

# Студентська олімпіада з фізики 2024/2025

## Задача 1

Тверда однорідна куля радіусом  $R$  і масою  $m$  падає під дією сили тяжіння вздовж нормалі до підлоги (див. Рис. 1).

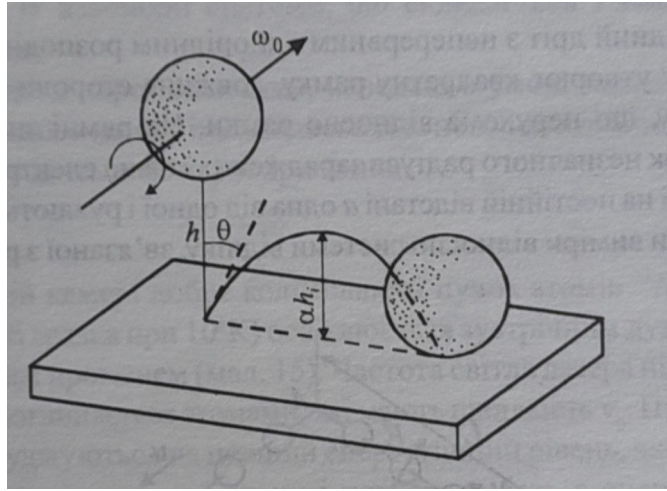


Рис. 1

Початкова відстань від нижньої точки кулі до підлоги дорівнює  $h$ . В початковому положенні центр мас кулі був нерухомий, але куля оберталася навколо горизонтальної осі, що проходить через її центр, з кутовою швидкістю  $\Omega_0$ . Після удару об підлогу куля підскакує на висоту  $\alpha h$  (відстань до нижньої точки кулі). Час співудару малий, але скінченний. Нехтувати деформацією кулі і підлоги при ударі, а також наявністю повітря. Прискорення сили тяжіння  $g$ , динамічний коефіцієнт тертя між кулею і підлогою  $\mu$ , момент інерції кулі відносно вказаної осі  $I = \frac{2}{5}mR^2$ .

Необхідно розглянути два випадки: куля проковзує протягом всього часу співудару, і проковзування кулі припиняється до закінчення співудару.

Знайти:

### Випадок 1

- $\text{tg } \Theta$ , де  $\Theta$  – кут відбивання, показаний на рис. 1;
- відстань між точками першого і другого ударів кулі об підлогу;
- мінімальне можливе для цього випадку значення кутової швидкості  $\Omega_0$ ;

### Випадок 2

- $\text{tg } \Theta$ ;
- відстань між точками першого і другого ударів кулі об підлогу.

Беручи до уваги обидва випадки, намалювати залежність  $\text{tg } \Theta$  від  $\Omega_0$ .

# Студентська олімпіада з фізики 2025

## Задача 2

Непровідний дріт з неперервним однорідним розподілом електричного заряду в ньому утворює квадратну рамку, довжина сторони якої дорівнює  $L$  в системі відліку, що нерухома відносно рамки. На рамці знаходиться велика кількість кульок незначного радіуса заряджених кожна електричним зарядом  $q$ , які розташовані на постійній відстані  $a$  одна від одної і рухаються зі швидкістю, якщо проводити виміри відносно системи відліку, зв'язаної з рамкою (рис. 2).

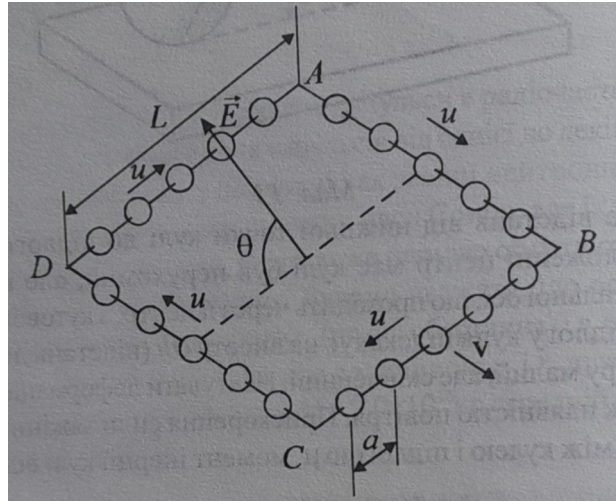


Рис. 2

Кульки розташовані на рамці подібно до бусинок, нанизаних на нитку, причому  $L$  набагато більше, ніж  $a$ . Сумарні заряди всіх бусинок і дроту мають однакову величину, але протилежні знаки. Розглянути ситуацію, коли дротяна рамка рухається зі швидкістю  $v$ , паралельною до сторони рамки  $AB$ , через однорідне електричне поле з напруженістю  $E$ , яке перпендикулярне до вектора швидкості рамки і утворює кут  $\Theta$  з площиною рамки. Беручи до уваги релятивістські явища, визначити наступні величини в системі відліку спостерігача, відносно якого рамка рухається зі швидкістю  $v$ :

- відстань між кульками на кожній стороні рамки  $a_{AB}$ ,  $a_{BC}$ ,  $a_{CD}$  і  $a_{DA}$ .
- величину сумарного заряду дроту і кульок на кожній стороні рамки  $Q_{AB}$ ,  $Q_{BC}$ ,  $Q_{CD}$  і  $Q_{DA}$ .
- величину моменту сил  $M$ , який намагається повернути рамку з кульками.
- енергію  $W$  взаємодії системи, що складається з рамки і кульок, з електричним полем.

Відповідь дати через величини, наведені в умові задачі. Зауважте, що величина електричного заряду ізолюваного тіла не залежить від системи відліку, відносно якої проводиться його вимірювання.

# Студентська олімпіада з фізики 2025

## Задача 3

Пульсар випромінює дуже короткі імпульси в радіочастотному діапазоні довжин хвиль з частотою повторення імпульсів від однієї до декількох мілісекунд. Ці імпульси випромінюються з поверхні так званої нейтронної зорі. Такі зорі дуже компактні: вони мають масу порядку маси Сонця, але їх радіус становить лише кілька десятків кілометрів. Вони дуже швидко обертаються і тому трохи сплющуються вздовж осі обертання. Будемо вважати, що осьовий переріз їх поверхні являє собою еліпс з півсями  $r_p$  (по осі обертання) і  $r_e$  (перпендикулярно до осі обертання), причому різниця між величиною  $r_p$  і  $r_e$  дуже мала.

Нехай нейтронна зоря має масу  $M=2,0 \cdot 10^{30}$  кг, середній радіус  $r=1,0 \cdot 10^4$  м і період обертання  $2,0 \cdot 10^{-2}$  с.

а) Визначити фактор сплющення  $\varepsilon=(r_e - r_p)/r_e$ , якщо гравітаційна стала дорівнює  $6,67 \cdot 10^{-11}$  Н м<sup>2</sup>кг<sup>-2</sup>.

б) З часом, внаслідок втрати енергії, обертання зорі поступово уповільнюється, а сплющення зменшується. Однак зоря має тверду кору, що плаває на рідкій внутрішній частині. Тверда кора чинить опір корекції рівноважної форми. В результаті виникають «зоретруси» з раптовими змінами форми кори. Під час і після «зоретрусу» спостерігається зміна кутової швидкості зорі (див. рис. 3).

Визначити середній радіус рідкого внутрішнього середовища зорі, використовуючи дані, наведені на рис. 3. Вважати, що густина кори і рідкого середовища однакові і знехтувати зміною форми останнього.

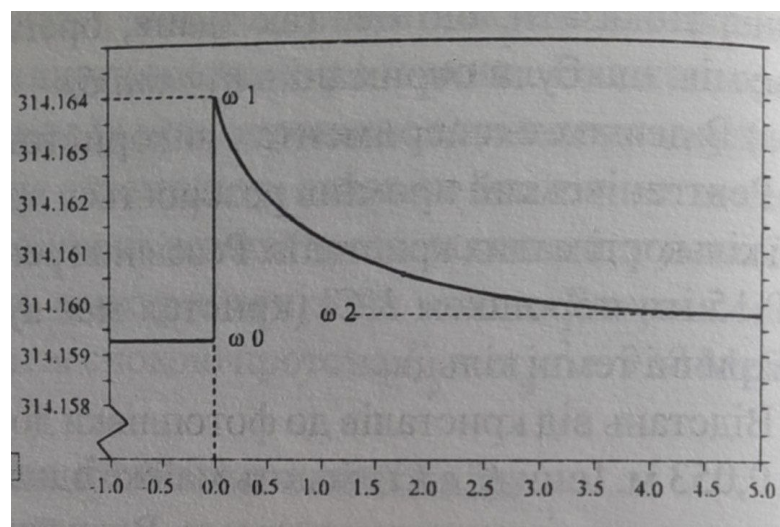


Рис. 3