молат выканалі работу. Пры гэтым скорасць іх руху змянілася (паменшылася да нуля). Выкананыя імі работы былі рознымі, нават калі выказаць здагадку, што скорасці іх руху былі аднолькавымі. Але масы молата і шайбы няроўныя.

Калі цела здольна выканаць работу, то яно мае энергію. У фізіцы **энергію цела, якое рухаецца, называюць кінетычнай** (ад грэч. *kinetikos* — які прыводзіць у рух). Кінетычная энергія абазначаецца літарай K (або E_k) і вымяраецца ў СІ ў тых жа адзінках, што і работа, г. зн. у **джоўлях**.

Вялікая кінетычная энергія цел, якія рухаюцца, — каменя, аўтамабіля, чыгуначнага саставу (мал. 232), метэарыта і інш. — азначае, па-першае, што пры разгоне іх да дадзенай скорасці сілай, якая разганяе, была выканана вялікая работа. Па-другое, што пры іх спыненні сілай, якая тармазіць, будзе выканана такая ж вялікая работа.

З прыкладаў вынікае, што кінетычная энергія залежыць ад масы цела і скорасці яго руху. Якой з'яўляецца гэта залежнасць?

Доследы паказваюць, што **кінетычная энергія прама прапарцыянальна масе цела і квадрату скорасці яго руху:**

$$K = \frac{mv^2}{2}.$$

Павелічэнне скорасці руху цела, напрыклад, у 4 разы, прыводзіць да нарастання кінетычнай энергіі ў 16 разоў. Аб гэтым заўсёды павінны памятаць аўтамабілісты і пешаходы.

Звярніце ўвагу!

Галоўныя вывады

1. Кінетычная энергія выражае здольнасць цела, якое рухаецца, выконваць работу.
2. Кінетычная энергія, як і работа, вымяраецца ў джоўлях.
3. Кінетычная энергія цела залежыць ад яго масы і квадрата скорасці.
4. Змяніць (павялічыць або паменшыць) кінетычную энергію цела можна толькі шляхам выканання работы (дадатнай або адмоўнай).

Кантрольныя пытанні

1. Ці ўсякае цела мае кінетычную энергію?
2. Кінетычная энергія цела $K = 2$ Дж. Што гэта азначае?
3. Чаму небяспечная язда з вялікай скорасцю? Да чаго прыводзіць павелічэнне скорасці аўтамабіля ў 2 разы?

Прыклад рашэння задачы

Гружаны аўтамабіль масай $m = 4,0$ т пачаў рух са стану спакою і развіў скорасць $v = 36 \frac{\text{км}}{\text{г}}$ на шляху $s = 50$ м. Вызначыце сілу цягі рухавіка аўтамабіля. Супраціўленне руху не ўлічваць.

Дадзена:

$$m = 4,0 \text{ т} = 4,0 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$v = 36 \frac{\text{км}}{\text{г}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$s = 50 \text{ м}$$

$$F_{\text{цягі}} \text{ — ?}$$

Рашэнне

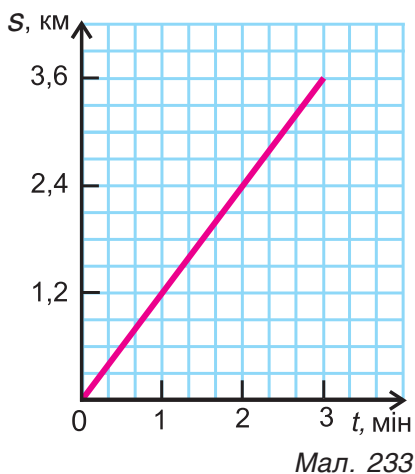
Каб павялічыць кінетычную энергію аўтамабіля, сіла цягі павінна была выканаць работу:

$$A = K; A = \frac{mv^2}{2}.$$

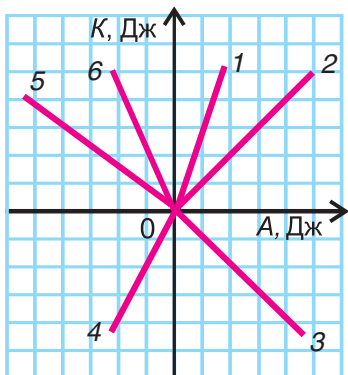
Але работа $A = F_{\text{цягі}} \cdot s$. Адсюль $F_{\text{цягі}} = \frac{A}{s} = \frac{mv^2}{2s}$;

$$F_{\text{цягі}} = \frac{4,0 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 50 \text{ м}} = 4 \text{ кН}.$$

Адказ: $F_{\text{цягі}} = 4 \text{ кН}.$



Мал. 233



Мал. 234

Практыкаванне 20

1. Якую кінетычную энергію мае голуб масай $m = 300$ г, які ляціць са скорасцю $v = 72 \frac{\text{км}}{\text{г}}$?


2. На малюнку 233 прадстаўлены графік руху аўтамабіля. Выкарыстаўшы гэты графік, вызначыце кінетычную энергію аўтамабіля, які рухаецца, калі яго маса $m = 1,0$ т.


3. У колькі разоў адрозніваюцца кінетычныя энергіі кулі масай $m_1 = 10$ г, якая ляціць са скорасцю $v_1 = 500 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, і малатка масай $m_2 = 0,60$ кг, які мае ў момант удару аб цвік скорасць $v_2 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$?


4. Якую кінетычную энергію набываюць санкі, якія разганяюцца са стану спакою сілай $F = 30$ Н на шляху $s = 5,0$ м? Ці трэба для рашэння ведаць масу санак? Чаму?

5. Вызначыце масу кулі, якая мае кінетычную энергію $K = 800$ Дж пры скорасці руху $v = 400 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

6. Пры разгоне аўтамабіля масай $m = 2,0$ т са стану спакою да скорасці $v = 72 \frac{\text{км}}{\text{г}}$ сіла цягі выканалала работу $A = 480$ кДж. Якую работу выканалала за гэты час сіла трэння?

 7. Які з прадстаўленых на малюнку 234 графікаў правільна паказвае залежнасць кінетычнай энергіі K цела ад работы A па разгоне цела са стану спакою?

 8. Чаму кінетычная энергія разганяемага транспартнага сродку не можа дасягнуць бясконца вялікага значэння? Ці можа значэнне кінетычнай энергіі быць адмоўным?

 9. Кардонная скрыня масай $m = 0,40$ кг, падаючы з вышыні $h = 10$ м, дасягнула скорасці $v = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Вызначыце сярэдняе значэнне сілы супраціўлення паветра. Каэфіцыент g прыміце роўным

10 $\frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.



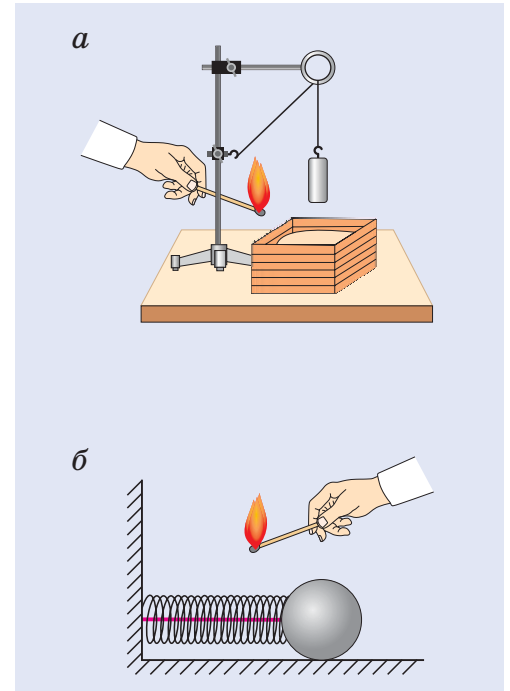
§ 40.

Патэнцыяльная энергія

Пры разгоне любога цела (санак, аўтамабіля і інш.) у яго ўзнікае здольнасьць выканаць механічную работу. У цела, якое рухаецца, з'яўляецца кінетычная энергія. А калі цела нерухомае? Ці валодае яно здольнасьцю выканаць работу?

Правядзём два доследы. У першым паднімем і замацуем на нітцы над скрыняй з пяском гіру (мал. 235, а). У другім паміж упорам і шарыкам змесцім папярэдне сціснутую і звязаную ніткай спружыну (мал. 235, б). Абодва целы (гіра і спружына) нерухомыя ($v = 0$) і не валодаюць кінетычнай энергіяй. Але і ў гіры, і ў спружыны ёсць магчымасьць выканаць работу. Для гэтага дастаткова ў абодвух выпадках перапаліць нітку. У фізіцы гавораць, што **целы** (паднятая гіра, што ўзаемадзейнічае з Зямлёй, і сціснутая спружына) **валодаюць патэнцыяльнай энергіяй** (ад лац. *potentia* — скрытая здольнасьць). Патэнцыяльную энергію ў СІ вымяраюць у тых жа адзінках, што і работу, — у джоўлях.

Важна разумець, што патэнцыяльная энергія не з'яўляецца сама па сабе. У гэтых доследах гіра была паднята над сталом, спружына была сціснута нейкай сілай. Значыць, **каб цела назапасіла патэнцыяльную энергію, неабходна выканаць работу**. Чым мацней будзе сціснута спружына, чым вышэй будзе паднята гіра, тым большы ў іх будзе запас патэнцыяльнай энергіі. Целы, прадстаўленыя на малюнку 236, ужо маюць патэнцыяльную энергію. У трампліна яна выклікана прагінам (дэфармацыяй) дошкі, у мышалоўцы — закручваннем спружыны, у лука — змяненнем размяшчэння дрэўка і цецівы. З гэтых і іншых прыкладаў вынікае, што **патэнцыяльная энергія — гэта энергія, абумоўленая ўзаемным размяшчэннем цел**



Мал. 235



Мал. 236



Мал. 237

або частак цела, якія ўзаемадзейнічаюць (гіры і Зямлі, стралы і цецівы, звёнаў спружыны). Абазначаецца патэнцыяльная энергія літарай $П$ (або $E_{п}$).

Менавіта дзякуючы патэнцыяльнай энергіі сціснутай (закручанай) спружыны працуюць механічныя гадзіннікі, рэле часу мікрахвалевых печак, рухаюцца некаторыя дзіцячыя цацкі. Патэнцыяльная энергія паднятай з дапамогай плаціны вады (мал. 237) прымушае працаваць гідраэлектрастанцыі.

■ Галоўныя вывады

1. Нерухомыя целы (сістэма цел), якія ўзаемадзейнічаюць, могуць валодаць здольнасцю выконваць механічную работу, а значыць, маюць патэнцыяльную энергію.
2. Значэнне патэнцыяльнай энергіі залежыць ад узаемнага размяшчэння цел (частак цела), якія ўзаемадзейнічаюць.
3. Патэнцыяльная энергія змяняецца толькі пры выкананні работы.

? Кантрольныя пытанні

1. Што характарызуе патэнцыяльная энергія?
2. У якіх адзінках у СІ вымяраецца патэнцыяльная энергія? Чаму?
3. Як змяніць патэнцыяльную энергію цела (сістэмы цел)?
4. Як разумець фразу: «Патэнцыяльная энергія сціснутай спружыны $П = 2$ Дж»?
5. Якімі відамі энергіі валодае мяч, які:
 - а) коціцца па гарызантальнай паверхні зямлі;
 - б) затрымаўся ў галінах дрэва;
 - в) пралятае над валебольнай сеткай?



§ 42.

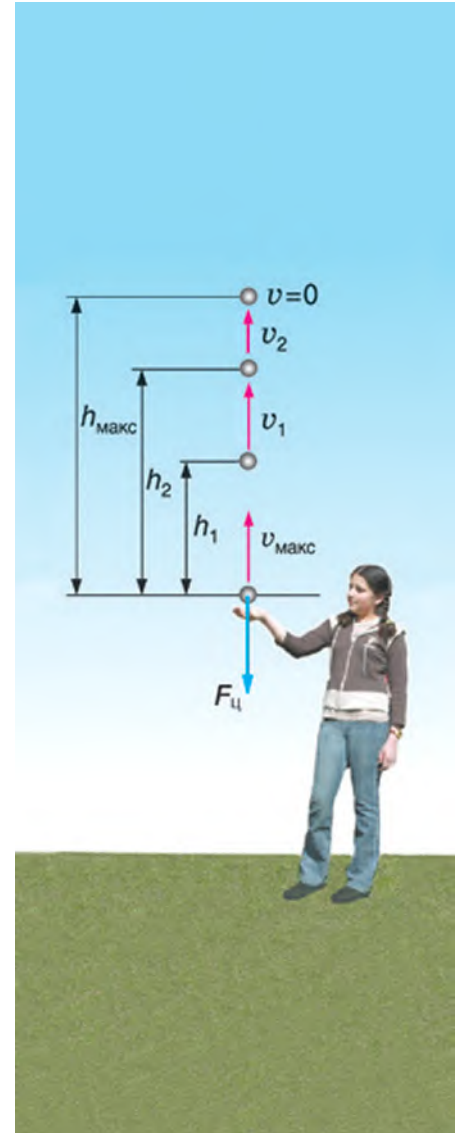
Закон захавання механічнай энергіі

Кінетычная і патэнцыяльная энергіі — гэта два віды механічнай энергіі. Ці звязаны яны адна з другой? Калі так, то ў чым выражаецца гэта сувязь?

Прасочым за рухам кінутага ўверх металічнага шарыка (мал. 243). У ніжнім пункце траекторыі сіла дзеяння рукі на шарык надае яму кінетычную энергію. Шарык рухаецца ўверх. Скорасць яго руху, а значыць, і кінетычная энергія памяншаюцца. Але ці знікае кінетычная энергія бяследна? Падымаючыся вышэй, шарык набывае ўсё большую патэнцыяльную энергію (успомніце: $\Pi = gmh$). У верхнім пункце скорасць і кінетычная энергія шарыка роўны нулю, а патэнцыяльная — максімальная. Значыць, у разгледжаным прыкладзе адбываецца ператварэнне энергіі з аднаго віду (кінетычнай) у другі (патэнцыяльную). Пры вяртанні шарыка назад зноў будзе адбывацца ператварэнне энергіі: з памяншэннем вышыні (і патэнцыяльнай энергіі) павялічваецца скорасць руху шарыка (і кінетычная энергія).

Калі супраціўленне паветра малое (яго можна не ўлічваць), кінуты ўверх шарык вяртаецца назад практычна з такой жа, як у момант кідання, скорасцю і кінетычнай энергіяй.

А якім будзе значэнне механічнай энергіі шарыка ў прамежкавых пунктах? Напрыклад, на вышыні h_1 (мал. 243). Пры пад'ёме шарыка на вышыню h_1 яго кінетычная энергія паменшылася, але пры гэтым з'явілася патэнцыяльная энергія. А чаму роўна іх сума, г. зн. поўная механічная энергія? Дадзены і падобныя доследы і разлікі паказваюць, што калі сіл супраціўлення няма, то поўная механічная энергія цела (сістэмы цела), роўная суме кінетычнай і патэнцыяльнай энергіяй



Мал. 243



Мал. 244

($E = K + \Pi$), захоўваецца. Дадзенае сцверджанне аб пастаянстве механічнай энергіі ў фізіцы называюць **законам захавання механічнай энергіі**.

Калі сілы трэння або супраціўлення руху нельга не ўлічваць, гэты закон не выконваецца. Заменім у доследзе металічны шарык на пенапластавы брусок такой жа масы (мал. 244). Мы ўбачым, што нават пры большай, чым у металічнага шарыка, пачатковай скорасці ён не падымецца на такую ж вышыню і вернецца назад з прыкметна меншай скорасцю. Памяншаецца кінетычная энергія шайбы, што рухаецца па гарызантальнай паверхні лёду, але патэнцыяльная энергія ўзамен не з'яўляецца. За кошт кінетычнай энергіі шайбы выконваецца работа супраць сіл трэння.

У заключэнне заўважым, што з'яву ператварэння энергіі з аднаго віду ў другі чалавек навучыўся выкарыстоўваць у практычных мэтах. Энергія падаючай вады прыводзіць у дзеянне вадзяныя млыны і гідраэлектрастанцыі. У Рэспубліцы Беларусь паспяхова рэалізуецца дзяржаўная праграма выкарыстання энергіі рэк. Важная роля ў ёй адводзіцца такім рэкам, як Нёман і Заходняя Дзвіна. На Нёмане працуе Гродзенская ГЭС магутнасцю 17 МВт. Устаноўленая магутнасць Віцебскай ГЭС на Заходняй Дзвіне — 40 МВт.



Мал. 245

Кінетычную энергію ветру чалавек пачаў выкарыстоўваць з даўніх часоў. Спачатку для перамяшчэння з дапамогай паруса (мал. 245), затым у ветраных млынах.

У апошнія гады ў нашай краіне пачата будаўніцтва ветраэлектрастанцый (мал. 246). Іх перавага заключаецца ў тым, што яны амаль не аказваюць шкоднага ўздзеяння на навакольнае асяроддзе.



Мал. 246

У многіх краінах паспяхова выкарыстоўваюць энергію прыліваў і адліваў вады мораў і акіянаў. Там створаны прыліўныя электрастанцыі.

Галоўныя вывады

1. Кінетычная і патэнцыяльная энергіі ўзаемаператваральныя.
2. Пры адсутнасці сіл трэння і супраціўлення руху поўная механічная энергія цела (сістэмы цел) захоўваецца.
3. Закон захавання механічнай энергіі не выконваецца, калі сілы трэння (супраціўлення) нельга не ўлічваць.

Кантрольныя пытанні

1. Больш правільна гаварыць аб патэнцыяльнай энергіі паднятага цела або аб патэнцыяльнай энергіі сістэмы «цела — Зямля»?
2. У чым сутнасць закона захавання механічнай энергіі?
3. Чаму ў доследзе, паказаным на малюнку 243, мы выкарыстоўвалі металічны шарык? Металу з якой шчыльнасцю тут аддаюць перавагу? Чаму?

Прыклад рашэння задачы

Камень кінулі вертыкальна ўверх са скорасцю $v = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. На якой вышыні ад пункта кідання кінетычная энергія каменя будзе ў 4 разы меншая за яго патэнцыяльную энергію? Супраціўленне руху каменя не ўлічваць. Каэфіцыент g прымеце роўным $10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Дадзена:

$$v = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$K_2 = \frac{1}{4} \Pi_2 = 0,25 \Pi_2$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$h_2 = ?$$

Рашэнне

За нулявы ўзровень патэнцыяльнай энергіі прымем узровень $O - O$, што праходзіць праз пункт кідання каменя (мал. 247). Значыць, $\Pi_1 = 0$. Поўная механічная энергія каменя ў пункце кідання 1:

$$E_1 = K_1 + \Pi_1 = K_1.$$

Поўная механічная энергія каменя ў пункце 2:

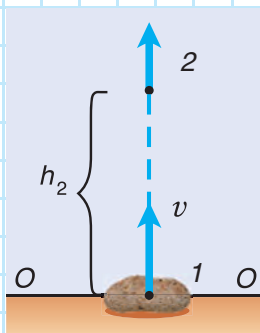
$$E_2 = \Pi_2 + K_2 = E_1, \text{ або } K_1 = \Pi_2 + K_2; K_1 = \frac{mv^2}{2}.$$

Па ўмове $K_2 = 0,25\Pi_2$. Значыць,

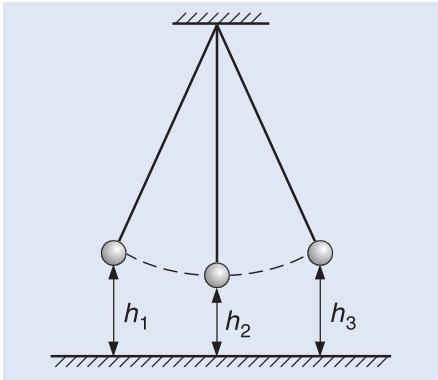
$$\frac{mv^2}{2} = 1,25\Pi_2 = 1,25gmh_2; v^2 = 2,5gh_2;$$

$$h_2 = \frac{v^2}{2,5g}; h_2 = \frac{400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2,5 \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 16 \text{ м.}$$

Адказ: $h_2 = 16 \text{ м.}$



Мал. 247



Мал. 248

Практыкаванне 22

1. Апішыце ператварэнне энергіі пры хістанні падвешанага на нітцы шарыка (мал. 248).

2. Ці захоўваецца поўная механічная энергія пры:

- падзенні мяча з невялікай вышыні;
- падзенні мяча з вялікай вышыні;
- спуску парашутыста з раскрытым парашутам?

3. Якой максімальнай вышыні можа дасягнуць камень масай $m = 0,20$ кг, кінуты вертыкальна ўверх са скорасцю $v = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$? Супраціўленне паветра не ўлічваць. Каэфіцыент g у гэтай і наступных задачах прыміце роўным $10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

4. З балкона дома з вышыні $h = 10$ м упаў гумавы дыванок масай $m = 0,50$ кг. Скорасць яго руху каля паверхні зямлі была $v = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Ці захоўвалася механічная энергія? Чаму? Рашыце гэту задачу, не выкарыстоўваючы ўсе даныя.

5. Яблык масай $m = 0,30$ кг кінуты вертыкальна ўверх са скорасцю $v = 8,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Вылічыце яго кінетычную, патэнцыяльную і поўную энергіі на вышыні $h = 1,0$ м. Супраціўленне паветра не ўлічваць.

6. Камень, кінуты вертыкальна ўверх, дасягнуў вышыні $h_1 = 20$ м. На якую вышыню ён падыецца пры наданні яму ў 2 разы большай пачатковай скорасці? Супраціўленне паветра не ўлічваць.



7. Шарык кінуты з паверхні зямлі вертыкальна ўверх са скорасцю $v = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. На якой вышыні ад паверхні зямлі скорасць шарыка паменшыцца ў 2 разы? Супраціўленне паветра не ўлічваць.



Тэмы праектных заданняў

- Шляхі павышэння ККДз механізма.
- Ці магчымы вечны рухавік?
- Вецер на службе ў чалавека.
- Арэлі і закон захавання механічнай энергіі.