Гродзенскі дзяржаўны універсітэт імя Янкі Купалы
Кафедра агульнай фізікі
Лабараторыя механікі
ауд. 408

Лабараторная работа №9

ВЫЗНАЧЭННЕ ПАСКАРЭННЯ СВАБОДНАГА ПАДЗЕННЯ З ДАПАМОГАЙ ФІЗІЧНАГА МАЯТНІКА

для студэнтаў спецыяльнасці “ФІЗІКА”

Гродна, 2011

ВЫЗНАЧЭННЕ ПАСКАРЭННЯ СВАБОДНАГА ПАДЗЕННЯ З ДАПАМОГАЙ ФІЗІЧНАГА МАЯТНІКА

Мэта работы:

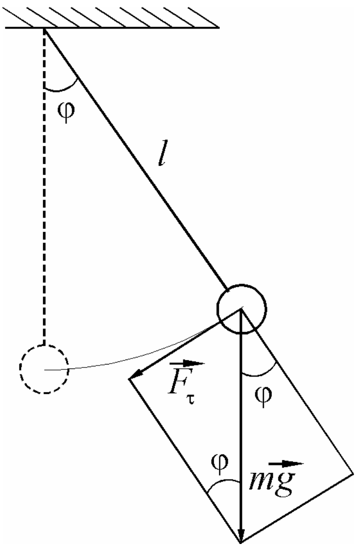
Вывучэнне ўласцівасцей маятнікаў, доследнае вызначэнне паскарэння свабоднага падзення з выкарыстаннем фізічных маятнікаў.

Прылады і абсталяванне:

Абаротны маятнік, фізічны маятнік-стрыжань, секундамер, рулетка (лінейка), кранштэйн, трохгранная прызма.

Тэарэтычныя асновы

Матэматычным маятнікам называецца цяжкі (важкі) матэрыяльны пункт, падвешаны на ідэальна гнуткай нерасцяжымай бязважкай ніці. У практычным сэнсе матэматычны маятнік уяўляе сабой дастаткова малы цяжкі шарык, падвешаны на вельмі гнуткай амаль нерасцяжнай тонкай нітцы, вагу якой у параўнанні з вагой шарыка можна не ўлічваць (малюнак 1).



Мал. 1. Мадэль матэматычнага маятніка.

Калі такі маятнік адхіліць на некаторы вугал ад становішча раўнавагі, а затым адпусціць яго без пачатковай хуткасці, то ён будзе ажыццяўляць ваганні ў вертыкальнай плоскасці. Другі закон Ньютана, запісаны ў праекцыях на датычную да траекторыі (малюнак 1), для матэматычнага маятніка мае выгляд:

$$ma_\tau = -F_\tau\,, \tag{1}$$

дзе m – маса шарыка, a_τ – датычнае (тангенцыяльнае) паскарэнне, F_τ – праекцыя сілы цяжару шарыка на датычную.

У сваю чаргу лінейнае паскарэнне a_τ звязана з вуглавым паскарэннем ε судачыненнем:

$$a_\tau = \varepsilon r\,. \tag{2}$$

У дадзеных умовах выраз (2) набудзе выгляд:

$$a_\tau = l\varepsilon = l\frac{d^2\varphi}{dt^2}\,, \tag{3}$$

дзе l – даўжыня ніткі (маятніка), ε – вуглавое паскарэнне, g – паскарэнне свабоднага падзення, φ – вугал адхілення маятніка ад становішча раўнавагі.

У канчатковым выглядзе закон (1) запішацца ў выглядзе:

$$ml\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -mg\sin\varphi\,. \tag{4}$$

Пасля скарачэння і ўвядзення пазначэння $\frac{g}{l} = \omega^2; \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ атрымаем дыферэнцыяльнае ўраўненне:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \omega^2\sin\varphi = 0\,. \tag{5}$$

Рашэнне гэтага дыферэнцыяльнага ураўнення з’яўляецца складаным і вывучаецца на спецыяльных матэматычных дысцыплінах. Але ўраўненне становіцца больш простым у выпадку так званых малых ваганняў маятніка, пры якіх самае вялікае адхіленне φ_0 ніткі ад стану раўнавагі (амплітуда ваганняў) не пераўзыходзіць $10°$. У гэтым выпадку можна лічыць $\sin\varphi \approx \varphi$

(вугал выражаны пры гэтым у радыянах) і ўраўненне набывае выгляд:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \omega^2\varphi = 0 . \qquad (6)$$

Рашэннем гэтага дыферэнцыяльнага ўраўнення з'яўляецца суадносіна $\varphi = \varphi_0 \cos\omega t$ (праверку можна ажыццявіць шляхам падстаноўкі гэтага рашэння ў (6)).

З відавочнай роўнасці $\cos[\omega(t+T)] = \cos[\omega t + 2\pi]$, якая выражае перыядычнасць функцыі косінуса, роўную 2π, можна знайсці выраз для перыяду T ваганняў маятніка:

$$\omega(t+T) = \omega t + 2\pi ;$$

$$\omega T = 2\pi ;$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} . \qquad (7)$$

Фізічным маятнікам называецца цяжкае цвёрдае цела, якое можа вярчацца вакол нерухомай гарызантальнай восі, якая не праходзіць праз цэнтр мас цела.

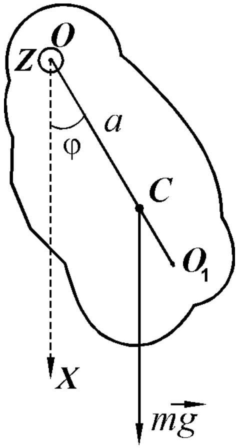
Калі правесці плоскасць, якая праходзіць праз цэнтр мас цела і перпендыкулярную да нерухомай восі OZ, перпендыкулярнай плоскасці малюнка (малюнак 2), то пункт перасячэння гэтай плоскасці з воссю падвеса маятніка OZ называюць *кропкай падвеса маятніка*.

Адлегласць OC паміж пунктам падвеса O і цэнтрам мас C пазначаецца a, становішча маятніка задаецца вуглом φ паміж лініяй OC і вертыкаллю OX.

Дыферэнцыяльнае ўраўненне вярчальнага руху цела (атрыманае з выкарыстаннем асноўнага ўраўнення дынамікі вярчальнага руху) вакол восі падвеса OZ будзе мець выгляд:

$$J_{ZZ}\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -Mga\sin\varphi , \qquad (8)$$

дзе M – маса цела, J_{zz} – момант інерцыі маятніка адносна восі OZ.



Мал. 2. Мадэль фізічнага маятніка.

Падзелім абедзве часткі ўраўнення на J_{zz} і пасля пераўтварэнняў атрымаем ураўненне ў выглядзе:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}+\frac{Mga}{J_{zz}}\sin\varphi=0\,.$$

Мяркуючы $\frac{Mga}{J_{zz}}=\omega_1^2$, атрымаем канчаткова:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}+\omega_1^2\sin\varphi=0\,.$$

Для малых ваганняў маятніка ($\varphi\le 10°$) дыферэнцыяльнае ўраўненне будзе мець выгляд:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}+\omega_1^2\varphi=0\,. \qquad (9)$$

Такім чынам, дыферэнцыяльнае ўраўненне ваганняў фізічнага маятніка не адрозніваецца ад адпаведнага ўраўнення (6) матэматычнага маятніка. Яго рашэнне будзе такім жа самым, а перыяд ваганняў вызначаецца выразам, падобным (7):

$$T=\frac{2\pi}{\omega_1}=2\pi\sqrt{\frac{J_{zz}}{Mga}}\,. \qquad (10)$$

Параўноўваючы формулы для разліку перыядаў ваганняў фізічнага і матэматычнага маятнікаў, відавочна выснова: фізічны маятнік вагаецца з такім жа перыядам, як і матэматычны маятнік, які мае даўжыню L, роўную:

$$L = \frac{J_{zz}}{Ma}$$

Даўжыню L называюць *прыведзенай даўжынёй фізічнага маятніка.*

Такім чынам, *прыведзенай даўжынёй фізічнага маятніка* называецца даўжыня такога матэматычнага маятніка, які вагаецца з такім жа перыядам, як дадзены фізічны маятнік.

Прыведзеная даўжыня L фізічнага маятніка заўсёды большая, чым адлегласць a. Гэта вынікае з тэарэмы Гюйгенса-Штэйнера, сапраўды:

$$J_{zz} = J_{zo} + Ma^2;$$

$$L = \frac{J_{zz}}{Ma};$$

$$L = \frac{J_{z0} + Ma^2}{Ma};$$

$$L = \frac{J_{zo}}{Ma} + a, \text{ так як } \frac{J_{zo}}{Ma} > 0, \text{ то } L > a.$$

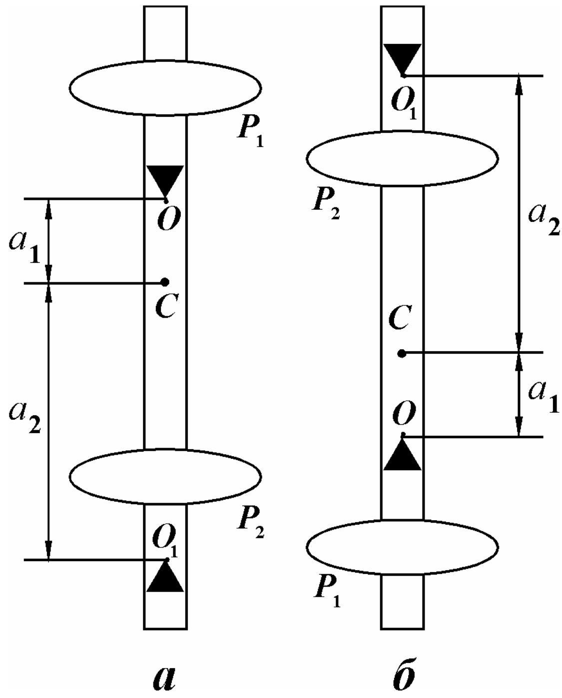
Калі адкласці на лініі, якая праходзіць праз пункт падвеса O і цэнтр мас C, адрэзак $OO_1 = L$ (малюнак 2), то пункт O_1 называецца *цэнтрам ваганняў фізічнага маятніка*.

Пункт падвесу O і цэнтр ваганняў O_1 валодаюць своеасаблівай уласцівасцю абменьвацца ролямі: калі перавярнуць маятнік і праз O_1 правесці вось вярчэння паралельна былой восі OZ, г.зн. зрабіць пункт O_1 пунктам падвесу, то пункт O стане цэнтрам ваганняў. Гэта азначае, што прыведзеная даўжыня, а адсюль і перыяд фізічнага маятніка, застануцца ранейшымі.

Уласцівасцю пунктаў O і O_1 абменьвацца ролямі карыстаюцца пры наладжванні так званага абаротнага маятніка, які патрэбен для больш дакладнага вымярэння паскарэння свабоднага падзення.

Тэорыя метаду

Абаротны маятнік (малюнак 3) складаецца з доўгага (каля 1,5 метра) металічнага стрыжня, аздобленага грузамі P_1 і P_2 і апорнымі прызмамі O і O_1, якія з дапамогай вінтоў можна замацаваць у любым месцы стрыжня. Паколькі абаротны маятнік з'яўляецца па сутнасці фізічным маятнікам, у ім заўсёды можна знайсці такія два пункты, што пры паслядоўным падвешванні за адзін або за другі з іх перыяд ваганняў будзе адным і тым жа. Адлегласць паміж гэтымі пунктамі прадстаўляе сабой *прыведзеную даўжыню маятніка*.



Мал. 3. Прамое (*а*) і адваротнае (*б*) становішчы абаротнага маятніка

Калі амплітуда ваганняў маятніка малая, то час аднаго поўнага вагання, г. зн. яго перыяд ваганняў, выразіцца формулай:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{Mga}}, \qquad (11)$$

дзе J – момант інерцыі абаротнага маятніка адносна восі вярчэння, g – паскарэнне свабоднага падзення, a – адлегласць ад цэнтра цяжару маятніка да восі вярчэння.

Момант інерцыі можна замяніць, карыстаючыся тэарэмай Гюйгенса-Штэйнера:

$$J = J_C + Ma^2, \qquad (12)$$

дзе J_C – момант інерцыі маятніка адносна восі, якая праходзіць праз цэнтр цяжару і паралельна восі вярчэння.

Тады выраз для перыяду ваганняў маятніка будзе мець выгляд:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J_C + Ma^2}{Mga}}. \qquad (13)$$

Пры перасоўванні грузаў уздоўж стрыжня (прызмы лепей не перасоўваць) маса маятніка застаецца нязменнай, але адлегласці a_1 і a_2 змяняюцца, значыць змяняецца і перыяд ваганняў маятніка. Можна падабраць такія становішчы грузаў, пры якіх для прамога і адваротнага становішча маятніка атрымоўваюцца аднолькавыя перыяды ваганняў. У гэтым выпадку рэбры прызм праходзяць праз пункты O і O_1 і адлегласць паміж імі роўная прыведзенай даўжыні маятніка. Пры ваганнях адносна восі маятніка, якая супадае з рабром прызмы (прамое становішча, малюнак 3а), перыяд вызначаецца па формуле:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J_C + Ma_1^2}{Mga_1}}, \qquad (14)$$

а пры ваганнях адносна восі, якая супадае з рабром прызмы (адваротнае становішча, малюнак 3б),– па формуле:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J_C + Ma_2^2}{Mga_2}}.$$

Паколькі гэтыя перыяды аднолькавыя, пасля пераўтварэнняў атрымаем судачыненне:

$$T^2 g(a_1 - a_2) = 4\pi^2 (a_1^2 - a_2^2)\,.$$

У гэтых выразах a_1 і a_2 – адлегласці ад цэнтра цяжару да адпаведных восей вярчэння. Калі a_1 не роўная a_2, то можна выканаць скарачэнне на $(a_1 - a_2)$:

$T^2 g = 4\pi^2 (a_1 + a_2)$, адкуль:

$$g = \frac{4\pi^2 (a_1 + a_2)}{T^2}\,. \qquad (15)$$

Велічыня $L = a_1 + a_2$, роўная адлегласці паміж рэбрамі прызм, уяўляе сабой прыведзеную даўжыню маятніка. Таму для вызначэння паскарэння свабоднага падзення атрымоўваецца выраз:

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}\,. \qquad (16)$$

Цяжка і амаль немагчыма падабраць такія становішчы грузаў на маятніку, каб перыяды T_1 і T_2 сталі дасканала аднолькавымі. Таму яны практычна лічацца роўнымі, калі адрозніваюцца адзін ад аднаго на 0,01 с або меней. Калі ж рознасць паміж перыядамі болей, чым 0,01с, то карыстацца формулай (16) нельга. Для гэтага выпадку неабходна зрабіць наступнае:

З формул $T_1 = 2\pi\sqrt{\dfrac{J_C + Ma_1^2}{Mga_1}}$, $T_2 = 2\pi\sqrt{\dfrac{J_C + Ma_2^2}{Mga_2}}$ вынікае:

$$T_1^2 Mga_1 = 4\pi^2 J_C + 4\pi^2 Ma_1^2\,;$$

$$T_2^2 Mga_2 = 4\pi^2 J_C + 4\pi^2 Ma_2^2\,;$$

Адымаючы адну роўнасць ад другой і спрасціўшы атрыманую роўнасць, будзем мець наступнае:

$$(T_1^2 a_1 - T_2^2 a_2) g = 4\pi^2 (a_1^2 - a_2^2)\,.$$

Тады канчатковы выраз для разліку паскарэння свабоднага падзення пры ўмове розных перыядаў ваганняў адносна абраных восей вярчэння будзе мець выгляд:

$$g = 4\pi^2 \frac{a_1^2 - a_2^2}{T_1^2 a_1 - T_2^2 a_2}\,. \qquad (17)$$

Парадак выканання работы:

1. Праверце надзейнасць замацавання грузаў і прызм на стрыжні.
2. Падвесьце абаротны маятнік, палажыўшы рабро прызмы ў гняздо кранштэйна. Прасачыце за тым, каб рабро прызмы шчыльна прылягала да гнязда кранштэйна з мінімальным трэннем.
3. Адхіліце маятнік на малы вугал (ад $5°$ да $10°$) і адпусціце яго без штуршка.
4. Вымерайце секундамерам час 50–100 поўных ваганняў (задае выкладчык або лабарант). Падлічыце перыяд ваганняў T_1.
5. Паўтарыце вымярэнні перыяду яшчэ два разы. Вызначце сярэдняе значэнне велічыні.
6. Перавярніце маятнік на $180°$, падвесьце яго на другую прызму. Вымерайце секундамерам час зададзенай колькасці поўных ваганняў. Падлічыце перыяд ваганняў T_2.
7. Паўтарыце вымярэнні перыяду яшчэ два разы. Вызначце сярэдняе значэнне велічыні.
8. Упэўніцеся, што сярэднія значэнні перыядаў у двух ствновішчах адрозніваюцца не болей, чым на 0,01 с, тады карыстайцеся для разліку паскарэння свабоднага падзення выразам (16). Калі адрозненне ўсё ж большае за 0,01 с, то карыстайцеся для разліку паскарэння свабоднага падзення выразам (17).
9. Здыміце маятнік з кранштэйна і знайдзіце становішча цэнтра цяжару з дапамогай трохграннай прызмы: пакладзіце маятнік у гарызантальным становішчы на рабро прызмы; перасоўваючы маятнік у напрамку, перпендыкулярным рабру прызмы, падбярыце становішча яго раўнавагі.
10. Вымерайце адлегласць паміж рэбрамі прызм (прыведзеная даўжыня абаротнага маятніка) або асобна адлегласці a_1 і a_2 у залежнасці ад выпадку.
11. Па выразе (16) або (17) у залежнасці ад выпадку вызначце паскарэнне свабоднага падзення.
12. Вызначце адлегласць ад восі вярчэння да цэнтра цяжару, вылічыце момант інерцыі абаротнага маятніка:

$J = \frac{T_{cp}^2}{4\pi^2} M g a_1$. (Маса маятніка $M = 6{,}39$ кг).

13. Аценіце хібнасці вымярэнняў: абсалютныя хібнасці ўзнікаюць пры вымярэннях часу і адлегласцей, вызначце цану дзялення прыбораў, якімі вымяраеце дадзеныя велічыні і прыміце гэтыя значэнні за інструментальныя хібнасці.
Хібнасць ускосных вымярэнняў у выпадку разліку паскарэння свабоднага падзення па выразе (16) вызначаецца выразам:

$$\varepsilon = \frac{\Delta g}{g} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \left(2\frac{\Delta T}{T}\right)^2} \; .$$

Хібнасць ускосных вымярэнняў у выпадку разліку паскарэння свабоднага падзення па выразе (17) вызначаецца наступным чынам:

$$\varepsilon = \frac{\Delta g}{g} = \sqrt{\left(\frac{2\Delta a}{(a_1 + a_2)}\right)^2 + \left(\frac{2(T_1^2 + T_2^2)\Delta a}{T_1^2 a_1 - T_2^2 a_2}\right)^2 + \left(\frac{2(T_1 a_1 + T_2 a_2)\Delta T}{T_1^2 a_1 - T_2^2 a_2}\right)^2} \; .$$

Практыкаванне 2
ВЫЗНАЧЭННЕ ПАСКАРЭННЯ СВАБОДНАГА ПАДЗЕННЯ ПА КРЫВОЙ ЗАЛЕЖНАСЦІ ПЕРЫЯДУ ВАГАННЯЎ АД СТАНОВІШЧА ПУНКТУ ПАДВЕСА МАЯТНІКА-СТРЫЖНЯ

Тэарэтычныя асновы

Выкарыстоўваемы ў практыкаванні маятнік уяўляе сабой металічны аднародны стрыжань даўжынёй больш аднаго метра. На стрыжні маецца апорная прызма, становішча якой можа фіксавацца вінтом у адвольным палажэнні.
Як вядома, выраз для разліку перыяду ваганняў фізічнага маятніка мае выгляд:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J_0 + ma^2}{mga}} \; , \qquad (18)$$

дзе J_0 – момант інерцыі адносна восі, якая праходзіць праз цэнтр мас, a – адлегласць паміж цэнтрам мас і пунктам падвесу.

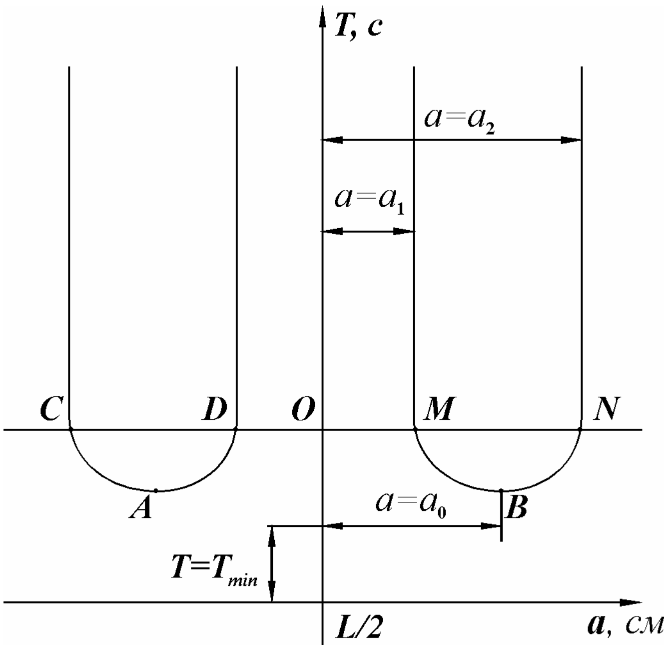
Калі ўвесці паняцце радыуса інерцыі маятніка a_0, то велічыня J_0 можа быць запісана ў выглядзе:

$$J_0 = ma_0^2 . \qquad (19)$$

З выразаў (18) і (19) вынікае наступнае судачыненне:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{a_0^2 + a^2}{ga}} . \qquad (20)$$

З выразу (20) відавочна, што перыяд ваганняў фізічнага маятніка роўны бясконцасці ў двух выпадках: пры $a = 0$ і $a = \infty$. Такім чынам, графік залежнасці перыяду ваганняў фізічнага маятніка ад велічыні адлегласці паміж цэнтрам мас і пунктам падвесу $T = \varphi(a)$ паміж яго гранічнымі велічынямі ўяўляе сабой дзве галіны: падаючай і нарастаючай (малюнак 4).



Мал. 4. Схематычны выгляд крывых залежнасці перыяду ваганняў маятніка-стрыжня ад адлегласці паміж цэнтрам мас і пунктам падвесу.

Абедзвюм часткам (адносна пункта цэнтра мас стрыжня) адпавядае свой графік. Графікі абедзвюх частак сіметрычныя адносна сярэдзіны стрыжня (малюнак 4).
Найменшае значэнне велічыні перыяду ваганняў атрымаецца пры $a = a_0$ (пункты A і B сіметрычныя адносна цэнтра мас маятніка). У гэтым можна пераканацца, калі вызначыць мінімальнае значэнне функцыі $l = \frac{a_0^2 + a^2}{a}$, якая вызначае прыведзеную даўжыню маятніка.

Для аднароднага стрыжня момант інерцыі адносна восі, якая праходзіць праз цэнтр мас, вызначаецца выразам:

$$J_0 = ma_0^2 = \frac{mL^2}{12}, \tag{21}$$

дзе m – маса стрыжня, L – яго даўжыня.

$a_0 = \frac{1}{\sqrt{12}} L$ – радыус інерцыі.

Карыстаючыся гэтым, знаходзім, што пункты з мінімальным перыядам ваганняў знаходзяцца ад цэнтра стрыжня на адлегласці $a_0 = 0{,}29L$.

Роўныя перыяды ваганняў маюцца пры дзвюх велічынях адлегласці a: $a_1 < a_0$ (на падаючай галіне – пункты C, N) і $a_2 > a_0$ (на ўзрастаючай галіне – пункты D, M)..
Для гэтых пунктаў

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{a_0^2 + a_1^2}{a_1 g}} = 2\pi\sqrt{\frac{a_0^2 + a_2^2}{a_2 g}},$$

што прыводзіць да роўнасці $a_1 a_2 = a_0^2$.
Карыстаючыся гэтым, для велічыні прыведзенай даўжыні маятніка атрымаем выраз:

$$l = \frac{a_0^2 + a_1^2}{a_1} = a_1 + a_2.$$

На маятніку можна знайсці вялікую колькасць пар пунктаў (сіметрычных адносна цэнтра мас маятніка), перыяды ваганняў вакол якіх роўны паміж сабой.
На малюнку 4 такімі пунктамі (з перыядам ваганняў T) з'яўляюцца пункты C, D, M, N.
Прыведзенай даўжынёй маятніка, пры гэтым перыядзе ваганняў, з'яўляецца даўжыня прамых CM або DN.

Усялякая іншая простая, паралельная восі абсцыс, дае таксама дзве пары пунктаў перакрыжавання з дзвюма крывымі. Кожнай простай будзе адпавядаць іншае значэнне велічыні перыяду ваганняў T, і прыведзенай даўжыні маятніка l. Карыстаючыся такім графікам па формуле:

$$g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}, \qquad (22)$$

можна вызначыць паскарэнне свабоднага падзення.

Парадак выканання работы:

1. Апорную прызму замацуйце на канцы маятніка-стрыжня. Змясціце на кранштэйне маятнік і прывядзіце ў ваганне. Амплітуда ваганняў не павінна перавышаць $5°$.
2. Секундамерам вызначце час дзесяці поўных ваганняў маятніка. Разлічыце перыяд ваганняў.
3. Перасоўваючы кожны раз апорную прызму на тры сантыметра, вызначце велічыню перыяду для кожнага палажэння прызмы. Атрымайце значэнні не менш 15 перыядаў.
4. Па атрыманых дадзеных пабудуйце графік, адкладаючы па восі абсцыс адлегласць (у сантыметрах), на якой знаходзіцца ад канца стрыжня рабро апорнай прызмы, па восі ардынат – значэнне перыяду (у секундах).
5. На ўжо пабудаваным графіку адзначце сярэдзіну стрыжня (даўжыню вымерайце маштабнай лінейкай) і праз гэты пункт правядзіце простую, паралельную восі ардынат (восі перыядаў).
6. З меркаванняў сіметрыі відавочна, што прыведзеная даўжыня фізічнага маятніка для любога перыяду ваганняў з'яўляецца сумай

адлегласцяў ад праведзенай простай да двух пунктаў, якія знаходзяцца на крывой ($l = OM + ON = OD + OC$).
7. Паскарэнне свабоднага падзення вызначце па выразе (22) мінімум для трох значэнняў прыведзенай даўжыні і перыяду.
8. Разлічыце сярэдняе арыфметычнае значэнне паскарэння свабоднага падзення.
9. Ацаніце хібнасці вымярэнняў.

Пытанні для самакантролю:

1. Што называецца матэматычным маятнікам? Фізічным?
2. Што называецца прыведзенай даўжынёй фізічнага маятніка?
3. Ці залежыць перыяд ваганняў фізічнага маятніка ад яго масы?
4. Чаму выразам (6) можна карыстацца толькі ў тым выпадку, калі амплітуда ваганняў малая?
5. Як вызначыць момант інерцыі фізічнага маятніка?
6. Ці залежыць паскарэнне свабоднага падзення ад масы цел?
7. Ці залежыць паскарэнне свабоднага падзення ад шыраты мясцовасці?
8. Выведзіце выразы для разліку ўскосных хібнасцей, адзначаных у пункце 13 парадку выканання работы ў першым практыкаванні.