

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

«ФИЗИКА» КАФЕДРАСИ

Эрназаров Ш.Н.

5 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

ТЕБРАНМА ҲАРАКАТ ҚОНУНЛАРИНИ ЎРГАНИШ

Тошкент – 2009 йил

5 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ ТЕБРАНМА ҲАРАКАТ ҚОНУНЛАРИНИ ЎРГАНИШ

Ишнинг мақсади: физик ва математик маятникларни тебранма ҳаракатга келтириш билан физик маятникнинг инерция моментини ва математик маятник ёрдамида жисмларнинг эркин тушиш тезланишини аниқлаш.

Керакли асбоб ва буюмлар: секундомер, чизғич, штангенциркуль.

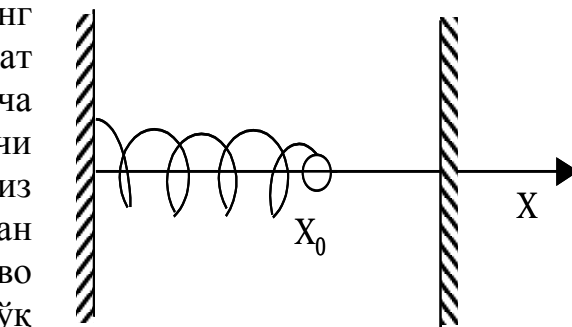
НАЗАРИЙ ҚИСМ

Ўзининг маълум даражада такрорланувчанлиги билан фарқ қилувчи ҳаракатларга тебранма ҳаракатлар дейилади.

Тебранма ҳаракатларга мисол қилиб, соат маятникнинг ҳаракати, чолғу асбобидаги торнинг тебраниши, тебраниш контуридаги ток кучининг вақт ўтиб бориши билан ўзгариши ва бошқаларни келтириш мумкин.

Ушбу лаборатория ишида фақат механик тебранма ҳаракатлар ҳақида сўз юритилади. Фараз қилайлик, 12-расмда кўрсатилганидек икки девор орасидаги стерженга шарча ўрнатилган бўлиб, шарча ўз навбатида пружина орқали деворга боғланган бўлсин.

Шарчанинг мувозанат вазиятини X ўқининг X_0 нуқтасида деб олайлик. Агар шарчани мувозанат вазиятидан бирор масофага силжитиб, сўнгра қўйиб юборсак, шарча ўзининг мувозанат вазиятига нисбатан гоҳ бир томонга, гоҳ иккинчи томонга силжиб тебранма ҳаракатда иштирок эта бошлайди. Бу ҳаракатни формула тарзида ҳам ифодалаш мумкин. Умуман, механик тебранма ҳаракат формуласи деганда тебранма ҳаракатда иштирок этаётган жисмнинг исталган вақтда ўзининг мувозанат вазиятидан қайси томонга ва қанча масофага силжиганлигини ифодаловчи математик тенгламани тушунамиз. Биз кузатаётган ҳаракатда шарча билан стержен орасида ва шарча билан ҳаво орасида қаршилик кучлари мутлақо йўқ деб фараз қилсак, содир бўлган тебранма ҳаракат формуласини қуйидагича



12-расм

ёзиш мумкин:

$$x = A \cdot \cos(\omega t + \alpha) \quad (1)$$

Бунда x -шарчанинг исталган вақтдаги силжиш масофаси, A -силжиш масофасининг энг катта қиймати-тебраниш амплитудаси, ω - тебранишнинг доиравий частотаси, t -вақт ва α -тебранишнинг бошланғич фазаси.

Кузатилаётган физик катталиқнинг қиймати (мисол учун шарчанинг мувозанат вазиятидан силжиш масофаси, маятникнинг оғиш бурчаги ва

хоказо) вақт ўтиши билан синусоида ёки косинусоида қонуни асосида ўзгариб турса, бундай ҳаракатга тебранма ҳаракат деб аталади.

Тебранма ҳаракатни характерлаш учун яна қуйидаги физик катталиклардан фойдаланилади. Т-тебраниш даври, бу катталик тебранма ҳаракатда иштирок этаётган жимснинг бир марта тўла тебраниши учун кетган вақтни ифодалайди. ν-тебраниш частотаси бўлиб, бир секунд вақт оралигида тўла тебранишлар сонини кўрсатади.

1 - машқ

Физик маятникнинг инерция моментини аниқлаш

Инерция марказидан ўтмайдиган горизонтал ўқ атрофида оғирлик кучи таъсирида тебрана оладиган қаттиқ жисмга физик маятник дейилади (13-расм). О-маятникнинг осилиш нуқтаси, С-инерция маркази, ОС - маятник инерция маркази билан осилиш нуқтаси орасидаги масофа бўлиб, одатда физик маятник елкаси дейилади.

Маятникни бирор бурчакка оғдирилса, уни мувозанат вазиятга келтирувчи оғирлик кучининг моменти қуйидагича аниқланади:

$$M = -mg\ell \sin\varphi \quad (2)$$

(2) ифодадаги минус ишора куч моментининг таъсири оғиш бурчаги йўналишига қарама-қарши эканлигини кўрсатади.

Маятникнинг осилиш ўқиға нисбатан инерция моментини I десак, қаттиқ жисмнинг айланма ҳаракат динамикасининг асосий тенгламасига кўра, қуйидаги тенгликни ёза оламиз:

$$I\varepsilon = -mg\ell \sin\varphi \quad \text{бундан} \quad \varepsilon = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \varphi''$$

$$\text{эканини хисобга олсак,} \quad I\varphi'' = -mg\ell \sin\varphi \quad (3)$$

$$\text{бундан} \quad \varphi'' + \frac{mg\ell}{I} \sin\varphi = 0 \quad (4)$$

кўринишдаги иккинчи тартибли бир жинсли дифференциал тенгламани ҳосил қиламиз.

Оғиш бурчаги кичик бўлган ҳолларда $\sin\varphi \approx \varphi$ дейиш мумкин. Натижада (4) тенглама қуйидаги кўринишга келади:

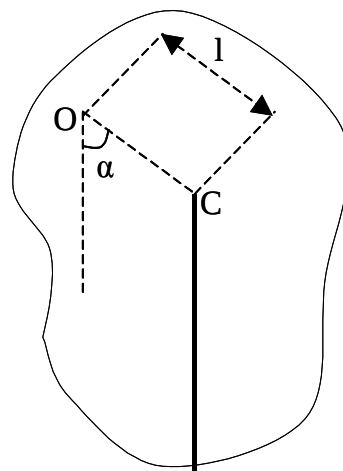
$$\varphi'' + \frac{mg\ell}{I} \varphi = 0 \quad (5)$$

(5) формулага қуйидагича

$$\frac{mg\ell}{I} = \omega_0^2 \quad (6)$$

белгилаш киритайлик. У ҳолда (5) тенглама қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\varphi'' + \omega_0^2 \varphi = 0 \quad (7)$$



13-расм

Бу гармоник тебранма ҳаракатнинг дифференциал тенгламаси бўлиб, унинг ечими $\varphi = \varphi_0 \sin(\omega_0 t + \alpha + \frac{\pi}{2})$ ёки $\varphi = \varphi_0 \cos(\omega t + \alpha)$ (8) шаклда ёзилади

Демак, оғиш бурчаги кичик қийматга эга бўлганда физик маятникнинг ҳаракати гармоник тебранма ҳаракатдан иборат бўлиб, бурилиш бурчагининг катталиги вақт ўтиши билан синусоида ёки косинусоида қонунияти асосида ўзгариб турар экан. (6) ифодага асосан физик маятникнинг тебраниш даври қуйидагича бўлади:

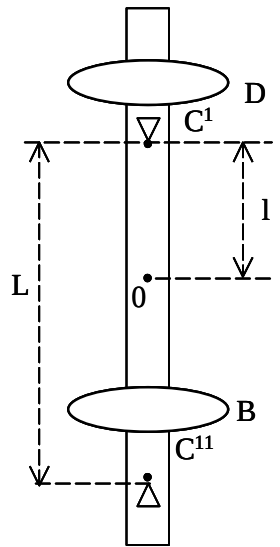
$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mg\ell}} \quad (9)$$

бўлади. Бу тажрибада кузатиладиган физик маятник 14-расмда кўрсатилган.

Физик маятник стерженга ўрнатилган Д ва В дисклардан, С' ва С'' призмалардан тузилган. У кронштейннинг илпич жойига осиб қўйилган. Таянч призмалар С' ва С'' орасидаги масофани L билан белгилаймиз. Бу катталиқка асосан маятник елкасини қуйидагича аниқлаймиз. Маятникнинг бир ҳолатдаги тебраниш даврини T_1 , бу ҳолатга нисбатан маятник елкасини ℓ десак, (9) формулага биноан унинг инерция моменти қуйидагича бўлади:

$$I_1 = \frac{T_1^2}{4\pi^2} mg\ell \quad (10)$$

Агар маятникни тўнкарсак, физик маятникнинг инерция марказидан таянчгача (айланиш ўқиғача) бўлган масофа (елка) ва тебраниш даври ўзгаради. Бу елгага нисбатан унинг тебраниш даврини T_2 дейлик. У ҳолда унинг инерция моментини қуйидаги ифодадан аниқлаймиз:



14 - расм

$$I_2 = \frac{T_2^2}{4\pi^2} mg(L - \ell) \quad (11)$$

Айланиш ўқлари параллел кўчирилганда Штейнер теоремасига кўра, маятникнинг биринчи ва иккинчи ҳолатлардаги инерция моментларини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$I_1 = I_0 + m\ell^2 \quad (12)$$

$$I_2 = I_0 + m(L - \ell)^2 \quad (13)$$

Бунда I_0 - физик маятникнинг инерция марказидан ўтган горизонтал ўққа нисбатан инерция моменти. (13) ифодадан (12) ифодани айирамиз, у қуйидагича бўлади:

$$I_2 - I_1 = mL(L - 2\ell) \quad (14)$$

ва бу ифодага (10) ва (11) ифодадаги I_1, I_2 ларнинг қийматларини

келтириб қўйсак $\frac{1}{4\pi^2} mg[(L - \ell)T_2^2 - \ell T_1^2] = mL(L - 2\ell)$

шаклдаги тенглик ҳосил бўлади. Бундан биринчи таянч нуқтадаги маятникнинг инерция марказигача бўлган масофа, яъни физик маятникнинг елкаси қуйидаги ифодага тенг экани келиб чиқади:

$$\ell = \frac{4\pi^2 L^2 - gLT_2^2}{8\pi^2 L - g(T_2^2 - T_1^2)} \quad (15)$$

Тажрибада маятникнинг икки тебраниш ҳолатига нисбатан тебраниш давлари T_1 ва T_2 ларни аниқлаб (15) ифодадан маятникнинг елкаси ҳисобланади. Сўнг (10) ва (11) формулалардан маятникнинг икки ҳолатлари учун инерция моментлари I_1 ва I_2 лар аниқланади.

1 – машқда ишни бажариш тартиби

1. Маятникни C' призма орқали осиб, уни мувозанат вазиятдан $4-5^\circ$ га оғдирилади. Сўнг секундомер ёрдамида 50 марта тебраниш учун кетган вақт топилиб $T_1 = \frac{t_1}{n_1}$ ифодадан тебраниш даври аниқланади.

2. Маятникни тўнкариб (ағдариб) унинг тебраниш даври иккинчи C'' таянчга нисбатан аниқланади. Икки таянч орасидаги масофа $L=0,73$ м.

3. (15) формуладан бир таянч нуқтадан инерция марказигача бўлган масофа (маятник елкаси) аниқланади.

4. (10) ва (11) формулалардан физик маятникнинг икки ҳолати учун инерция моменти аниқланади.

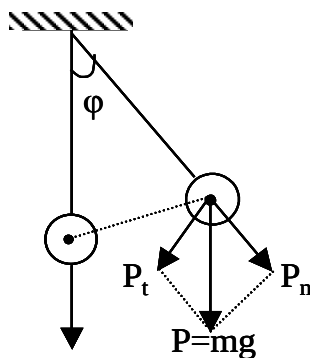
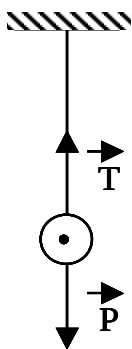
Ўлчаш ва ҳисоблаш натижалари қуйидаги жадвалга ёзилади.

№	n	t_1 с	T_1 с	$\langle T_1 \rangle$ с	$\langle T_1^2 \rangle$ с	n_2	T_2 с	T_2 с	$\langle T_2 \rangle$ с	$\langle T_2^2 \rangle$ с	ℓ м	L м	I_1	I_2
1														
2														
3														
4														

2 - машқ

Математик маятник ёрдамида жисмларнинг эркин тушиш тезланишини аниқлаш

Чўзилмайдиган, вазнсиз ип ва унга осилган шарсимон жисмдан иборат системага математик маятник дейилади. Келтирилган таъриф идеаллаштирилган таърифдир. Чунки табиатда вазнга эга бўлмаган ва куч таъсирида чўзилмайдиган ипни топиш мумкин эмас. Шунингдек, ҳар қандай жисм массаси чекли ҳажмда маълум қонуният асосида тақсимланади. Лекин, амалда, узун ингичка ипга осилган кичик ҳажмдаги оғирроқ шарчадан иборат системани математик маятник деб олиш мумкин. Агар математик маятникни мувозанат вазиятидан чиқарилса, у оғирлик кучининг P_t ташкил этувчиси таъсирида ўзининг мувозанат вазиятига интилади (15-расм).



15-расм

Юқоридаги физик маятникка татбиқ этилган амалларни (2,8-формулар) математик маятникка қўлласак, оғиш бурчаги кичик бўлганда математик маятник ҳаракати ҳам гармоник тебранишдан иборат эканини аниқлаймиз, яъни:

$$\varphi = \varphi_0 \cos(\omega t + \alpha) \quad (16)$$

Математик маятникнинг айланиш марказига нисбатан инерция моменти эканини эътиборга олсак, (9) ифодадан фойдаланиб, математик маятникнинг тўла тебраниш даври учун қуйидаги формулани ҳосил қиламиз:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad (17)$$

Демак, математик маятник физик маятникнинг хусусий ҳоли экан. Юқоридаги (17) ифодадан математик маятникнинг тебраниш даври маятник узунлиги ва эркин тушиш тезланишига боғлиқ бўлиб, тебраниш амплитудаси ҳамда шарча массасига боғлиқ эмаслигини кўрамиз. (17) ифодадан эркин тушиш тезланиш учун қуйидаги формулани келтириб чиқарамиз:

$$g = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2} \quad (18)$$

Бунда $\ell = \ell_0 + \frac{d}{2}$ бўлиб, ℓ_0 - ипнинг узунлиги, d - шарчанинг диаметри.

2-машқда ишни бажариш тартиби

1. Барабanni айлантириб, шарчани $\ell_0 = 70$ см га туширамиз (ℓ_0 - узунлик осилиш нуқтасидан шарча сиртигача олинади).

2. Штангенциркуль ёрдамида шарча диаметрини ўлчаб, $\ell = \ell_0 + \frac{d}{2}$ дан маятник узунлиги аниқланади.

3. Секундомер ёрдамида математик маятникнинг олинган узунлик учун 20 та тўла тебраниш вақти аниқланиб, тебраниш даври $T = \frac{t}{n}$ ҳисобланади.

4. Узунликларнинг 50 см, 60 см қийматлари учун тажриба айнан такрорланади ва бу узунликларга мос бўлган даврлар ҳисобланади.

5. (18) формуладан оғирлик кучининг тезланиши ҳисобланади.

Ўлчаш ва ҳисоблаш натижалари қуйидаги жадвалга ёзилади.

№	ℓ (м)	n	t (с)	T (с)	g (м/с ²)	$\langle g \rangle$ (м/с ²)	Δg (м/с ²)	$\langle \Delta g \rangle$ (м/с ²)	$\frac{\langle \Delta g \rangle}{\langle g \rangle} \cdot 100\%$
1									
2									
3									
4									

Синов саволлари

1. Тебранма ҳаракат деб қандай ҳаракатга айтилади.
2. Гармоник тебранма ҳаракат деб қандай тебранишга айтилади.
3. Гармоник тебранма ҳаракат тенгламасини ёзинг.
4. Физик маятник деб нимага айтилади.
5. Математик маятник деб нимага айтилади.
6. Физик ва математик маятникларининг тебраниш даврининг формулаларини келтириб чиқаринг.
7. Физик маятник инерция моментини аниқлаш формуласини ёзиб тушунтиринг.
8. Математик маятник ёрдамида эркин тушиш тезланишини аниқлаш формуласини келтириб чиқаринг.

Тест саволлари

1. Гармоник тебранишлар деб нимага айтилади.....?
 - А) Жисмнинг силжишига пропорционал, лекин мувозанат томон йўналган эластиклик кучи таъсирида бўладиган тебранишларга.
 - В) Жисмнинг бирор қузғалмас нуқта атрофида қилаётган ҳаракатига.
 - С) Жисмнинг ихтиёрий куч таъсирида бўладиган тебранма ҳаракатига.
 - Д) Жисм энергиясининг вақт давомида ўзгаришига.
2. Гармоник тебранма ҳаракат қилаётган жисмнинг дифференциал тенгламасини аниқланг.
 - А) $x = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$
 - В) $x'' + \omega_0^2 x = 0$
 - С) $x = A \cos \omega_0 t$
 - Д) $x = A \sin \omega(t - \tau)$
3. Гармоник тебранма ҳаракат тенгламасини кўрсатинг.
 - А) $x = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$
 - В) $x'' + \omega_0^2 x = 0$
 - С) $x = \omega A \cos \omega_0 t$
 - Д) $m x'' + kx = 0$

Адабиёт

1. Ахмаджонов О.И. Физика курси, "Механика ва молекуляр физика" 1-қисм, Т, "Ўқитувчи" 7-боб.
2. Савельев И.В. "Умумий физика курси" 1-т, Т, "Ўқитувчи" 9-боб.
3. Ҳайдарова М.Ш., Назаров Ў.Қ. «Физикадан лаборатория ишлари» Т, "Ўқитувчи" 51-55 бетлар.