6-ДӘРІС

Жұмыс және энергия



Энергияның сақталу заңы
Классикалық және релятивистік сипаттау

Исатаев М.С.

Дәрістің мақсаты, нәтижелері және мазмұны

Мақсаты

Күш жұмысын энергия өзгерісімен байланыстырып, сақталу заңын қолдану шарттарын түсіну.

Оқыту нәтижелері

Күштің жұмысы мен қуатын есептейді.
Энергия түрлерін ажыратады.
Энергияның сақталу заңын қолданады.

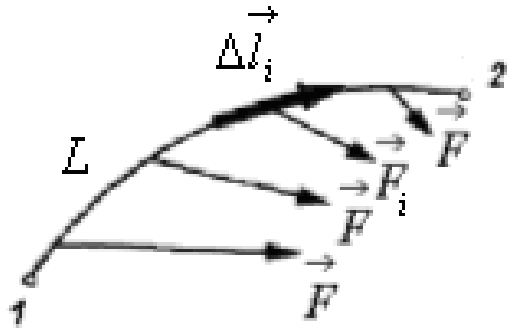
Мазмұны

1. Күш жұмысы, қуат және кинетикалық энергия теоремасы.
2. Консервативті күштер және потенциалдық энергия.
3. Механикалық энергияның сақталуы және үйкеліс кезіндегі баланс.
4. Релятивистік энергия мен импульс және сақталу заңдары.

Күш жұмысы

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{r} = F\, ds \cos\alpha$$

$$A_{12} = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{r}$$



Тұрақты күш үшін: A = Fs cosα.

Жұмыс бірлігі: 1 Дж = 1 Н·м.

Кинетикалық энергия және жұмыс теоремасы

$$K = mv^2/2$$

$$Ақор = \Delta K = K_2 - K_1$$

Нүктелер жүйесінде $K = \Sigma m_i v_i^2/2$. Оның өзгерісіне сыртқы күштермен қатар жұмыс істейтін ішкі күштер де үлес қоса алады.

Мысал: $m = 2$ кг, $v_1 = 1$ м/с, $v_2 = 3$ м/с.
Ақор $= 2(3^2 - 1^2)/2 = 8$ Дж.

Қуат және жұмыстың таңбасы

$$P = dA/dt = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

Орташа қуат: $P_{орт} = A/\Delta t$.
Қуат бірлігі: 1 Вт = 1 Дж/с.

$\alpha < 90°$ болса, жұмыс оң.
$\alpha = 90°$ болса, жұмыс нөл.
$\alpha > 90°$ болса, жұмыс теріс.

Мысал: F = 100 Н күш v = 2 м/с жылдамдықпен бағыттас болса, P = 200 Вт.

Консервативті күштер және өріс критерийі

Консервативті күштің жұмысы жолдың пішініне тәуелсіз, бастапқы және соңғы орындарға ғана тәуелді.

$$\oint \vec{F} \cdot d\vec{r} = 0$$

$$\nabla \times \vec{F} = 0$$

Ротордың нөлге теңдігі тегіс өрісте, жай байланысқан аймақта потенциалдың бар болуын қамтамасыз етеді.

Потенциалдық энергия

$$A_{12} = U_1 - U_2 = -\Delta U$$

Ауырлық өрісі

$$U = mgh$$

Жер бетіне жақын, g тұрақты деп алынғанда.

Серпімділік өрісі

$$U = kx^2/2$$

x серіппенің тепе-теңдік орнынан деформациясы.

Нөлдік деңгей еркін таңдалады: U → U + C. Физикалық нәтижелер ΔU-ға тәуелді.

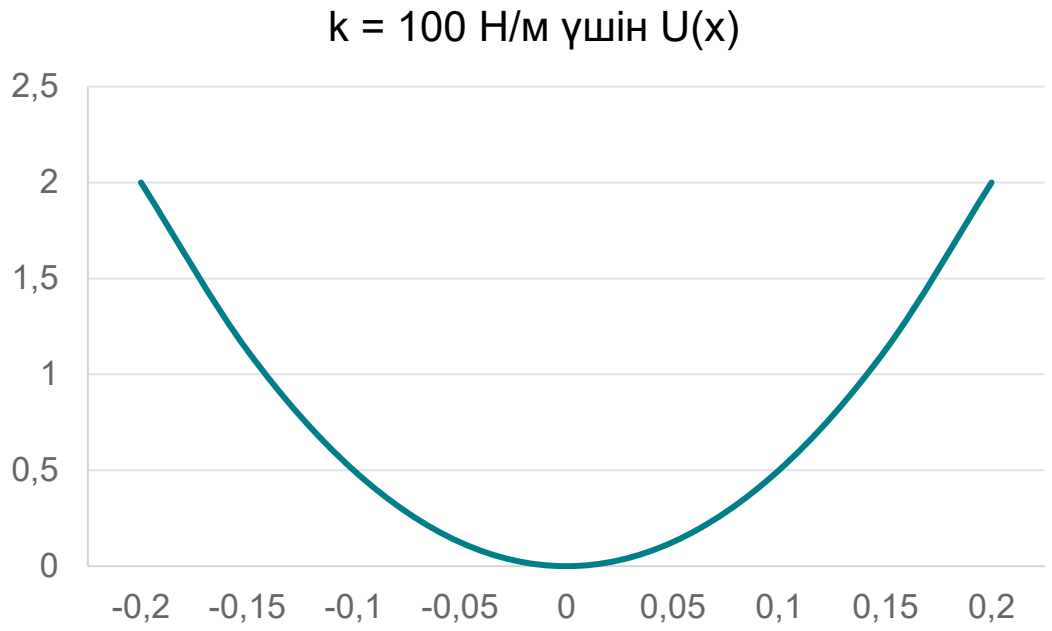
Күш пен потенциалдық энергияның байланысы

$$\vec{F} = -\nabla U$$

Бір өлшемде: $F_x = -dU/dx$.

$U = kx^2/2$ болса, $F_x = -kx$.

U минимумы тұрақты тепе-теңдікке сәйкес келеді. Бұл жерде $U' = 0$ және $U'' > 0$.



Көлденең ось: x, м. Тік ось: U, Дж.

Механикалық энергияның сақталуы

$E_{мех} = K + U = const$

Уақытқа тәуелсіз потенциалда тек консервативті күштер жұмыс істесе, механикалық энергия сақталады.

Тыныштықтан h биіктіктен түсу:
$mgh = mv^2/2$
$v = \sqrt{(2gh)}$



h = 5 м болса, v ≈ 9,90 м/с.

Үйкеліс және механикалық энергия балансы

Δ(K + U) = Аконс. емес

Қозғалмайтын бетпен сырғанау моделі:
Аүйк = −μNs

Механикалық энергияның азаюы толық энергияның жоғалуын білдірмейді.
Энергия ішкі энергияға және басқа түрлерге ауысады.

Мысал: μ = 0,2, N = 20 Н, s = 3 м.
Аүйк = −12 Дж, демек ΔEмех = −12 Дж.

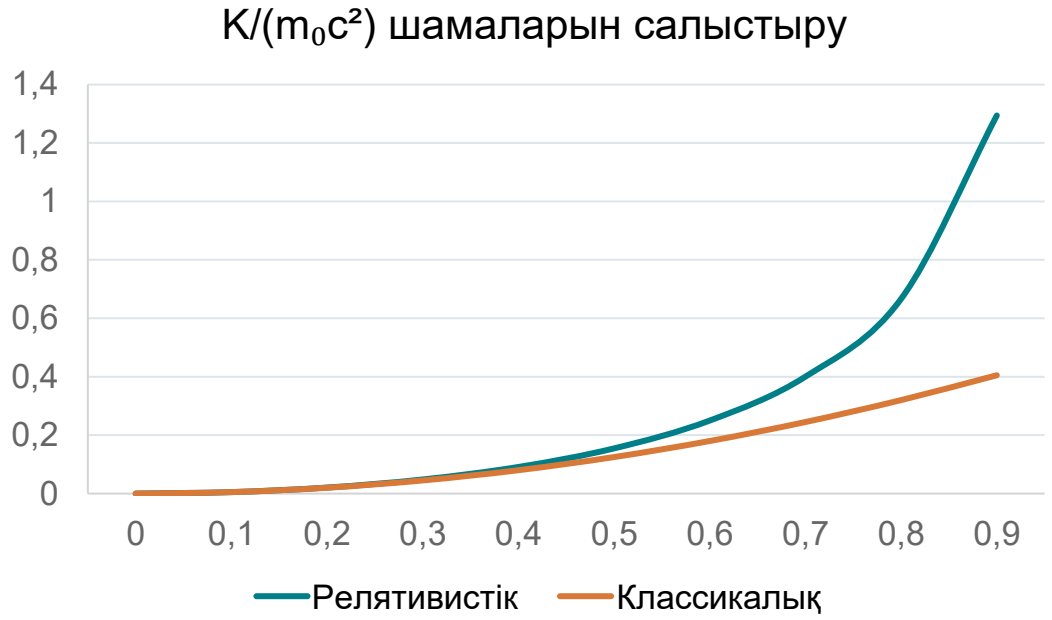
Релятивистік толық және кинетикалық энергия

$E = \gamma m_0 c^2$ $E_0 = m_0 c^2$

$K = E - E_0 = (\gamma - 1)m_0 c^2$

$v \ll c$ болса:
$K \approx m_0 v^2/2$.

m_0 тыныштық массасын білдіреді.



Көлденең ось: $\beta = v/c$.

Энергия мен импульс және сақталу заңдары

$$E^2 = p^2c^2 + m_0^2c^4$$

$\vec{p} = m_0\vec{v}$ $m_0 = 0$ болса, $E = pc$.

Оқшауланған жүйеде толық энергия мен толық импульс сақталады:

$$\Sigma E_{баст} = \Sigma E_{соң} \qquad \Sigma \vec{p}_{баст} = \Sigma \vec{p}_{соң}$$

Стационар консервативті сыртқы өрістегі бөлшек үшін E + U = const.

Қорытынды және өзін өзі тексеру

Жұмыс энергияның өзгерісін, ал қуат осы өзгерістің қарқынын сипаттайды. Сақталу заңын қолданғанда жүйе мен күштердің қасиеттерін анықтаймыз.

1. Жұмыс теоремасы механикалық энергияның сақталу заңынан несімен ерекшеленеді?
2. Консервативті өрістің математикалық критерийлері қандай?
3. Потенциалдық энергияның нөлін таңдау күшке әсер ете ме?
4. Үйкеліс кезінде механикалық энергия қалай өзгереді?
5. Релятивистік кинетикалық энергия қай жағдайда классикалық өрнекке өтеді?