

*Гродзенскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Янкі Купалы
Кафедра агульнай фізікі
Лабараторыя механікі
ауд. 408, 409*

Лабараторная работа №5

ВЫВУЧЭННЕ ГІРАСКОПА

для студэнтаў спецыяльнасці “ФІЗІКА”

Гродна, 2010

ВЫВУЧЭННЕ ГІРАСКОПА

Мэта работы:

Вывучэнне ўласцівасцей гіраскопа. Доследнае вызначэнне вуглавой хуткасці прэцэсіі гіраскопа і яго моманту інерцыі.

Прылады і абсталяванне:

Гіраскоп.

Тэарэтычныя асновы

Гіраскопам называецца масіўнае сіметрычнае цвёрдае цела (дыск), якое варочаецца з вялікай хуткасцю вакол сваёй восі сіметрыі, якая праходзіць перпендыкулярна плоскасці дыска.

*Вось вярчэння цела, напрамак якой у прасторы не змяняецца без уздзеяння знешняй сілы, называецца *свабоднай*. Для цвёрдага цела існуюць тры ўзаемна перпендыкулярныя свабодныя восі, якія праходзяць праз яго цэнтр інерцыі, і называюцца *галоўнымі восямі інерцыі*.*

Пры вярчэнні цела вакол яго галоўных восей інерцыі вектар моманту імпульсу \vec{L} супадае па напрамку з вектарам вуглавой хуткасці $\vec{\omega}$. Такім чынам, гэтыя дзве фізічныя велічыні звязаны судачыненнем:

$$\vec{L} = J\vec{\omega} \quad (1)$$

дзе J – момант інерцыі цела адносна дадзенай восі.

Адной з характэрных асаблівасцей ураўнаважанага гіраскопа з'яўляецца ўстойлівасць ў прасторы напрамку восі гіраскопа.

Ураўненне момантаў мае выгляд:

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} \quad (2)$$

Калі $\vec{M} = 0$ (для свабоднага ўраўнаважанага гіраскопа сумарны момант сілы цяжару адносна цэнтра мас роўны нулю), то $d\vec{L}/dt = 0$, а велічыня вектару моманту імпульсу захоўваецца – $\vec{L} = const$. Гэта значыць, што момант імпульсу гіраскопа \vec{L} не

змяняе з цягам часу ні сваёй велічыні, ні напрамку. Але $\vec{L} = J\vec{\omega}$, і вектар \vec{L} накіраваны ўздоўж восі вярчэння дыска. Адсюль вынікае, што вось вярчэння ўраўнаважанага гіраскопа не змяняе сваёй арыентацыі ў прасторы.

Бываюць выпадкі, калі момант знешняй сілы, дзеючай на гіраскоп, не роўны нулю, аднак, час уздзеяння вельмі малы. У такіх выпадках, калі вуглавая хуткасць гіраскопа вялікая, яго вось таксама практычна не змяняе свайго напрамку. Узнікае толькі слабое дрыжанне восі каля яе становішча раўнавагі, якое называецца *нутацыяй*.

Гіраскоп мае яшчэ адну спецыфічную ўласцівасць. Калі момант сіл, якія дзейнічаюць на гіраскоп, не роўны нулю, то вось гіраскопа змяняе свой напрамак у прасторы, яна пачынае паварочвацца ў напрамку, перпендыкулярным да напрамку дзеяння сілы. (Заўважым, што вось нерухомага гіраскопа пад дзеяннем прыкладзенай да яго сілы будзе рухацца ў напрамку дзеяння сілы). Напрамак руху восі гіраскопа пры вярчэнні вызначаецца вектарным ураўненнем, атрыманым з ураўнення момантаў (2):

$$d\vec{L} = \vec{M}dt \quad (3)$$

Напрамак вектара $d\vec{L}$ супадае з напрамкам моманту знешніх сіл, якія дзейнічаюць на гіраскоп, а гэта значыць, што вось гіраскопа будзе таксама паварочвацца ў напрамку моманту дзеючых на гіраскоп сіл.

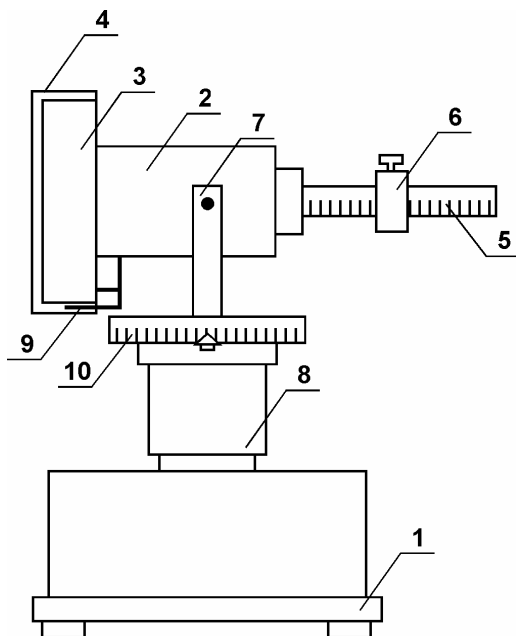
Вярчальны рух восі гіраскопа вакол пункта яго замацавання ў напрамку дзеючага на гіраскоп моманту сіл называецца *прэцэсіяй гіраскопа*.

Доследная прылада

Гіраскоп устаноўлены на аснове 1 (малюнак 1), на пярэдняй панэлі якой умацаваны секундамер, прыбор для вызначэння колькасці абаротаў гіраскопа ў гарызантальнай плоскасці і лічыльнік абаротаў рухавіка.

Гіраскоп складаецца з электрарухавіка 2, дыска (махавіка) 3, насаджанага на вал электрарухавіка. Дыск 3 закрыты празрыстым

экранам 4. Рычаг 5, замацаваны на корпусе рухавіка, мае шкалу для адліку становішча груза 6. Пры змяненні становішча груза можна ўстанавіць раўнавагу ці вывесці з раўнавагі гіраскоп адносна гарызантальнай восі, якая праходзіць праз вілку 7. Аснова вілкі 7 размешчана ў вузле падшыпніка 8 з токаз'ёмнікам. Гэта дазваляе гіраскопу круціцца ў гарызантальнай плоскасці і забяспечвае падключэнне электрычнага току да фотаэлектрычнага датчыка 9 і электрарухавіка 2.



Мал. 1. Схематычны выгляд гіраскопа

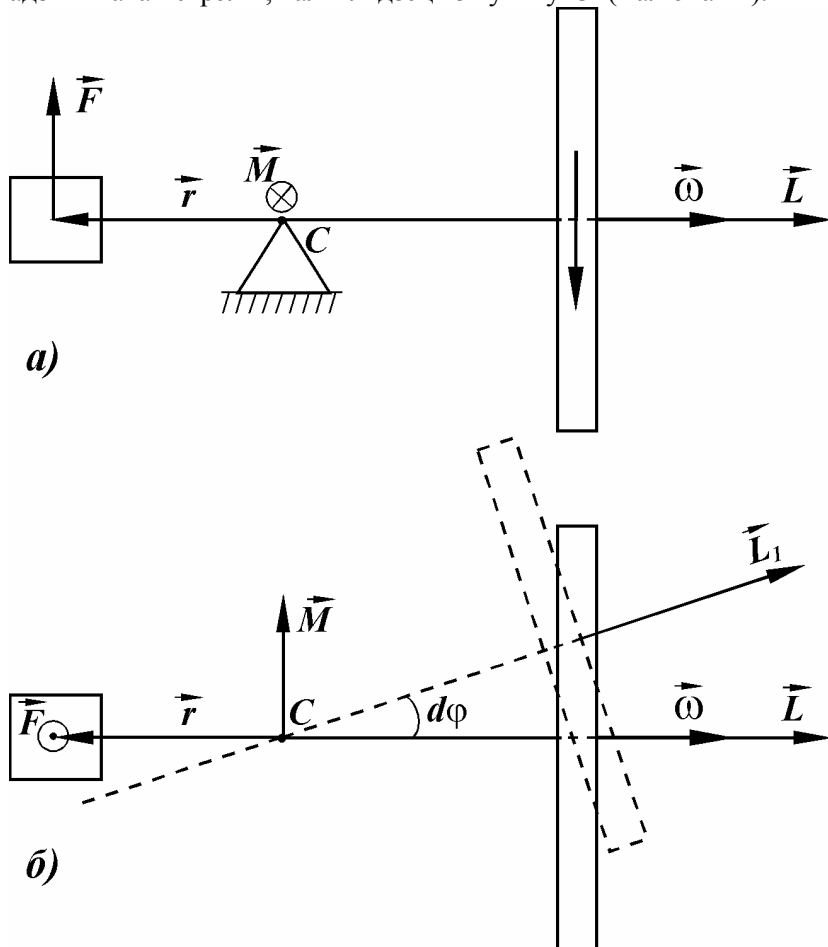
Падшыпнік 8 з токаз'ёмнікам замацаваны з дапамогай кранштэйна на аснове 1. Вугал павароту вертыкальнай восі адлічваецца па вуглавой шкале на дыску 10.

Дыск мае па акружнасці выразы праз кожныя 5° , якія падлічваюцца фотадатчыкам і перадаюць інфармацыю пра вугал павароту гіраскопа. Дыск 3 таксама мае на паверхні выразы, якія

падлічваюцца фотадатчыкам 9, што дазваляе атрымліваць інфармацыю аб ліку абаротаў электрарухавіка.

Тэорыя метаду

Няхай дыск свабоднага ўраўнаважанага гіраскопа, вось вярчэння якога замацавана ў яго цэнтры мас, круціцца ў напрамку гадзіннікавай стрэлкі, калі глядзець з пункту C (малюнак 2).



Мал. 2. Да разліку вуглавой скорасці прэцэсіі гіраскопа.
Выгляд збоку (а), выгляд зверху (б)

У гэтым выпадку вектар вуглавой скорасці $\vec{\omega}$ і вектар моманту імпульсу \vec{L} адносна пункта C накіраваны направа. Няхай на гіраскоп падзейнічала сіла \vec{F} , накіраваная ўверх. Момант сілы \vec{F} адносна пункта C вызначаецца вядомым выразам:

$$\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}].$$

Вектар моманту сіл будзе знаходзіцца ў гарызантальнай плоскасці і накіраваны перпендыкулярна восі гіраскопа за малюнак. Пад дзеяннем моманту сілы \vec{M} пры вярчэнні гіраскопа за час dt вектар моманту імпульсу \vec{L} атрымае прырашчэнне $d\vec{L} = \vec{M}dt$, накіраванае перпендыкулярна да \vec{L} у той бок, куды накіраваны вектар \vec{M} . У выніку, за час dt вектар моманту імпульсу (а з ім і вось вярчэння гіраскопа) павернецца на вугал $d\varphi$ (малюнак 2):

$$d\varphi = \frac{dL}{L}, \quad (4)$$

але $dL = Mdt$, і таму:

$$d\varphi = \frac{Mdt}{L}. \quad (5)$$

Калі велічыня моманту сілы не змяняецца з цягам часу, то вось гіраскопа будзе раўнамерна варочацца вакол вертыкальнай восі. Такая з'ява называецца *прэцэсіяй*.

Вуглавая скорасць прэцэсіі, такім чынам вызначаецца з выразу:

$$\omega_{np} = \frac{d\varphi}{dt} \quad (6)$$

з улікам судачынення (5) атрымаем канчатковы выраз:

$$\omega_{np} = \frac{M}{L} \quad (7)$$

Парадак выканання работы:

1. Перад падключэннем прылады да электрычнай сеткі павярніце ручку рэгуліроўкі велічыні абаротаў рухавіка да адказу ўлева.
2. Націсніце на кlawішу “СЕЦЬ” і праверце, ці высвечваюць індикатары лічбу нуль, ці гараць лямпачкі фотаэлектрычных датчыкаў.
3. Перамясціце груз 6 па штанзе 5 да ўсталявання раўнавагі гіраскопа. Замацуйце вінтом груз. Адзначце каардынату палажэння грузу.
4. Ручкай “Рэгуліроўка хуткасці” уключыце электрарухавік і затым плаўным паваротам павольна ўстанавіце на шкале прылады колькасць абаротаў 5000 аб/мін. Адзначце адсутнасць прэцэсіі.
5. Перамясціце груз на 2,5 см ад стану раўнавагі.
6. Усталойце вось гіраскопа ў гарызантальнае становішча, націсніце на кlawішу “СБРОС” (на індикаторах часу і ліку абаротаў павінны ўстанавіцца нулі) і Без штуршка адпусціце штангу.
7. Пасля таго, як гіраскоп павернецца на зададзены вугал (30°), націсніце кlawішу “СТОП”. Адзначце па секундамеры час павароту гіраскопа на гэты вугал. Разлічыце вуглавую хуткасць прэцэсіі гіраскопа, улічваючы, што вярчэнне раўнамернае, па выразе:
$$\omega_{np} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}.$$
8. Перамясціце груз на 0,5 см некалькі разоў (6–7). Разлічыце скорасць прэцэсіі для кожнага становішча грузу.
9. Пабудуйце графік залежнасці вуглавой скорасці прэцэсіі ад каардынаты палажэння грузу.
10. З дапамогай графіка знайдзіце адлегласць x_0 , якая адпавядае становішчу раўнавагі гіраскопа і параўнайце з доследна вызначаным значэннем (пункт 3).
11. Разлічыце момант сілы цяжару для кожнага становішча грузу па формуле:
$$M = mg(x - x_0),$$

дзе m – маса грузу.

12. Для кожнага моманту сілы M разлічыце момант імпульсу гіраскопу:

$$L = \frac{M}{\omega_{пр}}.$$

13. Знайдзіце сярэдняе значэнне моманту імпульсу L_{cp} гіраскопа.

14. Разлічыце момант інерцыі гіраскопа па формуле $J = \frac{L_{cp}}{\omega}$.

Вуглавая скорасць вярчэння гіраскопа вызначаецца з выразу $\omega = 2\pi n / 60$, дзе n – хуткасць вярчэння гіраскопа (5000 аб/мін).

15. Пункты 1–14 паўтарыце для колькасці абаротаў 4000 аб/мін, 6000 аб/мін, 7000 аб/мін (папярэдне ўзгадніўшы з выкладчыкам або лабарантам).

16. Ацаніце хібнасці вымярэнняў. Зрабіце высновы.

Пытанні для самакантролю:

1. Якое вярчэнне цела называецца свабодным?
2. Якія восі вярчэння называюць свабоднымі? Галоўнымі восямі інерцыі?
3. Дайце азначэнне гіраскопа. Ахарактарызуйце восі, якія мае гіраскоп?
4. Вызначце прычыны прэцэсіі гіраскопа. Як звязана вуглавая скорасць прэцэсіі з момантам знешніх сіл?
5. У чым заключаецца гіраскапічны эфект? Патлумачце прыкладамі.
6. Пералічыце прыклады практычнага выкарыстання гіраскопаў.