Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Фізичний факультет

З В І Т

за переддипломну практику
«Методика проведення демонстраційної лабораторної роботи «Маятник Максвела» у курсі фізики середньої школи»

Студентки 4-го курсу
Ирзаєвої Алтин Агаюсупівни

Науковий керівник:
Доцент кафедри експериментальної фізики,
доцент, к.ф.-м.н.
Кудря Владислав Юрійович

Київ – 2022

Ирзаєва Алтин Агаюсупівна.
Тема бакалаврської роботи: «Методика проведення демонстраційної лабораторної роботи «Маятник Максвелла» у курсі фізики середньої школи».

Під час підготовки до виконання бакалаврської роботи було проведено таку роботу:

1. Вивчено закон збереження імпульсу.
Закон збереження імпульсу – закон, який стверджує, що сума імпульсів всіх тіл системи є постійна, якщо векторна сума зовнішніх сил $\vec{F}$, що діють на систему тіл, дорівнює нулю. У класичній механіці закон збереження імпульсу зазвичай виводиться із законів Ньютона.

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}.$$

2. Показано, що у системі матеріальних точок сумарна сила взаємодії між частинками дорівнює нулю.

$$\vec{F}^{вн} = \sum_{i=1}^{n}\vec{F}_i^{вн} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}\vec{F}_{ik} = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}\vec{F}_{ik} + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}\vec{F}_{ik} = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}\vec{F}_{ik} + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{n}\sum_{i=1}^{n}\vec{F}_{ki} =$$
$$= \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}\vec{F}_{ik} - \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}\vec{F}_{ik} = 0.$$

Вперше змінюємо індекси, оскільки матеріальні точки – однакові, вдруге – за 3-м законом Ньютона.

3. Вивчено властивості моменту імпульсу.
Момент імпульсу – фізична величина, що характеризує кількість обертального руху, і залежить від того, скільки маси обертається, як розподілена у просторі, і з якою кутовою швидкістю відбувається обертання.

$$\vec{L} = [\vec{r}\times\vec{p}] = m[\vec{r}\times\vec{v}].$$

4. Вивчено закон збереження моменту імпульсу.
Закон збереження моменту імпульсу – закон, який стверджує, що момент імпульсу замкнутої системи тіл щодо будь-якої нерухомої точки не змінюється з часом.

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}.$$

5. Вивчено властивості тензора інерції.
Тензор інерції (в механіці абсолютно твердого тіла) – тензорна величина, що зв'язує момент імпульсу тіла та кінетичну енергію його обертання з кутовою швидкістю.

6. Виведено формули для компонентів тензора інерції.

$$\vec{L} = \sum_{i=1}^{n}[\vec{r}_i\times\vec{p}_i] = \sum_{i=1}^{n}\Delta m_i[\vec{r}_i\times\vec{v}_i] = \sum_{i=1}^{n}\Delta m_i[\vec{r}_i\times[\vec{\omega}\times\vec{r}_i]] = \sum_{i=1}^{n}\Delta m_i\left(\vec{\omega}r_i^2 - \vec{r}_i(\vec{r}_i\cdot\vec{\omega})\right),$$

$$L_x = \sum_{i=1}^{n} \Delta m_i \Big(\omega_x (x_i^2 + y_i^2 + z_i^2) - x_i (x_i \omega_x + y_i \omega_y + z_i \omega_z)\Big) =$$

$$= \sum_{i=1}^{n} \Delta m_i \Big((y_i^2 + z_i^2)\omega_x - x_i y_i \omega_y - x_i z_i \omega_z\Big) = \Big(I_{xx}\omega_x + I_{xy}\omega_y + I_{xz}\omega_z\Big).$$

7. Виведено основні значення моменту інерції диска та кільця щодо осі симетрії цих тіл. Для диску:

$$I_{zz} = \int_V \rho r_\perp^2 dV = \frac{m}{\pi r^2 h_ц} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{h_ц} dh \int_0^{r} r_\perp^2 \cdot r_\perp \cdot dr_\perp = \frac{m}{\pi r^2 h_ц} 2\pi h_ц \int_0^{r} r_\perp^3 \cdot dr_\perp =$$

$$= \frac{m}{\pi r^2 h_ц} 2\pi h_ц \frac{r^4}{4} = \frac{mr^2}{2}.$$

Для кільця:

$$I_{zz} = \int_V \rho r_\perp^2 dV = \frac{m}{\pi\left(r_з^2 - r_в^2\right)h_ц} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{h_ц} dh \int_{r_в}^{r_з} r_\perp^2 \cdot r_\perp \cdot dr_\perp = \frac{m}{\pi\left(r_з^2 - r_в^2\right)h_ц} 2\pi h_ц \int_{r_в}^{r_з} r_\perp^3 \cdot dr_\perp =$$

$$= \frac{m}{\pi\left(r_з^2 - r_в^2\right)h_ц} 2\pi h_ц \frac{\left(r_з^4 - r_в^4\right)}{4} = \frac{m}{\pi\left(r_з^2 - r_в^2\right)h_ц} \pi h_ц \frac{\left(r_з^2 - r_в^2\right)\left(r_з^2 + r_в^2\right)}{2} = \frac{m\left(r_з^2 + r_в^2\right)}{2}.$$

Yrzaýewa Altyn Agaýusupowna.
Bakalawr işiniň mowzugy: «Orta mekdebiň fizikasy döwründe «Maksvell maýatnik» görkeziş laboratoriýa işini geçirmegiň usullary».

Bakalawr işine taýýarlyk görlende aşakdaky işler geçirildi:

1. Möhümi tygşytlamak kanuny öwrenildi.

Möhümi tygşytlamak kanuny, ulgamyň üstünde işleýän daşarky güýçleriň wektor $\vec{F}$ jemi nola deň bolsa, ulgamyň ähli jisimleriniň impulslarynyň jemi hemişelik bahadygyny görkezýän kanun. Nusgawy mehanikada tizligi tygşytlamak kanuny, adatça, Nýutonyň kanunlarynyň netijesinde alynýar.

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}.$$

2. Maddy nokatlar ulgamynda bölejikleriň arasyndaky täsiriň umumy güýjüniň nola deňdigi görkezilýär.

$$\vec{F}^{вн} = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i^{вн} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} \vec{F}_{ik} = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} \vec{F}_{ik} + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} \vec{F}_{ik} = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} \vec{F}_{ik} + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{n}\sum_{i=1}^{n} \vec{F}_{ki} =$$

$$= \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} \vec{F}_{ik} - \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} \vec{F}_{ik} = 0.$$

Ilkinji gezek indeksleri üýtgedýäris, sebäbi material nokatlary birmeňzeş, ikinji gezek - Nýutonyň 3-nji kanuny boýunça.

3. Burç tizliginiň häsiýetleri öwrenilýär.

Burç tizligi aýlanma hereketiniň mukdaryny häsiýetlendirýän we näçe massanyň aýlanýandygyna, kosmosda nädip paýlanýandygyna we haýsy burç tizliginiň aýlanmagyna bagly fiziki mukdardyr.

$$\vec{L} = [\vec{r} \times \vec{p}] = m[\vec{r} \times \vec{v}].$$

4. Burç tizligini gorap saklamak kanuny öwrenildi.

Burç tizligini goramagyň kanuny, ýapyk ulgamlaryň haýsydyr bir kesgitlenen nokada görä burç tizliginiň wagtyň geçmegi bilen üýtgemeýändigini görkezýän kanun.

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}.$$

5. Inersiýa datçiginiň aýratynlyklary öwrenildi.

Inersiýanyň datçigi (düýbünden gaty bedeniň mehanikasynda), bedeniň burç tizligini we aýlanmagynyň kinetik energiýasyny burç tizligi bilen baglanyşdyrýan tensor mukdarydyr.

6. Inersiýa datçiginiň düzüm bölekleri üçin formulalar alynýar.

$$\vec{L} = \sum_{i=1}^{n} [\vec{r}_i \times \vec{p}_i] = \sum_{i=1}^{n} \Delta m_i [\vec{r}_i \times \vec{v}_i] = \sum_{i=1}^{n} \Delta m_i [\vec{r}_i \times [\vec{\omega} \times \vec{r}_i]] = \sum_{i=1}^{n} \Delta m_i \left(\vec{\omega} r_i^2 - \vec{r}_i (\vec{r}_i \cdot \vec{\omega})\right),$$

$$L_x = \sum_{i=1}^{n} \Delta m_i \left(\omega_x (x_i^2 + y_i^2 + z_i^2) - x_i (x_i \omega_x + y_i \omega_y + z_i \omega_z)\right) =$$

$$= \sum_{i=1}^{n} \Delta m_i \left((y_i^2 + z_i^2)\omega_x - x_i y_i \omega_y - x_i z_i \omega_z\right) = \left(I_{xx}\omega_x + I_{xy}\omega_y + I_{xz}\omega_z\right).$$

7. Diskiň we halkanyň inersiýa pursatynyň esasy bahalary, bu jisimleriň simmetriýanyň okuna degişlidir. Disk üçin:

$$I_{zz} = \int_V \rho r_\perp^2 dV = \frac{m}{\pi r^2 h_ц} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{h_ц} dh \int_0^{r} r_\perp^2 \cdot r_\perp \cdot dr_\perp = \frac{m}{\pi r^2 h_ц} 2\pi h_ц \int_0^{r} r_\perp^3 \cdot dr_\perp =$$

$$= \frac{m}{\pi r^2 h_ц} 2\pi h_ц \frac{r^4}{4} = \frac{mr^2}{2}.$$

Üzük üçin:

$$I_{zz} = \int_V \rho r_\perp^2 dV = \frac{m}{\pi\left(r_з^2 - r_в^2\right)h_ц} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{h_ц} dh \int_{r_в}^{r_з} r_\perp^2 \cdot r_\perp \cdot dr_\perp = \frac{m}{\pi\left(r_з^2 - r_в^2\right)h_ц} 2\pi h_ц \int_{r_в}^{r_з} r_\perp^3 \cdot dr_\perp =$$

$$= \frac{m}{\pi\left(r_з^2 - r_в^2\right)h_ц} 2\pi h_ц \frac{\left(r_з^4 - r_в^4\right)}{4} = \frac{m}{\pi\left(r_з^2 - r_в^2\right)h_ц} \pi h_ц \frac{\left(r_з^2 - r_в^2\right)\left(r_з^2 + r_в^2\right)}{2} = \frac{m\left(r_з^2 + r_в^2\right)}{2}.$$