

УДК 53(07)

ВИВЧЕННЯ ГІРОСКОПІВ ЯК СИМЕТРИЧНИХ ТІЛ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ СТУДЕНТАМИ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ АВІАЦІЙНОГО ПРОФІЛЮ

Ольга Кузьменко (м. Кіровоград)

Стаття присвячена розгляду поняття гіроскопа, основних видів гіроскопів, а також вивчення поняття вісі симетрії гіроскопа та принципу обертання симетричних тіл. Приділено увагу на формулювання закону динаміки обертального руху, що розглядається нами при вивченні вільного гіроскопу. Розглянуто поняття нутації.

Ключові слова: гіроскоп, вільний гіроскоп, симетрія, загальний курс фізики, навчальний процес, вісь симетрії.

Постановка проблеми. Дослідження гіроскопів є важливим на сьогодні тому, що вони широко застосовуються у багатьох технічних приладах, військовій техніці, авіації, судноплаванні, космічних апаратах. Завдяки дослідженням Фуко та винайдення ним гіроскопічних приладів призвело до швидкого їх запровадження у науці та техніці, що в свою чергу веде до появи нових моделей цих приладів. Отже, на сьогоднішній день вивчення гіроскопів є актуальним.

Аналіз актуальних досліджень. Поняття симетрії розглядали в роботах В.С. Готта, Ф.М. Земляньського, Р.М. Ганієва, Дж. Еліота, П. Добера, Дж. Бірмана, Г.Л. Біра та Г.Е. Пікуса, М.І. Садового, Н.В. Подопрігори, А.В. Шубнікова [7] та ін.

Гіроскопи в фізиці вивчали В.І. Борзов [2], А.Ю. Ішлінський [2], Ю.Ф. Лазарев [4], А.Н. Лисов [5], Е.Л. Ніколаї [6], А.Н. Крилов [8] та ін.

Мета статті полягає в розкритті: суті поняття гіроскопа; видів гіроскопів; ролі вісі симетрії гіроскопів; використанні закону динаміки обертального руху; властивостей гіроскопа у процесі навчання загального курсу фізики у вищих навчальних закладах авіаційного профілю.

Виклад основного матеріалу. В процесі вивчення поняття симетрії, звернемо увагу студентів на поняття вісі симетрії та принципу обертання симетричних тіл. Симетричними називають тіла, що мають площину симетрії, вісь симетрії та центр симетрії. Вісь симетрії – пряма лінія, обертання навколо якої на певний кут суміщає фігуру саму з собою. Число суміщень внаслідок повного оберту називається порядком вісі. Елементарний кут повороту називається найменший кут повороту, при якому фігура суміщається сама з собою.

Вісі симетрії є різних порядків від 1 до ∞ . Наприклад, якщо розглянути вісь симетрії 3-го порядку, то її позначення має вид – 3. Будь-яка асиметрична фігура має безліч осей симетрії першого порядку, тому що після повного обертання на 360° навколо довільної прямої будь-яка фігура проходить в суміщенні з собою тільки один раз.

Якщо розглянути другий випадок симетрії, коли вісь має порядок ∞ , то фігура суміщується сама з собою внаслідок будь-якого кута повороту, тому що кут повороту є нескінченно малою величиною.

Наприклад, якщо розглянути диск, що обертається навколо центру в своїй площині з постійною кутовою швидкістю, то диск має вісь симетрії нескінченного порядку, але він не має площин симетрії, що проходять через центр перпендикулярно до його площини. В такому диску напрямку руху за часою стрілкою та проти є різними.

Вісь симетрії нескінченного порядку може бути єдиним елементом симетрії для тіл, що обертаються та для тіл, які знаходяться в стані спокою.

Приклад, розглянемо гіроскоп, що обертається навколо своєї вісі симетрії. Але перед цим слід нагадати студентами поняття абсолютно твердого тіла, обертального руху відносно нерухомої вісі, поступального руху, сформулювати закон обертального руху та застосування законів обертального руху.

Абсолютно твердим тілом називається система частинок, відстань між будь-якими двома з них внаслідок руху тіла лишається сталою.

Поступальний рух – це рух, при якому пряма лінія, проведена між двома довільними точками тіла, лишається паралельною своєму початковому напрямку.

Обертальний рух відносно нерухомої вісі – це рух, при якому будь-яка точка тіла рухається по колу, причому центри всіх кіл лежать на одній прямій, що називається *віссю обертання*.

Оскільки модель *абсолютно твердого тіла* є частковою моделлю системи частинок, то для твердого тіла є справедливим закон зміни з часом вектору моменту імпульсу механічної системи

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \sum \vec{M}_{\text{зовн}} \quad (1)$$

Бистрота зміни з часом вектору моменту імпульсу твердого тіла дорівнює векторній сумі моментів \vec{M} зовнішніх сил, що діють на тіло.

Під зовнішніми силами у цьому законі розглядають сили, що діють на тіло з боку інших тіл або

фізичних силових полів. При цьому не враховуються сили взаємодії між частинками самого тіла. Для використання закону (1) момент імпульсу тіла та моменти сил, що діють на нього, мають бути розраховані відносно однієї і тієї ж осі.

Закон (1) називається *законом динаміки обертального руху*. Цей закон є справедливим для будь-якого довільного обертання тіла та не передбачає наявності фіксованої вісі обертання.

У випадку, коли розглядають *фіксовану нерухому вісь обертання* тіла z потрібно загальний векторний закон (1) взяти в проекціях на цю вісь. Отримаємо:

$$\frac{dL_z}{dt} = \sum M_z \tag{2}$$

де L_z визначається за формулою $L_z = I_z \omega$, а проекція моменту кожної діючої на тіло сили M_z – формулою $M_z = \pm |\vec{F}_\perp| \cdot d$. Підставляючи у (2) формулу $L_z = I_z \omega$, отримаємо

$$\frac{d(I_z \omega)}{dt} = \sum M_z \tag{3}$$

Розглядаючи випадок, коли $I_z = const$ та врахувавши формулу кутового прискорення $\varepsilon(t) = \frac{d\omega}{dt}$, отримаємо

$$I_z \varepsilon = \sum M_z \tag{4}$$

Отже, *закон динаміки обертального руху тіла відносно фіксованої вісі* формулюється так: добуток моменту інерції тіла відносно фіксованої вісі обертання на кутове прискорення тіла дорівнює сумі проєкцій на цю вісь всіх моментів зовнішніх сил, що діють на тіло.

Після того, як сформулювали закон динаміки обертального руху тіла, слід розглянути його застосування. Одним із прикладів є гіроскоп.

Гіроскоп (від грецьких *gyros* – обертання, *skopeo* – дивитися): 1) швидкообертове тверде тіло (наприклад, дзига), вісь обертання якого може довільно змінювати свій напрям у просторі; 2) пристрій, що дозволяє виявити обертання в інерціальному просторі основи, на якій його встановлено [4].

Вільний симетричний зрівноважений гіроскоп – симетричне обертаюче масивне тіло, на яке не діють моменти сил [4].

Вільний гіроскоп як тверде тіло може вільно обертатися навколо трьох взаємно перпендикулярних осей x, y, z , що перетинаються у центрі мас гіроскопу. Це досягається за допомогою спеціального пристрою – карданового підвісу (рис. 1). Для вільного

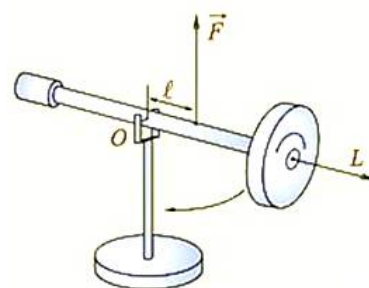


Рис.1. Гіроскоп

гіроскопу $\sum \vec{M}_{зовн} = 0$, тому рівняння (1) дає $\frac{d\vec{L}}{dt} = 0$, звідки

$$\vec{L} = const \tag{5}$$

Рівняння (5) є частковим випадком закону збереження моменту імпульсу. У випадку обертання симетричного тіла навколо вісі симетрії напрям вектору \vec{L} співпадає з віссю обертання, тому рівняння (5) означає, що *просторовий напрям вісі обертання вільного гіроскопу є сталим*. Ця властивість використовується з метою визначення орієнтації у просторі. Закріпивши гіроскоп у кардановому підвісі у літаку і розкрутивши його на землі відносно вісі z , ми отримуємо *фіксований просторовий напрям*. При подальших еволюціях літака під час польоту напрям вісі обертання z відносно землі змінюватись не буде, що дає можливість визначити відповідні кути повороту літака (цей прилад називається авіагоризонтом).

Якщо вільний гіроскоп розкручений так, що вектор миттєвої кутової швидкості та вісь симетрії гіроскопа не збігаються, то спостерігається рух вільної регулярної прецесії, який називають *нутацією*.

Тоді, вісь симетрії гіроскопа, вектори \vec{L} і $\vec{\omega}$ лежать в одній площині, що обертається навколо напрямку $\vec{L} = const$ з кутовою швидкістю, рівною $\vec{\omega} = \frac{\vec{L}}{J_z}$, $\vec{L} = const$, де J_z – момент інерції гіроскопа відносно

головної центральної вісі, перпендикулярної вісі симетрії. Ця кутова швидкість при швидкому власному обертанні гіроскопа є досить великою, а нутація сприймається оком як дрібне тремтіння вісі симетрії гіроскопа.

В своїх дослідженнях ми відзначили декілька гіроскопів за класифікацією Ю.Ф. Лазарева [4], а саме:

1) Симетричний – гіроскоп, ротор якого являє собою динамічно симетричне тверде тіло, якому надано швидкого обертання навколо його осі фігури.

2) Сплюснутий – різновид симетричного гіроскопу, в якому екваторіальний момент інерції менший за осьовий.

3) Кулесиметричний – різновид симетричного гіроскопа, в якому екваторіальний момент інерції дорівнює осьовому; назву зумовлено тим, що за цієї умови форма гіроскопа наближається до форми кулі.

4) Кардановий підвіс – гіроскоп, у якому підвіс здійснений завдяки двом додатковим рамкам, які мають змогу обертатися кожна відносно однієї осі: зовнішня рамка відносно зовнішньої вісі підвісу, нерухомої відносно основи; внутрішня рамка – відносно внутрішньої осі підвісу, нерухомої відносно зовнішньої рамки і перпендикулярної зовнішній осі підвісу; ротор гіроскопа має змогу обертатися з великою кутовою швидкістю навколо головної осі підвісу, яка є нерухомою відносно внутрішньої рамки і перпендикулярною до внутрішньої осі підвісу.

5) Лазерний – оптичний прилад для вимірювання абсолютної кутової швидкості основи; використовує ефект Саньяка – виникнення зсуву фаз зустрічних світлових хвиль у обертовому кільцевому інтерферометрі; зазвичай використовується в системах інерціальної навігації.

6) Мікромеханічний – гіроскопічний прилад, призначений для вимірювання кута «рискання» основи (літака, торпеди тощо); побудований на основі триступеневого астатичного гіроскопа у кардановому підвісі, зовнішню вісь якого встановлено паралельно нормальній вісі.

В кінці вивчення теми механіки твердого тіла, після розгляду гіроскопа доцільно звернути увагу студентів на його використання в авіації. Наприклад, виконання сліпого польоту в умовах відсутності видимості місцевих орієнтирів, а також тривалі багатогодинні безпосадочні перельоти стали можливими завдяки цілому ряду авіаційних гіроскопічних приладів, яким оснащений сучасний літак.

Висновок. В результаті проведених досліджень констатуємо, про доцільність підпорядкування змісту навчального матеріалу із загального курсу фізики на фундаментальним поняттям, одним з яких є симетрія, яка розглядається в багатьох розділах фізики. Відповідно ознайомлення та вивчення студентами даного поняття під час вивчення гіроскопу з механіки сприятиме формуванню сучасного наукового мислення, а також забезпечуватиме систематизацію знань з загального курсу фізики у ВНЗ та формуванню наукового світогляду.

Перспективи подальших пошуків у напрямі дослідження полягають в детальному аналізі поняття симетрії у процесі вивчення загального курсу фізики студентами у вищих навчальних закладах і розробці методики навчання фізики з використанням даного поняття.

ЛІТЕРАТУРА

1. Использование гироскопов в смартфонах та игровых приставках [Електронний ресурс] / М. Габитов // 3D – новости. – 2011. – С. 25. – Режим доступу до журналу: <http://www.3dnews.ru>.
2. Ишлинский А.Ю. Лекции по теории гироскопов / А.Ю. Ишлинский, В.И. Борзов, Н.П. Степаненко. – М.: Изд. Московского ун-та, 1983. – 244 с.
3. Кучерук И.М. Загальний курс фізики: в 3 т. / И.М. Кучерук, И.Т. Горбачук, П.П. Луцик. – К.: Техніка, 1999. – Т. 1. Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка. – 536 с.
4. Лазарев Ю.Ф. Тлумачний словник з прикладної гіроскопії. / Лазарев Ю.Ф. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 58 с.
5. Лысов А.Н. Прикладная теория гироскопов: [учебное пособие] / А.Н. Лысов, Н.Т. Виниченко, А.А. Лысова. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2009. – 962 с.
6. Николаи Е.Л. Гироскоп и его некоторые технические применения / Николаи Е.Л. – М.: Гостехиздат, 1947. – 150 с.
7. Шубников А.В. Симметрия в науке и искусстве / А.В. Шубников, В.А. Копчик. – [2-е, перераб. и доп.] – М.: Наука, 1972. – 339 с.
8. Крылов А.Н. Общая теория гироскопов и некоторых технических их применений / А.Н. Крылов, Ю.А. Крутков. – Ленинград: Академия наук СССР, 1932. – 356 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Кузьменко Ольга Степанівна – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізико-математичних дисциплін Кіровоградської льотної академії Національного авіаційного університету.

Коло наукових інтересів: методика навчання фізики у загальноосвітніх та вищих навчальних закладах.

УДК 372.853, 373.1, 373.167

ДОСЛІДНИЦЬКІ ЗАВДАННЯ, ЯК ЕЛЕМЕНТ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З ФІЗИКИ

Світлана Мальченко, Ірина Бондірева (м. Кривий Ріг)

Дослідні роботи та пошукові завдання передбачають індивідуалізацію навчання, розширення обсягу знань учнів. Елементи пошуку та дослідницької діяльності сприяють вихованню в учнів активності, ініціативи, допитливості, розвивають їхнє мислення, спонукають до самостійних пошуків. В статті пропонується проведення дослідження залежності поверхневого натягу рідини від температури та різних домішок.