

IV-ТАРАУ. СТАТИКА. АЙНАЛМАЛЫ ҚОЗГАЛЫС

1. СТАТИКА. КҮШ МОМЕНТІ

Статика – денелердің тепе-теңдік күйлерін қарастыратын механиканың бөлімі.

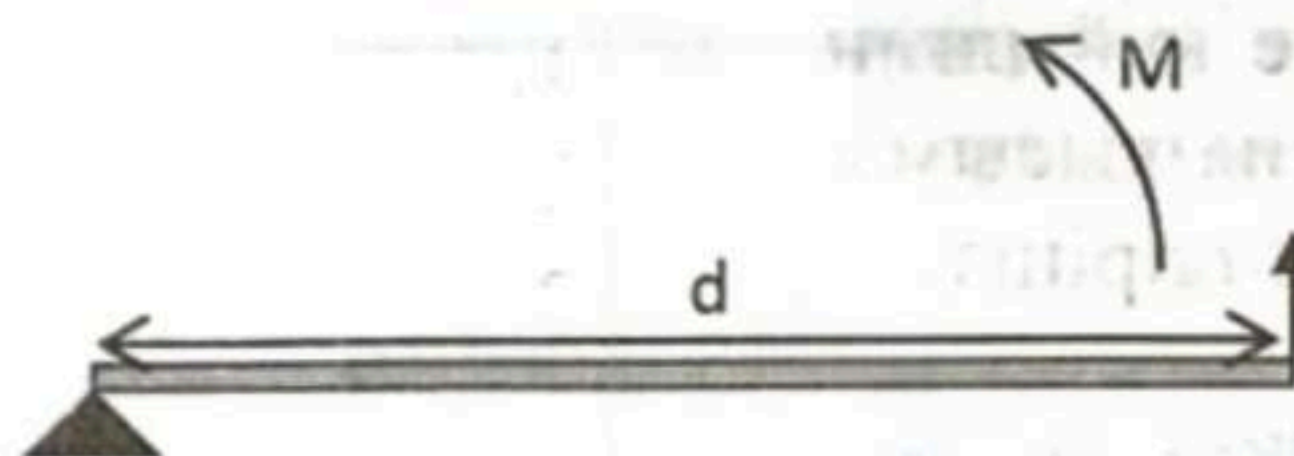
Таңдап алған санақ жүйесінде күштер әсер еткен дененің барлық нүктелері тыныштықта болу күйі механикалық тепе-теңдік күйі деп аталады:

$$\Sigma \vec{F} = 0$$

Күш моменті

Күш моменті деп айналу өсіне d қашықтығында орналасқан нүктеге түсірілген күшінің көбейтіндісімен анықталатын шаманы айтады:

$$M = Fd$$



$$M = F \cdot d$$

M	Күш моменті (Н·м)
F	Күш (Н)
d	F күшінің иіні (м)

Тепе-теңдік шарттары

$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$ $F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n = 0$	Денеге әсер ететін барлық күштердің қосындысы нөлге тең
$\sum_{i=1}^n \vec{M}_i = 0$ $M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_n = 0$	Денеге әсер ететін күш моменттерінің қосындысы нөлге тең

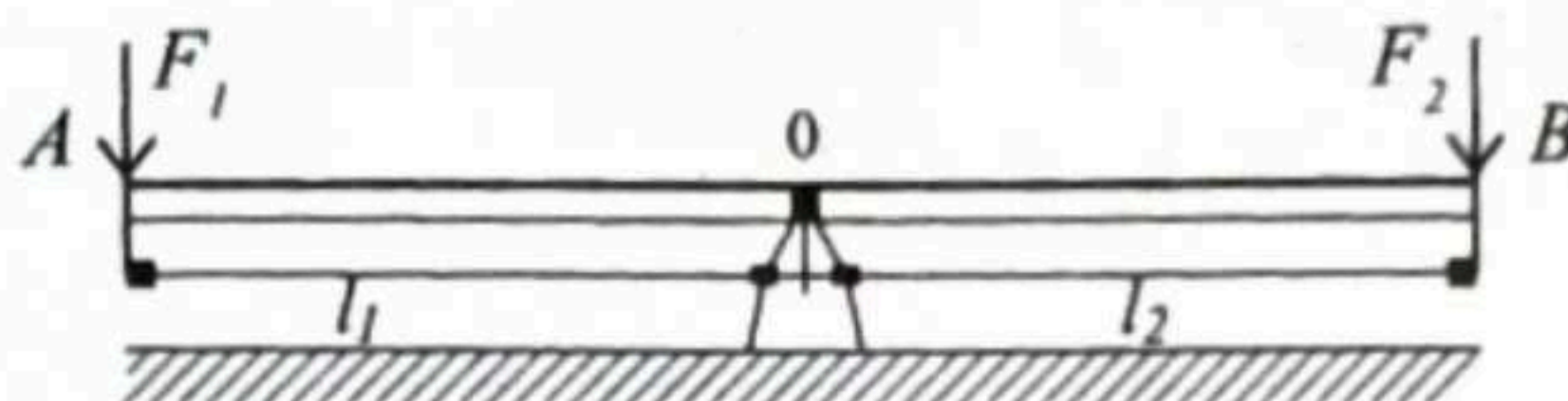
2. ЖАЙ МЕХАНИЗМДЕР: РЫЧАГ. БЛОК

Жай механизмдер атқарылатын жұмыс мөлшерін өз-гертпей, әсер еткен күштің шамасын немесе әсер бағытын өзгертеді. «Механиканың алтын ережесіне» сәйкес, егер күштен неше есе ұтыс алсақ, соншама есе орын ауыстырудан ұтыламыз. Ешқандай жай механизм екі жақтан да ұтыс бере алмайды.

Рычаг

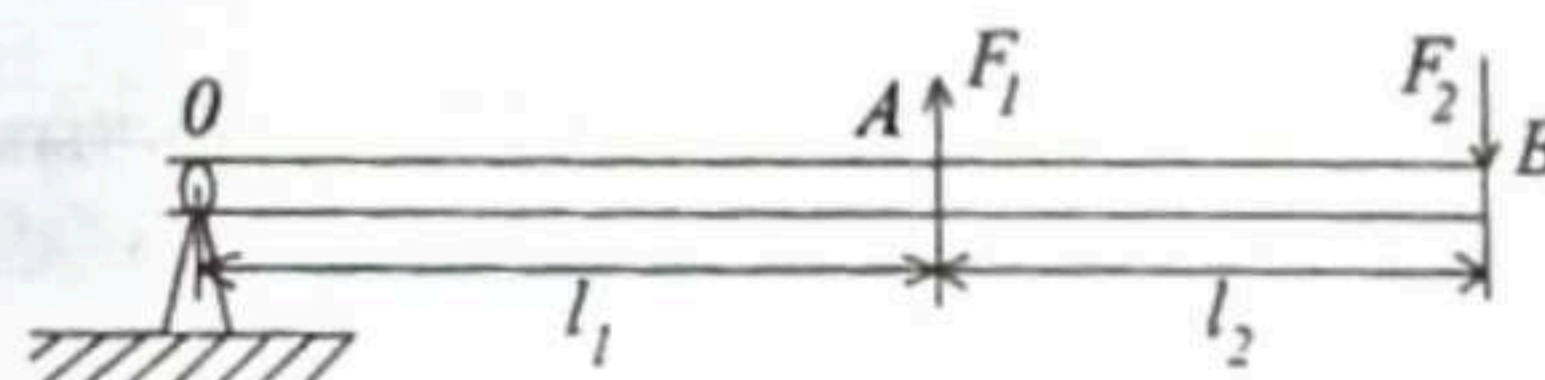
Айналу осі бар денелерді механикалық құралдар мен машиналарда күш ұтысын тудыру үшін пайдалануға болады. Мұндай денелерді **рычаг** деп атайды.

Екі иінді рычаг



OA	F_1 күшінің иіні
OB	F_2 күшінің иіні
l_1	OA иінінің ұзындығы
l_2	OB иінінің ұзындығы
F_1, F_2	әсер ететін күштер
$F_1 l_1 = F_2 l_2$	

Бір иінді рычаг



OA	F_1 күшінің иіні
OB	F_2 күшінің иіні
l_1	OA иінінің ұзындығы
l_2	AB иінінің ұзындығы
F_1, F_2	әсер ететін күштер
$F_1 l_1 = F_2 (l_2 + l_1)$	

1-мысал

Рычаг иіндері $l_1 = 2$ м, $l_2 = 3$ м. Осы рычагтың көмегімен массасы $m = 30$ кг жүкті көтеру үшін үлкен иіндікке түсірілген күш ($g = 10$ Н/кг)

- A) 100 Н
- B) 200 Н
- C) 450 Н
- D) 400 Н

Шешімі:

$$v = 54 \text{ км/сағ} = 15 \text{ м/с}$$

$$\rho = 1,5 \cdot 10^4 \text{ кг·м/с}$$

Белгісіз: m - ?

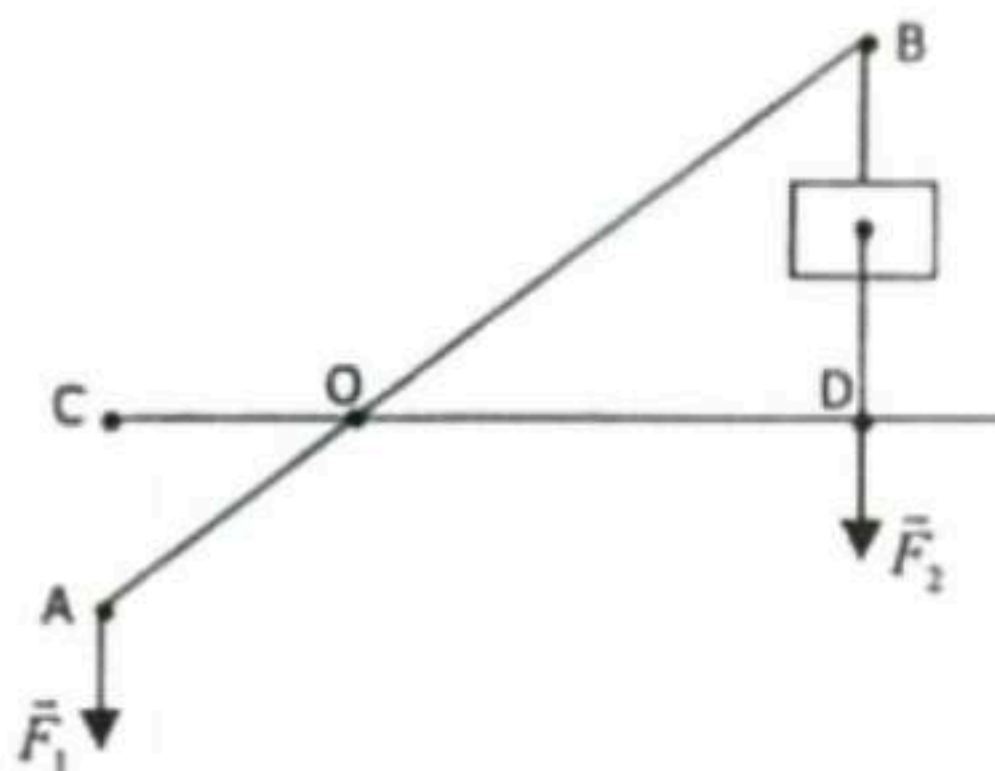
///////

$$F_1 l_1 = F_2 l_2 \Rightarrow F_1 = \frac{F_2 l_2}{l_1} = \frac{mg \cdot l_2}{l_1} = \frac{30 \cdot 10 \cdot 2}{3} = 200 \text{ Н}$$

Жауабы: 200 Н.

2-мысал

Айналу нүктесі O болатын рычагтың көмегімен жүкті көтереді. Жүк B нүктесіне бекітілген. A нүктесіне F_1 күшпен әсер етеді. Қай кесінді F_1 күшінің иіні болады?



- A) AB
- B) CO
- C) OD
- D) AO

Шешімі:

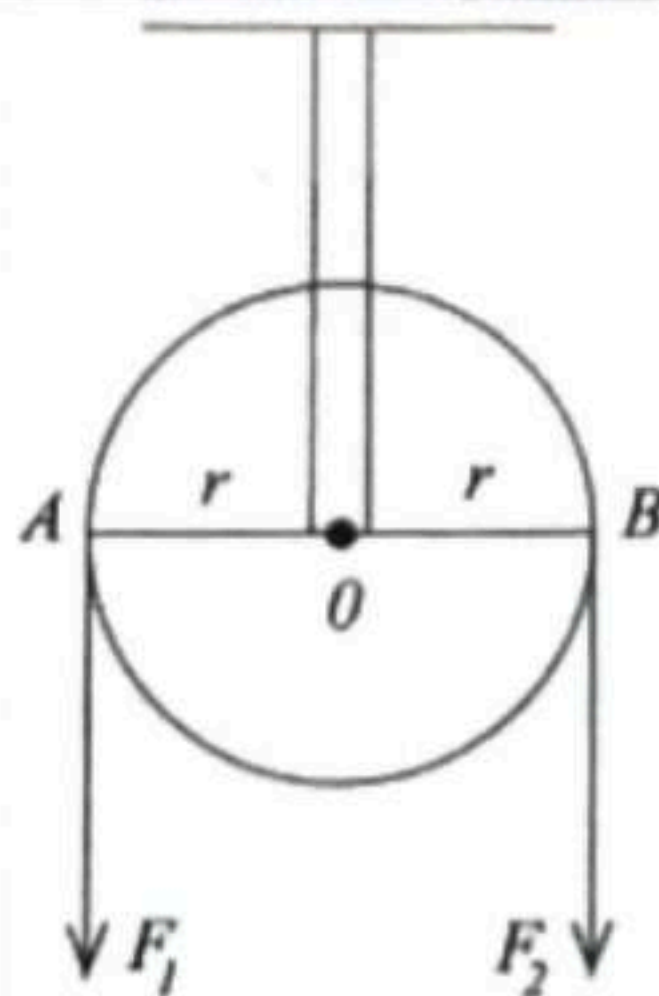
Күш иіні күштің өзіне перпендикуляр болуы керек, сондықтан графиктен (векторды тасымалдау ережесінен) CO аралығы F_1 күшінің иіні болады.

Жауабы: CO.

Блок

Егер оське орнатылған доңғалақ арқылы иілетін трос немесе жіп жіберсек, онда оны күштің әрекет бағытын өзгерту үшін немесе күш ұтысын тудыру үшін қолдануға болады. Егер доңғалақтың осі қозғалмайтын болса, оны қозғалмайтын блок, ал доңғалақтың осі қозғалса, қозғалатын блок деп атайды.

Жылжымайтын блок

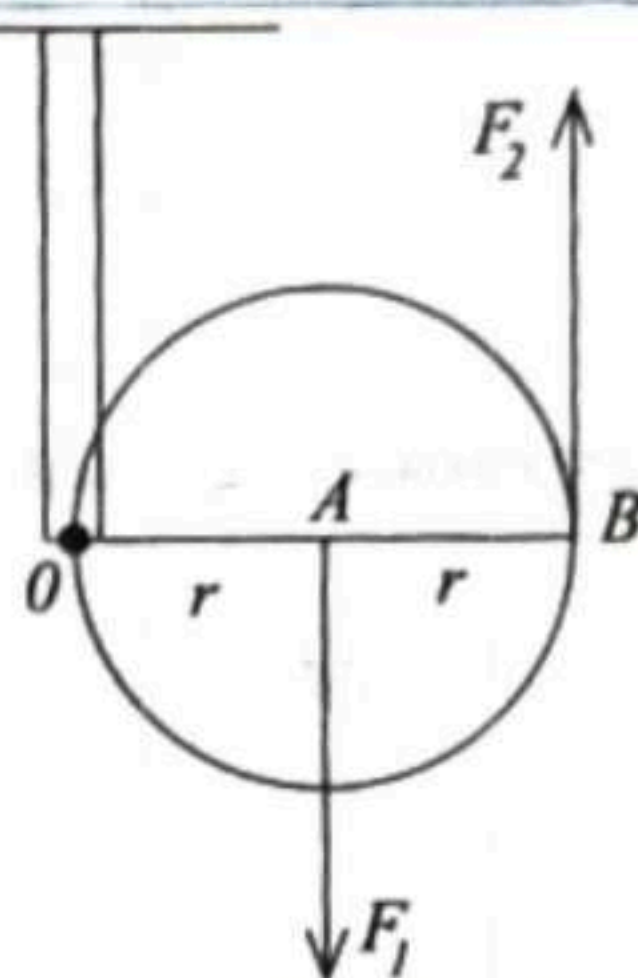


OA	F_1 күшінің иіні
OB	F_2 күшінің иіні
r	OA иінінің ұзындығы
r	OB иінінің ұзындығы
F_1, F_2	әсер ететін күштер

$$F_1 r \quad F_2 r$$

* жылжымайтын блок күштен ұтыс бермейді, бірақ күштің әсер бағытын өзгертеді.

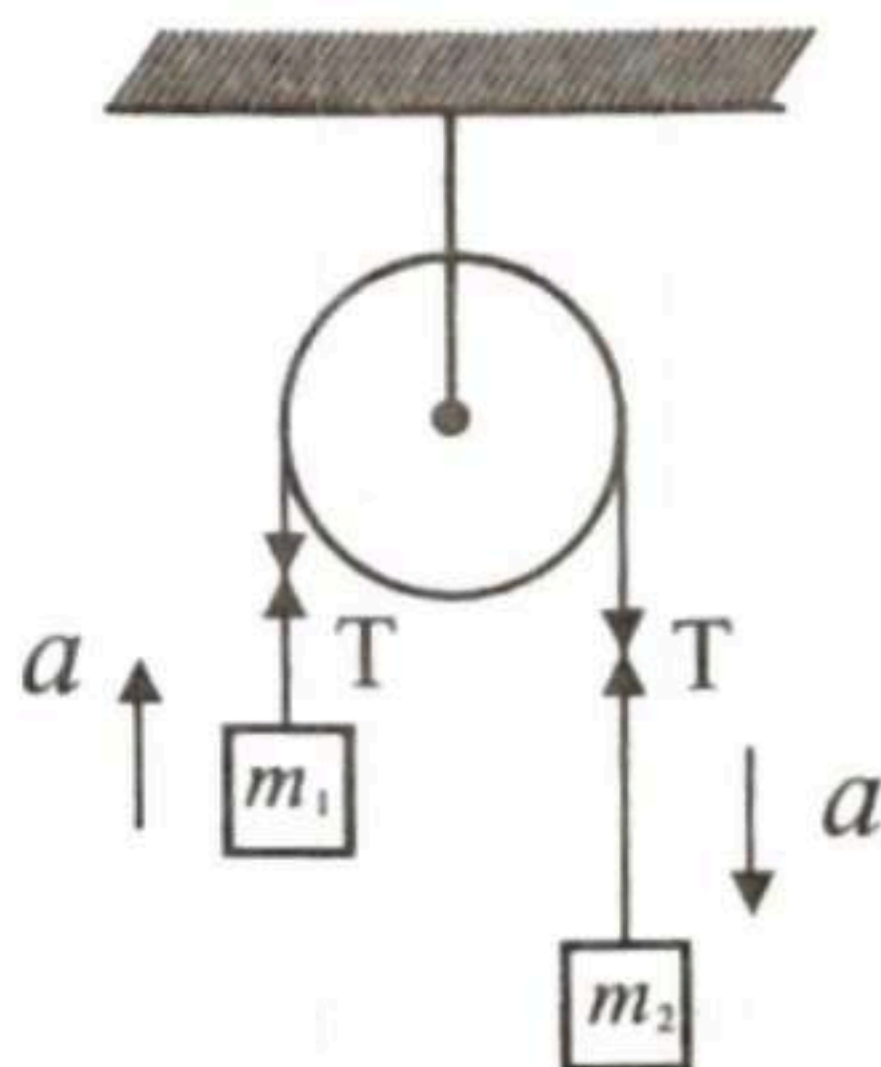
Жылжымалы блок



OA	F_1 күшінің иіні
OB	F_2 күшінің иіні
r	OA иінінің ұзындығы
$2r$	OB иінінің ұзындығы
F_1, F_2	әсер ететін күштер
$F_1 r = F_2 2r$	
* жылжымалы блок күштен 2 есе ұтыс береді және орын ауыстырудан есе ұтылыс береді	

Жылжымайтын блокқа ілінген жүктердің үдеуі a мен жіптің керілу күші T (жіптің салмағын және созылуын ескермеген жағдайда, $m_2 > m_1$):

$$a = \frac{(m_2 - m_1) g}{m_1 + m_2}, \quad T = \frac{2m_1 m_2 g}{m_1 + m_2}$$



3. АЙНАЛМАЛЫ ҚОЗҒАЛЫС

Инерция моменті

I инерция моменті – айналымалы қозғалыстағы қатты дененің инерттілігінің өлшемі.

$$I = mR^2$$

I	Инерция моменті (кг · м ²)
m	Масса (кг)
R	Шенбер радиусы (м)

Айналмалы қозғалыс үшін Ньютонның 2-заңы

$$M = I\varepsilon$$

M	Күш моменті (Н · м)
I	Инерция моменті (кг · м ²)
ε	Бұрыштық үдеу (рад/с ²)

Тангенциал үдеу мен бұрыштық үдеудің байланысы

$$a_t = \varepsilon R$$

a_t	Тангенциал үдеу (м · с ²)
ε	Бұрыштық үдеу (рад/с ²)
R	Шенбер радиусы (м)

Штейнер теоремасы

Егер дене үшін массалар центрі арқылы өтетін оське қатысты I_1 инерция моменті белгілі болса, онда центрлік оське параллель кез келген оське қатысты инерция моментін Штейнер формуласын қолданып, тапса болады:

$$I_2 = I_1 + md^2$$

Мұндағы d – массалар центрінен айналу осіне дейінгі арақашықтық.

Айналатын дененің кинетикалық энергиясы

$$W_{\text{aim}} = \frac{I\omega^2}{2}$$

Ілгерілемелі қозғалыспен қатар айналмалы қозғалыс жасайтын дененің кинетикалық энергиясы:

$$W = W_{\text{из}} + W_{\text{aim}} = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

W_{aim}	Айналмалы қозғалыстың энергиясы (Дж)
$W_{\text{из}}$	Ілгерілемелі қозғалыстың энергиясы (Дж)
ω	Бұрыштық жылдамдық (рад/с)

1-мысал

Массасы 0,5 кг дене радиусы 20 см шеңбер бойымен айналып жатыр. Егер дене жылдамдығын нөлден 1,5 м/с -қа өзгертсе, оның инерция моменті және бұрыштық жылдамдығы неге тең?

Шешімі:

$$m = 0,5 \text{ кг}$$

$$R = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$$

$$\Delta v = 1,5 \text{ м/с}$$

Белгісіз: ω -?

////////

$$I = mR^2 = 0,5 \cdot 0,2^2 = 0,5 \cdot 0,04 = 0,02 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \text{ ----- инерция моменті}$$

$$\Delta v = \Delta \omega R \text{ ----- Бұрыштық жылдамдығын табу үшін, кинематикадан}$$

$$\text{білетін формуланы қолдансақ болады} \Rightarrow \Delta \omega = \frac{\Delta v}{R} = \frac{1,5 - 0}{0,2} = 7,5 \text{ рад/с}$$

Жауабы: инерция моменті – 0,02 кг·м²; бұрыштық жылдамдық – 7,5 рад/с.

2-мысал

Қисықтық радиусы 10 м жолда массасы 2,5 т автокөлікті үдемелі қозғалысқа түсіретін күш моменті неге тең? Автокөліктің бұрыштық үдеуі 0,02 рад/с².

Шешімі:

$$R = 10 \text{ м}$$

$$m = 2,5 \text{ т} = 2500 \text{ кг}$$

$$a = 0,02 \text{ рад/с}^2$$

Белгісіз: M -?

////////

Күш моментін анықтау үшін " $M = I\varepsilon$ " формуласын қолдансақ болады. Бізге инерция моменті I жетіспейді, оны " $I = mR^2$ " арқылы өрнектеп алсақ болады:

$$M = I\varepsilon = mR^2 \varepsilon = 2500 \cdot 10^2 \cdot 0,02 = 5000 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Жауабы: 5000 Н·м.

3-мысал

5 рад/с бұрыштық жылдамдықпен айналу кезіндегі инерция моменті 10 кг·м² болатын дененің айналу қозғалысының кинетикалық энергиясы қандай?

Шешімі:

$$\text{Кеңес: } W_{\text{айн}} = \frac{I\omega^2}{2} \text{ формуласын қолданып, шығарыңыз.}$$

Жауабы: 125 Дж.