

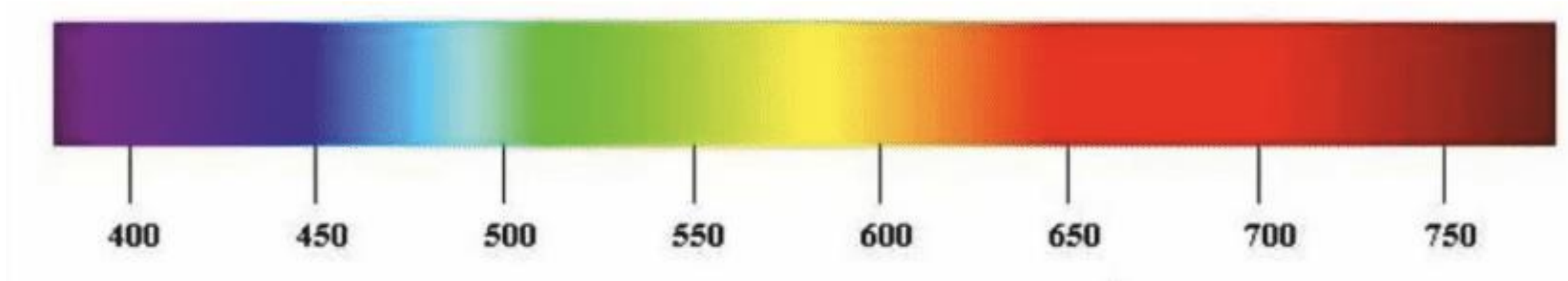


Общая физика: Оптика

ЛЕКТОР: КЛЕНОВ СЕРГЕЙ ЛЬВОВИЧ

Лекция 1. Геометрическая оптика

Видимый свет (400-760 Нм)



Длина волны в Нм

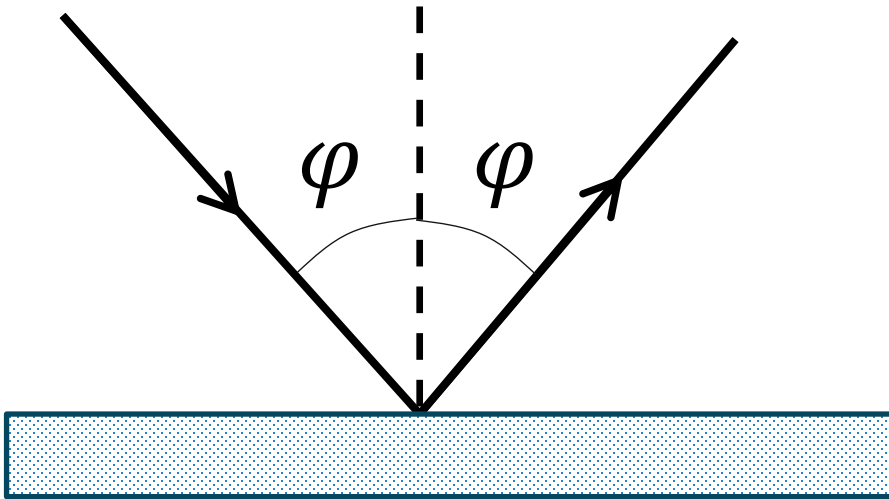
(1 Нм= 10^{-9} м= 10^{-6} мм)

Законы геометрической оптики

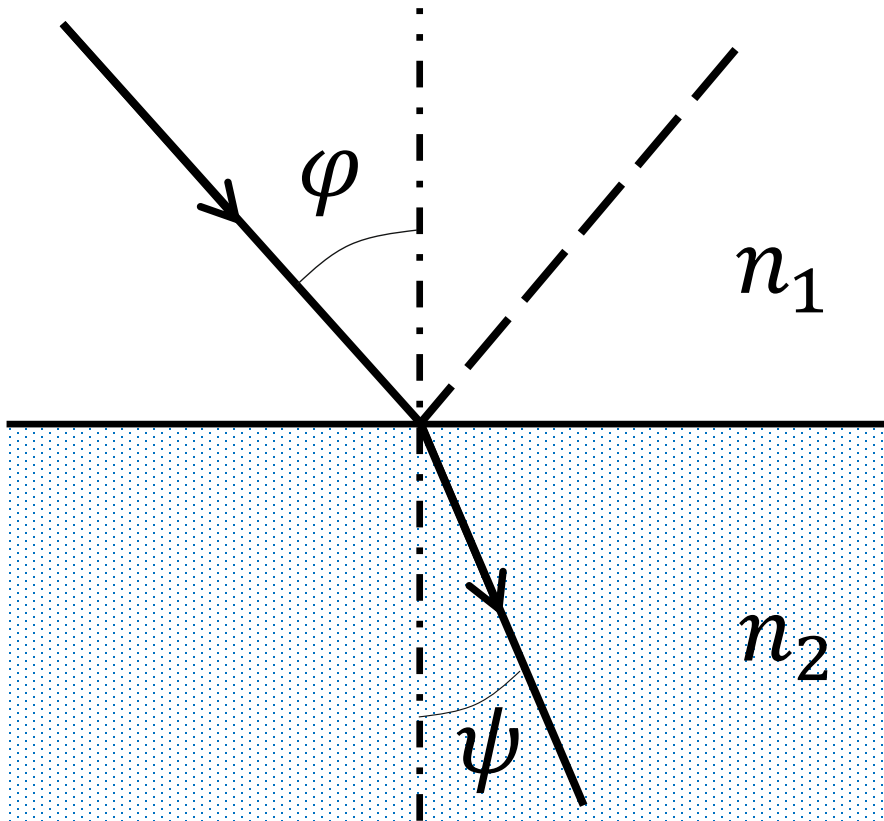
- 1) Прямолинейное распространение света
- 2) Отражение
- 3) Преломление
- 4) Независимость пучков света

Отражение света

Понятие луча света: линия распространения света перпендикулярно волновому фронту



Преломление света



Закон Снеллиуса:

$$n_1 \sin \varphi = n_2 \sin \psi$$

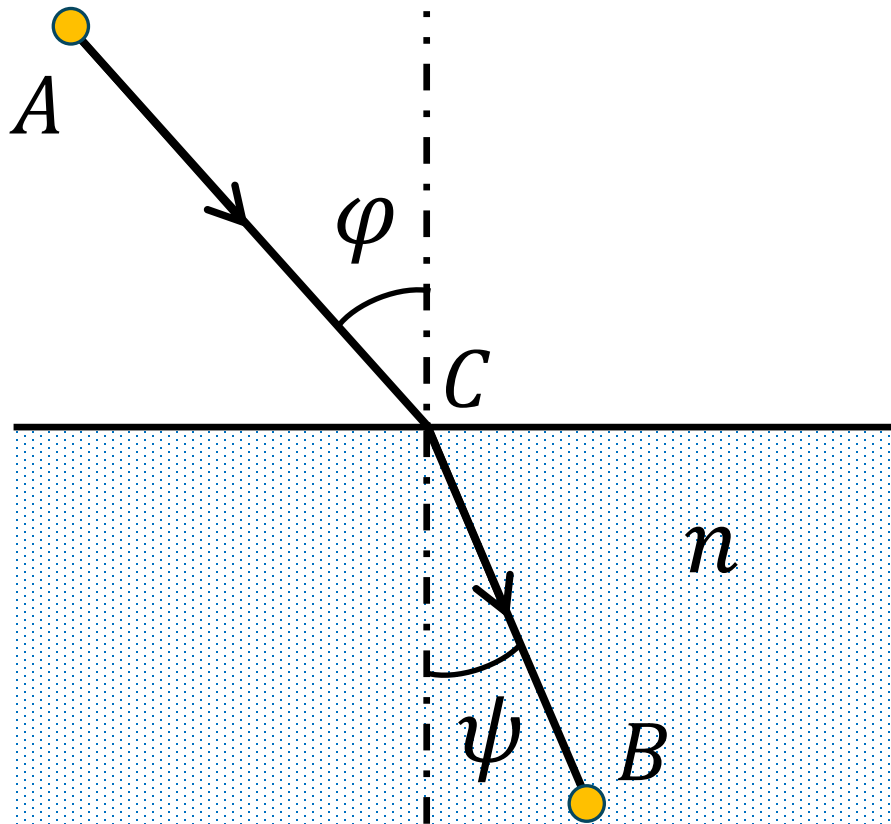
Случай $n_1 = 1$ и $n_2 = n$:

$$\sin \varphi = n \sin \psi$$

Показатель преломления:

$$n = \sqrt{\varepsilon}$$

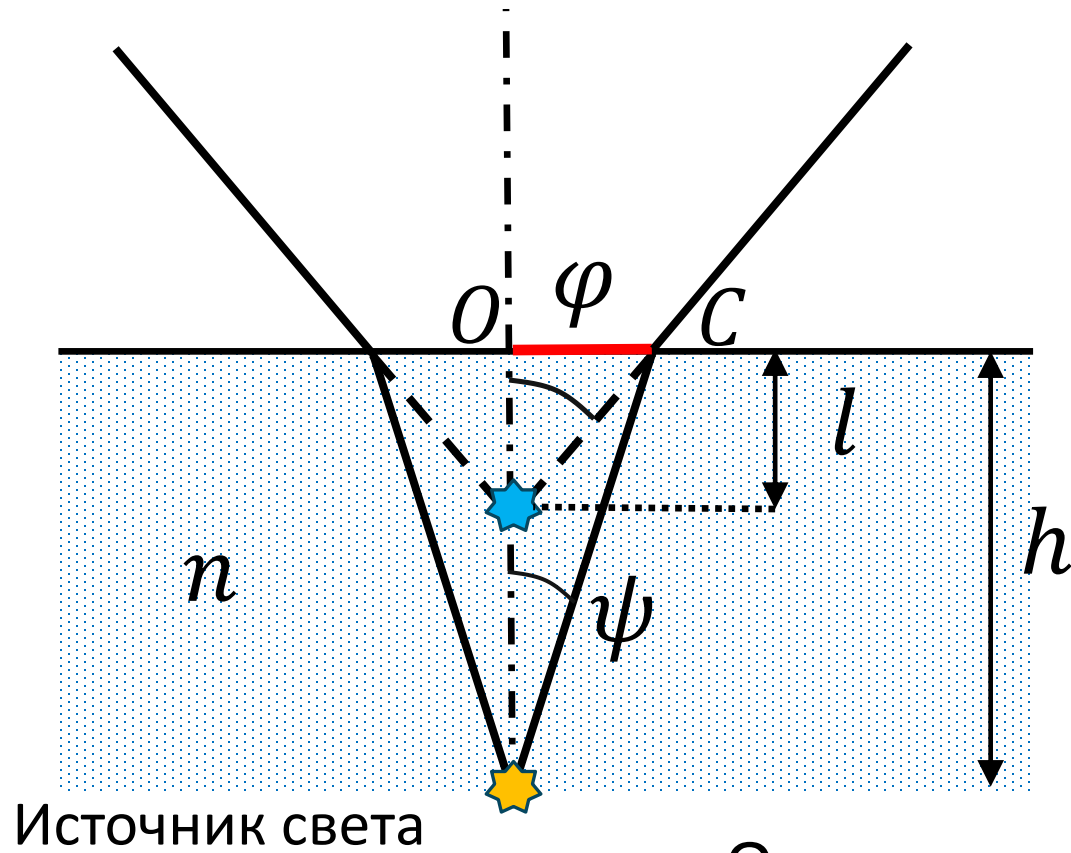
Принцип Ферма (принцип наименьшего времени)



Свет из точки A в точку B идет по пути, который занимает наименьшее время.

Скорость света в среде: $v = \frac{c}{n}$

Мнимый источник света



$$\sin \varphi = n \sin \psi$$

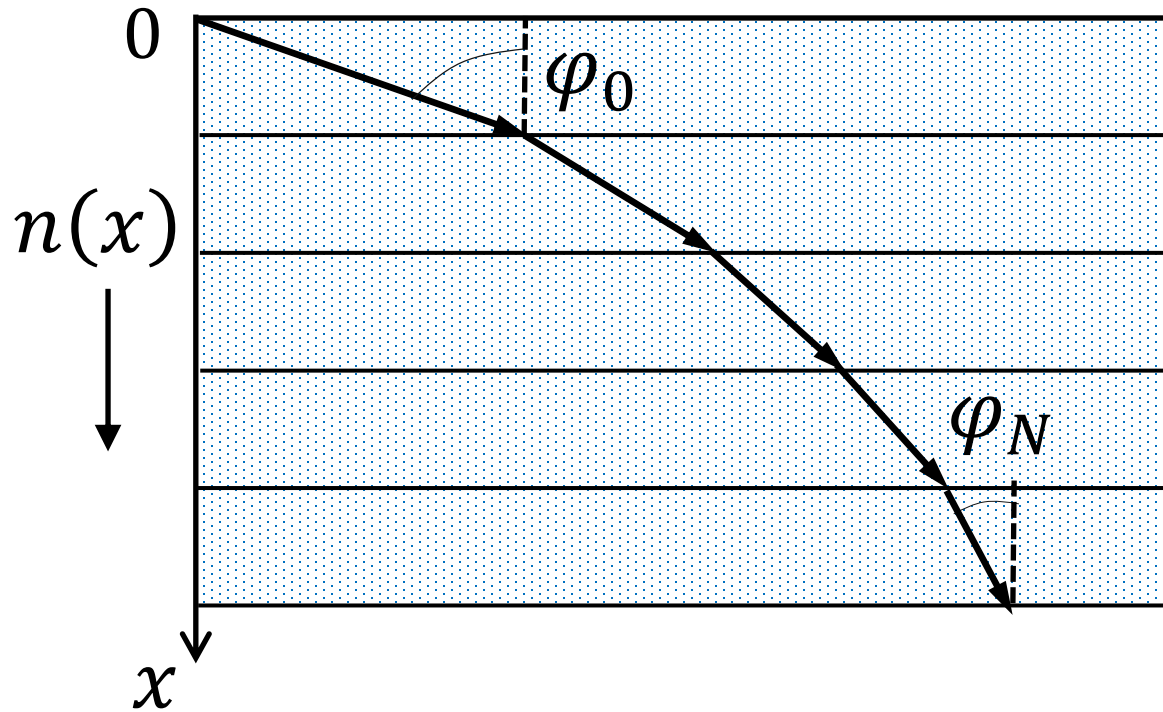
$$|OC|: l \operatorname{tg} \varphi = h \operatorname{tg} \psi$$

При малых углах φ и ψ :

$$l = \frac{h}{n}$$

Один мнимый источник для любого малого угла ψ !

Преломление света в неоднородной среде



Луч отклоняется в сторону больших значений показателя преломления

Для i -го слоя:

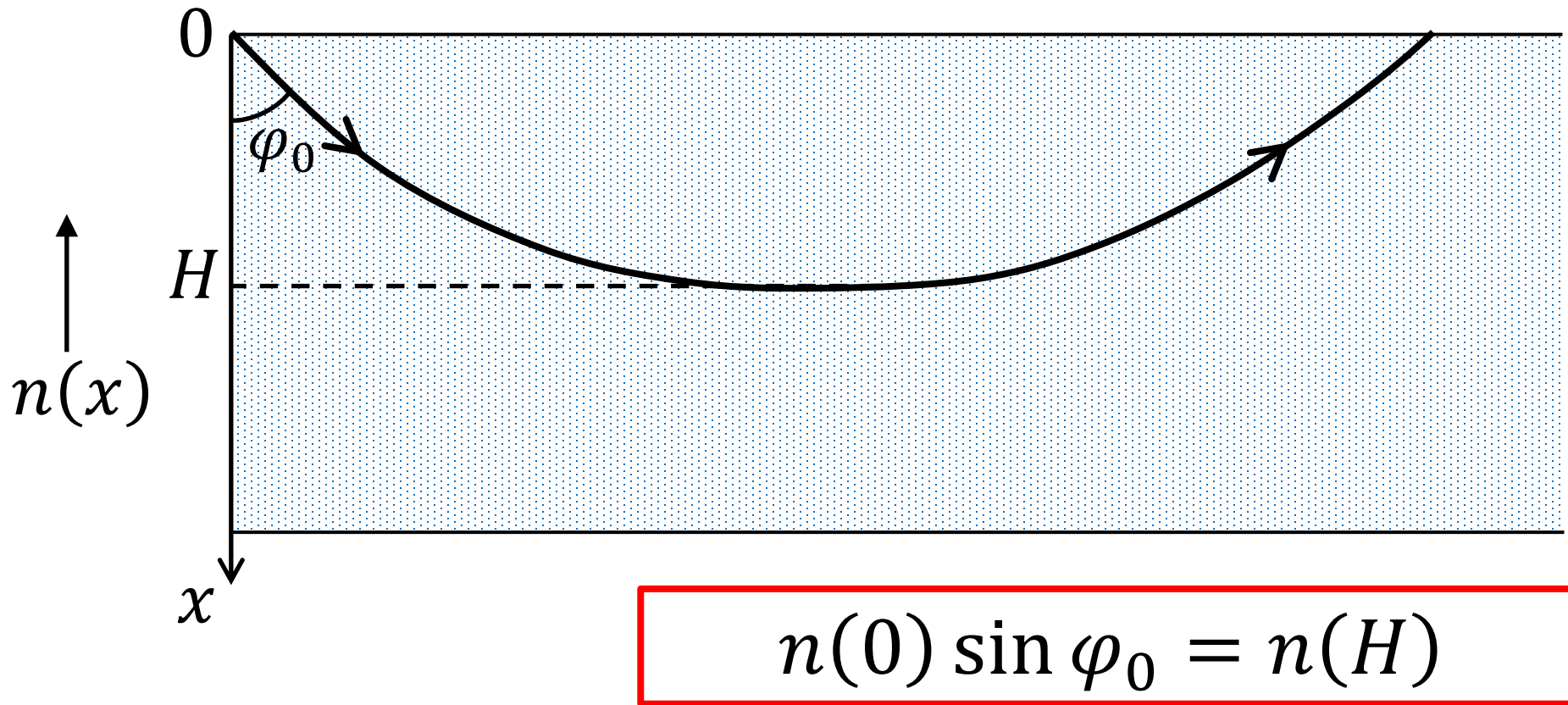
$$n_i \sin \varphi_i = n_{i+1} \sin \varphi_{i+1}$$

$$i = 0, 1, 2, \dots, N - 1$$

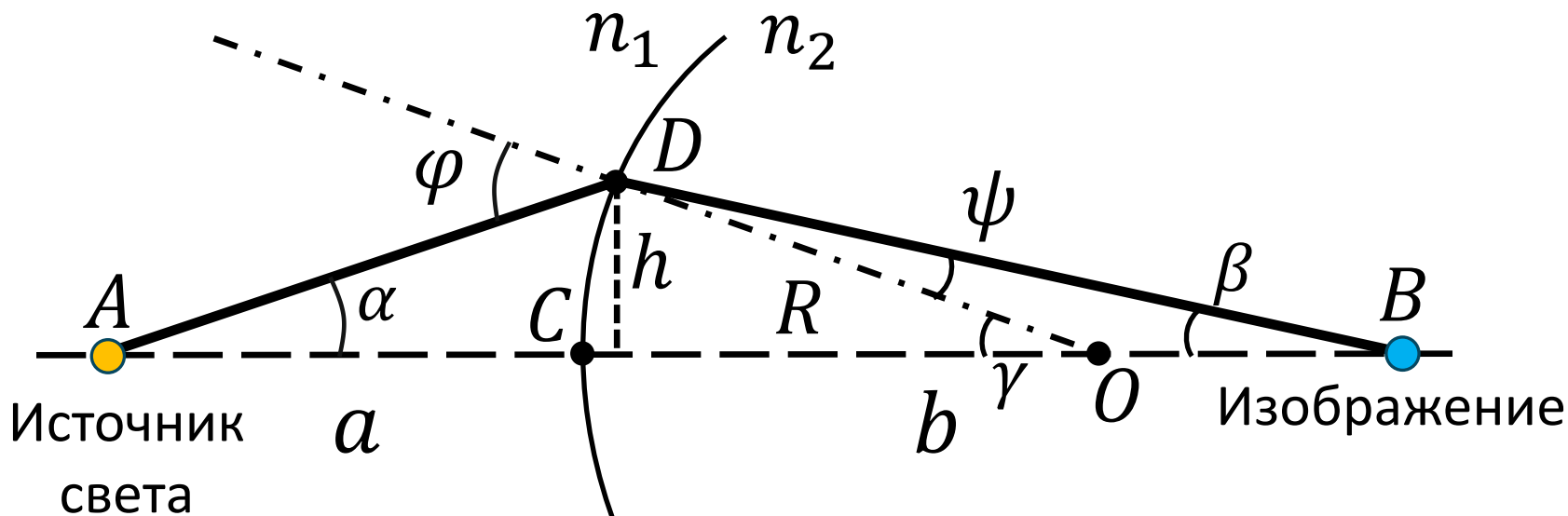
$$n_0 \sin \varphi_0 = n_N \sin \varphi_N$$

Радиус кривизны луча R : $\frac{1}{R} = \frac{1}{n} \frac{dn}{dx}$

Полное внутреннее отражение в неоднородной среде



Преломление света на сферической поверхности



R – радиус сферы,
 $a = |AC|$, $b = |CB|$, $R = |CO|$.

Из $\triangle AOD$: $\alpha + \gamma = \varphi$

Из $\triangle DOB$: $\psi + \beta = \gamma$

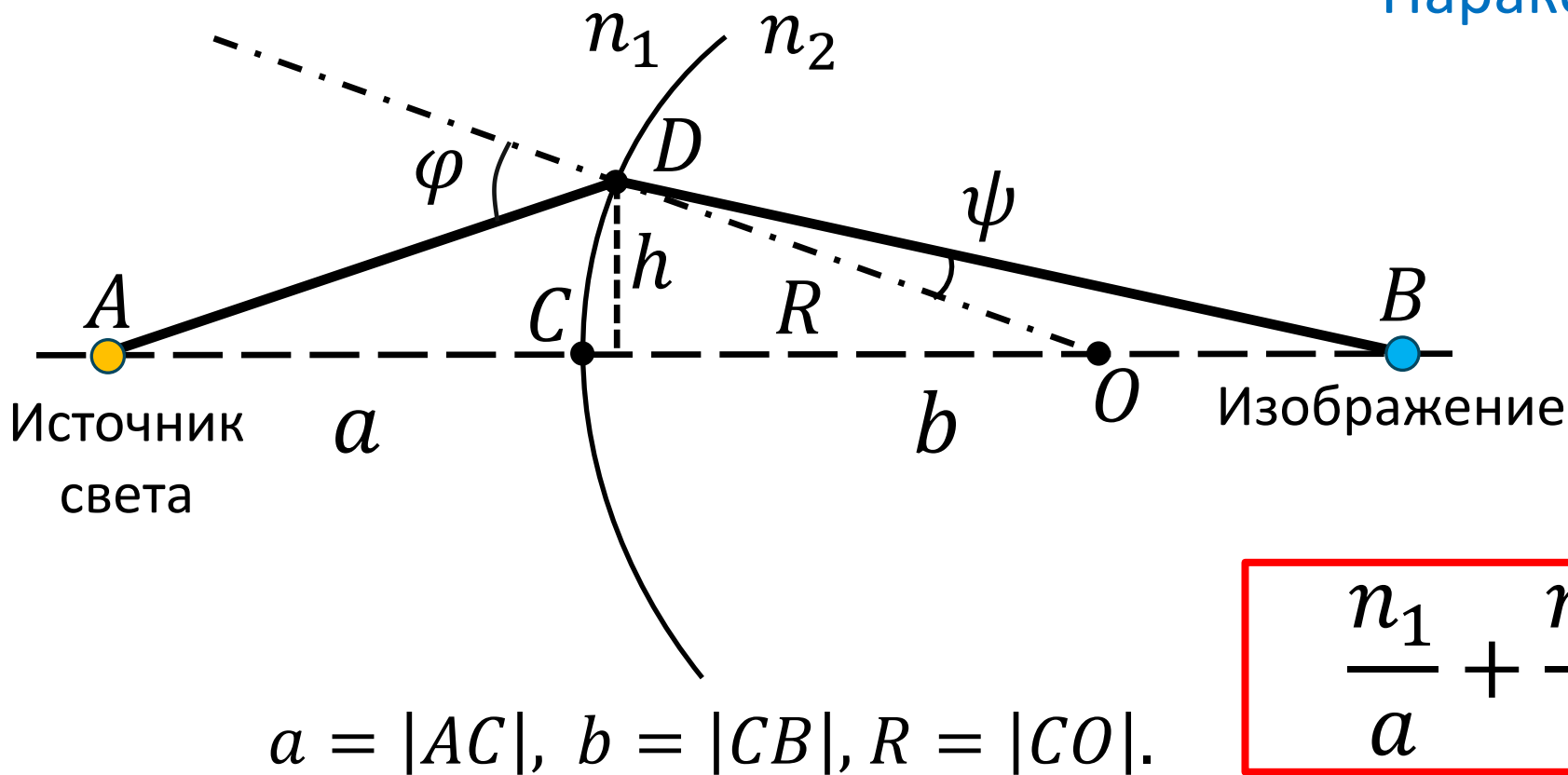
В параксиальном
приближении
(при малых углах
 α, β, γ):

$$\alpha = \frac{h}{a}, \beta = \frac{h}{b}, \gamma = \frac{h}{R}$$

Тогда: \Rightarrow

Преломление света на сферической поверхности. Расстояние до изображения

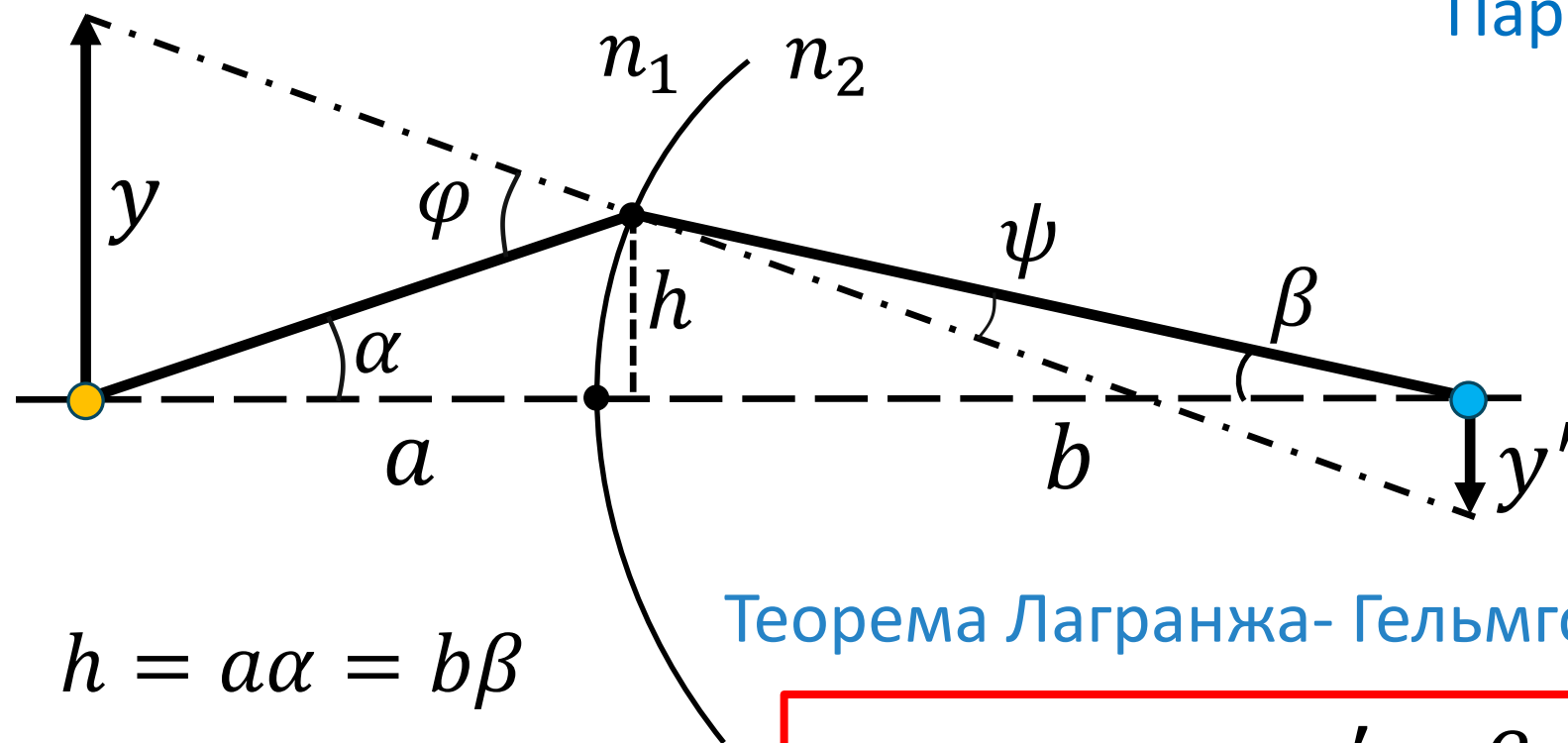
Параксиальное приближение:



$$\begin{cases} \varphi = \frac{h}{a} + \frac{h}{R} \\ \psi = \frac{h}{R} - \frac{h}{b} \\ n_1 \varphi = n_2 \psi \end{cases} \Rightarrow$$

$$\frac{n_1}{a} + \frac{n_2}{b} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

Преломление на сферической поверхности. Увеличение. Теорема Лагранжа- Гельмгольца



$$h = a\alpha = b\beta$$

Теорема Лагранжа- Гельмгольца:

$$yn_1\alpha = y'n_2\beta$$

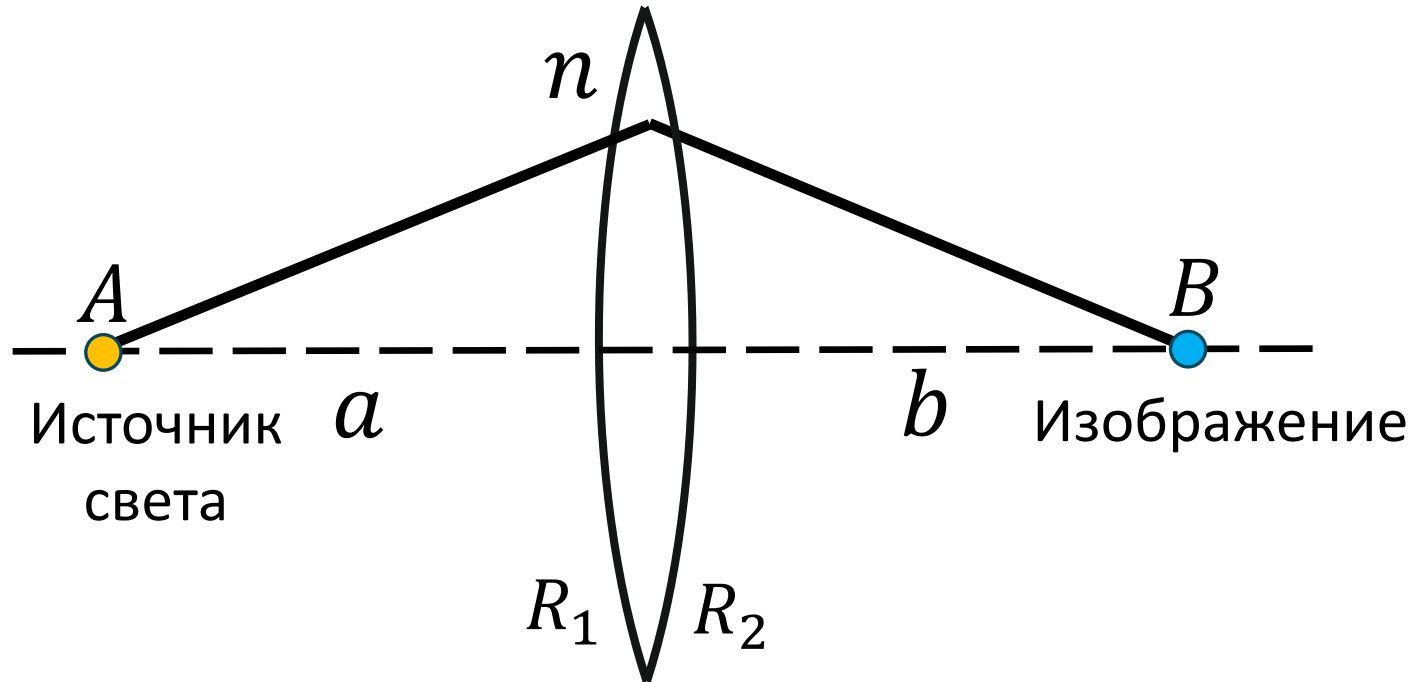
Параксиальное приближение:

$$\begin{cases} y = a\varphi \\ y' = b\psi \\ n_1\varphi = n_2\psi \end{cases} \Rightarrow$$

Увеличение:

$$\frac{y'}{y} = \frac{b n_1}{a n_2}$$

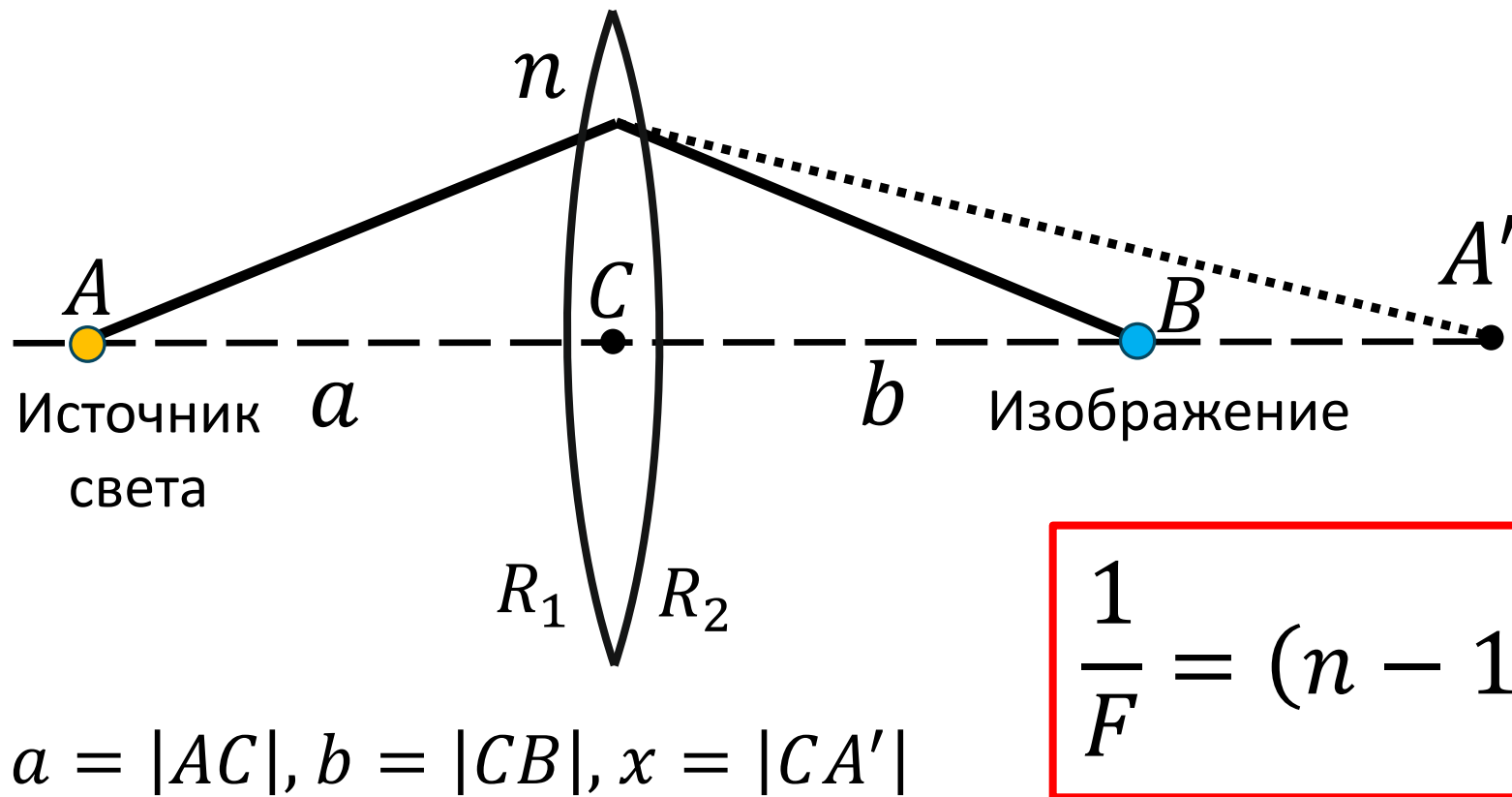
Тонкая линза



R_1, R_2 - радиусы кривизны

Толщина тонкой линзы существенно меньше расстояний от линзы до источника света (a) и до изображения (b).

Фокусное расстояние тонкой линзы

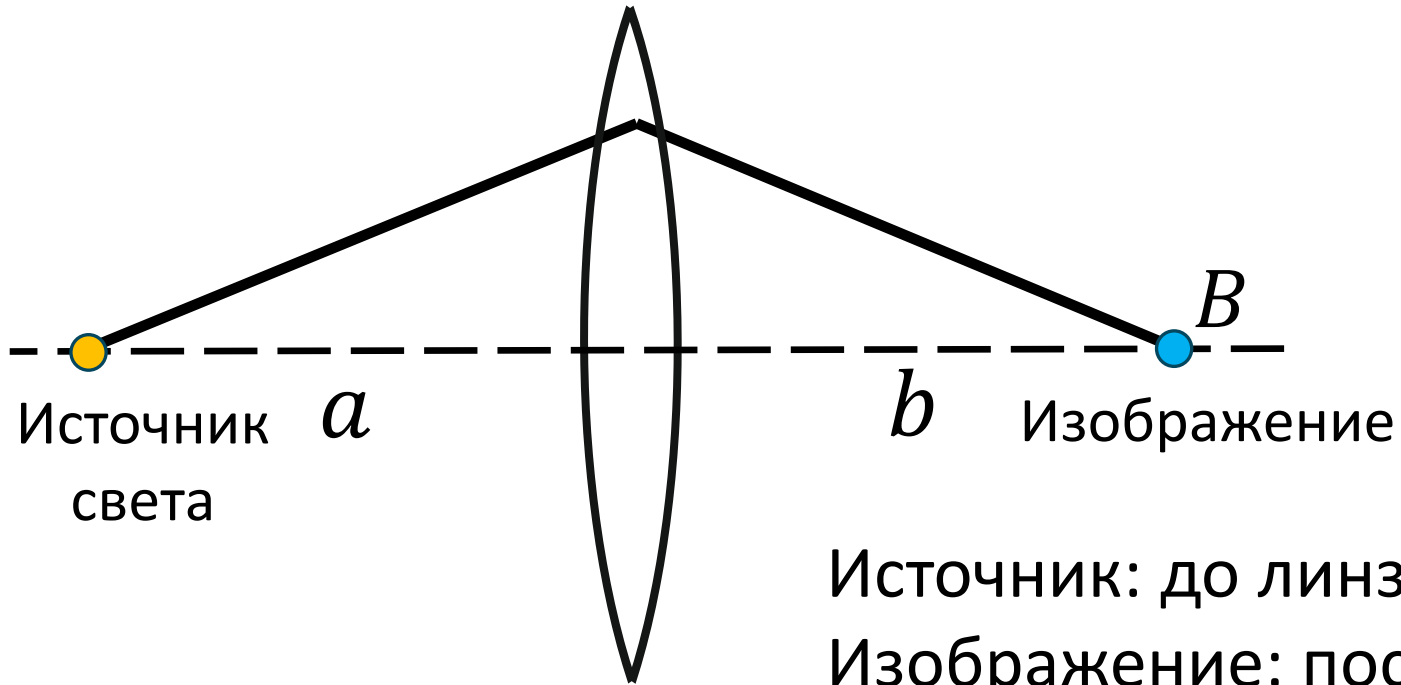


$$\begin{cases} \frac{1}{a} + \frac{n}{x} = \frac{n-1}{R_1} \\ -\frac{n}{x} + \frac{1}{b} = -\frac{1-n}{R_2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{F} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

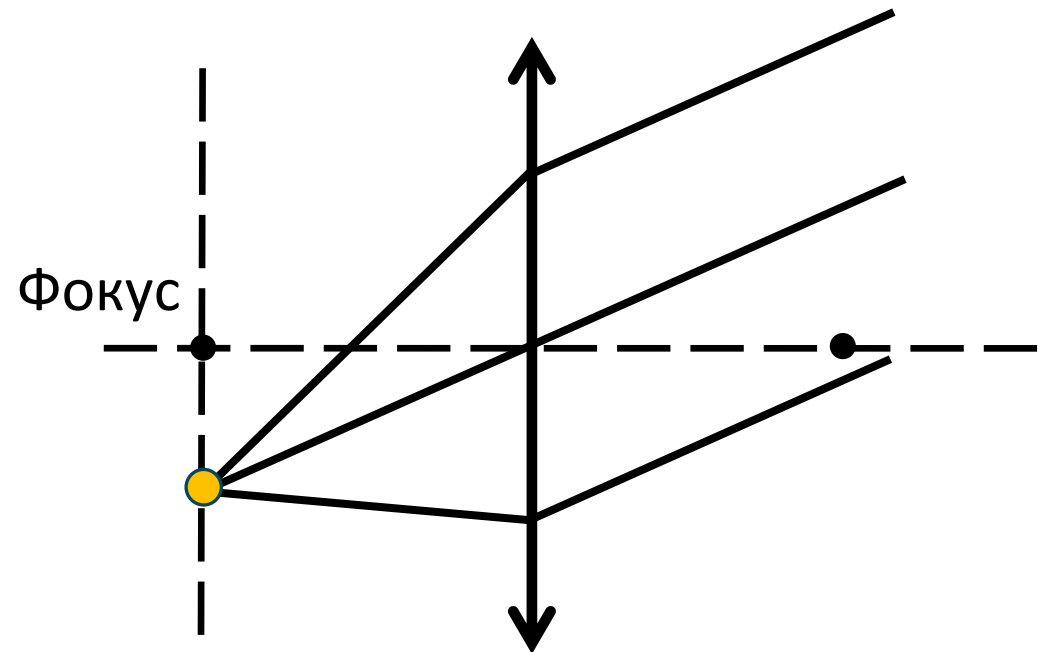
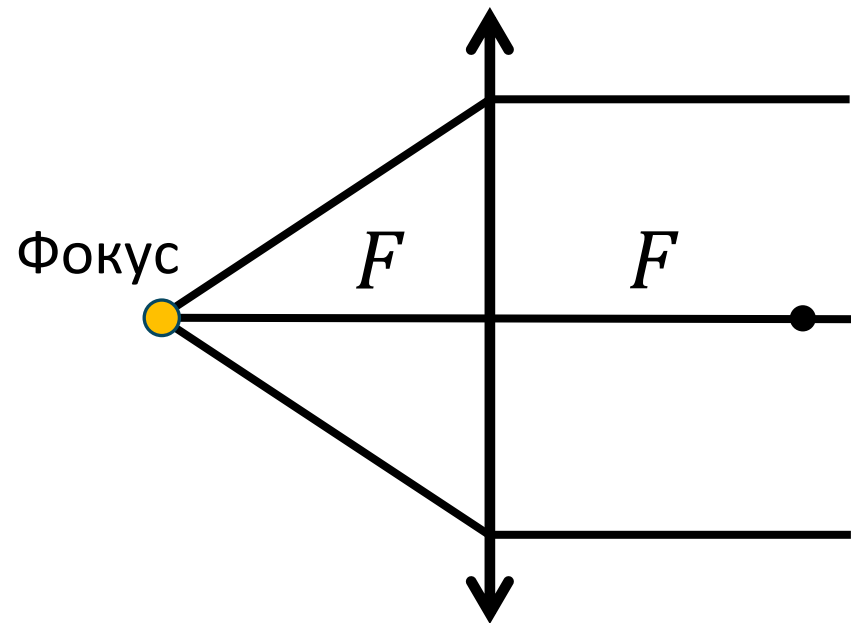
Формула тонкой линзы



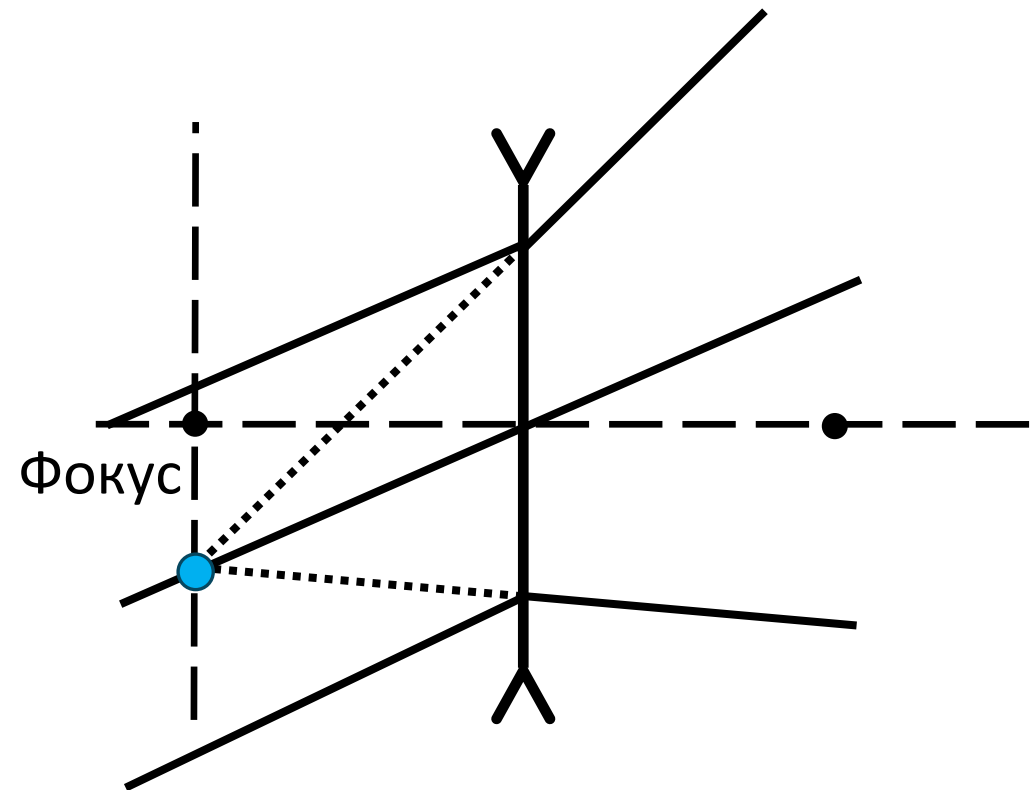
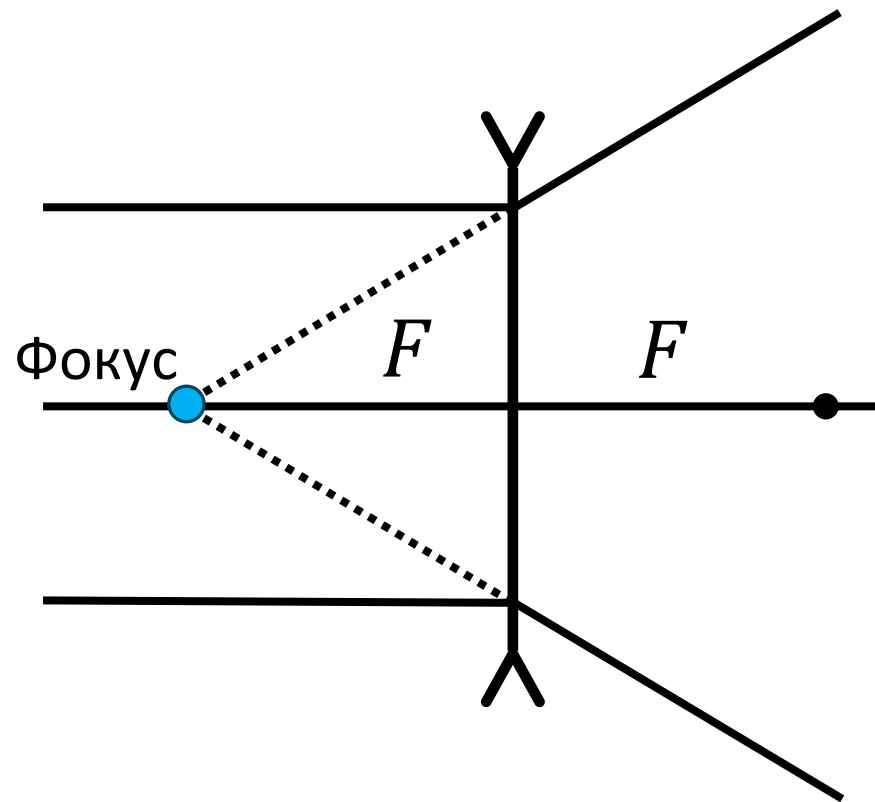
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

Источник: до линзы $a > 0$; после линзы $a < 0$.
Изображение: после линзы $b > 0$; до линзы $b < 0$.
Линза: собирающая $F > 0$; рассеивающая $F < 0$.

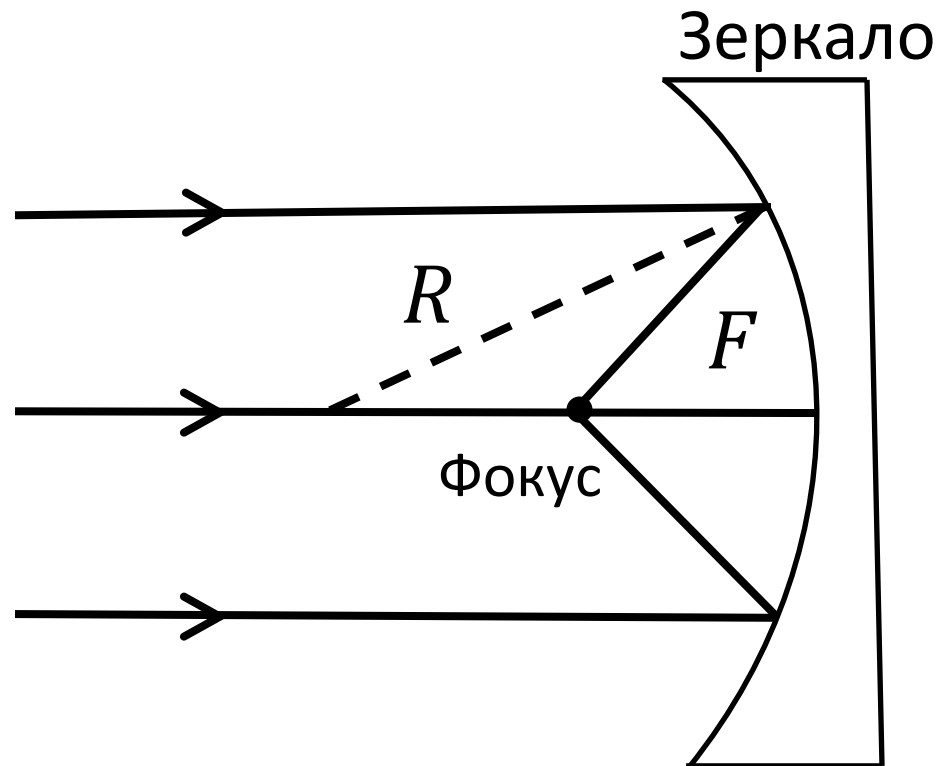
Фокус. Собирающая линза



Фокус. Рассеивающая линза



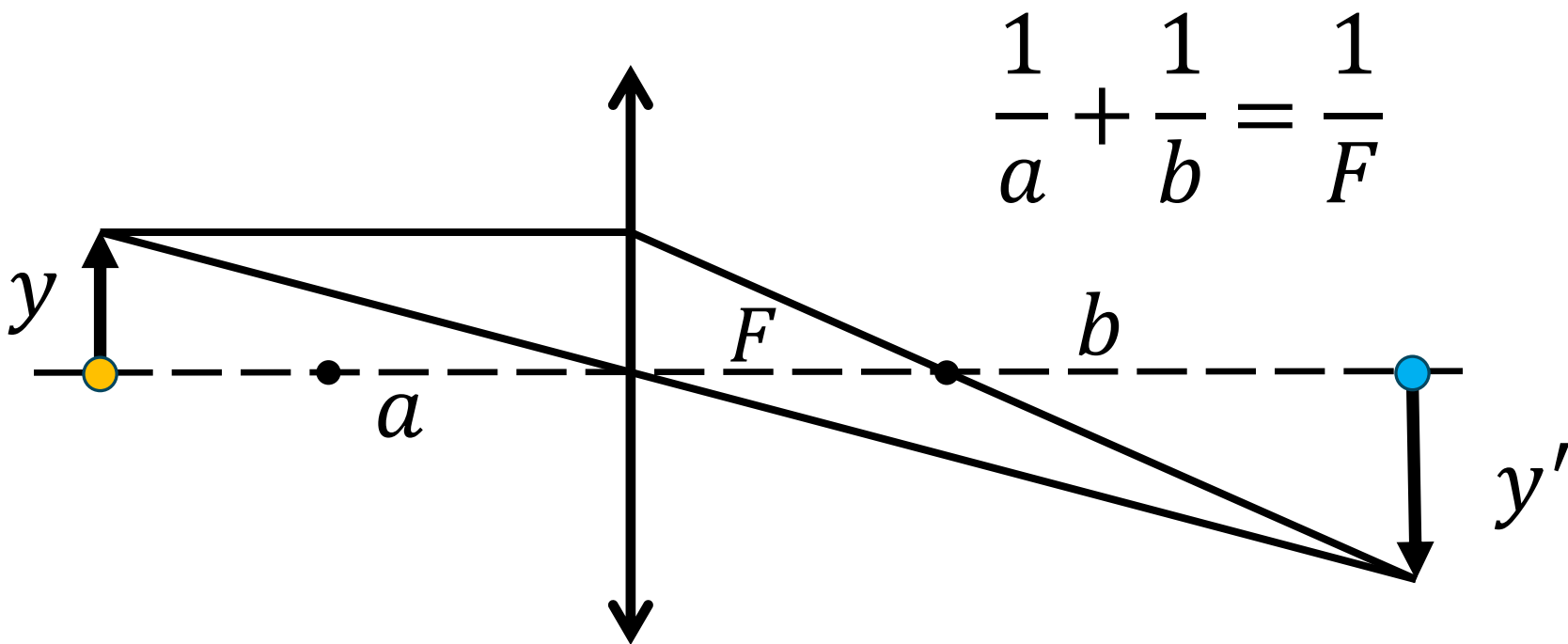
Фокус. Вогнутое зеркало



Фокусное
расстояние:

$$F = \frac{R}{2}$$

Увеличение тонкой линзы



Увеличение:

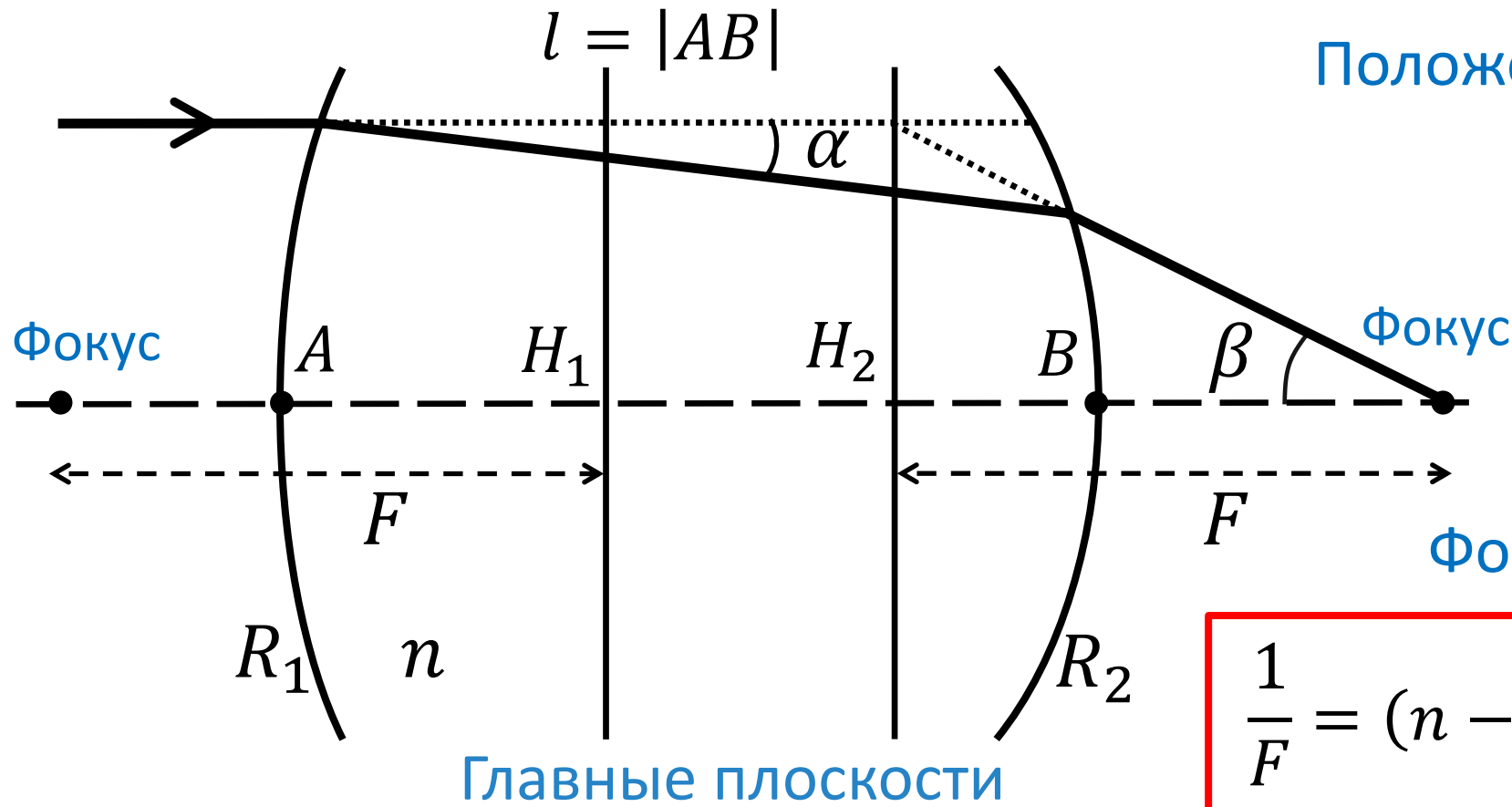
$$\frac{y'}{y} = \frac{b}{a}$$

$$\frac{y'}{y} = \frac{b - F}{F}$$

a – расстояние от линзы до предмета;

b – расстояние от линзы до изображения.

Сложные оптические системы: толстая линза (без вывода)



Положение главных плоскостей:

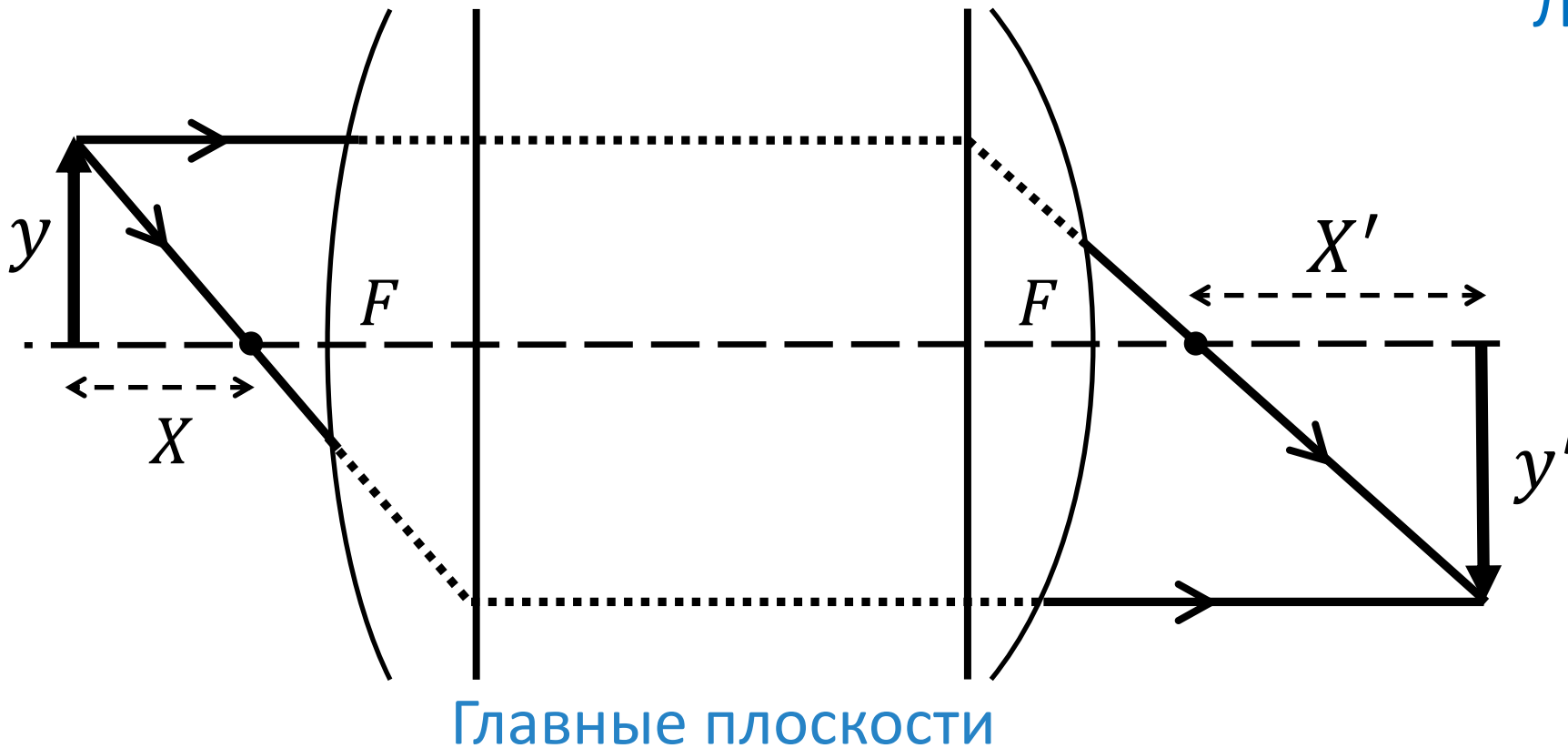
$$|H_2B| = \frac{(n-1)Fl}{nR_1}$$

$$|AH_1| = \frac{(n-1)Fl}{nR_2}$$

Фокусное расстояние:

$$\frac{1}{F} = (n-1) \left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} - \frac{(n-1)l}{nR_1R_2} \right]$$

Сложные оптические системы: построение изображения



Линейное увеличение:

$$\frac{y'}{y} = \frac{F}{X} = \frac{X'}{F}$$

Положение
изображения:

$$XX' = F^2$$