

Қарағанды техникалық университеті

*Дәріс барлық мамандыққа
арналған*

Дәріс тақырыбы: САҚТАЛУ ЗАҢДАРЫ



Физика кафедрасының аға оқытушысы,

физика магистрі: Копбалина Қ.Б.

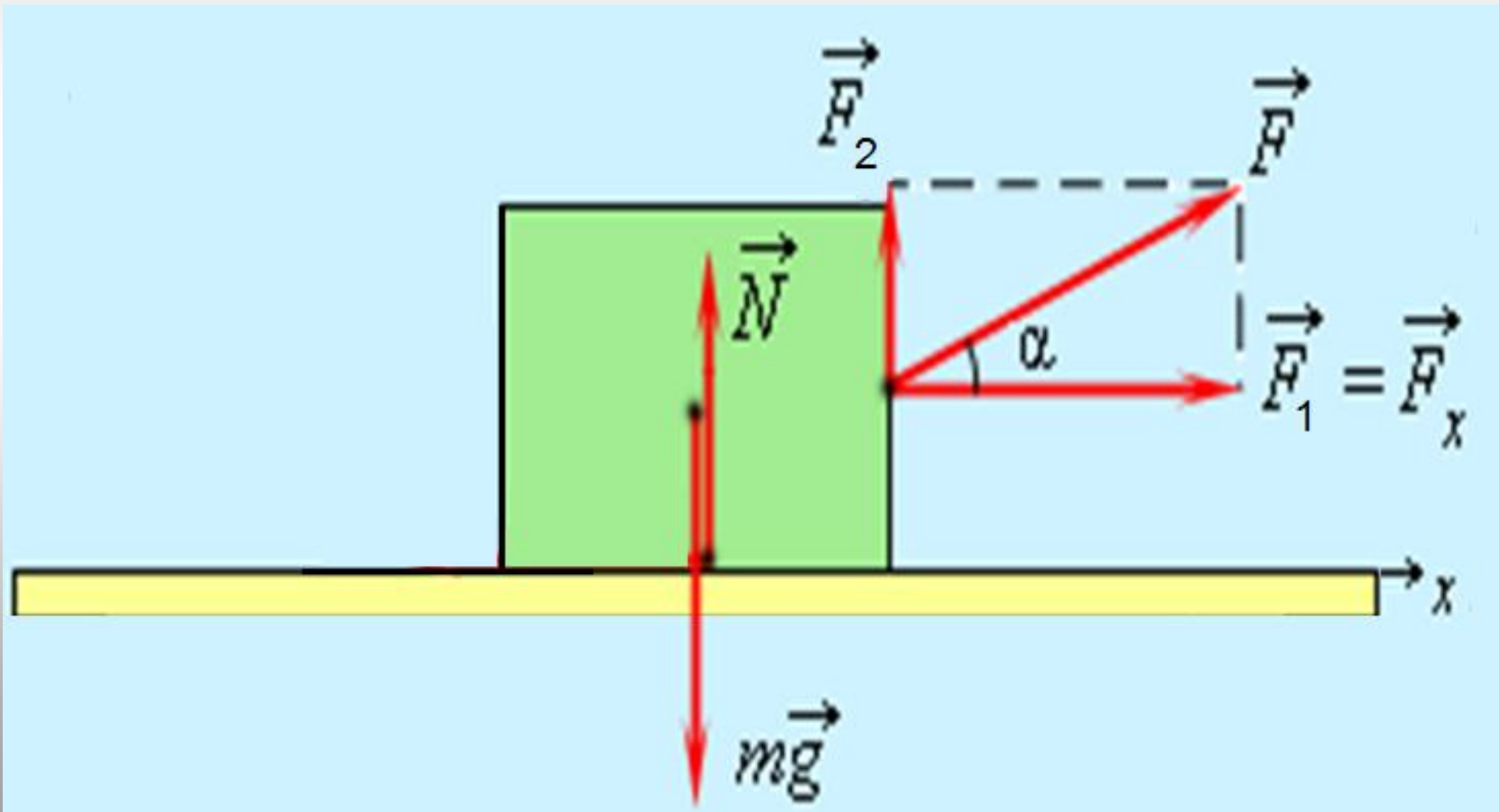
Дәріс жоспары

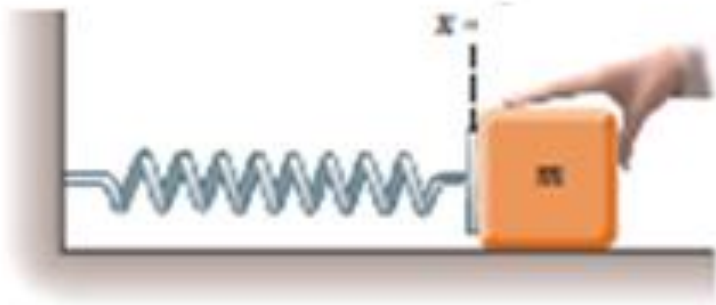
1. Механикалық жұмыс. Қуат
2. Механикалық энергия және оның түрлері.
3. Кинетикалық энергия. Потенциалдық энергия
4. Энергияның сақталу заңы
5. Қатты дененің қозғалысы. Күш моменті
6. Инерция моменті.
7. Штейнер теоремасы
8. Айналатын қатты дененің кинетикалық энергиясы
9. Импульс моменті және сақталу заңы

Механикалық жұмыс. Қуат

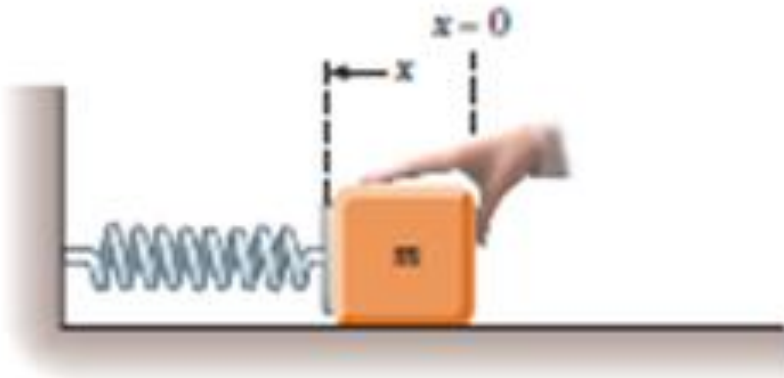
Жұмыс – дененің механикалық орын ауыстыруы

$$A = F \cdot S \cos \alpha$$



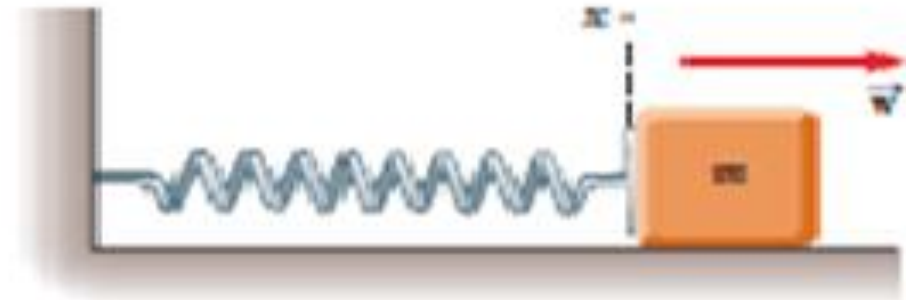


$$A = \frac{F}{2} \Delta x = \frac{k \Delta x}{2} \cdot \Delta x = \frac{k \Delta x^2}{2}.$$



Серпімділік күші денелердің деформациясы кезінде пайда болады.

Серіппенің орамдары орын ауыстырған кезде серпімділік күші жұмыс істейді.



Механизмнің уақыт бірлігінде істейтін жұмысын *қуат* дейді.

$$N_{\text{орт}} = \frac{\Delta A}{\Delta t};$$

$$\frac{\text{Дж}}{\text{с}} = 1 \text{Вт}.$$

$$N_{\text{лез.}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{\Delta A}{\Delta t} \right] = \frac{dA}{dt},$$

$$N = \frac{dA}{dt} = \frac{F \cdot dS}{dt} = F \frac{dS}{dt} = F \mathcal{V}.$$

Механикалық энергия және оның түрлері.

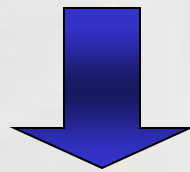
Энергия дегеніміз дененің жұмыс атқара алу қабілеті.

Материяның әр түрлі қозғалыстарымен энергияның әр түрлері байланысты.

Кинетикалық энергия

Кинетикалық энергия — қозғалыстағы денелердің энергиясы

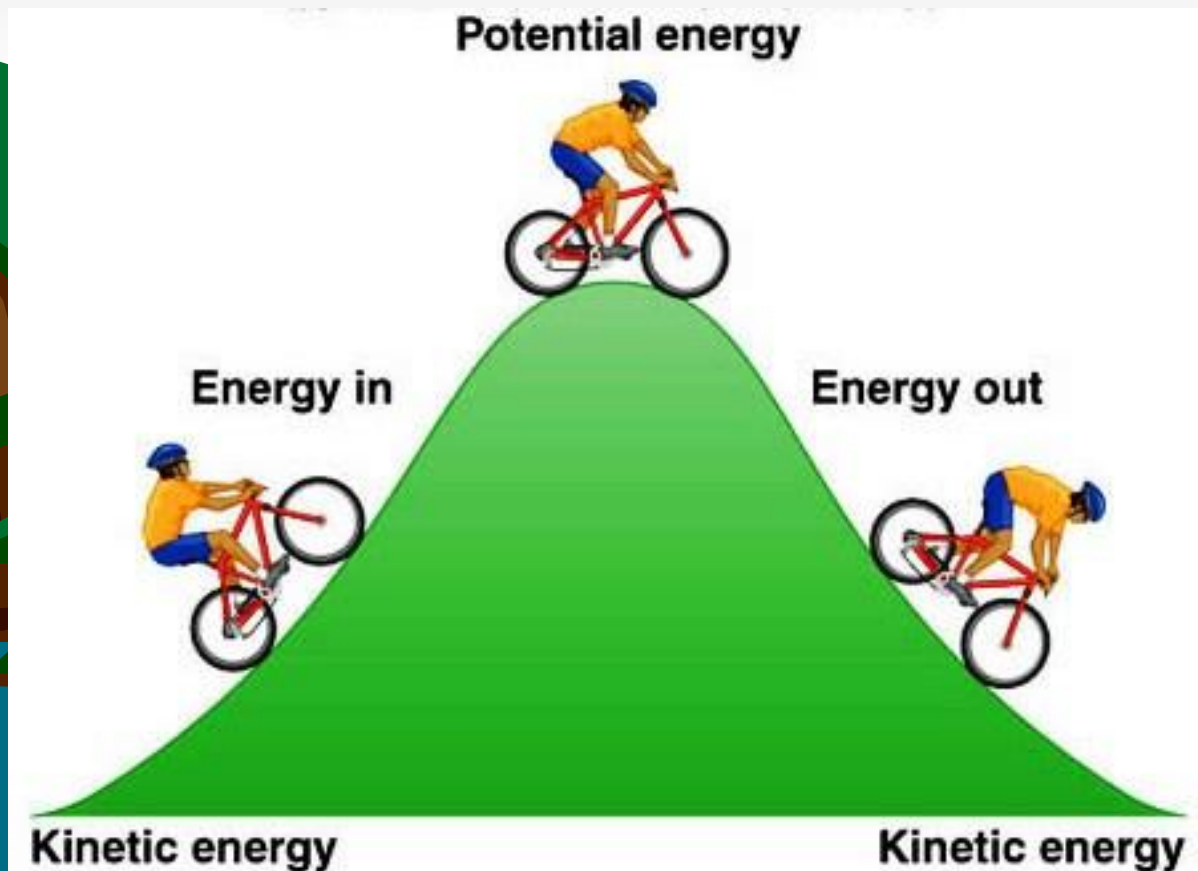
$$\begin{aligned}dA &= \vec{F} \cdot d\vec{r} = m\vec{a} \cdot d\vec{r} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot d\vec{r} = \\ &= m \frac{d\vec{r}}{dt} \cdot d\vec{v} = m\vec{v}d\vec{v} = m v dv\end{aligned}$$



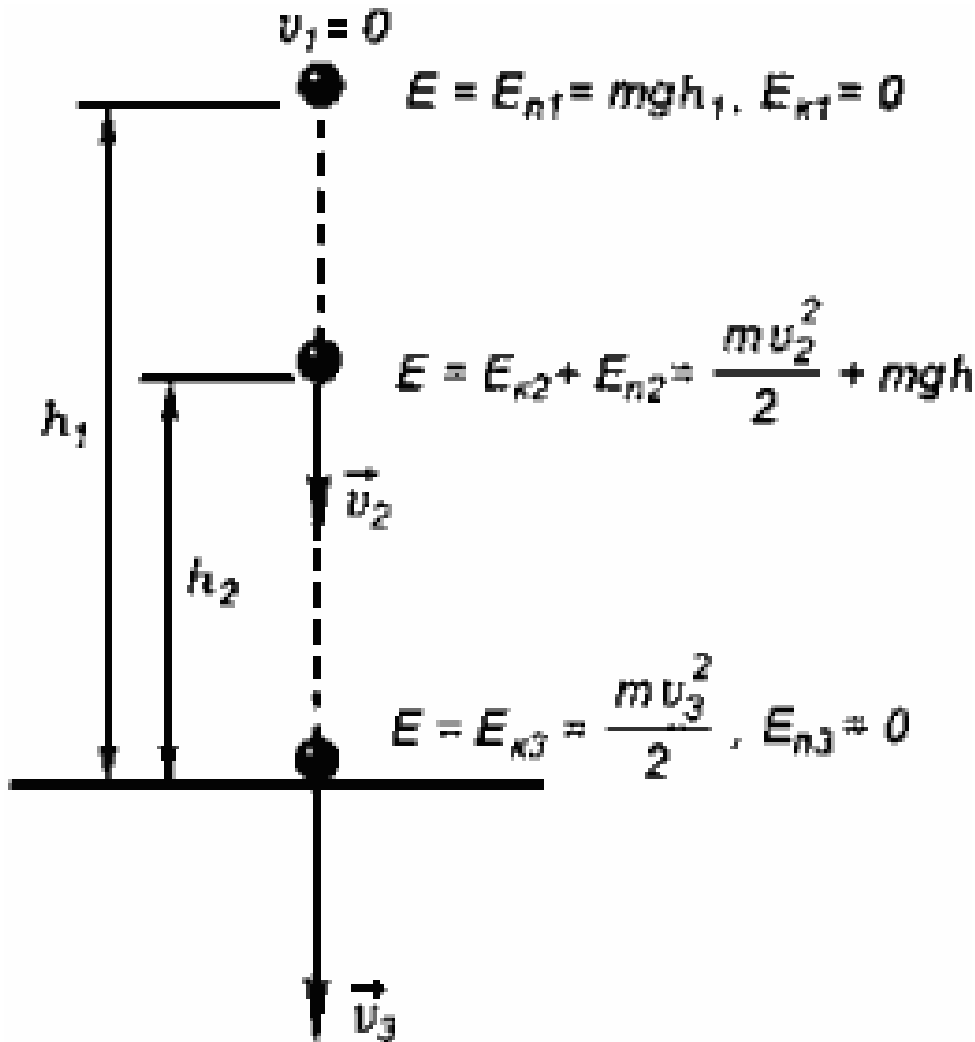
$$E_k = \sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta m_i \omega^2 r_i^2}{2} = \frac{\omega^2}{2} \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2$$

Потенциалдық энергия. Энергияның сақталу заңы

Потенциалдық энергия - дене бөлшектерінің өзара орналасуымен өзара әсерлесуі арқылы анықталатын энергия.



Энергия сақталу заңы



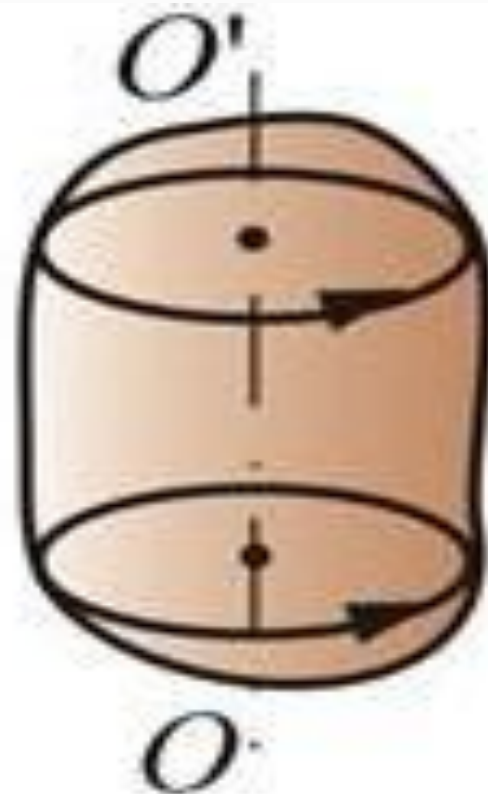
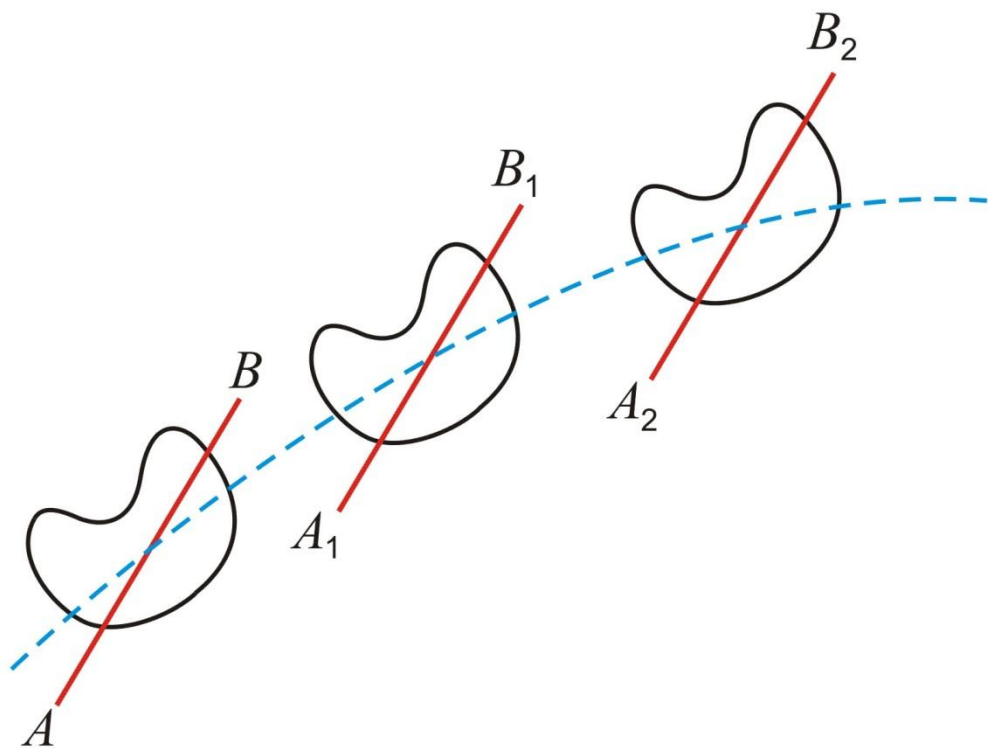
Денелердің потенциалдық және кинетикалық энергияларының қосындысын толық механикалық энергия деп атаймыз.

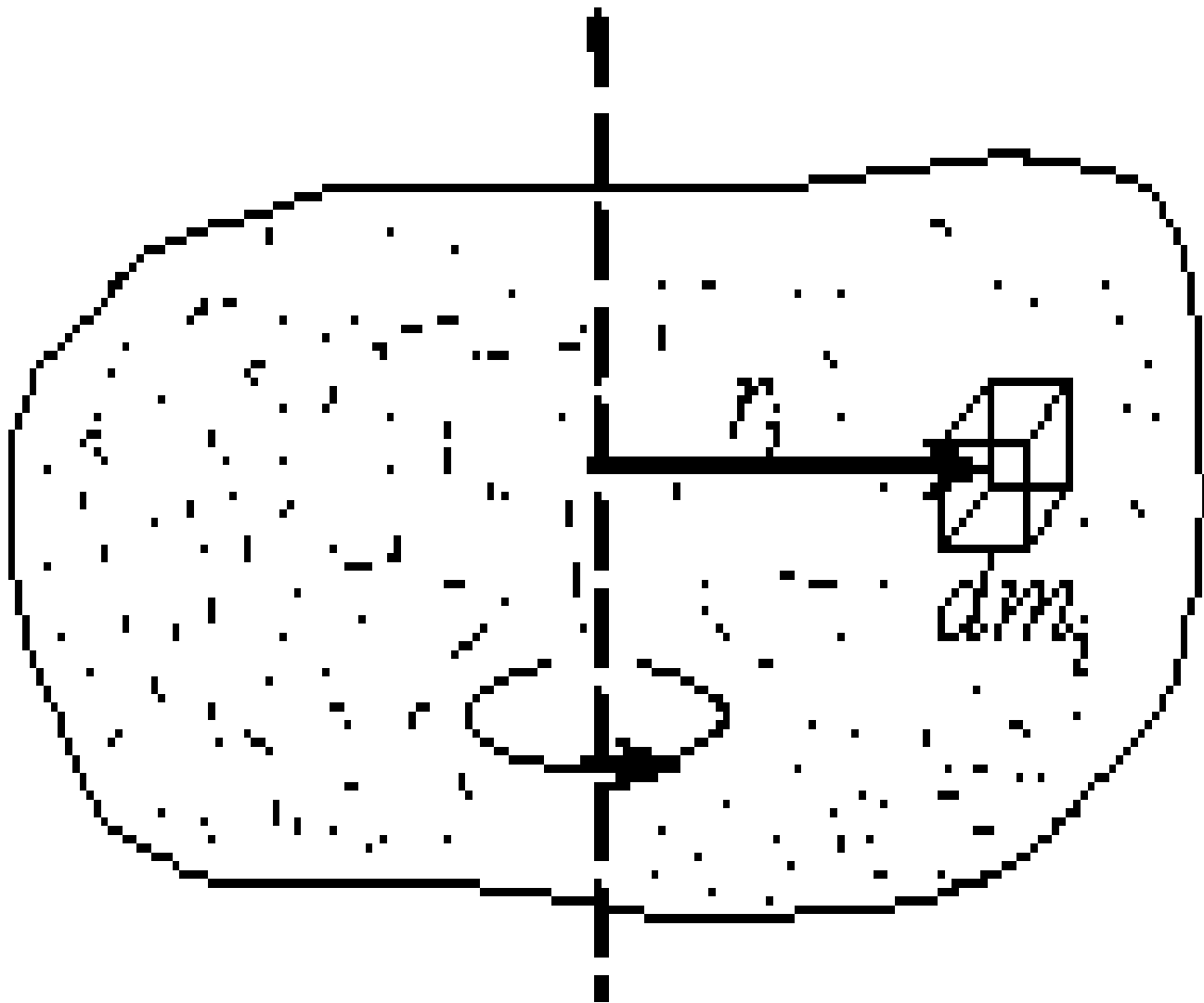
$$E = E_k + E_p = \text{const.}$$

Қатты дененің айналмалы қозғалысы. Күш моменті. Инерция моменті

Қатты дененің қозғалысы:

1. Ілгерілемелі; 2. Айналмалы

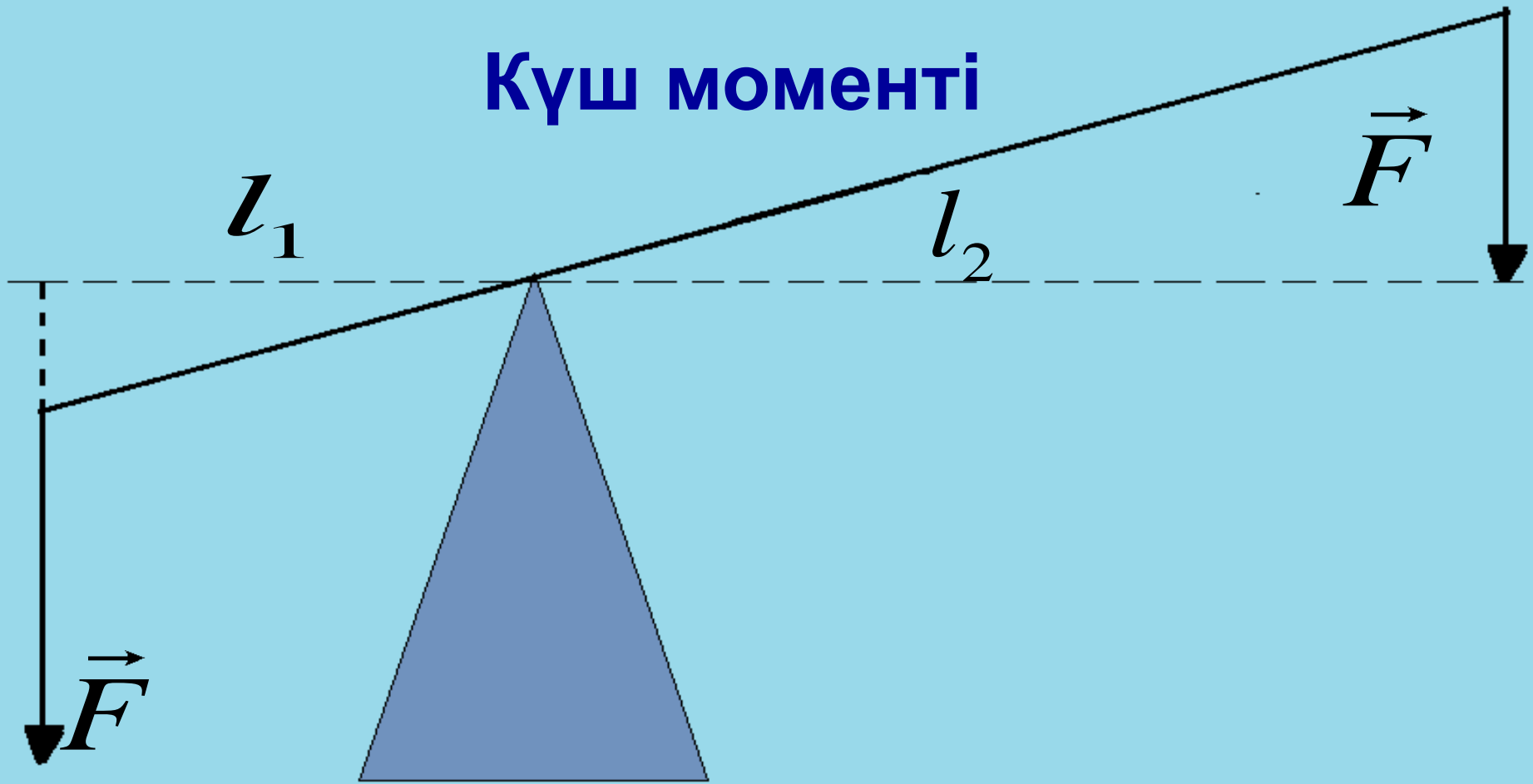




Статика - механикадағы күш әсерлерінен жүйелердің тепе-теңдік күйін зерттейтін механика бөлімі.

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$$

Күш моменті



$$\vec{F}_1 l_1 = \vec{F}_2 l_2.$$

l_1, l_2 - күш иіндері.

Күш иіні дегеніміз айналу осінен күштің бойында жатқан түзуге түсірілген перпендикулярдың ұзындығы.

$$\vec{M} = F_{xz} \cdot l$$

Қатты дененің кез келген элементар массасы үшін қозғалыс теңдеуін жазайық.

$$F = \Delta m_i a_i = \Delta m_i \varepsilon r_i \cdot l$$

Осы элементар масса үшін күш моменті $M_{\tau i} = F_{\tau} \cdot l_i$

F_{τ} күштің тек қана тангенстік құраушысы, яғни

$$\alpha = \pi / 2, \sin \alpha = 1.$$

Барлық дене үшін күш моменті

$$M = \sum_{i=1}^n F_{\tau} r_i = \sum_{i=1}^n r_i \Delta m \varepsilon r_i = \varepsilon \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2.$$

$$I = \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2, \quad \Delta I_i = \Delta m_i r_i^2,$$

$M = I \varepsilon$, айналмалы қозғалыс
динамикасының негізгі теңдеуі

$$\Delta E_i = \frac{\Delta m_i v_i^2}{2}, v_i = \omega r_i; \quad \Delta E_i = \frac{\Delta m_i \omega^2 r_i^2}{2}.$$

Барлық дененің кинетикалық энергиясы осы энергиялардың қосындысына тең болады.

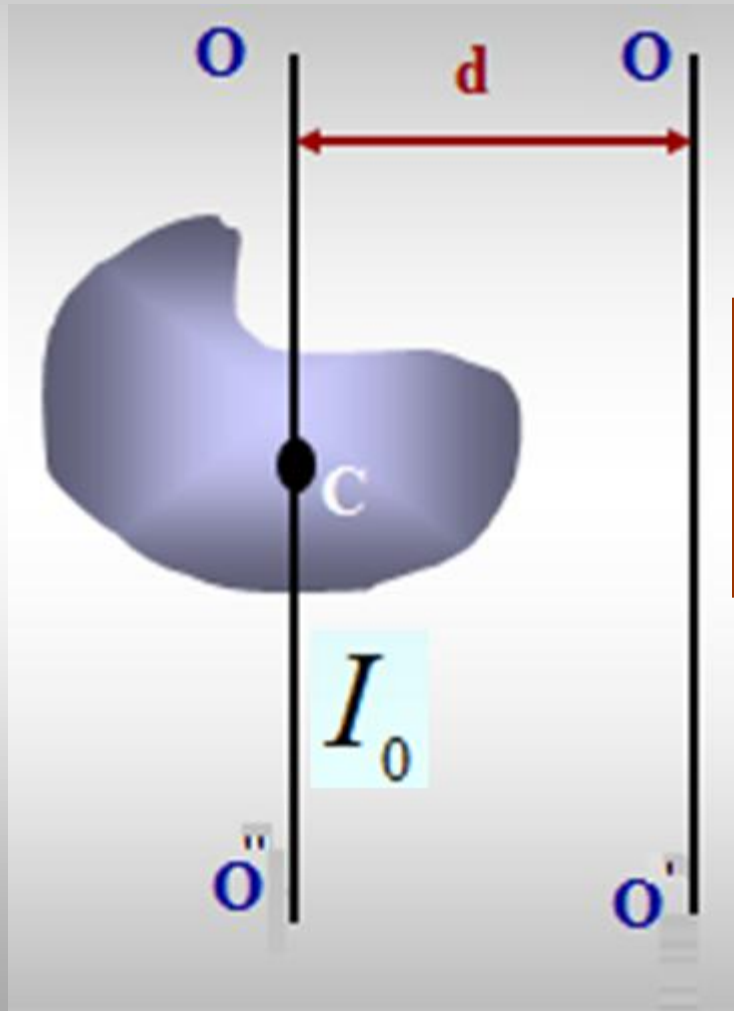
$$E_k = \sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta m_i \omega^2 r_i^2}{2} = \frac{\omega^2}{2} \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2,$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2 = I d^2;$$

$$E_k = \frac{I \omega^2}{2}.$$

бұл өрнек айналмалы қозғалыстағы дененің кинетикалық энергиясының формуласы.

Штейнер теоремасы

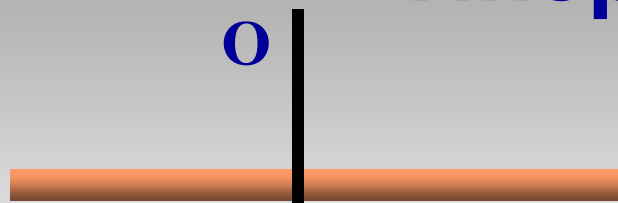


$$I = I_0 + md^2$$

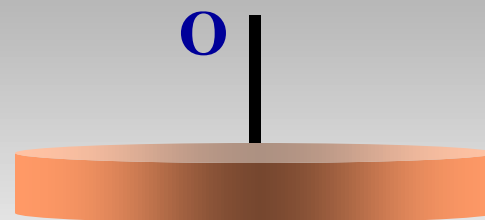
Егер дененің масса центрі арқылы өтетін оське тетін оське OO'' қатысты инерция моменті I_0 белгілі болса, онда дененің осы оське параллель кез келген оське OO' қатысты инерция моменті I алғашқы инерция моментіне I_0 дененің массасын осьтердің арақашықтығының квадратына көбейтіп қосқанға тең.

$$I = I_0 + md^2$$

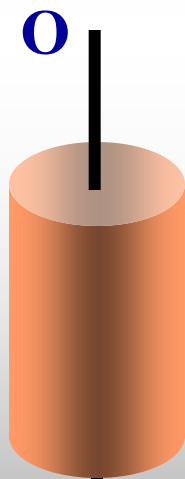
Инерция моменті



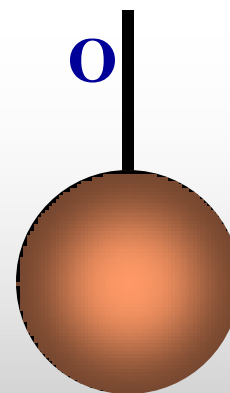
$$I = \frac{1}{12}ml^2$$



$$I = \frac{1}{2}mR^2$$



$$I = \frac{1}{2}mR^2$$



$$I = \frac{2}{5}mR^2$$

Ілгерілемелі қозғалыс

Айналмалы қозғалыс

Масса

m

Инерция моменті

J

Күш

F

Күш моменті

M

Импульс

$P=mv$

Импульс моменті

$L=J\omega$

Динамиканың негізгі
заңы

$F=ma$

Динамиканың негізгі
заңы

$M=J\varepsilon$

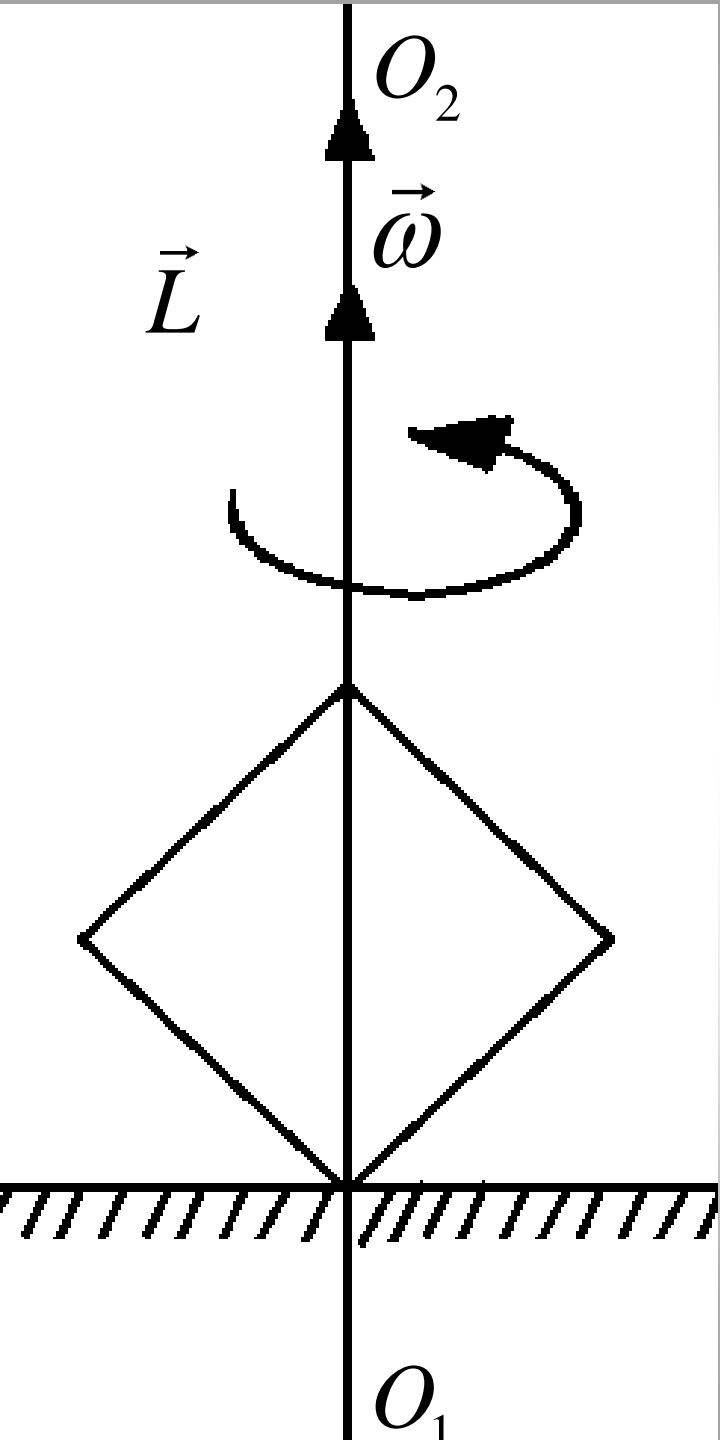
$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

$$\frac{dL}{dt} = M$$

Айналмалы қозғалыс кезіндегі жұмыс пен энергия

Егер дене массалар центрі арқылы өтетін оське қатысты айналатын болса және параллель орын ауыстырса, онда дененің толық кинентикалық энергиясын мына түрде көрсетуге болады:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$



$$\vec{L} = [\vec{r}P] \text{ немесе } \vec{L} = \sum_{i=1}^n [\vec{r}_i \Delta m_i \vec{v}_i]$$

$$\vec{v}_i = [\vec{\omega} \cdot \vec{r}_i] \text{ екенін ескерсек}$$

$$\vec{L} = \sum_{i=1} [\vec{r}_i \Delta m_i \vec{v}_i] = \vec{\omega} \sum \Delta m_i r_i^2$$

$$I = \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2$$

болғандықтан $\vec{L} = I \vec{\omega}$.

Мысалы, бекітілген ось бойынша айналғанда бұрыштық үдеу екенін $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$ ескерсек онда күш моментін былай жазамыз:

$$M = I \frac{d\omega}{dt} = \frac{d(I\omega)}{dt}$$

немесе

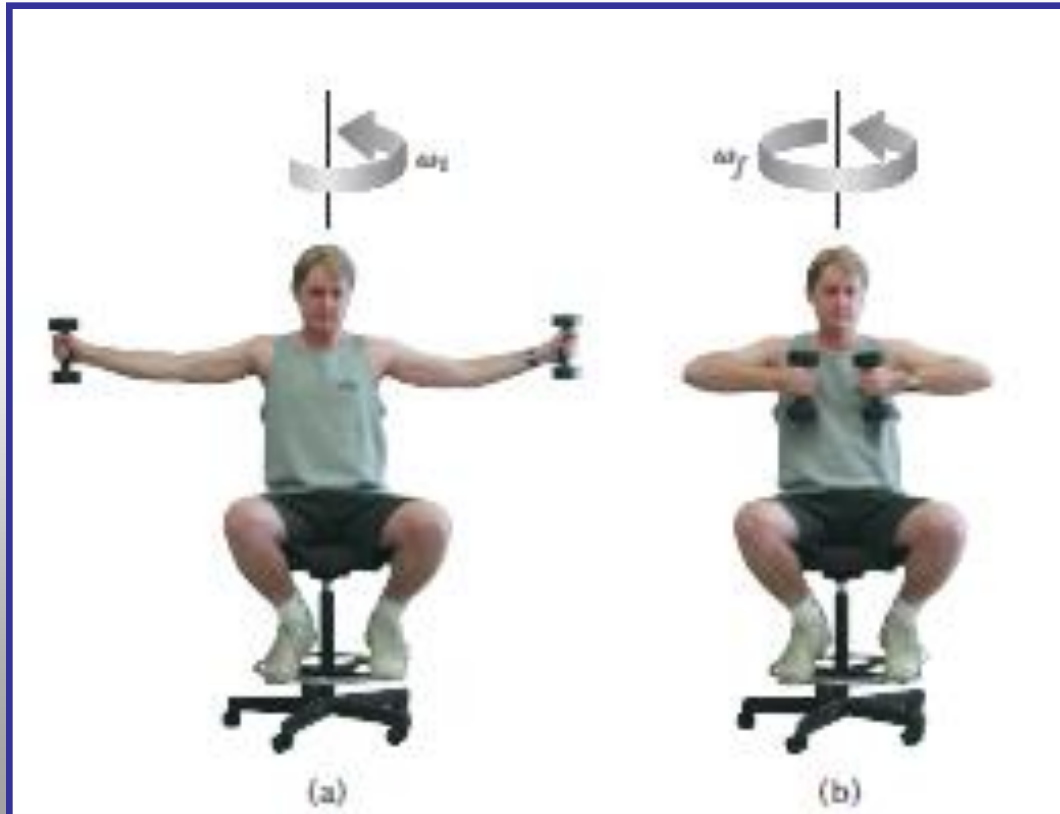
$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

бұл **моменттер теңдеуі** деп аталады. Бұл теңдеуден сыртқы күштер моменті $\vec{M} = \vec{0}$ тең болса, импульс моментінің $\frac{d\vec{L}}{dt} = 0$ тұрақты болатынын анықтаймыз.



$$\vec{L} = \text{const.}$$

Енді конькиші аяқ қолын жинап алса оның бұрштық жылдамдығы күрт өскенін байқаймыз, яғни $M \approx 0$ болғанда $I_1 \omega_1^2 = I_2 \omega_2^2$ екені белгілі. Конькиші аяқ қолын жинап алғанда оның инерция моменті $I_2 > I_1$ азаяды, ал бұрыштық жылдамдығы $\omega_2 > \omega_1$ өседі.



Зырылдауық сыртқы күштің әсерінен біраз бұрыштық жылдамдық алғаннан кейін күштің әсерін тоқтатсақ, үйкеліс күші өте аз деп есептесек, онда зырылдауыққа әсер ететін күш моменті нөлге тең.

$$\vec{M} = 0, \vec{L} = I\vec{\omega} = \text{const}.$$

I — зырылдауықтың масса центрінен өтетін оське қатынасты инерция моменті тұрақты.

$$\vec{\omega} = \text{const}$$

бұдан біз импульс моментінің $|\vec{L}| = I\omega$ модулі тұрақты екенін анықтаймыз, олай болса \vec{L} векторының бағыты да тұрақты.

$$\vec{M} = 0, \vec{L} = I\vec{\omega} = \text{const}$$

теңдеу бойынша векторының бағыты бұрыштық жылдамдығы векторына бағыттас. Бұрыштық жылдамдық векторы айналу осінің бойында жатады.

Бақылау сұрақтары

- Механикалық жұмыс неге тең?
- Дененің кинетикалық энергиясы неге тең?
- Потенциалдық энергия немен анықталады?
Ауырлық күш өрісіндегі дененің потенциалдық энергиясы.
- Потенциалдық энергия немен анықталады? Серпімді қысылған серіппенің потенциалдық энергиясы.
- Механикалық энергия деп нені айтады.
- Қозғалмайтын нүтеге қатысты күш моменті деп нені айтады? Күш моментінің векторы қалай бағытталған? Өлшембірлігі.
- Күш иіні деп нені айтады?

- Қозғалмайтын өске қатысты күш моменті деп нені айтады?
- Қос күш деп нені айтады? Қос күштің моменті неге тен?
- Қозғалмайтын нүктеге байланысты бөлшектің импульс моменті деп нені айтады? Импульс моментінің векторы қалай бағытталған?
- Қозғалмайтын өске қатысты импульс моменті деп нені айтады?
- Дененің инерция моменті деп нені айтады?
- Айналу өсіне қатысты материалдық нүктенің инерция моменті. Айналу өсіне қатысты дененің инерция моменті.
- Штейнер теоремасы.
- Айналымды қозғалыс динамикасының негізгі теңдеуі.
- Айналыстағы дененің кинетикалық энергиясы.
- Ілгерлемелі және айналымды қозғалыстардың арасындардағы ұқсастығы.

Негізгі әдебиеттер

- 1. Савельев И.В. Жалпы физика курсы. 1 том. Алматы, 2010– 505 б.
- 2 Савельев И.В. Жалпы физика курсы. 2 том. Алматы. 2010, 429 б.
- 3. Трофимова Т.И. Физика курсы: ЖОО-лар үшін оқу құралы, 15 басылымы., М: ”Академия” баспа орталығы , 2011. – 482 бет.
- 4. Волькенштейн В.С. Жалпы физика курсының есептер жинағы. М: “Мектеп” баспа орталығы. 2009 ж. 486 бет.
- 5. Савельев И.В. Курс физики в 3-х томах. – М.: Наука, 2010. – 1 т, 2 т.
- 6. Койшибаев Н. Механика, 1 том, Алматы 2005 ж, 494 бет
- 7. Бижігітов Т. Жалпы физика курсы, Алматы 2013, 889 б.
- 8. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики для вузов. – М.: Оникс 21 век, 2007 – 384 с.
- 9. Савельев И.В. Жалпы физика курсы 3 том, Карағанды -2012, 324 б
- 10. Трофимова Т.И. Курс физики. – М.: АСADEMIА, 2007. – 558 с.

Көңіл аударғандарыңызға рахмет!