

Қазақстан Республикасының білім және ғылым министрлігі
Ш.Уәлиханов атындағы Көкшетау мемлекеттік университеті
ШЖҚ РМК



Шуюшбаева Н.Н., Алтаева Г.С., Бркенова А.С.

ӘДІСТЕМЕЛІК НҰСҚАУЛАР
"Физика" пәні бойынша
"Механика" виртуалдық зертханалық жұмыстарының

Оқу түрі: күндізгі, сырттай

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к виртуальным лабораторным работам: **«Механика»**
по дисциплине: **«Физика»**

Форма обучения: **очная, заочная, вечерняя**

Ф.4.02-02

Қазақстан Республикасының білім және ғылым министрлігі
Ш. Уәлиханов атындағы Кокшетау мемлекеттік университеті

Министерство образования и науки Республики Казахстан
Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова



Шуюшбаева Н.Н.
Алтаева Г.С.
Бркенова А.С.

"Физика" пәні бойынша
"Механика" виртуалдық зертханалық жұмыстарының

ӘДІСТЕМЕЛІК НҰСҚАУЛЫҒЫ

Оқыту түрі: күндізгі, сыртқы, кешкі

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к виртуальным лабораторным работам: «Механика»
по дисциплине: «Физика»

Форма обучения: очная, заочная, вечерняя

Кокшетау 2017 г.

Методические указания составлены в соответствии с типовой программой дисциплины «Физика» и включают все необходимые сведения по выполнению тем виртуальных лабораторных работ по механике.

Әдістемелік нұсқаулықтар "Физика" пәнінің типтік бағдарламасына сәйкес құрастырылған және механика бойынша виртуалдық зертханалық жұмыстарды орындау бойынша барлық қажетті мәліметтер енгізілген

Физика және математика кафедрасының отырысында қарастырылды/
Рассмотрено на заседании кафедры «Физики и математики»

«__» ____ 2017ж /Хаттама/Протокол №_3__

Заведующий кафедрой
Кафедра меңгерушісі



Дамекова С.К.

Жаратылыстану ғылымдар факультетінің оқу – әдістемелік комиссиясында/
Одобрено учебно – методической комиссией факультета

«__» ____ 2017ж /Хаттама/Протокол №__

Председатель УМК
ОӘК төрайымы



Ермаганбетова С.К.

ВИРТУАЛДЫ ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАРДЫҢ ТАҒАЙЫНДАЛУЫ

Виртуалды зертханалық жұмыстар кәсіби икем мен интуицияның түзілуі және жетілдіру үшін үлкен мүмкіндіктер болып табылады және шығармашылық қабілеттерді дамытады.

Зертханалық жұмыстарды орындау үрдісі, нақты шарттардағы зертханалық жұмыстарды орындаумен ұқсас. Нақтыға ұқсас жабдықтар, қондырғылар және т.б. қолданылады. Виртуалды зертханалық жұмыстардың нақтылардан жалғыз бір айырмашылығы олардың компьютерде орындалуын айтуға болады.

Барлық виртуалды жұмыстарда студенттердің зертханалық жұмыстарын қорғау үшін бақылау сұрақтарын қоса есептеулер және т.б. үшін формуламен оқу-әдістемелік материалдар бар.

Зертханалық жұмыстар

1. Атвуд машинасы (Ньютон заңдарын тексеру).
2. Математикалық маятник (тербеліс заңдары)
3. Серппедегі жүктер (серпімділік күштері мен тербелістер)
4. Көлбеу жазықтықпен үйкеліспен түсу.
5. Көлбеу жазықтықпен үйкеліссіз түсу.
6. Көлбеу жазықтықпен дененің тербелуі.

Тәжірибиелер

1. Ауырлық өрісіндегі қозғалыстың тәуелсіздігі.
2. Серпімді және серпімсіз соқтығыстар, импульстің сақталу заңдарын демонстарциялау.
3. Потенциалдық шұңқырдағы қозғалыс.
4. Дене инерттілігінің байқалуы.
5. Галилей маятнигі- механикалық энергияның сақталу заңдарын демонстарциялау.
6. Ауа көпшігімен арбаның әсерлесуі (аз үйкеліспен).
7. Көлбеу жазықтықпен дененің түсуі (инерттілік қасиет және айналмалы қозғалыстың ерекшеліктері).

Программамен қалай жұмыс істеу керек.

Программа физиканың негізгі бөлігі механиканы оқып үйрену үшін қажетті көмекші құрал. Ол электрондық оқу құралы түрінде жасалған және екі негізгі бөліктен тұрады: демонстрациялар және лабораториялық тәжірибелер.

"Демонстрациялар" бөлігінде тәжірибелердің мәтіндік түсіндермелері және сәйкес құбылыстардың бейнежазбасы келтірілген. Студентер әрбір тәжірибелерді, экраннан нақты жағдайда қалай болатынын түсіндірмелермен көре алады.

Әрбір тәжірибе нақты лабораториялық жағдайларда орындалған, бейнетаспаға түсіріп алынған тәжірибелерден тұрады. Студентер қондырғының параметрлеріне сәйкес шамаларды таңдай отырып, әртүрлі құбылыстарды бақылауға және соған сандық талдау жасай алады.

Әрбір тәжірибе кем дегенде үш рет алғашқы шамалармен жасалып және бейнетаспаға түсірілген. Бұл қателіктерді көруге және есептеуге мүмкіндік жасайды. Программада тәжірибелердің 150 сюжеті келтірілен.

Программаның негізгі ерекшелігі, физикалық құбылыс моделденбейді, нақты тәжірибенің бейнетаспасы көрсетіледі. Бұл студентерге құбылыстарды өмірдегідей көруге мүмкіндік жасайды.

Осындай программаның мақсаты, құбылыстардың физикалық моделін өзбетімен таңдауға және оны нақты жағдайға сәйкес жетілдіруге үйрету.

Программаның кемшілігі, тәжірибелердің шектеулі болуы, яғни оқушылар өз беттерінше қондырғының кез-келген параметрлерін өзгерте алмайды, олар бар нәрселермен ғана шектеледі.

№1 Зертханалық жұмыс. Атвуд машинасы.

Қысқаша теория.

Атвуд машинасындағы жүктердің ауырлық күшінің әсерінен қозғалысы Ньютон заңдарына бағынады. Біз жүктердің массаларымен салыстырғанда жіптің, блоктың массаларын ескермейміз. Сонымен қатар, жүк қозғалысының ауадағы кедергі күшін және блок өсіндегі үйкеліс күшін ескермейміз. Сонда әрбір жүкке шамалары бірдей екі күш әсер етеді, олар ауырлық және тартылыс күштері.

Массасы M болатын сол жақтағы жүк үшін, қозғалыс бағытының проекциясында жазылған Ньютонның екінші заңы:

$$Ma = T - Mg \quad (1)$$

Оң жақтағы жүк үшін:

$$(M + m)a = (M + m)g - T \quad (2)$$

мұндағы M - жүктердің массасы;

m - оң жақтағы жүкке салынған сақинаның массасы;

a - жүктің үдеуі;

g - еркін түсу үдеуі;

T - жіптің тартылу күші.

(1) және (2) теңдеулерді үдеуге қатысты шешеміз:

$$a = g \cdot \frac{m}{2M + m} \quad (3)$$

Бұл жерден жүктердің қозғалысының бірқалыпты үдемелі болатынын көреміз.

Жолдың алғашқы бөлігін a тұрақты үдеумен және нөлге тең алғашқы жылдамдықпен жүретін дененің S жолы:

$$S = \frac{v^2}{2 \cdot a} \quad (4)$$

мұндағы v - S жолдың соңындағы жылдамдық.

Сақинаны алып тастағаннан кейін, дене жолдың екінші L бөлігін тұрақты v жылдамдықпен жүреді. Жолдың бұл бөлігіндегі t уақыт келесі түрде анықталады:

$$t = \frac{L}{v} \quad (5)$$

Тәжірибелік қондырғы, дененің L бөлікті бірқалыпты қозғала отырып, t жүріп өту уақытын өлшеуге мүмкіндік тудырады. |

Егер бөліктің L ұзындығы белгілі болса, онда (5) -ші формуладан S жолдың шетіндегі соңғы жылдамдықты есептеуге болады:

$$v = L/t. \quad (6)$$

1. Тапсырма.

Бірқалыпты үдемелі қозғалыс кезіндегі (4) жүрген жолдың соңғы жылдамдыққа байланыстылығын тексеру және жүк қозғалысының үдеуін анықтау.

Қосымша сақиналардың массаларын өзгертпей (мысалы 6,5г.), ал S арақашықтықты өзгерте отырып (150 мм, 200 мм, 300 мм), тәжірибелерді қайталаңыздар. S-тің әр мәні үшін, тәжірибені үш рет қайталаңыздар және бірқалыпты қозғалыстағы жүктің жүру уақытын t есептеңіздер. Уақыттың үш мәні үшін $\langle t \rangle$ орташа мәнді және кездейсоқ қателіктерді есептеңіздер. Уақыттың орташа мәнін пайдалана отырып, әртүрлі S арақашықтықтар үшін, (6) формула бойынша S жолдың соңындағы соңғы v жылдамдықты есептеңіздер, және осы мәндерді кестеге жазыңыздар.

Массасы $m = 6.5$ г. сақинамен жасалатын тәжірибелер

S, м	L, м	$\langle t \rangle$, с	v, м/с	$Y = v^2$, (м/с) ²	a, м/с ²
0.15	0.3				
0.2	0.25				
0.3	0.15				
					$\langle a \rangle =$

Таңдалып алынған сақинаның массасы үшін, үдеудің орташа мәнін $\langle a \rangle$ және оның абсолютті қателікті есептеңіздер. Нәтижені келесі түрде жазыңыздар:

$$a = \langle a \rangle \pm \Delta a \text{ м/с}^2 \quad (7)$$

Тәжірибелік нүктелерді, жылдамдық квадратының $Y = v^2$ арақашықтыққа S байланысты графигіне салыңыздар. Тәжірибелік нүктелердің координата басы арқылы өтетін түзудің бойында жататынына көз жеткізіңіздер. Орташа үдеуді, графикке жүргізілген көлбеудің абсцисса өсімен жасайтын бұрышы арқылы табуға болады:

$$(8) \quad a = \text{tg}(\alpha)/2$$

(7) және (8) формулалар арқылы табылған нәтижелерді салыстырыңыздар.

2. Тапсырма.

Жүктің белгісіз M массасын анықтаңыздар.

(3)-ші формуланы қолдана отырып, жүктің M массасын жазамыз:

$$g = \frac{2M + m}{m} \cdot a \quad (9)$$

(9)-шы формуланы қолдана отырып, үш әртүрлі сақиналардың массаларын және сәйкес үдеулері үшін, жүктің M массасын есептеңіздер.:

$$\frac{2M + m_1}{m_1} \cdot a_1 = \frac{2M + m_2}{m_2} \cdot a_2 = \frac{2M + m_3}{m_3} \cdot a_3$$

$$M = \frac{a_2 - a_1}{2 \left(\frac{a_1}{m_1} - \frac{a_2}{m_2} \right)} \quad (10)$$

1-ші тапсырма бойынша, тәжірибелерді қайталап, массалары үш m_1, m_2, m_3 әртүрлі сақиналар үшін, жүктің a_1 үдеуін анықтаңыздар.

Формуланы (10) пайдалана отырып, түрлі салмақтағы және соған тиісінше жылдамдықтағы үш жұп шығыршыққа арналған M жүгі салмағының үш мәнін есептеңіз: 1-2, 2-3, 2-3.

Жүк массасының орташа мәнін $\langle M \rangle$ және қателікті есептеңіздер.

Нәтижені келесі түрде жазыңыздар:

$$M = (\langle M \rangle \pm \Delta M) \text{ г.}$$

Жасалған жұмыс бойынша қорытынды жасаңыздар.

Бақылау сұрақтары.

1. Нютонның заңдарын тұжырымдаңыздар және осы заңдардағы келтірілетін шамалардың физикалық мағынасын түсіндіріңіздер.
2. Еркін түсу үдеуі дегеніміз не? Оның өлшем бірлігі қандай?
3. Осы тәжірибедегі формулаларды қорытып шығару үшін қандай болжамдар жасалды?
4. Неге осы модель үшін, оң және сол жақтағы жүктер үшін, жіптің тартылуы бірдей етіп алынады?
5. Неге жүктердің үдеуі (оң және сол жақтағы жүктер үшін) бірдей етіп алынады?

№2 Зертханалық жұмыс. Математикалық маятник.

1. Қысқаша теория.

Математикалық маятник деп, вертикаль жазықтықта тербеліс жасайтын, ұзын жіпке ілінген кішкентай денені айтады. "Кішкентай" деген сөз, дене өлшемінің жіптің ұзындығынан әлдеқайда кіші болатынын көрсетеді. Тепе-теңдік жағдайда, маятник тыныштықта тұрады, ал жіп вертикаль жағдайда болады. Егер маятникті тепе-теңдік жағдайынан ауытқытып жіберсек, онда ол вертикаль жазықтықта периодты қозғалыс жасайды. Бұл қозғалыс маятникке әсер ететін күштермен сипатталады. Ауаның әсерін ескермесек, онда маятникке тек Жер мен жіп әсер етеді. Жер, вертикаль төмен бағытталған және шамасы масса мен еркін түсу үдеуінің көбейтіндісіне тең күшпен әсер етеді. Тартылыс күші жіптің бойымен, ілу нүктесіне қарай бағытталған. Тартылыс күшінің ауырлық күшінен айырмашылығы, ол ешқашан тұрақты болмайды, ол маятниктің қозғалысына қатысты өзгеріп отырады. Есептеулер осы күштердің әсерінен, маятниктің периодты тербелістер жасайтынын көрсетеді. Егер тербеліс амплитудасы аз болса, онда тербелістер гармоникалық заң бойынша болады:

$$\alpha = \alpha_0 \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi) \quad (1)$$

мұндағы α - жіптің ауытқу бұрышы;

α_0 - тербеліс амплитудасы (ең үлкен ауытқу бұрышы);

ω_0 - тербелістің айналмалы жиілігі;

φ - тербеістің алғашқы фазасы.

Тербеліс периоды T (толық бір тербеліс жасауға кеткен уақыт) тербеліс жиілігімен байланысты ω_0 және математикалық маятник үшін келесі формуламен анықталады:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (2)$$

мұндағы L - маятник жібінің ұзындығы;

g - еркін түсу үдеуі.

(2) -ші формула бойынша анықталған тербеліс периодының, маятниктің массасына байланысты болмайтындығына мән беріңіздер.

(2) -ші формуланы келесі түрде түрлендіреміз:

$$Y = \frac{T^2}{4\pi^2} = \frac{L}{g} \quad (3)$$

Соңғы формуладан Y -тің L -ге тура пропорционалды байланыста болатынын, ал пропорционалдық коэффициент ретінде еркін түсу үдеуінің кері мәні алынатынын көруге болады..

1. Тапсырма.

Математикалық маятниктің тербеліс периодының теориялық формуласын тексеру.

Тәжірибелік қондырғы тербелістің периодтар санын және осы тербелістердің толық уақытын өлшеуге мүмкіндік жасайды. Қондырғыда маятниктің ұзындығын және тербеліс амплитудасын өзгертуге болады. Біздің тәжірибелерде маятниктің ұзындығы келесі мәндерді қабылдайды: 100, 200, 300, 400, 500 мм. Таңдалып алынған жіптің ұзындығымен, әрбір тәжірибені үш рет жасаңыздар. Бұл бізге тербеліс периодын есептеу кезіндегі жіберілетін кездейсоқ қатені табуға мүмкіндік береді.

Бес эксперименттен тұратын тәжірибені пайдалана отырып, әрбір таңдалып алынған маятниктің ұзындықтары үшін, он тербелістің уақытын өлшеңіздер. Он тербеліс жасауға кеткен уақытты 10-ға бөліп, тербеліс периодын аласыздар. Өлшенген және есептелген мәндерді кестеге енгізіңіздер.

Маятниктің әрбір ұзындығы үшін, тербеліс периодының орташа мәнін және өлшеудің қателіктерін анықтаңыздар:

$$T = \langle T \rangle \pm \Delta T) \text{ с.}$$

Жіптің әрбір L ұзындығы үшін келесі шаманы есептеңіздер: $Y = \langle T \rangle^2 / (4\pi^2)$. Осы шамаларды бөлек кестеге енгізіңіздер.

№	N	t, ссек	T=t/N	l, м	Y	$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$	Δg	ε
1								
2								
3								
4								

Шамаларды кестеден, Y -тің L -ге байланысты графигіне салыңыздар. (3)-ші теориялық формула, осы шамалардың тура пропорционалды байланыста болатынын көрсетеді. Координата басы арқылы өтетін түзу сызық жүргізіңіздер және тәжірибелік нүктелер осы түзуге жақынырақ орналассын. Теориялық тұжырым орындалады ма?

2. Тапсырма.

Еркін түсу үдеуін анықтау.

(2)-ші формуланы пайдаланып, еркін түсу үдеуін табуға болады. Ол үшін оны келесі түрде түрлендіреміз:

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

1-ші тапсырма бойынша алынған, маятниктің әртүрлі ұзындықтары үшін, тербелістің орташа периодының тәжірибелік мәндерін біле отырып, (4)-ші формула бойынша g -ды есептеніздер.

Еркін түсу үдеуінің орташа мәнін және өлшеудің абсолютті қателігін анықтаңыздар.

Нәтижені келесі түрде жазыңыздар:

$$g = \langle g \rangle \pm \Delta g \text{ м/с}^2. \quad (5)$$

1-ші тапсырма бойынша алынған, Y -тің L -ге байланысты графигінен, g -ды түзу сызықтың ордината өсіне α көлбеулік бұрышының тангенсі бойынша анықтаңыздар.

$$g = L/Y = \text{tg } \alpha \quad (6)$$

(5) -ші формула бойынша алынған еркін түсу үдеуі мен графикалық әдіс бойынша алынған (6) мәндерді салыстырыңыздар.

Алынған шамаларды кестелік мәнмен салыстырыңыздар.

Жасалған жұмыс бойынша қорытынды жасаңыздар.

Бақылау сұрақтары.

1. Математикалық маятник дегеніміз не?
2. Маятниктің қозғалысын анықтау үшін қандай күштерді ескереді?
3. Математикалық маятниктің тербеліс периоды есептеу үшін қандай жуықтаулар қолданылады?
4. Математикалық маятник қозғалысының сипаттамалары?
5. Математикалық маятникті қолдана отырып, графикалық әдіспен еркін түсу үдеуін есептеудің негізі неде?

№3 Зертханалық жұмыс. Серіппедегі жүк.

1. Қысқаша теория.

Жердің ауырлық күшінде, серіппеге ілінген жүк, серіппелі маятникті құрайды. Серпімділік күші серіппенің деформациясына байланысты (егер деформация үлкен болмаса және серіппеміз серпімді материалдан жасалса):

$$F = -k \cdot x, \quad (1)$$

мұндағы F - серпімділік күші;

x - серіппенің деформациясы;

k - серіппенің қатаңдық коэффициенті.

(1) -ші формуладағы теріс (минус) таңбасы серпімділік күшінің бағыты, деформацияға қарсы бағытталатындығын көрсетеді. Серіппенің қатаңдық коэффициенті материалмен және серіппенің параметрлерімен сипатталады.

Теориялық есептеулер, серіппедегі жүктің тербеліс периоды T , жүктің m массасы және серіппенің қатаңдық коэффициентімен k анықталатындығын көрсетеді:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (2)$$

Бұл жағдайда, Жердің тартылыс күші тербеліс периодына ешқандай әсерін тигізбейді.

2. Тәжірибелік қондырғы.

Қондырғы ілінген ыдысы бар серіппеден тұрады. Ыдысқа жүктерді салуға болады. Электрондық уақытты өлшеуіш датчиктің жарық сәулелерін қиып өтетіндей, ыдысқа металл пластинка (жолақ) бекітілген. "Жіберу" ("Пуск") батырмасын басқан кезде, уақытты өлшеуіш, тербілістің толық уақытын (секундпен) және периодтар санын анықтайды. "Тоқтат" ("Стоп") батырмасын басқан кезде есептеу тоқтайды.

Қондырғы 50г.-дық үш және екі массалары белгісіз жүктерден тұрады.

3. Тәжірибені жүргізудің әдістемелері.

Жұмыстың мақсаты, серіппелі маятниктің тербеліс периодын анықтайтын формуланы тексеру, серіппенің қатаңдық коэффициентін және екі жүк пен ыдыстың белгісіз массаларын анықтау. Бұл есепті шешу үшін, біз графикалық әдісті қолданамыз.

(2)- ші формуланы басқа түрде жазамыз:

$$Y = \frac{T^2}{4\pi^2} = \frac{1}{k} \cdot m \quad (3)$$

бұл жерден көріп отырғанымыздай, γ шамасы массаға m тура пропорционал. Қатаңдық коэффициентінің k кері шамасы, пропорционалдық коэффициент болып табылады.

Сонымен, егер (2)-ші байланыс дұрыс болса, онда γ -тің m -ға байланысты графигінде, тәжірибелік нүктелер координата басы арқылы өтетін түзудің бойында жатады. Осы түзудің ордината өсіне көлбеуінің тангенс бұрышы, сан жағынан, серіппенің қатаңдық коэффициентіне k

тең: $k = \frac{\Delta m}{\Delta \gamma}$

Сонымен қатар, тәжірибелік нүктелермен жүргізілген осы түзу арқылы дененің белгісіз массаларын табуға болады

Төмендегі жағдайлар бойынша, серіппелі маятниктің тербеліс периодын есептеңіздер:

1. Серіппеде тек ыдыс орналасқан.
2. Ыдысқа 50 г-дық жүк салынған.
3. Ыдысқа 100 г-дық жүк салынған.
4. Ыдысқа 150 г-дық жүк салынған.
5. Ыдысқа бірінші белгісіз жүк салынған.
6. Ыдысқа екінші белгісіз жүк салынған.

Орташа мән мен өлшеудің қателіктерін табу үшін, таңдап алынған массалармен тербеліс периодын есептейтін тәжірибені бес реттен қайталаңыздар.

Барлық шамаларды кестеге жазыңыздар. Кестеде келесі бағаналар болсын: таңдап алынған массалардың 10 тербеліс периодының уақыты, тербеліс периоды T және белгілі тербеліс периоды бойынша (3)-ші формула арқылы есептелген γ шамасы .

№	N	t, сек	T=t/N	γ	k	m_0	ε
1							
2							
3							
4							

Абсцисса өсінде серіппеге бекітілген массаларды, ал ордината өсінде тербеліс периодына байланысты γ -тің шамаларын алып график салыңыздар.

Жоғарыда көрсетілген 1,2,3,4 жағдайларға сәйкес, тәжірибелік нүктелерді графикке салыңыздар. Абсцисса өсінен алынған белгілі бір нүкте, бос ыдыстың массасы m_0 (1-ші жағдай) ретінде алынады. Келесі нүкте (2-ші жағдай), абсцисса өсімен алдыңғы мәннен 50г. жылжыйды ($m_1 = m_0 + 50$ г.). Келесі нүкте тағы да 50г.-ға жылжыйды ($m_2 = m_0 + 100$ г.), және т.с.с. Ордината өсіне γ -тің сәйкес мәндері салынады.

Осы төрт тәжірибелік нүкте түзуге жақын жататындай етіп, түзу жүргізіңіздер.

Осы түзудің абсцисса өсімен қиылысу нүктесі масса санақ нүктесінің – 0 басына сәйкес келеді. Осы нүктеден m_0 нүктесіне дейінгі арақашықтық (сәйкес масштабта) бос ыдыстың белгісіз массасын m_0 анықтауға мүмкіндік береді.

Осы графикті және 5-ші және 6-шы жағдайлар үшін есептелген γ -тің шамаларын пайдалана отырып, екі жүктің белгісіз массаларын анықтаңыздар.

Түзудің ордината өсіне көлбеуінің тангенс бұрышы серіппенің қатаңдық коэффициентін береді.

Осы тәжірибе бойынша қорытынды жасаңыздар

4. Бақылау сұрақтары және зерттеу тапсырмалары:

1. Серіппе үшін Гук заңы қалай тұжырымдалады? Қандай шектеулерде осы заң орындалады?

2. Гармоникалық тербеліс қандай заң бойынша болады?

3. Неге серіппедегі жүктің тербеліс периоды Жердің тартылыс күшіне байланысты емес?

4. Графикалық әдісті қолданбай, белгісіз масса мен серіппенің қатаңдық коэффициентін қалай табуға болады? Осы есептеулерге қажетті формуланы қорытып шығарыңыздар және белгісіз шамаларды есептеңіздер. Есептелген шамаларды графикалық әдіспен алынған шамалармен салыстырыңыздар.

5. Теориялық мәннің тәжірибелік мәннен ауытқуын тудыратын жүйелік қателіктер неге байланысты болады?

№4 Зертханалық жұмыс. Көлбеу жазықтықпен үйкеліспен сырғанау.

1. Қысқаша теория.

Дененің көлбеу жазықтықпен қозғалысы сыртқы күштердің әсерімен анықталады. Кез-келген күш, дененің басқа денелермен (немесе өріспен) әсерінің нәтижесінде болады. Көлбеу жазықтықтың үстінде тұрған денеге қандай сыртқы денелер әсер ететінін қарастырайық ?

Ол -ең бірінші Жер. Ол вертикаль төмен бағытталған және оның шамасы дене массасы m мен еркін түсу үдеуінің g көбейтіндісіне тең.

Екінші негізгі дене, көлбеу жазықтық (дәлірек айтсақ, көлбеу жазықтықтың беті). Ол тіреудің реакция күшін тудырады, оның екі құраушысы бар, біріншісі қалыпты қысым күші N , екіншісі үйкеліс күші $F_{\text{үйк}}$. Қалыпты қысым күші N әрқашанда көлбеу жазықтыққа перпендикуляр бағытта болады және осы күш дененің "түсіп" (кіріп) кетпеуін қамтамасыз етеді. Үйкеліс күші $F_{\text{үйк}}$ көлбеу жазықтықтың бойымен, қозғалысқа қарсы бағытталған (егер дене тыныштықта емес, қозғалыста болса) және оның шамасы Кулон-Амонтона заңымен анықталады:

$$F_{\text{үйк}} = \mu \cdot N \quad (1)$$

Қоршаған ауа да денеге әсерін тигізеді. Ауа екі күшті тудырады: бірінші-Архимед заңы бойынша болатын итеру

күші, екіншісі- қозғалыстағы денеге әсер ететін үйкеліс күші. Көптеген жағдайда бұл күштерді ескермеуге болады.

Қозғалыс бағытының проекциясында Ньютонның екінші заңы келесі түрде жазылады::

$$m \cdot a = mg \sin \alpha - F_{\text{үйк}} \quad (2)$$

Жазықтыққа перпендикуляр бағыттағы проекциясы бойынша және дененің осы бағытта қозғалмайтынын ескере отырып, Ньютонның екінші заңын жазамыз:

$$0 = N - mg \cos \alpha ,$$

және үйкеліс күші үшін (1)-ші өрнекті қолдана отырып, келесі формуланы аламыз:

$$F_{\text{үйк}} = \mu \cdot mg \cos \alpha . \quad (3)$$

(2)- (3)- ші теңдеулер жүйесін үдеуге байланысты шешеміз:

$$a = g \cdot (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha) \quad (4)$$

Соңғы формула, көлбеу жазықтықпен сырғанаудың бірқалыпты үдемелі болтынын көрсетеді. Үдеу дененің массасына байланысты болмайды!

Бірқалыпты үдемелі қозғалыс кезінде, дененің тыныштық күйден S жүрген жолы, үдеу мен қозғалыс уақытының t квадратына тура пропорционал:

$$S = \frac{a \cdot t^2}{2} \quad (5)$$

2. Тәжірибелік қондырғы.

Біздің тәжірибеде, ағаштан жасалған көлбеу жазықтық пен дюралюминиден жасалған дене қолданылады. Сонымен қатар, қондырғыда денелердің белгіленген межелерді өту моментін анықтайтын екі жарық датчигі орналасқан. Электрондық схема жоғарғы дәлдікпен, дененің белгіленген екі аралықты жүріп өту уақытын t (секундпен) есептеуге мүмкіндік туғызады.

Тәжірибеде датчиктердің арақашықтығы өзгермейді және 34 см-ге тең. Жазықтықтың көлбеулік бұрышы өзгертін шама болып табылады (дәлірек айтсақ, көлбеу жазықтықтың биіктігі). Ол төрт мәнді қабылдайды: 28 см, 32 см, 38 см және 43 см. Көлбеу жазықтықтың L толық ұзындығы 1 м.

3. Тәжірибені жүргізудің әдістемелері.

Жұмыстың мақсаты, сырғанаудың үйкеліс коэффициентін анықтау.

Тәжірибе бойынша, (5)-ші формуладан дененің үдеуін, белгілі S арақашықтықты жүріп өту уақытын t есептей отырып, анықтауға болады:

$$a = \frac{2S}{t^2} \quad (6)$$

(4)-ші формуладан сырғанаудың үйкеліс коэффициентін анықтауға болады:

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha - \frac{a}{g \cdot \cos \alpha} \quad (7)$$

тәжірибелік және есептеу мәндері үшін, келесі бағаналары бар кестені дайындаңыздар:

1. Тәжірибенің реті;
2. Көлбеу жазықтықтың биіктігі H ;
3. Қозғалыс уақыты t ;
4. Қозғалыс уақытының t квадраты;
5. $\operatorname{Tg} \alpha$;
6. $\operatorname{Cos} \alpha$;
7. a үдеу;
8. μ . үйкеліс коэффициенті.

№	H	I, м	S, м	t, сек	$\operatorname{tg} \alpha$	$\cos \alpha$	a, м/с ²	μ	$\langle \mu \rangle$	$\Delta \mu$	ε
1											
2											
3											
4											

Берілген тәжірибелердің барлық жиынтығын пайдалана отырып, әртүрлі көлбеулік бұрышына байланысты, дененің сырғанау уақытын есептеңіздер. Көлбеу жазықтықтың H биіктіктігі және L толық ұзындығының мәндерін пайдаланып, көлбеулік бұрышты есептеңіздер (дәлірек айтсақ, тангенс мәндері мен бұрыштың косинусы).

Табылған мәндерді кестеге толтырыңыздар. (6) және (7) формулаларын пайдалана отырып, үдеу мен үйкеліс коэффициентін табыңыздар. Еркін түсу үдеуін $g = 9.8 \text{ м/с}^2$. -деп алыңыздар.

Сырғанау үйкеліс коэффициентінің орташа мәнін және өлшеудің қателіктерін табыңыздар. Соңғы нәтижені келесі түрде жазыңыздар:

$$\mu = \langle \mu \rangle \pm \Delta \mu$$

Істелген жұмыс бойынша қорытынды жасаңыздар.

4. Бақылау сұрақтары және зерттеу тапсырмалары:

1. Үйкелістің қандай түрлерін білесіздер? Олардың ерекшеліктері неде?

2. Сырғанау үйкеліс коэффициенті неге байланысты?

3. Оның өлшем бірлігі қандай?

4. Әрбір көлбеулік бұрыш үшін үйкеліс коэффициентін анықтаңыздар. Қандай да бір заңдылықты байқадыңыз ба? Алынған нәтижені қалай түсіндіруге болады?

5. Есептеу формулаларын қорытуда қандай жуықтаулар алынған?

6. Көлбеу жазықтықпен қозғалаған денеге әсер ететін ауаның әсерін қашан ескермеуге болады?

№5 Зертханалық жұмыс. Көлбеу жазықтықпен үйкеліссіз сырғанау

1. Қысқаша теория.

Дененің көлбеу жазықтықпен қозғалысы сыртқы күштердің әсерімен анықталады. Кез-келген күш, дененің басқа денелермен (немесе өріспен) әсерінің нәтижесінде болады. Көлбеу жазықтықтың үстінде тұрған денеге қандай сыртқы денелер әсер ететінін қарастырайық ?

Ең бірінші -Жер. Ол вертикаль төмен бағытталған және оның шамасы дене массасы m мен еркін түсу үдеуінің g көбейтіндісіне тең.

Екінші негізгі дене, көлбеу жазықтық (дәлірек айтсақ, көлбеу жазықтықтың беті). Ол тіреудің реакция күшін тудырады, оның екі құраушысы бар, біріншісі қалыпты қысым күші N , екіншісі үйкеліс күші $F_{үйк}$. Қалыпты қысым күші N , әрқашанда көлбеу жазықтыққа перпендикуляр бағытта болады және осы күш дененің "түсіп" (кіріп) кетпеуін қамтамасыз етеді.

Денеге қоршаған ауа да әсерін тигізеді. Жалпы жағдайда, ауа екі күшті тудырады: бірінші-Арихимед заңы бойынша болатын итеру күші , екіншісі- қозғалыстағы денеге әсер ететін кедергі күші. Көптеген жағдайда бұл күштерді ескермеуге болады.

Қозғалыс бағытының проекциясында Ньютонның екінші заңы келесі түрде жазылады:

$$m \cdot a = mg \sin \alpha \quad (1)$$

(1)-ші теңдеуді дененің массасына бөліп, үдеу үшін келесі өрнекті аламыз:

$$a = g \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

Соңғы формуладан дененің көлбеу жазықтықпен сырғанауы, бірқалыпты үдемелі болатынын көреміз. Осы үдеудің массаға байланысты болмайтындығына көңіл аударыңыздар!

Бірқалыпты үдемелі қозғалыс кезінде, дененің тыныштық күйден S жүрген жолы, үдеу мен қозғалыс уақытының t квадратына тура

пропорционал:

$$S = \frac{a \cdot t^2}{2} \quad (3)$$

№	m	S, м	t, ссек	α	$\sin \alpha$	$a = g \sin \alpha$, м/с^2	$a = \frac{2S}{t^2}$, м/с^2
1							
2							
3							
4							

2. Тәжірибелік қондырғы.

Біздің тәжірибеде, тікбұрышты, іші қуыс қорап түріндегі көлбеу жазықтық қолданылады. Қораптың жоғарғы бөлігінде көп кішкентай тесіктер жасалған. Осы тесіктер арқылы, қорапқа шаңсорғыш арқылы берілетін ауа шығады.

Осы ауа , арба түріндегі дененің, қорапты жанамай түсуін (жүзіп) қаматамасыз ететін ауа көпшігін туғызады.

Сөйтіп арба, көлбеу жазықтықпен үйкеліссіз сырнайды.

Қондырғыда денелердің белгіленген межелерді өту моментін анықтайтын екі жарық датчигі бар. Электрондық схема, жоғарғы дәлдікпен, дененің белгіленген екі аралықты жүріп өту уақытын t (секундпен) есептеуге мүмкіндік туғызады. Біздің тәжірибеде, екі датчиктің арақашықтығы S , 400 және 800 мм-ге тең.

Жазықтықтың көлбеулік бұрышын да өзгертуге болады. Біздің тәжірибелерде, ол 1° және 3° мәндерін қабылдайды.

Арбаға жүктерді қою арқылы, оның массасын өзгертуге болады. Арбаның массасы- 50 г. Әрбір жүктің массасы 50г.

3. Тәжірибені жүргізудің әдістемелері.

Жұмыстың мақсаты, физикалық моделдің және (2) мен (3) формулаларының теориялық байланысын тексеру.

Арбаның қозғалыс уақытын жазатын кестені дайындаңыздар.

Массасы 50 г. арбамен жасалатын тәжірибелердің сериясын таңдаңыздар.

Осы жағдай үшін, көлбеулік бұрышын (1° и 3°) және датчиктердің арақашықтығын (400 и 800 мм) өзерте отырып, арбаның қозғалыс уақытын есептеңіздер.

(3)-ші формула бойынша әрбір жағдай үшін, арбаның үдеуін есептеңіздер және табылған мәндерді кестеге жазыңыздар.

Өлшеудің қателігін есептеңіздер.

(2)-ші формуланы пайдаланып, осы жағдайлар үшін де үдеуді есептеңіздер.

Алынған нәтижелерді салыстырыңыздар.

Тәжірибелерден қандай қорытынды жасауға болады?

Тәжірибені арбаның басқа массалары үшін де қайталаңыздар. Арбаның үдеуі, оның массасына байланысты емес деген теориялық тұжырым орындалады ма?

Айырмашылықтарды немен түсіндіруге болады?

4. Бақылау сұрақтары және зерттеу тапсырмалары.

1. Арбаның қозғалысын түсіндіру үшін қандай физикалық заңдылықтар қолданылды?

2. Үдеуді есептеу формулаларын қорыту үшін қандай ұйғарымдар жасалды?
3. Қандай жағдайда ауаның кедергі күшін ескермеуге болады?
4. Біздің жағдайдағы, арбаның ауадағы үйкеліс күшіннің шамасын бағалаңыздар.

№6 Зертханалық жұмыс. Көлбеу жазықтықпен дененің тербелуі.

1. Қысқаша теория.

Шардың көлбеу жазықтағы тербелісі (қозғалысы), оған әсер ететін сыртқы күштермен анықталады. Осы кезде шар ілгерлемелі қозғалыспен қатар, массалық центрге қарағанда айналмалы да қозғалыста болады.

Егер көлбеулік бұрыш үлкен болмаса, онда шар сырғанаусыз домалайды. Біз осы моделде ауаның кедергі күшін ескермейміз.

Теориялық есептеулер бойынша, біртекті шар қозғалысының үдеуі келесі формуламен анықталады:

$$a_s = \frac{5}{7} g \sin \alpha \quad (1)$$

Бұл үдеудің, дененің көлбеу жазықтықпен үйкеліссіз, тек ілгерлемелі қозғалысы үдеуінен айырмашылығы болады:

$$a = g \sin \alpha \quad (2)$$

Бұл өзгеріс, шарлардың қозғалысының тек ілгерлемелі емес, сонымен қатар айналмалы болуына байланысты. Айналмалы қозғалыстың да инерттілігі болады. Ілгерлемелі қозғалыстағы сияқты, сыртқы күштер шарды айналдыруға тырысады, бірақ бұл лезде болмайды, себебі, шар қозғалысының бұрыштық жылдамдығы бірте-бірте өседі. Қосымша инерттілік ілгерлемелі қозғалыстың үдеуін азайтады.

Шардың бірқалыпты үдемелі қозғалатындығына және оның үдеуі (1) оның массасына да, өлшеміне де байланысты болмайтындығына назар аударыңыздар.

Теориялық модель осылай болжамдайды.

2. Тәжірибелік қондырғы.

Біздің тәжірибелерде қондырғы, дененің белгіленген межелерді өту моментін анықтайтын екі жарық датчигі орналасқан көлбеу жазықтықтан шарларды ұстайтын электрмагниттен тұрады.

"Жібер" ("Пуск") батырмасын басқан кезде, электрмагнит шарды жібереді де, бірінші датчик электрондық уақыт өлшеуішін қосады. Шар көлбеу жазықтықпен домалайды, ол екінші датчиктен өткен кезде

электрондық уақыт өлшеуіші тоқтайды. Осылай, шардың екі датчиктің арақашықтығын өту уақыты есептелінеді.

Жазықтықтың көлбеулік бұрышы 3.75 градусқа тең және ол барлық тәжірибелер үшін өзгермейді.

Қондырғыда екі сериялы тәжірибелердің нәтижелерін көруге болады:

1. Әртүрлі арақашықтықтарды - 10, 20, 30, 40, 50, 60 және 70 см диаметрі 22 мм шардың домалауы;
2. Әртүрлі диаметрлі шарлардың (13, 22, 28, және 32 мм) домалауы. Бұл кезде екі датчиктің арақашықтығы өзгермейді (50 см).
3. Тәжірибені жүргізудің әдістемелері.

Жұмыстың мақсаты, физикалық моделдің және (1)-ші теориялық формуланың дұрыстығын анықтау.

Енді әртүрлі шарлардың домалауын қарастырамыз. Диаметрлері әртүрлі шарлардың, бірдей 50 см арақашықтықты жүріп өту уақытын есептеңіздер.

Әрбір шар үшін, S жолды жүріп өту уақытының орташа мәнін және уақытты өлшеудің қателіктерін табыңыздар.

Бірқалыпты үдемелі қозғалыстың формуласын қолдана отырып, үдеуді табыңыздар:

$$S = \frac{at^2}{2} \quad (3)$$

Үдеуді өлшеудің қателіктерін есептеңіздер. Бұл тәжірибелерден қандай қорытынды жасауға болады? Үдеудің алынған мәндерін салыстырыңыздар.

Әртүрлі жол жүретін, диаметрі 22 мм шардың қозғалысын қарастырамыз. Берілген әрбір S арақашықтық үшін, қозғалыс уақытын үш тәжірибеден өлшеңіздер. Қозғалыс уақытының орташа мәнін және уақытты өлшеудің қателігін анықтыңыздар.

Барлық тәжірибелердің жиынтығын пайдалана отырып, қозғалысты бірқалыпты үдемелі деп қарастырып, шарлардың үдеуін есептеңіздер.

№	$\alpha, \text{град}$	$S, \text{м}$	$t, \text{сек}$	$d, \text{м}$	a	$\langle a \rangle$	Δa	ε
1								
2								
3								
4								

Алынған нәтижені, (1)-ші есептеу формуласымен алынған үдеумен салыстырыңыздар.

Жасаған жұмыстарыңызды тұжырымдаңыздар.

4. Бақылау сұрақтары және зерттеу тапсырмалары:

1. Көлбеу жазықтықпен денелердің сырғанауының шарлардың домалауынан айырмашылығы неде? Осы айырмашылық қандай физикалық себептерден болады?

2. Әртүрлі шарлардың үдеулерінің айырмашылықтарының аз болуын қалай түсіндіруге болады?

Тәжірибиелер

Қозғалыстың тәуелсіздігі

Тәжірибелер, күш және осы күш тудыратын үдеудің векторлық шамалар екенін және олардың бағыттарының бірдей болатынын көрсетеді. Бұл дене үдеуінің әрбір проекциясы, күштің сәйкес координата өсіне проекциясына байланысты болатынын көрсетеді. Яғни, y өсімен бағытталған күш проекциясы, дене жылдамдығының y өсімен бағатталған құраушысын ғана өзгерте алады, ал жылдамдықтың қалған құраушыларына әсерін тигізбейді.

Жердің ауырлық өрісінде дененің еркін түсуін қарастырайық. Жердің тартылыс күші төмен қарай бағытталған. Ауаның кедергі күшін ескермейміз. Горизонталь бағыттағы күш болмағандықтан, дене жылдамдығының горизонталь құраушысы өзгермеуі керек. Керісінше, үдеудің вертикаль бағыттағы құраушысы күш сияқты төмен бағытталғандықтан, жылдамдықтың вертикаль бағыттағы құраушысы өзгереді.

Тыныштық күйден, Жердің ауырлық өрісіне түскен дененің қалай қозғалатынын қарастырайық. Дене g еркін түсу үдеуімен бірқалыпты үдемелі қозғалады. Ал енді горизонталь жылдамдығы бар дененің жердің ауырлық өрісінде қалай қозғалатынын көрейік. Күштің горизонталь құраушысы болмағандықтан, жылдамдықтың осы құраушысы (горизонталь) өзгермейді.

Ал, жылдамдықтың вертикаль құраушысы бірінші жағдайдағыдай, яғни дененің жылдамдығы g еркін түсу үдеуімен бірқалыпты үдемелі өзгереді. Дененің қозғалыс траекториясы әртүрлі болады. Бірінші жағдайда дене түзу бойымен төмен құлайды, ал екінші жағдайда траектория параболла түрінде болады, яғни дене горизонталь бағытта, тұрақты жылдамдықпен қозғалады және төмен қарай тұрақты үдеумен құлайды.

Бірақ, осы екі денеге әсер ететін вертикаль бағыттағы күш пен алғашқы жылдамдық бірдей болғандықтан, денелердің вертикаль бағыттағы қозғалысы бірдей болуы тиіс. Дененің горизонталь бойымен қозғалысы, оның вертикаль бойымен қозғалысына ешқандай әсерін тигізбейді. Осы қозғалыстың тәуелсіздігін көрсетеді.

Егер денелердің вертикаль бойымен қозғалысы бірдей болса, онда олардың бірдей уақыт аралығындағы вертикаль координатада өзгеруі бірдей болуы тиіс. Осыны тәжірибеден тексерейік.

Біздің тәжірибелік қондырғыда екі бірдей болат шарлар бар. Соқтығысқаннан кейін, бірінші шар тоқтайды да, ал екінші шар белгілі бір горизонталь жылдамдық алады. Әрі қарай олар Жердің тартылу күшінің әсерінен еркін құлайды.

Шарлардың соқтығысу кезін айқынырақ көріңіздер.

Олардың соқтығысқаннан кейін қалай қозғалатынын қараңыздар. Ақ жіппен белгіленген кейбір горизонталь қатарларды шарлар бірдей өтеді. Бұл жоғарыда айтылған нәрселерді тәжірибемен дәлелдейді.

Дененің қозғалысына осы бағытта бағытталған күштер ғана әсерін тигізеді, ал таңдап алынған бағытқа перпендикуляр бағытталған күштің құраушылары оның қозғалысына әсерін тигізбейді.

Дененің инерттілігі.

Ньютонның заңдары, дененің қозғалысын басқа денелермен әсерлесу күші ғана өзгерте алады, деп тұжырымдайды. Егер денеге басқа денелер әсер етпесе, онда ол тыныштық күйде тұрады немесе бірқалыпты түзу сызықты қозғалады. Сыртқы күштердің әсерінен дененің жылдамдығын өзгерту, тек ғана осы күштерге және олардың әсер ету уақытына ғана байланысты емес, осы денелердің қасиетіне де байланысты. Тек дененің қасиетіне байланысты және оның инерттілік қасиетін сандық сипаттайтын шама- дененің массасы деп аталады. Практикада бұл қасиет қалай байқалады?

Бірдей уақытта, бірдей күшпен әсер еткен кезде массасы үлкен денелерге қарағанда массасы аз денелер өзінің жылдамдығын үлкен шамаға өзгертеді. "Массасы аз денелерге қарағанда, массасы үлкен денелер өзінің тыныштық күйін немесе қозғалысын сақтауға тырысады" деп атайды.

Жердің ауырлық өрісінде, жіпке ілінген жүкпен (гир) жасалатын тәжірибені қарастырайық. Тәжірибелік қондырғы штативке бекітілген, массасы 2 кг жіпке ілінген жүктен тұрады. Дәл сондай жіп жүктің түбінен бекітілген.

Бірінші жағдайда, жүктің төменгі жағына бекітілген жіптен, күшті біртіндеп өсіре отырып, төмен қарай тартамыз. Білгі бір уақытта жоғарғы жіп үзіледі. Бұны қалай түсіндіруге болады?

Жіп керілудің белгілі бір нақты жағдайында үзіледі, яғни материалдың төзімділігі берілген жүктемені көтере алмайды. Неге бірінші тәжірибеде жоғарғы жіп үзіледі? Себебі, жоғарғы жіптің керілуі, төменгі жіпке берілген күшпен ғана емес, жүктің салмағымен де болады. Жоғарғы жіпте, төменгі жіпке қарағанда критикалық керілу ерте болады.

Екінші жағдайда, төменгі жіпке байланған таяқшаны соға отырып, төменгі жіпті тез тартамыз. Бұл жағдайда, жоғарғы жіп сол күйде қалады да, ал төменгі жіп үзіледі. Неге бұлай болады? Біз соғудың аз уақытында, төменгі жіпті ең шеткі шекке дейін созамыз, ал жүктің

инерттілігі болғандықтан, ол көп қозғала алмайды да, жоғарғы жіпті шеткі мәнге дейін соза алмайды. Төменгі жіптің тартылу күшіне қарамастан, массивті жүк (гир) өзінің тыныштық күйін сақтауға тырысады. Сондықтан төменгі жіптің үзілгенше созылуы, жоғарғы жіпке қарағанда ерте болады.

Сіздер цирктен, массивті плитаны адамның үстіне қойып, оның үстіне кірпішті сындыратын аттракционды көрген боларсыздар. Егер осы экспериментті плитасыз жасайтын болсақ, онда адамды жарақаттап алуға болады. Инерттілігі үлкен массивті плита, балғамен соғу кезінде, өзінің тыныштық күйін сақтауға тырысады, ал бұл адам денесін деформацияланудан сақтайды.

Ұстаханадағы тес те осы мақсатта қолданылады.

Масса- тек ілгерлемелі қозғалыстағы дененің инерттілік қасиетін сипаттайды. Айналымалы қозғалыс кезінде массаның орнына, дененің инерция моменті деген физикалық шама алынады. Ол шама массаға ғана емес, оның дене ішінде таралуына және айналу өсіне байланысты.

Галилей маятнігі.

Тәжірибелік қондырғы, жіпке ілінген кішкентай денеден тұрады. Егер денені тепе-теңдіктің вертикаль жағдайынан ауытқытып жіберсек, онда дене тербеліс жасайды. Бұл жағдайда Жердің ауырлық өрісіндегі дененің потенциалдық энергиясы, қозғалыстың кинетикалық энергиясына ауысады және керісінше болады. Егер қондырғыдағы Ұйкеліс аз болса, онда механикалық энергия өзгермейді және тербеліс ұзақ уақыт болады. Бірақ, негізінде әрқашанда қандай да бір үйкеліс болады, ол механикалық энергияның азаюын туғызады (механикалық энергия ішкі энергияға ауысады), сондықтан тербеліс бірте-бірте өшеді.

Галилей маятнігі, кәдімгі математикалық маятник сияқты, бірақ одан айырмашылығы, оның вертикаль сызықта орналасқан арнайы тіреуі болады. Бұл тіреу, маятник жібінің қозғалысын тежейді. Тіреудің әртүрлі жағдайда орналасуына байланысты, Галилей маятнігінің қозғалысын зерттеңіздер. Бұл тәжірибелерден жалпы нені көруге болады?

Біз бастапқы потенциалдық энергияның (дене оң жақта тұрады) кинетикалық, ал сосын қайтадан потенциалдық энергияға (дене сол жақта тұрады) айналатынын көреміз. Бұл потенциалдық энергиялар, маятніктің ең үлкен (максималь) ауытқуында бірдей болады. Яғни, маятніктің механикалық энергиясы өзгермейді.

Тіреудің орны ешқандай роль атқармайды. Бірақ, маятник жібінің тіреумен кездескен жерінде, жүйеге күштер әсер ететінін білеміз. Неге олар маятніктің энергиясын өзертпейді? Олар негізінде, жіптің керілу күшін өзгертеді! Тіреудің әртүрлі жағдайында, маятник жібінің керілу күшінің қалай өзгеретінін есептеп көріңіздер.

Осының бәрі келесі жағдайларға байланысты. Жоғарыда айтылған күштер (тіреудің жағынан) ешқандай жұмыс істемейді, ал негізінде сыртқы күштердің жұмысы ғана жүйенің механикалық энергиясын өзгерте алады. Жұмыс істелу үшін, орын ауыстырылуы тиіс, ал біздің жағдайда тіреу қозғалмайды. Сондықтан, жүйеге сыртқы күштер әсер етсе де, оның механикалық энергиясы өзгермейді.

Бірақ, біз тербелістің бірте-бірте өшетінін көреміз. Бұл үйкеліс күшінің (ауадағы) әсері болып табылады.

Потенциалдық шұңқыр, "өлі тұзақ".

Дененің потенциалдық энергиясы қоршаған кеңістіктен аз болатын аумақты потенциалдық шұңқыр деп атайды. Орнықты тепе-теңдіктің көптеген жағдайында, дене, потенциалдық энергиясы ең аз болатын күйді алуға тырысады (ол потенциалдық шұңқырдың ең түбінде болады). Егер денені орнықты тепе-теңдік жағдайынан ауытқысақ, онда ол осы орында тербеліс жасайды. Егер жүйеге үйкеліс күші әсер етпесе, онда жүйенің механикалық энергиясы өзгермейді

Потенциалдық шұңқырдағы шардың қозғалысын көрсететін тәжірибені қарастырайық. Егер шардың бастапқы энергиясы аз болса, онда ол потенциалдық шұңқырдан шыға алмайды. Шардың энергиясы жеткілікті болса, ол потенциалдық өткелден өтіп, потенциалдық шұңқырдан шыға алады.

Егер қондырғыда үйкеліс болмаса, онда шарға өткелдің потенциалдық энергиясына тең энергия берген кезде, ол потенциалдық шұңқырдан шығып кетуі тиіс. Шардың алғашқы потенциалдық энергиясы мен өткелдің потенциалдық энергиясының айырымы үйкеліс күшінің жұмысына тең. Осыны сіздер тәжірибеден көре аласыздар.

Екінші тәжірибелік қондырғыда шар "өлі тұзақты" сипаттайтын рельс бойынша қозғалады.

Шар рельстен шықпай, бүкіл жолды жүріп шығу үшін, оның алғашқы энергиясы жеткілікті түрде болуы тиіс. Үйкеліс жоқ деп есептеп, шардың "өлі тұзақ" жасайтын биіктігін есептеңіздер.

Шарлардың серпімді және серпімсіз соқтығыстары.

Тәжірибелерден шарлардың соқтығыстарының ерекшеліктерін көруге болады. Тұйық жүйеде жүйенің толық импульсі сақталады. Жүйенің импульсі деп- осы жүйедегі әр денелердің импульстарының қосындысын айтады. Яғни, тұйық жүйеде, осы жүйедегі кейбір дененің импульсі өзгеруі мүмкін, бірақ жүйенің жалпы импульсі өзгермейді.

Соқтығыстар серпімді және серпімсіз болып бөлінеді. Серпімді соқтығыстарда денелердің ішкі энергиясы өзгермейді. Осы жағдайда тұйық жүйенің импульсі ғана емес, сонымен қатар жүйенің механикалық

энергиясы да сақталады. Ал серпімсіз соқтығыстарда механикалық энергияның бір бөлігі ішкі энергияға ауысады, бірақ серпімді соқтығыстағыдай оның импульсі сақталады.

Абсолютті серпімсіз соқтығыс деп- механикалық энергияның көп бөлігі ішкі энергияға ауыстын және дене бір-біріне жабысып, бір денедей қозғалатын соқтығысты айтады.

Шарлардың серпімді және серпімсіз соқтығыстарын бейнежазбадан көріңіздер.

Серпімді соқтығыстардың ерекшеліктері неде? Біздің жағдайда, тыныштықта тұрған шарға, дәл сондай шар соқтығысады.

Соқтығысқаннан кейін қозғалыстағы шар тоқтайды, ал қозғалмай тұрған шар соқтығысқан шардың жылдамдығындай жылдамдықпен қозғалады. Біз бұл жерден екі шардан тұратын жүйенің импульстары мен кинетикалық энергияларының өзгермейтінін көреміз. Бірақ, қозғалыс бірте-бірте тоқтайды. Бұл ауадағы үйкеліс күшінің әсерінен болады және соқтығыстың абсолютті серпімді емес екенін көрсетеді.

Осы жағдай үшін кинетикалық энергияның және импульстің сақталу заңдарын қолдана отырып, шарлардың соқтығысқаннан кейінгі жылдамдықтарын есептеңіздер

Теориялық болжамдар тәжірибеде орындалады ма?

Абсолютті серпімсіз соқтығыста, бірдей шарлар (олар пластилиннен жасалған) соқтығысқаннан кейін бір-бірімен жабысып, бір дене болып қозғалады. Осы жағдайда жүйенің импульсі сақталады, сондықтан пайда болған дененің жылдамдығы соқтығысқан шардың жылдамдығынан екі есе аз болады. Яғни, жүйенің кинетикалық энергиясы азаяды. Кинетикалық энергияның қандай бөлігі ішкі энергияға ауысатынын есептеңіздер (біздің жағдайда жылуға)?

Шарларға ауырлық күші және жіптің керілу күші әсер етіп тұрғандықтан, негізінде тәжірибелік қондырғыдағы екі шар тұйық жүйе болып табылмайды. Онда неге біз импульстің сақталу заңы туралы айтамыз?

Себебі, егер белгілі бір бағытта сыртқы күштердің проекцияларының қосындысы нөлге тең болса, онда жүйенің импульс векторының осы бағыттағы проекциялары тұйық емес жүйеде де сақталуы мүмкін (және сақталады). Біздің тәжірибелерде дәл осы жағдай қарастырылған. Себебі, соқтығысу кезінде шарларға горизонталь бағытта, сыртқы күштер әсер етпейді, сондықтан импульстің горизонталь өске проекциясы өзгермейді.

Ауа көпшігіндегі арба

Біздің тәжірибеде, тікбұрышты, іші қуыс қорап түріндегі көлбеу жазықтық қолданылады. Қораптың жоғарғы бөлігінде бірнеше кішкентай тесіктер жасалған. Осы тесіктер арқылы қорапқа шаңсорғыш арқылы берілетін ауа шығады.

Осы ауа , арба түріндегі дененің, қорапты жанамай түсуін (жүзіп) қаматамасыз ететін ауа көпшігін туғызады.

Сөйтіп арба, көлбеу жазықтықпен үйкеліссіз түседі.

Арбаның қозғалысын және соқтығысын көрсететін тәжірибені қараңыздар. Кіші арбаға қарағанда, үлкен арбаның массасы екі есе үлкен болады. Арбаға қойылатын жүктердің массалары да кіші арбаның массасына тең.

Біздің бірінші тәжірибелерден көретініміз, арбаның қозғалысы кезіндегі жылдамдықтың (және импульстің) сақталу заңы. Бұл Ньютонның бірінші заңына сәйкес келеді, егер денеге ешқандай күштер әсер етпесе, онда ол тыныштықта тұрады немесе бірқалыпты түзу сызықты қозғалысын сақтайды. Тәжірибеден көретініміздей, біздің қондырғының ауадағы үйкеліс күші өте аз болғандықтан, оны ескермеуге болады. Бұл жағдайда, ауырлық күші мен ауа көпшігінің арбаға қысымы компенсацияланады.

Бірдей арбалардың серпімді соқтығысының екінші бір ерекшелігі, егер тыныштықта тұрған арбаға, дәл сондай арба келіп соқтығысса, онда олар жылдамдықтарымен алмасады. Бұл импульс пен энергияның сақталу заңдарының салдары.

Егер әртүрлі арбалар соқтығысса, онда олардың жылдамдықтары, сақталу заңдарына сәйкес өзгереді.

Көлбеу жазықтықтағы дененің тербелісі.

Жазықтықтағы дененің тербелмелі қозғалысының, қарапайым сырғанаудан айырмашылығы, бір уақытта дене екі түрлі қозғалыста болады. Бірінші - дене массалық центрдің жылдамдығымен ілгерлемелі қозғалады және дененің массалық центрі арқылы өтетін горизонталь өске қарағанда айналады.

Біз білетіндей, дененің ілгерлемелі қозғалысының инерттілігі, дененің массасымен сандық сипатталады. Сонымен қатар, айналмалы қозғалыстың да инерттілігі болады. Ол дененің айналу өсіне қатысты және инерция моментімен сипатталады. Дененің инерция моменті тек массаға ғана байланысты емес, сонымен қатар оның айналу өсіне қатысты таралуына да байланысты болады. Неғұрлым дененің массасы айналу өсінен алысырақ болса, соғұрлым дененің инерция моменті кеп болады.

Көлбеу жазықтықтан екі цилиндрлердің (тұтас және қуыс) түсуін көрсететін тәжірибені көріңіздер. Екі цилиндрдің де массалары, ұзындықтары және радиустары бірдей. Бірақ, айналу өсіне қатысты инерция моменті тұтас цилиндрге қарағанда қуыс цилиндрде көп болады. Бұл цилиндрлердің бірдей болуына қарамастан, қуыс цилиндрдің, толық цилиндрге қарағанда массасының көп бөлігі айналу өсінен алысырақ орналасуына байланысты. Біз қуыс цилиндрдің, көлбеу жазықтықтан толық цилиндрге қарағанда жәй түсетінін көреміз. Оның айналмалы қозғалысқа қатысты инерттілігі, массасы дәл сондай толық цилиндрдің инерттілігіне қарағанда көп болады.

Енді бірдей материалдан жасалған, бірақ өлшемдері әртүрлі цилиндрлердің көлбеу жазықтан түсуін қарастырамыз.

Біз олардың бірдей түсетінін көреміз. Бұл осындай қозғалыстың заңдылығына сәйкес келеді. Теория бойынша, көлбеу жазықтықтан сырғанамай түсетін дененің үдеуі оның инерция моментінің mR^2 шамасына қатынасына тең, мұндағы m - дененің массасы, ал R - оның радиусы. Осы қатынас барлық біртекті цилиндрлер үшін бірдей және $1/2$ -ге тең, ал біртекті шарлар үшін де бірдей және $2/5$ -ке тең. Сондықтан, әртүрлі біртекті шарлар бірдей домалайды.

Егер көлбеу жазықтықпен домалайтын шарлар мен цилиндрлердің қозғалысын салыстырсақ, біз шардың тез домалайтының көреміз. Бұл $2/5$ -ке тең шардың салыстармалы инерция моментінің, $1/2$ -ге тең цилиндрдің салыстырмалы инерция моментінен аз болуына байланысты. Айналмалы қозғалыста біртекті шардың инерттілігі, біртекті цилиндрге қарағанда аз болады.

НАЗНАЧЕНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.

Виртуальные лабораторные работы предоставляют широкие возможности для формирования и совершенствования профессиональных навыков и интуиции, а также развивают творческие способности.

Процесс выполнения лабораторных работ идентичен выполнению лабораторных работ в реальных условиях. Используется оборудование, установки, реактивы и т.д., аналогичные реальным. Можно сказать, что практически единственное отличие виртуальных лабораторных работ от реальных, это их выполнение на компьютере.

Все виртуальные лабораторные работы имеют встроенные учебно-методические материалы с формулами для расчетов и т.д., включая контрольные вопросы для защиты лабораторных работ студентами.

Лабораторные работы.

1. Машина Атвуда.
2. Математический маятник.
3. Груз на пружинке.
4. Скольжение по наклонной плоскости с трением.
5. Скольжение по наклонной плоскости без трения.
6. Качение шара по наклонной плоскости.

Демонстрации.

1. Независимость движений.
2. Инертность тела.
3. Маятник Галилея.
4. Потенциальная яма, "мертвая петля".
5. Упругое и неупругое столкновение шариков.
6. Тележки на воздушной подушке.
7. Качение тел с наклонной плоскости.

Как работать с программой.

Программа предназначена для помощи в изучении основного раздела физики – механики. Она выполнена в стиле электронного учебного пособия и содержит два основных раздела – демонстрации и лабораторный эксперимент.

Каждый опыт состоит из набора снятых на видео экспериментов, выполненных в лаборатории на реальных установках. Студент может выбирать эксперимент с данными параметрами установки (из набора имеющихся), наблюдать явление и определять его количественные характеристики. Каждый эксперимент с данными начальными параметрами был проделан и снят на видео не менее трех раз, что позволяет наблюдать и определять случайную погрешность измерений. Всего в программе приводится более 150 сюжетов экспериментов.

Главная особенность этой программы состоит в том, что в ней не моделируется физическое явление, а приводится видеозапись реального опыта. Это позволяет студенту изучать явление в том виде, в котором оно реально наблюдается в жизни.

Целью такого подхода является выработка навыков самостоятельного выбора физической модели явления и ее совершенствование в соответствии с реальностью.

Основной недостаток такого подхода заключается в ограниченном наборе экспериментов – учащийся не может по своему желанию изменять любые параметры установки, а вынужден пользоваться лишь набором имеющихся.

Лабораторная работа № 1. Машина Атвуда.

1. Краткая теория.

Движение грузов под действием силы тяжести в машине Атвуда подчиняется законам Ньютона. Мы будем пренебрегать массами нити и блока по сравнению с массами грузов. Кроме того, мы не будем учитывать силу сопротивления при движении грузов в воздухе и силу трения в оси блока. Тогда на каждый из грузов действуют только две силы - сила тяжести и сила натяжения нити, которая будет одинаковой по величине для обоих грузов.

Второй закон Ньютона, записанный в проекции на направление движения для левого груза с массой M :

$$Ma = T - Mg \quad (1)$$

Для правого груза:

$$(M + m)a = (M + m)g - T \quad (2)$$

где M - масса грузов;

m - масса кольца, расположенного на правом грузе;

a - ускорение грузов;

g - ускорение свободного падения;

T - сила натяжения нити.

Решая систему уравнений (1) и (2) относительно ускорения, получим:

$$a = g \cdot \frac{m}{2M + m} \quad (3)$$

откуда видно, что движение грузов будет равноускоренным.

Пройденный телом путь S на первом участке движения с постоянным ускорением a и нулевой начальной скоростью будет равен:

$$S = \frac{v^2}{2 \cdot a} \quad (4)$$

где v - конечная скорость в конце пути S .

Второй участок пути L , когда кольцо снимается, груз проходит с постоянной скоростью v . Время движения t на этом участке равно:

$$t = \frac{L}{v} \quad (5)$$

Экспериментальная установка позволяет измерять время t прохождения грузом участка L равномерного движения. При известной длине участка L из формулы (5) можно рассчитать конечную скорость v в конце пути S :

$$v = L/t. \quad (6)$$

Задание 1.

Проверка зависимости пройденного пути от конечной скорости при равноускоренном движении (4) и определение ускорения движения грузов.

Проделайте серию экспериментов, в которых масса m дополнительного кольца остается постоянной (например 6.5 г), а расстояние S меняется (150 мм,

200 мм, 300 мм). Для каждого значения S повторите опыт по три раза и измерьте время t движения груза на участке равномерного движения. Из трех значений времени найдите среднее время $\langle t \rangle$ и случайную погрешность Δt . Рассчитайте скорость v в конце пути S по формуле (6), используя среднее время, для трех различных расстояний S , и занесите эти значения в таблицу:

Эксперименты с массой кольца $m = 6.5$ г.

S , м	L , м	$\langle t \rangle$, с	v , м/с	$Y = v^2$, (м/с) ²	a , м/с ²
0.15	0.3				
0.2	0.25				
0.3	0.15				
					$\langle a \rangle =$

Рассчитайте значение среднего ускорения $\langle a \rangle$ и его абсолютную погрешность Δa для выбранной массы кольца. Запишите результат в виде:

$$a = (\langle a \rangle \pm \Delta a) \text{ м/с}^2 \quad (7)$$

Нанесите экспериментальные точки на график зависимости квадрата скорости $Y = v^2$ от расстояния S . Убедитесь, что экспериментальные точки лежат на прямой, проходящей через начало координат. Среднее ускорение можно найти по углу α наклона графика к оси абсцисс:

$$a = \text{tg}(\alpha)/2 \quad (8)$$

Сравните результаты, полученные по формулам (7) и (8).

Задание 2.

Определение массы груза M .

Используя формулу (3), выразим ускорение свободного падения:

$$g = \frac{2M + m}{m} \cdot a \quad (9)$$

В наших опытах ускорение свободного падения g и масса грузов M остаются неизменными. Их можно вычислить, зная ускорения грузов, при соответствующих массах колец. Например, из (9) следует:

$$\frac{2M + m_1}{m_1} \cdot a_1 = \frac{2M + m_2}{m_2} \cdot a_2 = \frac{2M + m_3}{m_3} \cdot a_3$$

откуда можно получить расчетную формулу для массы груза:

$$M = \frac{a_2 - a_1}{2 \left(\frac{a_1}{m_1} - \frac{a_2}{m_2} \right)} \quad (10)$$

Проделайте опыты по описанию задания 1 для определения ускорений a_i грузов для трех различных колец с массами m_1, m_2, m_3 .

Используя формулу (10), рассчитайте три значения массы груза M для трех различных пар масс колец и соответствующих ускорений: 1 – 2, 1 – 3, 2 – 3.

Определите среднее значение массы груза $\langle M \rangle$ и погрешность ΔM . Запишите результат в виде:

$$M = (\langle M \rangle \pm \Delta M) \text{ г.}$$

Задание 3.

Определение ускорения свободного падения.

Используя результаты измерений, проведенных в задании 2, по формуле (9) рассчитайте три значения ускорения свободного падения для трех значений масс колец и соответствующих ускорений.

Найдите среднее значение и погрешность для ускорения свободного падения.

Окончательный результат запишите в виде:

$$g = (\langle g \rangle \pm \Delta g) \text{ м/с}^2.$$

Сравните полученное значение с табличным.

Сформулируйте выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы.

1. Сформулируйте законы Ньютона и объясните физический смысл величин, о которых говорится в этих законах.
2. Что такое ускорение свободного падения? В каких единицах оно измеряется?
3. Какие предположения были сделаны при выводе расчетных формул в данном эксперименте?
4. Почему в данной модели натяжения нитей для левого и правого грузов принимаются одинаковыми?
5. Почему величины ускорений грузов (левого и правого) принимаются одинаковыми?

Лабораторная работа № 2. Математический маятник.

1. Краткая теория.

Математическим маятником называется небольшое тело, подвешенное на длинной нити, которое может совершать колебания в вертикальной плоскости. Слова «небольшое тело» означают, что размер тела значительно меньше длины нити, на которой оно подвешено. В состоянии равновесия маятник покоится, а нить принимает вертикальное положение. Если маятник вывести из его состояния равновесия и отпустить, то он будет совершать периодическое движение в вертикальной плоскости. Характер этого движения определяется действующими на маятник силами. Если не учитывать действие воздуха, то на маятник действуют лишь Земля и нить. Земля создает силу притяжения, направленную вертикально вниз и равную по величине произведению массы тела на ускорение свободного падения. Сила натяжения всегда направлена вдоль нити к точке подвеса. Величина силы натяжения нити, в отличие от силы тяжести, не остается постоянной, а меняется при движении маятника. Расчеты показывают, что под действием этих сил, маятник будет совершать периодические колебания, и, если амплитуда этих колебаний будет мала, колебания будут происходить по гармоническому закону:

$$\alpha = \alpha_0 \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi) \quad (1)$$

где α – угол отклонения нити;

α_0 – амплитуда колебаний (максимальный угол отклонения);

ω_0 – круговая частота колебаний;

φ – начальная фаза колебания.

Период колебаний T (время одного полного цикла периодического движения) связан с частотой колебаний ω_0 и для математического маятника определяется формулой:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (2)$$

где L – длина нити маятника;

g – ускорение свободного падения.

Обратите внимание на то, что в формулу (2) для периода колебаний не входит масса маятника!

Преобразуем формулу (2) следующим образом:

$$Y = \frac{T^2}{4\pi^2} = \frac{L}{g} \quad (3)$$

Из последней формулы видно, что Y зависит от L прямо пропорционально, а коэффициентом пропорциональности будет обратное значение ускорения свободного падения.

Задание 1.

Проверка теоретической формулы для периода колебаний математического маятника.

Экспериментальная установка позволяет измерять число периодов колебаний и полное время этих колебаний. На установке можно изменять длину нити маятника и амплитуду колебаний. В наших экспериментах длина нити маятника принимает следующие значения: 100, 200, 300, 400, 500 мм. Каждый эксперимент с выбранной длиной нити можно проделать независимо три раза. Серия таких экспериментов позволяет оценить случайную погрешность измерения периода колебаний.

Измерьте время десяти колебаний для каждой выбранной длины нити маятника, используя набор из трех экспериментов. Разделив время десяти колебаний на 10, получите период колебаний. Занесите измеренные и расчетные значения в заранее подготовленную таблицу.

Определите средний период колебаний и его погрешность измерения для каждой данной длины нити маятника:

$$T = (\langle T \rangle \pm \Delta T) \text{ с.}$$

Для каждого значения длины нити L рассчитайте значение величины $Y = \langle T \rangle^2 / (4\pi^2)$. Занесите эти данные в отдельную таблицу.

№	N	t, сек	T=t/N	l, м	Y	$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$	Δg	ε
1								
2								
3								
4								

Нанесите данные из этой таблицы на график зависимости Y от L . Теоретическая формула (3) предсказывает прямо пропорциональную зависимость этих величин. Проведите прямую линию, проходящую через начало координат так, чтобы экспериментальные точки оказались как можно ближе к этой прямой. Выполняются ли предсказания теории?

Задание 2.

Определение ускорения свободного падения.

Ускорение свободного падения можно рассчитать, используя формулу (2). Для этого преобразуем ее:

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

Рассчитайте значения g по формуле (4), используя экспериментальные данные для среднего периода колебаний при разных длинах нити маятника, полученные в задании 1.

Определите среднее значение ускорения свободного падения и абсолютную погрешность измерений.

Запишите результат в виде:

$$g = (\langle g \rangle \pm \Delta g) \text{ м/с}^2. \quad (5)$$

Используя график зависимости Y от L , полученный в задании 1, определите g по тангенсу угла α наклона прямой линии к оси ординат:

$$g = L/Y = \text{tg } \alpha \quad (6)$$

Сравните значения ускорения свободного падения, полученные из расчетов (5) и с помощью графического метода (6).

Сравните полученное значение с табличным.

Сформулируйте выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы.

1. Что такое математический маятник?
2. Какие силы учитываются при определении движения маятника?
3. Какие приближения используются при выводе формулы для периода математического маятника?
4. Каков характер движения математического маятника?
5. В чем сущность графического метода определения ускорения свободного падения с использованием математического маятника?

Лабораторная работа № 3. Груз на пружинке.

1. Краткая теория.

Тело, подвешенное на пружинке в поле тяжести Земли, представляет собой пружинный маятник. Как известно, сила упругости пружины пропорциональна ее деформации (если эта деформация небольшая и пружина изготовлена из упругого материала):

$$F = - k \cdot x, \quad (1)$$

где F – сила упругости;
 x – деформация пружины;
 k – коэффициент жесткости пружины.

Знак минус в формуле (1) показывает, что направление действия силы упругости противоположно направлению деформации. Коэффициент жесткости характеризуется материалом и геометрическими параметрами пружины.

Теоретические расчеты показывают, что период T колебаний груза на пружинке определяется массой m груза и коэффициентом жесткости k пружинки:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (2)$$

Сила притяжения к Земле в данном случае не оказывает влияния на период колебаний.

2. Экспериментальная установка.

На установке закреплена пружина с подвешенной на ней чашкой, в которую можно помещать грузы. На чашке прикреплена металлическая полоска, которая пересекает световой луч датчика электронного секундомера. Секундомер определяет полное время (в секундах) и число периодов произошедших колебаний после нажатия на кнопку «Пуск». Счет прекращается после нажатия на кнопку «Стоп».

В комплекте установки имеется набор грузов – три груза по 50 г. и два груза с неизвестными массами.

3. Методика проведения экспериментов.

Целью работы является экспериментальная проверка теоретической формулы для периода колебаний пружинного маятника, определение коэффициента жесткости пружины и неизвестных масс двух грузов и чашки. Мы будем использовать графический метод для решения поставленной задачи.

Перепишем формулу (2) в другой форме:

$$Y = \frac{T^2}{4\pi^2} = \frac{1}{k} \cdot m \quad (3)$$

откуда видно, что величина Y зависит от массы m прямо пропорционально. Коэффициентом пропорциональности является обратная величина коэффициента жесткости k .

Таким образом, если зависимость (2) является правильной, то экспериментальные точки на графике зависимости Y от m должны лежать на прямой линии, проходящей через начало координат. Тангенс угла наклона этой прямой к оси ординат численно равен значению коэффициента жесткости пружины k :

$$k = \frac{\Delta m}{\Delta Y}$$

Кроме того, используя эту прямую, построенную по экспериментальным точкам, можно определить и все неизвестные массы тел.

Проведите измерения периодов колебаний пружинного маятника для следующих случаев:

1. На пружине расположена только чашка.
2. В чашке находится груз 50 г.
3. В чашке находится груз 100 г.
4. В чашке находится груз 150 г.
5. В чашке находится первый неизвестный груз.
6. В чашке находится первый и второй неизвестные грузы.

Для каждого опыта с выбранной массой необходимо провести по три измерения периода колебаний для расчета среднего значения и оценки погрешности измерений.

Занесите все данные в таблицу, в которой должны быть как столбцы с исходными данными (время 10 периодов колебаний) соответствующее данной массе, расположенной в чашке, так и период колебаний T и величина Y , которую нужно рассчитать из формулы (3) по известному периоду T .

№	N	t, сек	$T=t/N$	Y	k	m_0	ϵ
1							
2							
3							
4							

Постройте график, в котором по оси абсцисс отложена масса, прикрепленная к пружине, а по оси ординат – величина Y , которая зависит от периода колебаний T .

Нанесите на этот график экспериментальные точки, соответствующие случаям 1, 2, 3, 4, указанным выше. При этом значению массы m_0 пустой чашки (случай 1) выбирается некоторая точка на оси абсцисс. Следующая точка (случай 2) смещается от предыдущей по оси абсцисс на 50 г. ($m_1 = m_0 + 50$ г.). Следующая – еще на 50 г. ($m_2 = m_0 + 100$ г.), и т.д. По оси ординат откладываются соответствующие значения величины Y .

Проведите прямую линию так, чтобы эти четыре экспериментальные точки оказались как можно ближе к прямой.

Точка пересечения этой прямой с осью абсцисс будет соответствовать началу отсчета масс – 0. Расстояние от этой точки до значения m_0 (в

соответствующем масштабе) позволит определить неизвестную массу пустой чашки m_0 .

С использованием этого графика и измеренных значений величины Y для случаев 5 и 6, определяются неизвестные массы двух грузов.

Тангенс угла наклона прямой к оси ординат на графике даст значение коэффициента жесткости пружины.

Сформулируйте выводы по этому эксперименту.

4. Контрольные вопросы и исследовательские задания.

1. Как формулируется закон Гука для пружины? При каких ограничениях он справедлив?
2. По какому закону происходят гармонические колебания?
3. Почему период колебаний груза на пружине не зависит от силы притяжения к Земле?
4. Как рассчитать неизвестные массы и коэффициент жесткости пружины в данном эксперименте, не пользуясь графическим методом? Выведите необходимые для расчетов формулы и рассчитайте неизвестные значения. Сравните их с теми, которые были получены графическим методом.
5. Какие причины могут привести к систематической погрешности, в результате которой теоретические значения могут отличаться от экспериментальных?

Лабораторная работа № 4. Скольжение по наклонной плоскости с трением.

1. Краткая теория.

Движение тела по наклонной плоскости определяется действием на него внешних сил. Всякая сила есть результат взаимодействия с некоторым телом (или полем). Какие внешние тела могут оказывать действие на тело, расположенное на наклонной плоскости? Прежде всего, это Земля. Она действует с силой, направленной вертикально вниз и по величине равной произведению массы m тела на ускорение свободного падения g . Второе важное тело – наклонная плоскость (точнее поверхность наклонной плоскости). Она создает силу реакции опоры, которая, в общем случае, имеет две составляющие – силу нормального давления N , и силу трения $F_{\text{тр}}$. Сила нормального давления N всегда перпендикулярна наклонной плоскости – эта сила не позволяет телу «провалиться». Сила трения $F_{\text{тр}}$ направлена вдоль наклонной плоскости против движения (если тело скользит, а не поконится) и ее значение определяется законом Кулона-Амонтона:

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N \quad (1)$$

На тело оказывает влияние и окружающий воздух. В общем случае он создает две силы – выталкивающую силу, действующую по закону Архимеда, и силу сопротивления для движущегося тела. Во многих случаях, однако, этим действием можно пренебречь.

Второй закон Ньютона, записанный в проекции на направление движения, имеет вид:

$$m \cdot a = mg \sin \alpha - F_{\text{мп}} \quad (2)$$

Записав второй закон Ньютона в проекции, перпендикулярной плоскости, с учетом того, что тело не движется в этом направлении:

$$0 = N - mg \cos \alpha,$$

и используя выражение (1) для силы трения скольжения, получим:

$$F_{\text{мп}} = \mu \cdot mg \cos \alpha. \quad (3)$$

Решая систему уравнений (2)-(3) относительно ускорения, найдем:

$$a = g \cdot (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha) \quad (4)$$

Из последней формулы видно, что скольжение по наклонной плоскости происходит равноускоренно. Обратите внимание, что это ускорение не зависит от массы тела!

При равноускоренном движении из состояния покоя пройденный телом путь S пропорционален ускорению и квадрату времени t движения:

$$S = \frac{a \cdot t^2}{2} \quad (5)$$

2. Экспериментальная установка.

В наших опытах используется деревянная наклонная плоскость и тело, изготовленное из дюралюминия. В установке имеется два световых датчика, с помощью которых определяется момент прохождения тела через соответствующие положения. Электронная схема позволяет с большой точностью определять время t движения тела (в секундах) между этими положениями. Расстояние S между датчиками в наших экспериментах фиксировано и равно 34 см. Изменяющимся параметром является угол наклона плоскости. Точнее - высота H наклонной плоскости. Она принимает четыре значения - 28 см, 32 см, 38 см и 43 см. Полная длина L наклонной плоскости равна 1 м.

3. Методика проведения экспериментов.

Целью работы является определение коэффициента трения скольжения.

Ускорение тела можно экспериментально определить из формулы (5):

$$a = \frac{2S}{t^2} \quad (6)$$

измеряя время t прохождения известного расстояния S .

Коэффициент трения скольжения можно определить из формулы (4):

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha - \frac{a}{g \cdot \cos \alpha} \quad (7)$$

Заготовьте таблицу со следующими колонками для экспериментальных и расчетных значений:

1. Номер опыта;
2. Высота H наклонной плоскости;
3. Время t движения;
4. Квадрат времени движения;
5. $\operatorname{Tg} \alpha$;
6. $\cos \alpha$;
7. Ускорение a ;
8. Коэффициент трения μ .

№	H	l, м	S, м	t, сек	$\operatorname{tg} \alpha$	$\cos \alpha$	a, м/с ²	μ	$\langle \mu \rangle$	$\Delta \mu$	ε
1											
2											
3											
4											

Используя весь набор доступных опытов, проведите измерения времени скольжения тела при разных углах наклона плоскости. Углы наклона (точнее значения тангенса и косинуса углов) рассчитываются из значений высоты H и полной длины L наклонной плоскости. Занесите экспериментальные данные в таблицу. Рассчитайте значения соответствующих ускорений и коэффициентов трения по формулам (6) и (7) и занесите результаты расчетов в таблицу. Для ускорения свободного падения примите табличное значение $g = 9.8 \text{ м/с}^2$.

Рассчитайте среднее значение коэффициента трения скольжения и погрешность измерений, используя результаты всех опытов. Окончательный результат запишите в виде:

$$\mu = \langle \mu \rangle \pm \Delta \mu$$

Сформулируйте выводы по проделанной работе.

4. Контрольные вопросы и исследовательские задания.

1. Какие виды трения Вы знаете? В чем их особенность?
2. От чего зависит коэффициент трения скольжения?
3. В каких единицах он измеряется?
4. Определите коэффициент трения скольжения по отдельности для каждого угла наклона плоскости. Замечаете ли Вы какую-либо закономерность? Как объяснить полученные результаты?
5. Какие приближения были использованы при выводе расчетных формул?
6. Когда можно пренебрегать действием воздуха на движущееся по наклонной плоскости тело?

Лабораторная работа № 5. Скольжение по наклонной плоскости без трения.

1. Краткая теория.

Движение тела по наклонной плоскости определяется действием на него внешних сил. Всякая сила есть результат взаимодействия с некоторым телом (или полем). Какие внешние тела могут оказывать действие на тело, расположенное на наклонной плоскости? Прежде всего, это Земля. Она действует с силой, направленной вертикально вниз и по величине равной произведению массы m тела на ускорение свободного падения g . Второе важное тело – наклонная плоскость (точнее поверхность наклонной плоскости). Она создает силу реакции опоры, которая, в общем случае, имеет две составляющие – силу нормального давления N , и силу трения $F_{тр}$. Если в условиях опыта сила трения очень мала по сравнению с силой тяжести, то ей можно пренебречь. Сила нормального давления N всегда перпендикулярна наклонной плоскости – эта сила не позволяет телу провалиться.

На тело оказывает влияние и окружающий воздух. В общем случае он создает две силы – выталкивающую силу, действующую по закону Архимеда, и силу сопротивления для движущегося тела. Иногда этим действием можно пренебречь.

Второй закон Ньютона, записанный в проекции на направление движения для нашего случая, имеет вид:

$$m \cdot a = mg \sin \alpha \quad (1)$$

Разделив уравнение (1) на массу тела, для ускорения получим:

$$a = g \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

Из последней формулы видно, что скольжение по наклонной плоскости происходит равноускоренно. Обратите внимание, что это ускорение не зависит от массы тела!

При равноускоренном движении из состояния покоя пройденный телом путь S пропорционален ускорению и квадрату времени t движения:

$$S = \frac{a \cdot t^2}{2} \quad (3)$$

№	m	S, м	t, сек	α	$\sin \alpha$	$a = g \sin \alpha$, м/с ²	$a = \frac{2S}{t^2}$, м/с ²
1							
2							
3							
4							

2. Экспериментальная установка.

В наших опытах используется наклонная плоскость в виде полого прямоугольного короба, в верхней части которого сделано много маленьких

отверстий. Через эти отверстия выходит воздух, который подается в короб с помощью пылесоса. Этот воздух создает воздушную подушку, на которой плавает тело в виде тележки так, что она не касается короба. Таким образом тележка не испытывает трения скольжения о наклонную плоскость.

В установке имеется два световых датчика, с помощью которых определяется момент прохождения тела через соответствующие положения. Электронная схема позволяет с большой точностью определять время t движения тела (в секундах) между этими положениями. Расстояние S между датчиками в наших экспериментах может иметь два значения - 400 и 800 мм. Угол наклона плоскости может также меняться. В наших опытах он принимает значения 1° и 3° .

На тележку можно устанавливать грузы, меняя тем самым ее массу. Масса тележки – 50 г. Масса каждого груза также равна 50 г.

3. Методика проведения экспериментов.

Целью работы является проверка справедливости физической модели и теоретических зависимостей (2) и (3).

Заготовьте таблицу, в которой будете записывать время движения тележки. Сначала выберите серию экспериментов, когда масса тележки равна 50 г. Изменяя угол наклона (1° и 3°) и расстояние между датчиками (400 и 800 мм), измерьте время движения тележки для этих случаев и занесите его в таблицу. По формуле (3) рассчитайте ускорение тележки для каждого случая и занесите полученные значения в таблицу. Рассчитайте погрешность измерений. Рассчитайте ускорение для этих же случаев по формуле (2). Сравните полученные результаты. Какие выводы можно сделать из этих экспериментов?

Повторите эксперименты и расчеты для других масс тележки. Выполняется ли предсказание теории о независимости ускорения тележки от ее массы? Чем можно объяснить полученное различие?

4. Контрольные вопросы и исследовательские задания.

1. Какие физические законы использовались для объяснения движения тележки?
2. Какие предположения были сделаны при выводе расчетных формул для ускорения?
3. Когда можно пренебрегать действием силы трения о воздух?
4. Попробуйте оценить величину силы трения тележки о воздух в наших опытах.

Лабораторная работа № 6. Качение шара по наклонной плоскости.

1. Краткая теория.

Качение шара по наклонной плоскости определяется действием на него внешних сил. При этом шар движется как поступательно, так и вращается вокруг центра масс. Если угол наклона плоскости небольшой, то шар катится без проскальзывания. В данной модели мы не учитываем силу сопротивления воздуха. Теоретические расчеты показывают, что ускорение движения однородного шара в этих условиях определяется формулой:

$$a_c = \frac{5}{7} g \sin \alpha \quad (1)$$

Это ускорение отличается от ускорения тела, которое соскальзывает с наклонной плоскости без трения, двигаясь только поступательно:

$$a = g \sin \alpha \quad (2)$$

Это отличие связано с тем, что движение шара является не только поступательным, но и вращательным. Вращательное движение тоже обладает инертностью. Внешние силы пытаются раскрутить шар, но также как при поступательном движении, это не происходит мгновенно – угловая скорость движения шара увеличивается постепенно. Эта дополнительная инертность уменьшает ускорение поступательного движения.

Обратите внимание на то, что шар движется равноускоренно, причем его ускорение (1) не зависит ни от его массы, ни от его размера. Так предсказывает теоретическая модель.

2. Экспериментальная установка.

В наших опытах используется наклонная плоскость, на которой расположены два световых датчика, с помощью которых определяется момент прохождения тела через соответствующие положения, и электромагнит, который удерживает шар. При нажатии на кнопку «Пуск», электромагнит отпускает шар и первый датчик включает электронный секундомер. Шар скатывается с наклонной плоскости и, когда он проходит второй датчик, электронный секундомер останавливается. Таким образом, определяется время движения шара, который проходит заданное расстояние между датчиками. Угол наклона плоскости равен 3.75 градуса и остается неизменным для всех опытов.

На установке можно видеть результаты двух серий экспериментов:

1. Скатывание шариков разных диаметров (13, 22, 28, и 32 мм). При этом расстояние между датчиками (50 см) остается постоянным;
2. Скатывание шарика с диаметром 22 мм, который проходит разные расстояния - 10, 20, 30, 40, 50, 60, и 70 см.

3. Методика проведения экспериментов.

Целью работы является проверка справедливости физической модели и теоретической формулы (1).

Рассмотрим сначала скатывание разных шариков. Измерьте время движения шариков разных диаметров, которые проходят одно и то же расстояние 50 см. Для каждого шарика найдите среднее значение времени прохождения пути S и погрешность измерения времени. Определите ускорение шариков, используя формулу для равноускоренного движения:

$$S = \frac{at^2}{2} \quad (3)$$

Сравните полученные значения ускорений. Какие выводы можно сделать из этих экспериментов?

№	$\alpha, \text{град}$	$S, \text{м}$	$t, \text{сек}$	$d, \text{м}$	a	$\langle a \rangle$	Δa	ε
1								
2								
3								
4								

Рассмотрим теперь движение одного шарика с диаметром 22 мм, который проходит разные пути. Для каждого данного расстояния S измерьте время движения из трех опытов, определите среднее время движения и погрешность измерения времени. Рассчитайте ускорение шарика в предположении, что движение равноускоренное. Сравните полученные результаты с расчетами ускорения по формуле (1). Сформулируйте выводы по проделанной работе.

4. Контрольные вопросы и исследовательские задания.

1. В чем заключается отличие в скольжении тела по наклонной плоскости и качении шарика? Какими физическими причинами обусловлено это различие?
2. Чем можно объяснить небольшое различие в ускорениях разных шариков?

Демонстрации Независимость движений.

Опыт показывает, что сила и ускорение тела, которое эта сила создает, величины векторные и имеют одинаковое направление. Это означает, что отдельные проекции ускорения тела зависят лишь от соответствующих проекций силы на оси координат. Проекция силы вдоль оси y , например, изменяет только y – ковую составляющую скорости тела, никак не влияя на другие составляющие скорости.

Рассмотрим свободное падение тела в поле тяжести. Сила притяжения к Земле направлена вертикально вниз. Силой сопротивления при движении в воздухе будем пренебрегать. Поскольку сил в горизонтальном направлении нет, то горизонтальная составляющая скорости тела не должна изменяться. Напротив, вертикальная составляющая скорости, будет изменяться, поскольку вертикальная составляющая ускорения направлена, как и сила, вниз.

Как будет двигаться тело, которое падает в поле тяжести Земли из состояния покоя? Оно будет двигаться равноускоренно с ускорением свободного падения g . А как будет двигаться такое же тело, которое падает в поле тяжести Земли, если оно имеет начальную горизонтальную скорость? Поскольку горизонтальной составляющей силы нет, то эта составляющая скорости (горизонтальная) не будет изменяться. А вертикальная составляющая скорости будет изменяться так же, как в первом случае – вертикальная скорость тела будет изменяться равноускоренно с ускорением g . *Траектории движения этих тел будут разные* – в первом случае тело падает по прямой линии вниз, а во втором – траекторией будет парабола – тело движется по горизонтали с *постоянной скоростью* и падает вниз с *постоянным ускорением*.

Однако, поскольку на оба этих тела действует *одинаковая вертикальная сила* и *начальная вертикальная скорость этих тел одинакова* (она равна нулю), *то движение этих тел по вертикали* должно быть одинаковым. На движение тела по вертикали никак не влияет его движение по горизонтали. В этом проявляется независимость движений.

Если движение тел по вертикали одинаково, то за один и тот же промежуток времени изменения вертикальных координат тел должны быть одинаковы. Проверим это на опыте.

В нашей экспериментальной установке имеются два одинаковых стальных шарика. В момент столкновения шариков первый из них останавливается, а второй приобретает некоторую горизонтальную скорость. Далее они свободно падают под действием силы притяжения к Земле.

Посмотрите подробнее момент столкновения шариков. Посмотрите, как они движутся после столкновения. Обратите внимание на то, что некоторый горизонтальный уровень, отмеченный белой нитью, они *достигают одновременно*. Значит все, о чем говорилось выше, подтверждается опытом.

На движение тела в некотором направлении влияет лишь сила, имеющая составляющую на это направление, а другие составляющие силы,

перпендикулярные выбранному направлению, никакого влияния на движение в этом направлении не оказывают.

Инертность тела.

Законы Ньютона утверждают, что *изменить состояние движение тела*, может только *сила* взаимодействия с другими телами. Если на тело не действуют другие тела, то оно будет или покоится, или двигаться равномерно и прямолинейно. Изменение скорости тела под действием внешних сил зависит не только от этих сил и времени их действия, но и от свойств самого тела. Величина, которая зависит только от свойств тела и количественно характеризует его инертные свойства, называется *массой* тела. Как же это свойство проявляется на практике?

Под действием одной и той же силы за одно и то же время, тело, имеющее меньшую массу, изменяет свою скорость на большую величину, чем тело, обладающее большей массой. Говорят, что «массивное тело старается сохранить свое состояние покоя или движения лучше, чем тело с малой массой».

Посмотрите эксперимент с гирей, подвешенной на нити в поле тяжести Земли. В экспериментальной установке гиря с массой 2 кг подвешена на нити, закрепленной в штативе. *Такая же нить* прикреплена снизу гири.

В первом случае мы тянем вниз за нить, прикрепленную снизу гири. *медленно увеличивая усилие*. В некоторый момент рвется *верхняя нить*. Как это объяснить?

Нить рвется при достижении определенного растяжения, когда прочность материала не выдерживает приложенной нагрузки. Почему в первом опыте рвется именно верхняя нить? Потому что ее растяжение обусловлено не только приложенной силой к нижней нити, но и весом гири. Для нее критическое растяжение наступает раньше, чем для нижней нити.

Во втором случае мы *резко растягиваем нижнюю нить*, ударяя по палочке, соединенной с этой нитью. В этом опыте мы видим, что рвется *нижняя* нить, а верхняя остается целой. Почему так происходит? За то короткое время удара, когда мы растягиваем нижнюю нить до критического предела, гиря, обладая инертностью, не успевает сильно сместиться и растянуть верхнюю нить до критического предела. Массивная гиря стремится сохранить свое состояние покоя, несмотря на действие силы натяжения нижней нити. Поэтому во втором опыте, критическое растяжение для нижней нити наступает раньше, чем для верхней, и рвется именно нижняя нить.

Вероятно, Вы видели аттракцион в цирке, когда на человека ложится массивная плита, на которой с помощью тяжелого молотка разбивают кирпичи. Если провести этот эксперимент без плиты, то человека можно просто покалечить или убить! Массивная плита, обладающая большой инертностью, во время удара молотка стремится сохранить свое состояние покоя, и не позволяет тем самым существенно деформировать человеческое тело в этом

аттракционе. Для этих же целей служит массивная наковальня, на которой куют предметы из разогретого металла.

Следует иметь в виду, что масса характеризует инертные свойства тела только при *поступательном движении*. Для *вращательного движения* роль массы играет другая физическая величина – *момент инерции тела*. Он зависит не только от массы, но и от ее распределения внутри тела и оси вращения.

Маятник Галилея.

Экспериментальная установка состоит из небольшого тела, подвешенного на нити. Если отклонить тело от вертикального положения равновесия и отпустить его, то оно будет совершать колебания. При этом потенциальная энергия тела в поле тяжести Земли будет переходить в кинетическую энергию движения и наоборот. Если потери на трение в установке не большие, то механическая энергия практически не будет изменяться, и такие колебания будут достаточно длительными. Реально всегда существует некоторое трение, что приводит к уменьшению механической энергии (ее переходу во внутреннюю энергию), поэтому колебания постепенно затухают.

Маятник Галилея представляет собой обычный математический маятник, но со специальным упором, который расположен на вертикальной линии. Этот упор ограничивает движение нити маятника. Посмотрите опыты с маятником Галилея, когда упор расположен в разных положениях. Что общего можно заметить в этих экспериментах?

Мы видим, что начальная потенциальная энергия (тело находится справа) переходит в кинетическую, а затем, снова в потенциальную (тело находится слева). Эти потенциальные энергии в моменты максимального отклонения маятника практически одинаковы. Значит, механическая энергия маятника не изменяется. Положение упора не играет никакой роли. Но ведь в системе действовали силы при соприкосновении нити маятника с упором! Почему же они не изменяют энергию маятника? Ведь они изменяют силу натяжения нити! Попробуйте рассчитать, как изменяется сила натяжения нити маятника при взаимодействии с упором при разных его положениях.

Все дело в том, что эти силы (со стороны упора) не совершают никакой работы, а именно работа внешних сил может изменить механическую энергию системы. Для совершения работы необходимо *перемещение*, а упор стоит и никуда не движется. Поэтому, несмотря на то, что на систему действуют внешние силы, ее механическая энергия практически не изменяется.

И все же мы видим, что колебания постепенно затухают. Это результат работы сил трения (в основном о воздух).

Потенциальная яма, "мертвая петля".

Область, в которой потенциальная энергия тела меньше, чем в окружающем пространстве, называется *потенциальной ямой*. В большинстве случаев устойчивого равновесия, тело стремится занять положение с минимальной потенциальной энергией (на самом дне потенциальной ямы). Если вывести тело из его положения устойчивого равновесия, то оно будет совершать колебания вокруг этого положения. Если в системе не действуют силы трения, то механическая энергия системы сохраняется.

Посмотрите эксперимент с движением шарика в потенциальной яме. Если начальная энергия шарика мала, то он не может выбраться из потенциальной ямы. Если же достаточна, то тело может преодолеть потенциальный барьер и покинуть область потенциальной ямы.

Если бы в нашей установке не было трения, то шарик мог бы выскочить из потенциальной ямы, когда мы задали начальную энергию, соответствующую потенциальной энергии барьера. Разница между начальной потенциальной энергией шарика и потенциальной энергией барьера равна работе сил трения. Вы можете видеть это на опыте.

На второй экспериментальной установке шарик движется по рельсам, представляющим собой «мертвую петлю». Чтобы пройти весь путь без отрыва от опоры, шарик должен обладать достаточной начальной энергией. Попытайтесь рассчитать необходимую начальную высоту, чтобы шарик прошел мертвую петлю без отрыва в предположении, что трение отсутствует.

Упругое и неупругое столкновение шариков.

В этих экспериментах можно наблюдать особенности столкновения тел. Как известно, в замкнутой системе сохраняется полный импульс системы. Импульсом системы называется сумма импульсов отдельных тел, составляющих систему. Таким образом, в замкнутой системе импульсы отдельных тел могут изменяться, но так, что суммарный импульс системы остается постоянным.

Столкновения бывают *упругими* и *неупругими*. При упругих столкновениях не происходит изменение внутренних энергий тел, поэтому, в этом случае, сохраняется не только импульс замкнутой системы, но и механическая энергия всей системы. В случае неупругих столкновений, часть механической энергии переходит во внутреннюю, однако, как и при упругих столкновениях в замкнутой системе, ее импульс сохраняется.

Абсолютно неупругим столкновением называется такое, при котором максимальная часть механической энергии переходит во внутреннюю, при этом тела слипаются вместе и движутся далее как одно целое тело.

Посмотрите видеозапись упругого и неупругого столкновения шариков.

Каковы особенности упругого столкновения? В нашем случае на покоящийся шарик налетает точно такой же второй. После столкновения двигавшийся шарик останавливается, а ранее покоящийся – приобретает такую же скорость, как налетевший на него. При этом мы видим, что и импульс и кинетическая энергия системы двух шариков не изменяются. Строго говоря, движение все же постепенно затухает. Это результат проявления сил трения о воздух и того, что столкновение не является абсолютно упругим. Попробуйте рассчитать скорости шариков после упругого столкновения для нашего случая, используя законы сохранения импульса и кинетической энергии. Совпадают ли предсказания теории на опыте?

В случае абсолютно неупругого столкновения, одинаковые шарики (они сделаны из пластилина) слипаются и далее движутся вместе, как одно тело. При этом импульс системы сохраняется, поэтому скорость образовавшегося тела должна быть вдвое меньше скорости налетающего шарика. Кинетическая энергия системы в этом случае уменьшается. Рассчитайте, какая часть начальной кинетической энергии переходит во внутреннюю (в данном случае – в тепло)?

Два шарика в наших экспериментальных установках, строго говоря, не являются замкнутыми системами, поскольку на них действует сила тяжести и сила натяжения нити. Почему же мы можем говорить о законе сохранения импульса? Дело в том, что отдельные проекции вектора импульса системы могут (и будут) сохраняться даже в не замкнутой системе, если сумма проекций внешних сил на это направление равна нулю. Именно такая ситуация существует в нашем эксперименте. В момент столкновения шариков на них не действуют внешние силы по горизонтали, поэтому проекция импульса на горизонтальную ось не изменяется.

Тележки на воздушной подушке.

В наших опытах используется установка в виде полого прямоугольного короба, в верхней части которого сделано много маленьких отверстий. Через эти отверстия выходит воздух, который подается в короб с помощью пылесоса. Этот воздух создает воздушную подушку, на которой плавает тело в виде тележки так, что она не касается короба. Таким образом тележка не испытывает трения скольжения о поверхность.

Посмотрите эксперименты с движением и столкновениями тележек. Большая тележка имеет вдвое большую массу по сравнению с маленькой. Каждый грузик, который устанавливается на тележках, имеет такую же массу, как маленькая тележка.

Первое, что можно увидеть из этих опытов, это сохранение скорости (и импульса) тележки в процессе ее движения. Это соответствует первому закону Ньютона – если на тело не действуют силы или действие сил скомпенсировано, то тело или постоит или движется равномерно и прямолинейно. Трение о воздух в нашей установке очень мало и им можно пренебречь, как видно из

опыта. Действие же сил тяжести и давления воздушной подушки на тележку в данном случае скомпенсировано.

Вторая интересная особенность видна при упругом столкновении одинаковых тележек. Если на покоящуюся тележку налетает такая же движущаяся, то они обмениваются скоростями. Это есть следствие законов сохранения импульса и энергии.

Если сталкиваются тележки с разными массами, то их скорости после столкновения изменяются, но также в полном соответствии с законами сохранения.

Качение тел с наклонной плоскости.

Качение тела по плоскости отличается от обычного скольжения тем, что тело участвует в двух видах движения одновременно – оно движется поступательно со скоростью центра масс и вращается вокруг горизонтальной оси, проходящей через центр масс тела.

Как известно, поступательное движение тела обладает инертностью, которая количественно характеризуется массой тела. Вращательное движение так же обладает инертностью, только в этом случае величина, характеризующая его инертные свойства другая – она называется *моментом инерции тела* относительно оси вращения. Момент инерции тела зависит не просто от массы тела, а от ее распределения относительно оси вращения. Чем дальше удалена масса тела от оси вращения, тем больше будет момент инерции.

Посмотрите эксперименты по скатыванию с наклонной плоскости двух цилиндров – одного сплошного, а другого полого. Оба цилиндра имеют одинаковые массы, длины и радиусы. Но момент инерции относительно оси вращения у полого цилиндра больше, чем у сплошного. Это связано с тем, что большая часть его массы расположена дальше от оси вращения, чем у сплошного цилиндра, несмотря на то, что сами массы цилиндров одинаковы. Мы видим, что полый цилиндр скатывается с наклонной плоскости медленнее, чем сплошной. Его инертность по отношению к вращательному движению больше, чем инертность сплошного цилиндра той же массы.

Посмотрим теперь, как скатываются с наклонной плоскости цилиндры, сделанные из одного материала, но имеющие разные размеры. Мы видим, что они скатываются практически одновременно. Это соответствует законам такого движения. Теория предсказывает, ускорение тела, скатывающегося с наклонной плоскости без проскальзывания, зависит от отношения его момента инерции к величине mR^2 , где m – масса тела, а R – его радиус. Оказывается, что это отношение для всех однородных цилиндров одинаково и равно $1/2$, а для однородных шаров также одинаково и равно $2/5$. Поэтому и разные однородные шарики скатываются так же одинаково. Если мы сравним движение цилиндра и шарика, скатывающихся с наклонной плоскости, то видим, что шар скатывается быстрее. Это связано с тем, что его относительный момент инерции, равный $2/5$, меньше, чем относительный момент инерции для цилиндра, равный $1/2$.

Можно сказать, что инертность однородного шарика по отношению к вращательному движению меньше, чем у однородного цилиндра.

Сравните скатывание с наклонной плоскости сплошного однородного цилиндра, и цилиндра, у которого масса распределена не равномерно относительно оси вращения. Однородный цилиндр скатывается без особенностей, а неоднородный – начинает вихлять. Такое поведение объясняется законами механики вращательного движения, которые выходят за рамки школьной программы. Заметим, что для того, чтобы изношенное колесо автомобиля не дергалось, как неоднородный цилиндр в нашем опыте, его балансируют – подвешивают на него специальные грузики.

Шуюшбаева Н.Н.
Алтаева Г.С.
Бркенова А.С.

"Физика" пәні бойынша
"Механика" виртуалдык зертханалык жұмыстарының

ӘДІСТЕМЕЛІК НУСҚАУЛЫҒЫ

Оқыту түрі: күндізгі, сыртқы, кешкі

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к виртуальным лабораторным работам: «Механика»
по дисциплине: «Физика»

Форма обучения: очная, заочная, вечерняя

Редакционно-издательский отдел
Кокшетауского государственного университета им. Ш. Уалиханова
Подписано в печать 15.03.17 г. Объем 3,4 п.л. Тираж 15 экз.

Заказ №8

Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау мемлекеттік университетінің
баспаханасында басылған
Отпечатано в типографии
Кокшетауского государственного университета им. Ш. Уалиханова
Наш адрес: Казахстан, Акмолинская обл., г. Кокшетау,
ул. Ақан-сері, 24 РИО КГУ им. Ш. Уалиханова
e-mail: www.kgu.kz