

2 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

ГАЛИЛЕЙ ТАРНОВИДА ЮМАЛАБ ИШҚАЛАНИШ КОЭФФИЦИЕНТИНИ ВА ШАР ТЎСИҚҚА УРИЛГАНДАГИ КУЧ ИМПУЛЬСНИ АНИҚЛАШ

Ишнинг мақсади: қия текисликдаги жисм ҳаракати ҳамда юмалаб ишқаланиш коэффиценти ва шар тўсиққа урилгандаги куч импульсини тажриба йўли билан аниқлаш.

Керакли асбоб ва материаллар: 1. Галилей тарнови
2. Чизғич
3. Шарча
4. Секундомер
1. Тарози ва тошлари

НАЗАРИЙ МУҚАДДИМА

Тарновдан юмалаб тушаётган шарга бир неча куч таъсир этади: оғирлик кучи, ишқаланиш ва ҳавонинг қаршилик кучи.

Оғирлик кучи

$$P=mg \quad (1)$$

ни 1- расмда кўрсатилганидек иккита ташкил этувчиларга ажратиш мумкин: P_n - шарни қия текисликка сиқувчи куч

$$P_n=P\cos\alpha \quad (2)$$

ва қия текислик бўйлаб ҳаракатлантирувчи куч

$$F=P\sin\alpha \quad (3)$$

Қия текислик бўйлаб ҳаракатланаётган шар ҳаракат йўналишига қарши ишқаланиш кучи таъсир этади. Бу ишқаланиш кучи нормал босим кучига (ушбу ҳолда P_n), ишқаланиш коэффиценти ва шар радиусига (r) боғлиқдир.

$$F_{\text{ишқ}} = \frac{k}{r} \cdot P_n = \frac{k}{r} P \cos \alpha \quad (4)$$

k - думаланиш ишқаланиш коэффиценти бўлиб, шар ҳамда қия текислик материаллига боғлиқ ва узунлик бирлигига эга.

Қуйидаги мулоҳазалар асосида ҳам (4) формулага эга бўлиш мумкин. Думалаётган шарга бир неча куч таъсир этади (2-расм):

P - оғирлик кучи

$F_{\text{ишқ}}$ - ишқаланиш кучи

F - таъсир этувчи куч

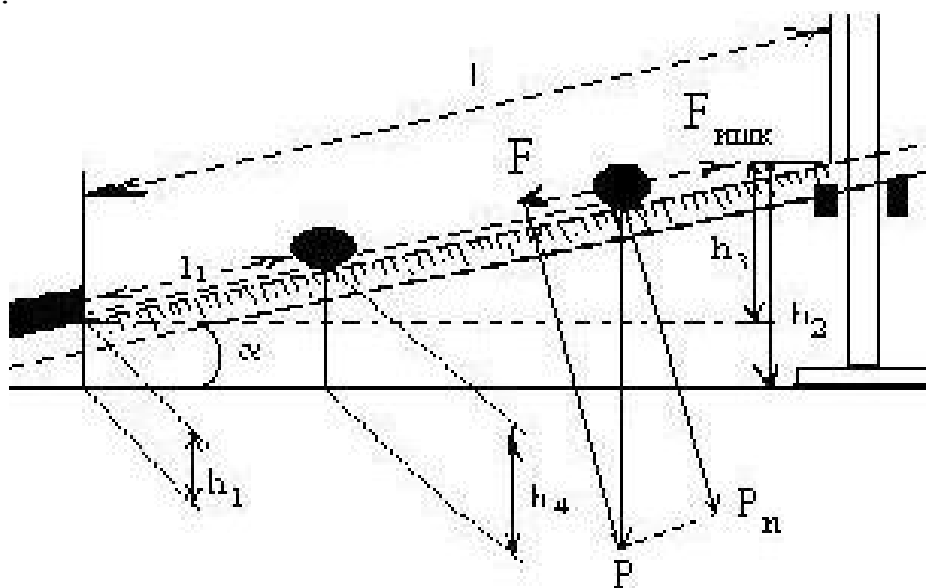
Шарга таъсир этувчи кучларнинг тенг таъсир этувчиси $\vec{N} = \vec{F}_{\text{ишқ}} + \vec{P} + \vec{F}$ орқа томонга ортган бўлади, чунки шар манфий чизиқли тезланишга эга. N куч чизиғи шар марказидан юқорироқда ўтиши керак, акс ҳолда куч мусбат тезланиш беради. Кучларнинг тенг таъсир этувчисининг кўйилиш нуқтаси “ k ” масофага силжиган $k \ll r$ бўлганлиги учун қия текислик бурчаги ҳам жуда кичик бўлади, шу сабабли $\sin \alpha \approx \alpha$. Шунинг учун 2-расмдан оғирлик кучи реакция кучига тахминан тенг бўлади, яъни $N \approx P$ ёки $N = P \cos \alpha$. Шарга таъсир этувчи куч ва ишқаланиш кучи орасида қуйидаги боғланиш мавжуд: $F = N \sin \alpha \approx F_{\text{ишқ}}$ ёки $F = N \alpha \approx F_{\text{ишқ}}$. Расмдан $\sin \alpha = \frac{k}{r}$

бўлганлиги учун $F_{\text{ишқ}} = N \alpha = N \frac{k}{r}$ ёки $F_{\text{ишқ}} = P \frac{k}{r} \cos \alpha$ ёки $F_{\text{ишқ}} = P \frac{k}{r} \cos \alpha$.

Бундан $F_{\text{ишқ}} \cdot r = P \cdot k$

Бу тенгликлардан кўринадики “ k ” куч елкаси вазифасини бажарар экан. Шу сабабли узунлик бирлигида ўлчанади.

Ишқаланиш кучи momenti нормал босим кучини “ k ” га кўпайтмасига тенг. “ k ” катталики думаланиш кучлари momentининг коэффициентидейлади.



1-расм. Галилей тарнови

$$F_{\text{ишқ}} = \frac{k}{r} \cdot P_n$$

Қаршилик кучи ($F_{\text{кар}}$) эса жисм шакли ва уни муҳитдаги ҳаракат тезлигига боғлиқ. Ушбу ишда кучни қиймати кичик бўлганлиги сабабли унга таъсир этувчи қаршилик кучини ҳисобга олмаса ҳам бўлади.

Думалаётган шар ишқаланиш ($F_{\text{ишқ}}$) ва кучларнинг тенг таъсир этувчиси туфайли тезланиш олиб текис тезланувчан ҳаракатланади, яъни $ma = F - F_{\text{ишқ}}$ (5) (1) дан “ m ” ни, (3) дан F ни ва (4) дан $F_{\text{ишқ}}$ қийматларини ҳисобга олинса:

$$\frac{P}{g} a = P \sin \alpha - \frac{k}{r} P \cos \alpha \quad (6)$$

(6) дан

$$a = g \left(\sin \alpha - \frac{k}{r} \cos \alpha \right) \quad (7)$$

Думалаётган шарни тезланиши қия текисликни оғиш бурчаги (α), ишқаланиш коэффиценти ва шар радиусига боғлиқ. Агар $F = F_{\text{ишқ}}$ ва $\alpha = 0$ бўлса, шар текис думалайди, яъни

$$P \sin \alpha = \frac{k}{r} P \cos \alpha$$

$$\frac{k}{r} = \operatorname{tg} \alpha$$

$$F > F_{\text{ишқ}} \text{ да эса } P \sin \alpha > \frac{k}{r} P \cos \alpha$$

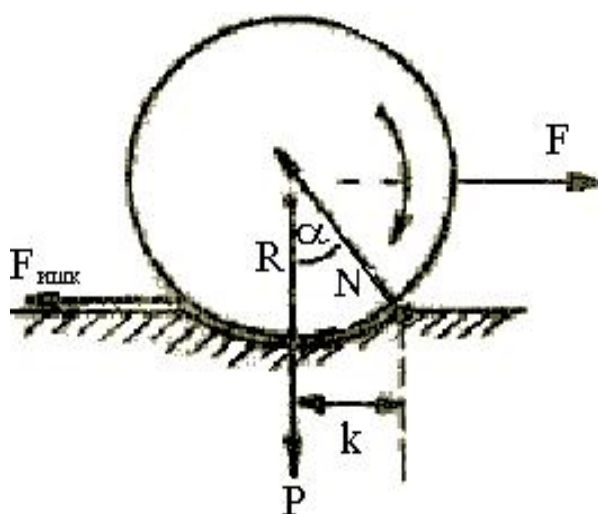
$\frac{k}{r} > \operatorname{tg} \alpha$ да ҳаракат секинланувчан,

$\frac{k}{r} < \operatorname{tg} \alpha$ да ҳаракат тезланувчан бўлади,

(7) формуладан ишқаланиш коэффиценти аниқлаш мумкин:

$$k = \frac{r}{\cos \alpha} \left(\sin \alpha - \frac{a}{g} \right)$$

$$s_0 = 0 \text{ да } l = \frac{at^2}{2} \text{ ва } a = \frac{2l}{t^2}$$



2-расм. Думалаётган шар

бу ерда l - шарни босиб ўтган йўли,
 t - уни ҳаракатланиш вақти.

“ a ” ни қийматини ҳисобга олсак:

$$k = \frac{r}{\cos \alpha} \left(\sin \alpha - \frac{2l}{gt^2} \right)$$

ёки

$$k = r \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{2l}{gt^2 \cos \alpha} \right) \quad (8)$$

Бу “k” ни ҳисоблаш формуласидир. Унга шар радиуси (r), масофага (l) ҳаракатланиш вақти (t) ва қия текислик бурчаги (α) ўлчаб қўйилади. Шарни тўсиққа урилгандаги куч импульсини ўлчаш учун Ньютоннинг иккинчи қонунидан фойдаланамиз.

$$\vec{F} \Delta t = m \vec{\vartheta}'_1 + m \vartheta_1 \quad (9)$$

Жисм импульсининг ўзгариши куч импульсига тенг.

Жисм массасини унинг тезлигига кўпайтмаси билан ўлчанадиган катталиқка жисм импульси дейилади (mϑ). Модули бўйича

$$\Delta(F \cdot t) = m(\vartheta_1^1 - \vartheta_1) \quad (6)$$

га тенг, чунки шар тўсиққа урилиб қайтганида тезлиги йўналиши ўзгаради.

ϑ₁ - шарни урилгунча бўлган тезлиги

ϑ₁¹ - шарни тўсиққа урилиб қайтиш вақтидаги тезлиги.

Шарни урилгунча бўлган тезлиги $\vartheta_1 = a t = \frac{2l}{t^2} t = \frac{2l}{t^2}$

урилгандан кейинги тезлиги

$$\vartheta_1^1 = \frac{2l_1}{t_1}$$

l- қайтиш масофаси, t₁- ўша масофани босиб ўтиш учун кетган вақт, t₁ ни тажрибада ўлчаш қийин бўлганлиги учун ϑ₁¹ аниқлашда шарни тўсиққа урилгунча, ва урилгандан кейинги кинетик энергияларининг нисбатларидан фойдаланамиз. E_к-шарни урилгунча тўлиқ кинетик энергияси бўлиб, h₃ баландликда потенциал энергия билан ишқаланиш кучи бажарган иши айирмасига тенг:

$$E_k = E_{\text{пот}} - A$$

$$E_k = mgh_3 - \frac{k}{r} Pl \cos \alpha$$

h₃ = l sin α га тенг (1-расм).

Урилгандан кейинги шар кинетик энергияси l₁ масофадаги ишқаланиш кучини енгиш вақтдаги бажарилган ишга, h₃ - баландликка кўтарилишдаги берилган потенциал энергияларга сарф бўлади (1-расм), яъни

$$h_4 = l_1 \sin \alpha$$

$$E_k^1 = mgh_4 + \frac{k}{r} mgl_1 \cos \alpha$$

$$E_k = mgl_1 \sin \alpha + \frac{k}{r} mgl_1 \cos \alpha$$

Шарни урилгунча тўлиқ кинетик энергияси:

$$E_k = \frac{m\vartheta_1^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}$$

Бу ерда J - шарни инерция моменти бўлиб

$$J = \frac{5}{2} mr^2 \quad \text{га тенг.}$$

$\vartheta = \omega r$ боғланишни ҳисобга олсак

$$E_k = \frac{m\vartheta_1^2}{2} + \frac{2m\vartheta_1^2}{10} = \frac{7m\vartheta_1^2}{10}$$

Шунга ўхшаш шар урилгандан кейинги кинетик энергияси

$$E'_k = \frac{m\vartheta_1'^2}{2} + \frac{J\omega'^2}{2} = \frac{7m\vartheta_1'^2}{10}$$

нисбат

$$\frac{E'_k}{E_k} = \frac{mgl_1 \sin \alpha + \frac{k}{r} mgl_1 \cos \alpha}{mgl \sin \alpha - \frac{k}{r} mgl \cos \alpha}$$

дан

$$\frac{\vartheta_1'^2}{\vartheta_1^2} = \frac{mgl_1 \sin \alpha + \frac{k}{r} mgl_1 \cos \alpha}{mgl \sin \alpha - \frac{k}{r} mgl \cos \alpha} = \frac{l_1 \left(\sin \alpha + \frac{k}{r} \cos \alpha \right)}{l \left(\sin \alpha - \frac{k}{r} \cos \alpha \right)}$$

$$\vartheta_1' = \vartheta_1 \sqrt{\frac{l_1 \left(\sin \alpha + \frac{k}{r} \cos \alpha \right)}{l \left(\sin \alpha - \frac{k}{r} \cos \alpha \right)}} = \vartheta_1 \sqrt{\frac{l_1}{l} \left(1 + \frac{2k}{rtg \alpha - k} \right)}$$

Шундай қилиб,

$$F\Delta t = m(\vartheta_1' + \vartheta_1) = m\vartheta_1 \left[1 + \sqrt{\frac{l_1}{l} \left(1 + \frac{2k}{rtg \alpha - k} \right)} \right]$$

ёки

$$F\Delta t = m \frac{2l}{t} \left[1 + \sqrt{\frac{l_1}{l} \left(1 + \frac{2k}{rtg \alpha - k} \right)} \right] \quad (10)$$

(10) формула бўйича куч импульси ҳисобланади.

ИШНИ БАЖАРИШ ТАРТИБИ

1. Галилей тарновини ўқитувчи томонидан берилган узунликка (l) қўйинг. h_1 ва h_2 баландликларни ўлчанг ва h_2-h_1 қийматини жадвалга ёзинг.
2. Шар радиусини (r) ўлчанг.
3. Шарни тортиб, уни массасини (m) аниқланг.
4. Тўсиқ қўйиб шар думаланиши вақтида босиб ўтган масофани ўлчанг (l).
5. Секундомер ишлашини текширинг ва шар думаланиши учун кетган вақт (t) ни ўлчанг.
6. Шарнинг тўсиққа урилиб қайтиш масофаси (l_1) ни ўлчанг.
7. Ҳамма ўлчашларни камида 5 марта такрорланг ва уларни қийматини жадвалга ёзинг.
8. $\frac{h_2 - h_1}{l} = \sin \alpha$, α қиймати бўйича $\cos \alpha$ ва $\operatorname{tg} \alpha$ лар топилади.
9. (8) формула бўйича думаланиш ишқаланиш коэффициентини, (10) формула бўйича куч импульсини ҳисобланг.

КУЗАТИШ ЖАДВАЛИ

№	m	h_2-h_1	l	l_1	T	r	K	Δk	E_k	FΔt
1										
2										
3										
4										
5										

КОНТРОЛ САВОЛЛАР

1. Ишқаланиш кучлари нималарга боғлиқ? Думаланиш ишқаланишчи?
2. Тарновдан думалаётган шар тезланиши нималарга боғлиқ?
3. Жисм импульси деб нимага айтилади?
4. Куч импульси нима?