

ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИКИ ВИВЧЕННЯ ВАГИ ТІЛА В СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ

Нижник В.Г.¹, к.пед.н., доцент; Нижник О.В.², к.пед.н.;
Однодворець Л.В.¹, д.ф.-м.н., доцент

¹Сумський державний університет

²Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

Для ваги тіла, як правило, дають класичне визначення: «Вага тіла – сила, з якою тіло, притягуючись до землі, тисне на опору або розтягує підвіс» [1, с. 93]. Уточнення поняття ваги тіла та встановлення природи цієї сили, нами проведено на експериментальній задачі з використанням закономірностей пружних деформацій.

Закон Гука формулюється в словесній формі, яку дає С.У. Гончаренко: «За малих деформацій модуль сили пружності прямо пропорційний модулю вектора переміщення вільного кінця стержня. Напрямок вектора сили пружності протилежний напрямку вектора переміщення» [2, с. 268]. До даного формулювання закону зроблені такі уточнення:

1. Деформоване тіло діє на тіло, з яким воно взаємодіє. Отже, силу пружності деформованого тіла потрібно «прикладати» до тіла, з яким воно взаємодіє.

2. Видовження, стиснення та прогин деформованого тіла характеризує переміщення. Потрібно визначити переміщення того краю тіла, яким воно взаємодіє з іншим тілом, відносно цього краю у недеформованому стані.

3. При взаємодії деформуються обидва тіла, хоча на класичних дослідах демонструється деформація лише одного із них. За третім законом динаміки, при взаємодії двох тіл як одне тіло діє на друге, так і друге діє на перше. Природа сил, з якими взаємодіють тіла однакова. У дослідах, схеми яких зображені на Рис. 1 і 2, протидіючими є сили пружності.

Вивчення закону Гука було проведене за допомогою експериментів, у яких використана пружина від досліду «Відерце Архімеда», а для вивчення деформації прогину – фанера товщиною 3 мм, розміром 20x70 см. Щоб деформація тіла була добре помітна, використовувалась повітряна кулька сферичної форми, наповнена водою. Перед дослідами кульку тримали в руках, показуючи, що вона до взаємодії з дошкою і пружиною має практично сферичну форму (Рис. 1а і 2а).

Зобразимо процес взаємодії кулька – дошка на класній дошці у кольорі (Рис. 1): покажемо форму взаємодіючих тіл до (Рис.1а) і після (Рис.1б, в)

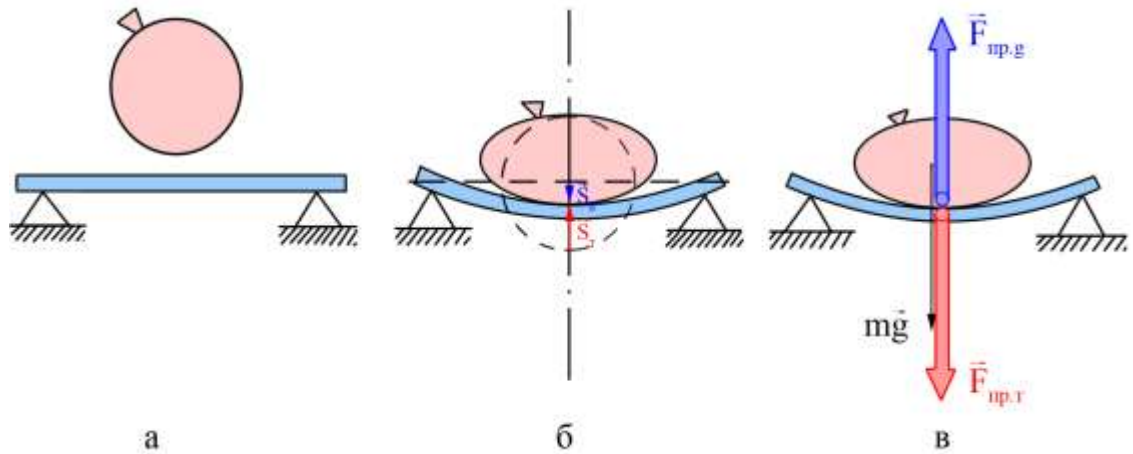


Рис.1. Схема процесу взаємодії тіла-кульки з дошкою: а – до взаємодії; б, в – після взаємодії. S_T^y - переміщення нижнього краю тіла; $F_{пр.т}^y$ - сила пружності тіла; $F_{пр.г}^y$ - сила, з якою кулька притягує Землю

взаємодії. Тіло-кульку зображаємо червоним кольором, а дошку – синім. За законом визначаємо переміщення при прогині дошки S_d^y і силу пружності дошки $F_{пр.д}^y$, яку «прикладаємо» до нижнього краю тіла. Вказані величини такого ж кольору, як і дошка [3].

Потім визначаємо переміщення нижнього краю тіла S_T^y , яким воно взаємодіє з дошкою, та силу пружності тіла $F_{пр.т}^y$, з якою деформоване тіло діє на дошку. Зрозуміло, що ці вектори та їх позначення зображаємо червоним кольором. Кольори використовуємо не для створення яскравого рисунку, а для співставлення дії тіл один на одного з властивостями дій – фізичними величинами, через зображення відповідним кольором векторів та позначення величин. Наголошуємо, що сила $F_{пр.д}^y$ і $F_{пр.т}^y$ за третім законом динаміки діють по одній прямій, прикладеній до різних тіл, що взаємодіють, протилежно напрямлені, рівні за модулем і мають однакову природу.

Після цього демонструємо взаємодію тіла-кульки з пружиною. Зображаємо їх на дошці до і під час взаємодії (Рис. 2). Пружину малюємо синьою крейдою. Проводимо такі ж пояснення, як і в попередньому досліді.

Оскільки кулька верхнім краєм взаємодіє з пружиною, то для визначення переміщення цього краю при деформації S_T^y суміщаємо нижні краї кульки у деформованому та недеформованому станах. За правилом визначаємо напрям сили пружності тіла $F_{пр.т}^y$. Ця сила направлена по вертикалі вниз і «прикладена» до нижнього краю пружини.

На Рис.2, щоб зобразити силу пружності тіла, вектор $\vec{F}_{пр.т}$ довелося змістити від вертикалі. Про цей недолік зображення обов'язково повідомляємо учням. Визначивши сили пружності, розглядаємо взаємодію тіла-кульки із Землею. Покажемо вектори сили тяжіння кульки $m\vec{g}$, які прикладаємо до центра мас тіла-кульки. Протидіючої до сили тяжіння тіла є сила, прикладена до Землі, з якою тіло притягує Землю. Природа цих сил – гравітаційна. Після встановлення взаємодії тіла із Землею, опорою та підвісом і встановлення сил, що діють на тіло, та протидіючих сил, звертаємося до головного питання: «Що є вагою тіла?»

Повторюємо визначення ваги тіла. Звертаємо увагу учнів, що на малюнках зображено всі сили, з якими тіло-кулька взаємодіє з іншими тілами. Отже, одна із зображених сил повинна бути вагою тіла. Аналізуємо визначення ваги тіла, з якого встановлюємо, що сила від тіла і вона діє на опору чи підвіс. Разом з учнями встановлюємо, що таким ознакам відповідає єдина сила – сила пружності тіла-кульки $\vec{F}_{пр.т}$.

Уточнюємо визначення ваги тіла: вага тіла – сила пружності тіла, з якою деформоване тіло тисне на опору або розтягує підвіс. Вводимо позначення для ваги тіла $\vec{P} = \vec{F}_{пр.т}$.

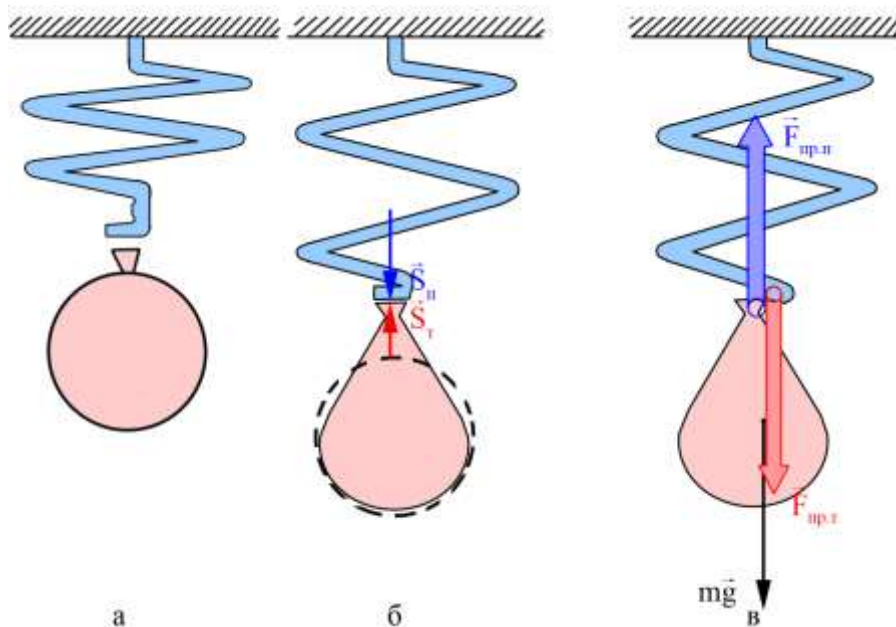


Рис.2. Схема процесу взаємодії тіла-кульки з пружиною: s_n – переміщення нижнього краю пружини при деформації; $\vec{F}_{пр.п}$ – сила пружності пружини, з якою пружина діє на тіло

Потім продовжуємо вивчення ваги тіла через розгляд питання про залежність ваги тіла, коли опора чи підвіс будуть рухатися по вертикалі, вгору чи вниз з прискоренням $\overset{P}{a}$?

Із досвіду учні знають, що, наприклад, при русі вгору з прискоренням пружина більше розтягнеться, а опора більше прогнеться. Отже, за закономірностями деформації сили пружності пружини та дошки, які направлені вгору, мають бути більшими. Результируюча цих сил і сили тяжіння надаватиме тілу прискорення $\overset{P}{a}$. За другим законом динаміки:

$$\begin{aligned} \overset{P}{F}_{\text{пр.п}} + m\overset{P}{g} &= m\overset{P}{a}; \\ \overset{P}{F}_{\text{пр.д}} + m\overset{P}{g} &= m\overset{P}{a}. \end{aligned}$$

Оскільки, протидіючими до сил пружності пружини і дошки є сила пружності тіла, якою є вага тіла, то

$$\begin{aligned} \overset{P}{F}_{\text{пр.п}} &= -\overset{P}{F}_{\text{пр.т}} = -\overset{P}{P}; \\ \overset{P}{F}_{\text{пр.д}} &= -\overset{P}{F}_{\text{пр.т}} = -\overset{P}{P}. \end{aligned}$$

Отже, у обох випадках

$$-\overset{P}{P} + m\overset{P}{g} = m\overset{P}{a},$$

звідки,

$$\overset{P}{P} = m(\overset{P}{g} - \overset{P}{a}). \quad (1)$$

Вага тіла залежить від прискореного руху по вертикалі. Вказаний векторний запис залежності (1) потрібно спеціально розглянути, бо із формули важко зрозуміти учням, що при прискореному русі вгору вага тіла збільшується і навпаки. Подаємо залежність (1) на вісь Oy , яку напрямляємо вертикально вниз:

$$P_y = m(g - a_y).$$

Оскільки, завжди $g_y = g$, то остання формула спроститься:

$$P_y = m(g - a_y). \quad (2)$$

Із формули (2) видно, що коли буде прискорених рух вгору, матимемо $P_y = m(g + a)$ – вага тіла збільшується, а коли вниз $P_y = m(g - a)$ – зменшується. Що при цьому відбувається з тілом-кулькою? Коли кулька з водою підвішена до пружини рухається прискорено вгору, то вона витягується, що можна продемонструвати на досліді, а коли вниз – деформація зменшується порівняно з нерухомим станом.

Під час руху дошки вгору з прискоренням кулька більше сплющується, а коли вниз сплющення стає меншим ніж у нерухомому стані. При русі вниз з прискоренням g' (вільне падіння) буде невагомість тіла. Пружина і дошка не будуть деформуватися, а тіло-кулька матиме сферичну форму. Практика показала, що доцільно розглянути залежність ваги тіла від прискореного руху по горизонталі. Найкраще це зробити коли тіло підвішене до пружини.

Із (1) одержимо, що $P_y = mg$, бо $a_y = 0$. Коли горизонтальну вісь Ox направити за напрямом прискорення $\overset{y}{a}$, то матимемо:

$$P_x = m(g_x - a_x) = -ma,$$

бо $a_x = a$.

Пружина з кулькою-тілом відхилиться від вертикалі проти напрямку прискорення. Кут відхилення α визначимо на основі залежності $\operatorname{tg} \alpha = ma / mg = a/g$:

$$\alpha = \operatorname{arctg} a / g .$$

Модуль ваги тіла буде дорівнювати:

$$P = m\sqrt{g^2 + a^2} .$$

Аналізуючи одержаний результат, показуємо, що і у випадку прискореного руху по горизонталі вага тіла збільшується. Це використовується у центрифугах для тренування пілотів літаків та космонавтів. У цьому випадку прискорення буде доцентровим.

Література

1. Кремінський Б. Вивчення закону Гука в поглибленому шкільному курсі фізики / Б. Кремінський, А. Федоренко // Фізика та астрономія в школі.– 2011.– №3.– С. 19 – 21.
2. Гончаренко С.І. Фізика: Підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закладів з поглиб. вивч. фізики.– К.: Освіта, 2006.– Ч.1.– 320 с.
3. Нижник В.Г. Про створення системи засобів наочності під час вивчення фізики / В.Г. Нижник, О.В. Островська, В.Д. Сиротюк, О.О. Чинчой // Діяльнісний підхід у навчально-пошуковому процесі фізики і математики: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. Фізика. Ч. 1.– Рівне, 1996.– С. 93 – 94.