Фізика 11

Урок 58 Формула тонкої лінзи

Мета уроку:

Навчальна: Закріпити та поглибити знання учнів про лінзи; розглянути формулу тонкої лінзи та її застосування для розв'язування задач геометричної оптики.

Розвивальна. З метою розвитку мислення розвивати вміння: пояснювати подібні матеріали; виявляти аналогії; розкривати загальне і конкретне; встановлювати закономірності; встановлювати головне, суттєве у матеріалі, що вивчається; самостійно знаходити причинно-наслідкові зв'язки (робити висновки); узагальнювати; систематизувати, встановлювати зв'язки нового з раніше вивченим; стисло і грамотно висловлювати свої міркування та обґрунтовувати їхню правильність; діяти за аналогією.

Виховна. Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

Тип уроку: урок вивчення нового матеріалу.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку

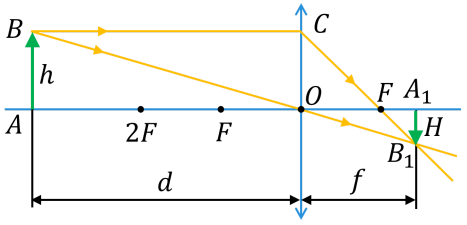
I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Чи існує математична залежність між відстанню d від предмета до лінзи, відстанню f від зображення предмета до лінзи і фокусною відстанню F лінзи?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Формула тонкої лінзи



Прямокутні трикутники FOC і FA_1B_1 подібні, тому:

$$\frac{OC}{A_1B_1} = \frac{FO}{FA_1}$$

Оскільки $OC = h$, $A_1B_1 = H$, $FO = F$, $FA_1 = f - F$, отримуємо:

$$\frac{h}{H} = \frac{F}{f-F} \qquad (1)$$

Прямокутні трикутники BAO і B_1A_1O подібні, тому:

$$\frac{AB}{A_1B_1} = \frac{AO}{A_1O} \quad \text{або} \quad \frac{h}{H} = \frac{d}{f} \qquad (2)$$

Прирівнявши праві частини рівностей (1) і (2), маємо:

$$\frac{F}{f-F} = \frac{d}{f}; \qquad Ff = df - dF; \qquad df = Ff + dF | : dfF$$

Формула тонкої лінзи:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

F – фокусна відстань; d – відстань від предмета до лінзи; f – відстань від лінзи до зображення.

Під час розв'язування задач слід мати на увазі:

• відстань f (від лінзи до зображення) необхідно брати зі знаком» « – », якщо зображення є уявним, і зі знаком « + », якщо зображення є дійсним;

• фокусна відстань F збиральної лінзи є додатною, а розсіювальної – від'ємною.

Лінійне збільшення Г лінзи – це відношення лінійного розміру H зображення предмета до розміру h самого предмета.

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. Відстань від предмета до збиральної лінзи 40 см, а від лінзи до її дійсного зображення 60 см. Визначте фокусну відстань лінзи.

Дано:
$d = 40$ см $= 0,4$ м

$f = 60$ см $= 0,6$ м

$F - ?$

Розв'язання

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \qquad \frac{1}{F} = \frac{f+d}{df} \qquad F = \frac{df}{d+f}$$

$$F = \frac{0,4 \cdot 0,6}{0,4+0,6} = 0,24 \text{ (м)}$$

Відповідь: $F = 24$ см.

2. Відстань від предмета до розсіювальної лінзи 50 см, а від лінзи до зображення 20 см. Визначте оптичну силу лінзи.

Дано:
$d = 50$ см $= 0,5$ м

$f = -20$ см $= -0,2$ м

$D - ?$

Розв'язання

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \qquad D = \frac{f+d}{df}$$

$$D = \frac{-0,2+0,5}{0,5 \cdot (-0,2)} = -3 \text{ (дптр)}$$

Відповідь: $D = -3$ дптр.

3. Предмет, розташований на відстані 14 см від тонкої лінзи, перемістили на 6 см ближче до неї, при цьому розміри предмета й зображення стали однаковими. Визначте оптичну силу цієї лінзи.

Дано:
$d_1 = 14$ см $= 0,14$ м

$\Delta d = 6$ см $= 0,06$ м

$f_2 = d_2$

$D - ?$

Розв'язання

$$d_2 = d_1 - \Delta d = f_2$$

$$D = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{2}{d_2} = \frac{2}{d_1 - \Delta d}$$

$$D = \frac{2}{0,14-0,06} = 25 \text{ (дптр)}$$

Відповідь: $D = 25$ дптр.

4. На відстані, втричі більшій за фокусну, перед збиральною лінзою розташований предмет. Знайдіть, у скільки разів розміри зображення більші за розміри предмета.

Дано:
$d = 3F$

$\Gamma - ?$

Розв'язання

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \qquad \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{d-F}{Fd} \qquad f = \frac{dF}{d-F}$$

$$\Gamma = \frac{\frac{dF}{d-F}}{d} = \frac{F}{d-F} = \frac{F}{3F-F} = \frac{1}{2}$$

Відповідь: $\Gamma = \frac{1}{2}$.

5. На екрані, розташованому на відстані 12 м від предмета, утвориться збільшене в чотири рази його зображення. Знайдіть фокусну відстань цієї лінзи.

Дано:
$l = 12$ м

$\Gamma = 4$

$F - ?$

Розв'язання

$$l = d + f \quad => \quad d = l - f$$

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} \quad => \quad d = \frac{f}{\Gamma}$$

$$l - f = \frac{f}{\Gamma} \qquad l = f\left(\frac{1}{\Gamma} + 1\right) \quad => \quad f = \frac{l\Gamma}{\Gamma+1}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$F = \frac{df}{d+f} = \frac{\frac{f}{\Gamma}\cdot f}{l} = \frac{f^2}{\Gamma l} = \frac{\left(\frac{l\Gamma}{\Gamma+1}\right)^2}{\Gamma l} = \frac{l\Gamma}{(\Gamma+1)^2}$$

$$[F] = \text{м} \qquad F = \frac{12\cdot 4}{(4+1)^2} = 1,92 \text{ (м)}$$

Відповідь: $F = 1,92$ м.

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. Які фізичні величини пов'язує формула тонкої лінзи?
2. Яких правил слід дотримуватися, застосовуючи цю формулу?
3. Як визначити лінійне збільшення лінзи?

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Повторити § 27, Вправа № 27 (2, 4)

Додаткові задачі

1. Відстань від предмета до збиральної лінзи 20 см, а фокусна відстань лінзи 10 см. Визначте відстань від лінзи до її дійсного зображення.

Дано:
$d = 20$ см $= 0,2$ м

$F = 10$ см $= 0,1$ м

$f - ?$

Розв'язання

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \qquad \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{d-F}{Fd} \qquad f = \frac{dF}{d-F} \qquad f = \frac{0,2\cdot 0,1}{0,2-0,1} = 0,2 \text{ (м)}$$

Відповідь: $f = 20$ см.

2. Відстань між предметом і його зображенням у збиральній лінзі 40 см. Визначте оптичну силу цієї лінзи, якщо вона розташована посередині між предметом і його зображенням.

Дано:
$l = 40$ см $= 0,4$ м

$D - ?$

Розв'язання

За умовою: $d = f = \frac{l}{2}$

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{\frac{l}{2}} + \frac{1}{\frac{l}{2}} = \frac{4}{l}$$

$$D = \frac{4}{0,4} = 10 \text{ (дптр)}$$

Відповідь: $D = 10$ дптр.

3. Предмет розташований на відстані 2 м від лінзи з оптичною силою 1,5 дптр. Знайдіть, на якій відстані від лінзи знаходиться зображення предмета.

Дано:
$d = 2$ м

$D = 1,5$ дптр

f – ?

Розв'язання

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \qquad \frac{1}{f} = D - \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{dD-1}{d} \qquad f = \frac{d}{dD-1}$$

$$f = \frac{2}{2\cdot 1,5-1} = 1 \text{ (м)}$$

Відповідь: $f = 1$ м.

4. Предмет розташований на відстані 20 см від тонкої лінзи. Знайдіть, на якій відстані від лінзи знаходиться зображення цього предмета. Розгляньте випадки, коли оптична сила лінзи дорівнює: а) 2,5 дптр; б) –5 дптр.

Дано:
$d = 20$ см $= 0,2$ м

$D_1 = 2,5$ дптр

$D_2 =- 5$ дптр

f_1 – ?

f_2 – ?

Розв'язання

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \qquad \frac{1}{f} = D - \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{dD-1}{d} \qquad f = \frac{d}{dD-1}$$

$$f_1 = \frac{0,2}{0,2\cdot 2,5-1} =- 0,4 \text{ (м)}$$

$$f_2 = \frac{0,2}{0,2\bullet(-5)-1} =- 0,1 \text{ (м)}$$

Відповідь: $f_1 =- 0,4$ м, уявне; $f_2 =- 0,1$ м, уявне.

5. Точкове джерело світла розташоване на відстані 40 см від лінзи, оптична сила якої 5 дптр. З іншого боку лінзи на відстані 50 см розташоване плоске дзеркало. Визначте відстань між джерелом і його зображенням у плоскому дзеркалі.

Дано:
$d = 40$ см $= 0,4$ м

$D = 5$ дптр

$a = 50$ см $= 0,5$ м

l – ?

Розв'язання

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \qquad \frac{1}{f} = D - \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{dD-1}{d} \qquad f = \frac{d}{dD-1}$$

$$l = d + a + (a - f) = d + 2a - f = d + 2a - \frac{d}{dD-1}$$

$$l = 0,4 + 2\cdot 0,5 - \frac{0,4}{0,4\cdot 5-1} = 1 \text{ (м)}$$

Відповідь: $l = 1$ м.

6. Під час лабораторної роботи учень дістав чітке зображення запаленої свічки. Яка фокусна відстань й оптична сила лінзи, якщо відстань від свічки до лінзи становить 24 см, а відстань від лінзи до екрана – 12 см?

Дано:
$d = 24$ см $= 0,24$ м

$f = 12$ см $= 0,12$ м

F – ?

D – ?

Розв'язання

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \qquad \frac{1}{F} = \frac{f+d}{df} \qquad F = \frac{df}{f+d}$$

$$[F] = \frac{\text{м}\cdot\text{м}}{\text{м}} = \text{м} \qquad F = \frac{0,24\cdot 0,12}{0,12+0,24} = 0,08 \text{ (м)}$$

$$D = \frac{1}{0,08} = 12,5 \text{ (дптр)}$$

Відповідь: $F = 0,08$ м, $D = 12,5$ дптр.

7. За допомогою лінзи з фокусною відстанню 20 см на екрані одержали зображення предмета. Відстань від лінзи до зображення – 1 м. На якій відстані від лінзи міститься предмет? Яким буде зображення?

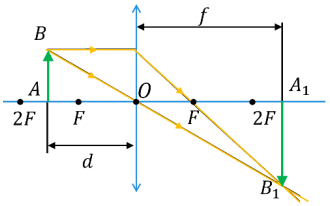
Дано:

$F = 20$ см $= 0,2$ м

$f = 1$ м

d – ?

Розв'язання



Оскільки зображення одержано на екрані, то лінза збиральна. Виходячи з умови задачі ($f > 2F$) й аналізуючи можливі види зображень від збиральної лінзи, з'ясовуємо: предмет знаходиться між фокусною та подвійною фокусною відстанню.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \qquad \frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{d} = \frac{f-F}{Ff} \qquad d = \frac{Ff}{f-F}$$

$$d = \frac{0,2 \cdot 1}{1-0,2} = 0,25 \text{ (м)}$$

Відповідь: $d = 0,25$ м, зображення дійсне, збільшене й перевернуте.

8. Відстань від предмета до збиральної лінзи 15 см. Фокусна відстань лінзи 20 см. Визначте відстань від зображення до лінзи.

Дано:

$d = 15$ см $= 0,15$ м

$F = 20$ см $= 0,2$ м

f – ?

Розв'язання

Виходячи з умови задачі ($d < F$) й аналізуючи можливі види зображень від збиральної лінзи, з'ясовуємо: предмет знаходиться між оптичним центром та фокусом.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \qquad \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{d-F}{Fd} \qquad f = \frac{dF}{d-F}$$

$$f = \frac{0,15 \cdot 0,2}{0,15-0,2} = -\ 0,6 \text{ (м)}$$

Відповідь: $f = -\ 0,6$ м, зображення уявне.

9. Предмет розташовано на відстані 1 м від лінзи. Уявне зображення предмета розташоване на відстані 25 см від лінзи. Визначте оптичну силу лінзи. Якою є ця лінза – збиральною чи розсіювальною?

Дано:

$d = 1$ м

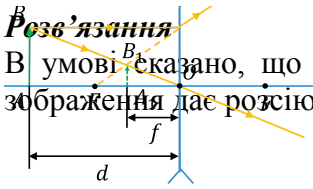
$f = -\ 25$ см

$= -\ 0,25$ м

D – ?

Розв'язання

В умові сказано, що лінза дає уявне зображення та $f < d$ таке зображення дає розсіювальна лінза.



$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$D = \frac{f+d}{df} \qquad D = \frac{-0,25+1}{1 \cdot (-0,25)} = -\ 3 \text{ (дптр)}$$

Відповідь: $D = -\ 3$ дптр, лінза розсіювальна.

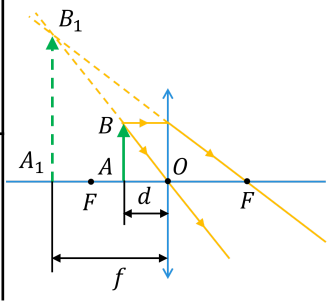
10. Відстань від уявного зображення предмета до збиральної лінзи 0,4 м, оптична сила лінзи 2 дптр. Визначте відстань від лінзи до предмета.

Дано:
$D = 2$ дптр

$f = -0,4$ м

d – ?

Розв'язання



$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \qquad \frac{1}{d} = D - \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{d} = \frac{fD-1}{f}; \qquad d = \frac{f}{fD-1}$$

$$d = \frac{-0,4}{-0,4\cdot 2-1} \approx 0,22 \text{ (м)}$$

Відповідь: $d \approx 0,22$ м.

11. Свічка стоїть на відстані 12,5 см від збиральної лінзи, оптична сила якої становить 10 дптр. На якій відстані від лінзи буде отримано зображення і яким воно буде?

Дано:
$D = 10$ дптр

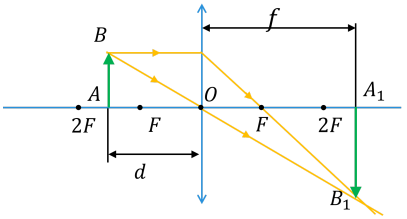
$d = 12,5$ см $= 0,125$ м

f – ?

Розв'язання

$$F = \frac{1}{D}; \quad F = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ (м)}$$

Виходячи з умови задачі ($d > F$) й аналізуючи можливі види зображень від збиральної лінзи, з'ясовуємо: предмет знаходиться між фокусною та подвійною фокусною відстанню і його зображення є дійсним, збільшеним, перевернутим.



$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \qquad \frac{1}{f} = D - \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{dD-1}{d}; \qquad f = \frac{d}{dD-1}$$

$$f = \frac{0,125}{0,125\cdot 10-1} = 0,5 \text{ (м)}$$

Відповідь: $f = 0,5$ м, зображення дійсне, збільшене й перевернуте.

12. Оптична сила лінзи 2,5 дптр. На якій відстані від неї потрібно розмістити лампу та екран, щоб отримане на екрані зображення було такого самого розміру, як і лампа?

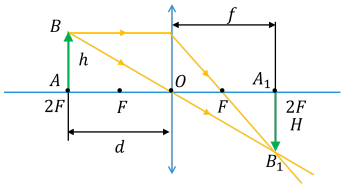
Дано:
$D = 2,5$ дптр

$H = h$

f – ?

d – ?

Розв'язання



Оскільки зображення одержано на екрані, то лінза збиральна. Виходячи з умови задачі ($H = h$) й аналізуючи можливі види зображень від збиральної лінзи, з'ясовуємо: предмет знаходиться в подвійному фокусі.

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} \quad => \quad f = d$$

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \quad D = \frac{1}{f} + \frac{1}{f}; \quad D = \frac{2}{f} \quad => \quad f = \frac{2}{D}$$

$$f = \frac{2}{2,5} = 0,8 \text{ (м)}$$

Відповідь: $f = d = 0,8$ м.