**Формула тонкої лінзи**

**1. Формула тонкої лінзи**

Прямокутні трикутники $FOC$ і $FA\_{1}B\_{1}$подібні, тому:

$$\frac{OC}{A\_{1}B\_{1}}=\frac{FO}{FA\_{1}}$$

Оскільки $OC=h$, $A\_{1}B\_{1}=H$, $FO=F$, $FA\_{1}=f-F$,отримуємо:

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

Прямокутні трикутники $BAO$ і $B\_{1}A\_{1}O$ подібні, тому:

$$\frac{AB}{A\_{1}B\_{1}}=\frac{AO}{A\_{1}O} або \frac{h}{H}=\frac{d}{f} \left(2\right)$$

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

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

**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** $Γ$ **лінзи – це відношення лінійного розміру** $H$ **зображення предмета до розміру**$h$ **самого предмета.**

$$Γ=\frac{H}{h}=\frac{f}{d}$$

 **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:***$$d=40 см=0,4 м$$$$f=60 см=0,6 м$$ | ***Розв’язання***$$\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f} \frac{1}{F}=\frac{f+d}{df} F=\frac{df}{d+f}$$$$\left[F\right]=\frac{м∙м}{м}=м F=\frac{0,4∙0,6}{0,4+0,6}=0,24 \left(м\right)$$***Відповідь:*** $ F=24 см.$ |
| $$F - ?$$ |

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

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$d=50 см=0,5 м$$$$f=-20 см$$$$=-0,2 м$$ | ***Розв’язання***$$D=\frac{1}{d}+\frac{1}{f} D=\frac{f+d}{df}$$$$\left[D\right]=\frac{м}{м∙м}=\frac{1}{м}=дптр$$$$D=\frac{-0,2+0,5}{0,5∙\left(-0,2\right)}=-3 \left(дптр\right)$$***Відповідь:*** $D=-3 дптр$. |
| $$D - ?$$ |

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:***$$d\_{1}=14 см=0,14 м$$$$∆d=6 см=0,06 м$$$$f\_{2}=d\_{2}$$ | ***Розв’язання***$$d\_{2}=d\_{1}-∆d=f\_{2}$$$$D=\frac{1}{d\_{2}}+\frac{1}{f\_{2}}=\frac{2}{d\_{2}}=\frac{2}{d\_{1}-∆d}$$$$\left[D\right]=\frac{1}{м-м}=\frac{1}{м}=дптр$$$$D=\frac{2}{0,14-0,06}=25 \left(дптр\right)$$***Відповідь:*** $D=25 дптр$. |
| $$D - ?$$ |

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

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$d=3F$$ | ***Розв’язання***$$Γ=\frac{H}{h}=\frac{f}{d}$$$$\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f} \frac{1}{f}=\frac{1}{F}-\frac{1}{d} $$$$\frac{1}{f}=\frac{d-F}{Fd} f=\frac{dF}{d-F}$$$$Γ=\frac{\frac{dF}{d-F}}{d}=\frac{F}{d-F}=\frac{F}{3F-F}=\frac{1}{2}$$***Відповідь:*** $Γ=\frac{1}{2}$. |
| $$Γ - ?$$ |

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

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$l=12 м$$$$Γ=4$$ | ***Розв’язання***$$l=d+f => d=l-f$$$$Γ=\frac{H}{h}=\frac{f}{d} => d=\frac{f}{Γ}$$$$l-f=\frac{f}{Γ} l=f\left(\frac{1}{Γ}+1\right) => f=\frac{lΓ}{Γ+1}$$$$\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f}$$$$F=\frac{df}{d+f}=\frac{\frac{f}{Γ}∙f}{l}=\frac{f^{2}}{Γl}=\frac{\left(\frac{lΓ}{Γ+1}\right)^{2}}{Γl}=\frac{lΓ}{\left(Γ+1\right)^{2}}$$$$\left[F\right]=м F=\frac{12∙4}{\left(4+1\right)^{2}}=1,92 \left(м\right)$$***Відповідь:*** $F=1,92 м$. |
| $$F - ?$$ |

**Дати відповіді на питання:**

*1. Які фізичні величини пов’язує формула тонкої лінзи?*

*2. Яких правил слід дотримуватися, застосовуючи цю формулу?*

*3. Як визначити лінійне збільшення лінзи?*

**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:***$$d=20 см=0,2 м$$$$F=10 см=0,1 м$$ | ***Розв’язання***$$\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f} \frac{1}{f}=\frac{1}{F}-\frac{1}{d} $$$$\frac{1}{f}=\frac{d-F}{Fd} f=\frac{dF}{d-F}$$$$ \left[f\right]=\frac{м∙м}{м}=м f=\frac{0,2∙0,1}{0,2-0,1}=0,2 \left(м\right)$$***Відповідь:*** $f=20 см$. |
| $$f - ?$$ |

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:***$$l=40 см=0,4 м$$ | ***Розв’язання***За умовою: $d=f=\frac{l}{2}$$$D=\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{\frac{l}{2}}+\frac{1}{\frac{l}{2}}=\frac{4}{l}$$$$\left[D\right]=\frac{1}{м}=дптр$$$$D=\frac{4}{0,4}=10 \left(дптр\right)$$***Відповідь:*** $D=10 дптр$. |
| $$D - ?$$ |

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:***$$d=2 м$$$$D=1,5 дптр$$ | ***Розв’язання***$$D=\frac{1}{d}+\frac{1}{f} \frac{1}{f}=D-\frac{1}{d} $$$$\frac{1}{f}=\frac{dD-1}{d} f=\frac{d}{dD-1}$$$$ \left[f\right]=\frac{м}{м∙дптр}=\frac{м}{м∙м^{-1}}=м; $$$$f=\frac{2}{2∙1,5-1}=1 \left(м\right)$$***Відповідь:*** $f=1 м$. |
| $$f - ?$$ |

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:***$$d=20 см=0,2 м$$$$D\_{1}=2,5 дптр$$$$D\_{2}=-5 дптр$$ | ***Розв’язання***$$D=\frac{1}{d}+\frac{1}{f} \frac{1}{f}=D-\frac{1}{d} $$$$\frac{1}{f}=\frac{dD-1}{d} f=\frac{d}{dD-1}$$$$ \left[f\right]=\frac{м}{м∙дптр}=\frac{м}{м∙м^{-1}}=м; $$$$f\_{1}=\frac{0,2}{0,2∙2,5-1}=-0,4 \left(м\right)$$$$f\_{2}=\frac{0,2}{0,2∙\left(-5\right)-1}=-0,1 \left(м\right)$$***Відповідь:*** $f\_{1}=-0,4 м$*,* уявне; $f\_{2}=-0,1 м$*,* уявне. |
| $$f\_{1} - ?$$$$f\_{2} - ?$$ |

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:***$$d=40 см=0,4 м$$$$D=5 дптр$$$$a=50 см=0,5 м$$ | ***Розв’язання***$$D=\frac{1}{d}+\frac{1}{f} \frac{1}{f}=D-\frac{1}{d} $$$$\frac{1}{f}=\frac{dD-1}{d} f=\frac{d}{dD-1}$$$$l=d+a+\left(a-f\right)=d+2a-f= d+2a-\frac{d}{dD-1}$$$$l=м+м-\frac{м}{м∙дптр}=м$$$$l= 0,4+2∙0,5-\frac{0,4}{0,4∙5-1}=1 \left(м\right)$$***Відповідь:*** $l=1 м$. |
| $$l - ?$$ |

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:***$$d=24 см=0,24 м$$$$f=12 см=0,12 м$$ | ***Розв’язання***$$\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f} \frac{1}{F}=\frac{f+d}{df} F=\frac{df}{f+d}$$$$\left[F\right]=\frac{м∙м}{м}=м F=\frac{0,24∙0,12}{0,12+0,24}=0,08 \left(м\right)$$$$D=\frac{1}{F} \left[D\right]=\frac{1}{м}=дптр D=\frac{1}{0,08 }=12,5 \left(дптр\right)$$***Відповідь:*** $ F=0,08 м, D=12,5 дптр.$ |
| $$F - ?$$$$D - ?$$ |

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:***$$F=20 см=0,2 м$$$$f=1 м$$ | ***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.$$\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f} \frac{1}{d}=\frac{1}{F}-\frac{1}{f} $$$$ \frac{1}{d}=\frac{f-F}{Ff} d=\frac{Ff}{f-F}$$$$\left[d\right]=\frac{м∙м}{м}=м d=\frac{0,2∙1}{1-0,2}=0,25 \left(м\right)$$***Відповідь:*** $d=0,25 м$, зображення дійсне, збільшене й перевернуте. |
| $$d - ?$$ |

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

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$d=15 см=0,15 м$$$$F=20 см=0,2 м$$ | ***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.$$\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f} \frac{1}{f}=\frac{1}{F}-\frac{1}{d} $$$$\frac{1}{f}=\frac{d-F}{Fd} f=\frac{dF}{d-F}$$$$ \left[f\right]=\frac{м∙м}{м}=м f=\frac{0,15∙0,2}{0,15-0,2}=-0,6 \left(м\right)$$***Відповідь:*** $f=-0,6 м$, зображення уявне. |
| $$f - ?$$ |

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:***$$d=1 м$$$$f=-25 см$$$$=-0,25 м$$ | ***Розв’язання***В умові сказано, що лінза дає уявне зображення та *f < d* таке зображення дає розсіювальна лінза.$$D=\frac{1}{d}+\frac{1}{f}$$$$D=\frac{f+d}{df} \left[D\right]=\frac{м}{м∙м}=\frac{1}{м}=дптр$$$$D=\frac{-0,25+1}{1∙\left(-0,25\right)}=-3 \left(дптр\right)$$***Відповідь:*** $D=-3 дптр$*,* лінза розсіювальна. |
| $$D - ?$$ |

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

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$D=2 дптр$$$$f=-0,4 м$$ | ***Розв’язання***$$D=\frac{1}{d}+\frac{1}{f} ; \frac{1}{d}=D-\frac{1}{f} $$$$\frac{1}{d}=\frac{fD-1}{f}; d=\frac{f}{fD-1}$$$$ \left[d\right]=\frac{м}{м∙дптр}=\frac{м}{м∙м^{-1}}=м $$$$d=\frac{-0,4}{-0,4∙2-1}≈0,22 \left(м\right)$$***Відповідь:*** $d≈0,22 м$. |
| $$d - ?$$ |

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:***$$D=10 дптр$$$$d=12,5 см=0,125 м$$ | ***Розв’язання***$$F=\frac{1}{D}; \left[F\right]=\frac{1}{дптр}=\frac{1}{м^{-1}}=м$$$$F=\frac{1}{10}=0,1 \left(м\right)$$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.$$D=\frac{1}{d}+\frac{1}{f} ; \frac{1}{f}=D-\frac{1}{d} $$$$\frac{1}{f}=\frac{dD-1}{d}; f=\frac{d}{dD-1}$$$$ \left[f\right]=\frac{м}{м∙дптр}=\frac{м}{м∙м^{-1}}=м; $$$$f=\frac{0,125}{0,125∙10-1}=0,5 \left(м\right)$$***Відповідь:*** $f=0,5 м$, зображення дійсне, збільшене й перевернуте. |
| $$f - ?$$ |

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:***$$D=2,5 дптр$$$$H=h$$ | ***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.$$Г=\frac{H}{h}=\frac{f}{d} => f=d$$$$D=\frac{1}{d}+\frac{1}{f}; D=\frac{1}{f}+\frac{1}{f}; D=\frac{2}{f} => f=\frac{2}{D}$$$$\left[f\right]=\frac{1}{ дптр}=\frac{1}{ м^{-1}}=м; f=\frac{2}{2,5}=0,8 \left(м\right)$$***Відповідь:*** $f=d=0,8 м$. |
| $$f - ?$$$$d - ?$$ |