

# Предпрофессиональный экзамен: дистанционный семинар для учащихся академических классов

Тарабрин Михаил Константинович

к.т.н., м.н.с. НОЦ «Фотоника и ИК-техника» МГТУ им. Н. Э. Баумана

# Регламент

1 задача, содержащая 2-3 вопроса

80 минут на решение

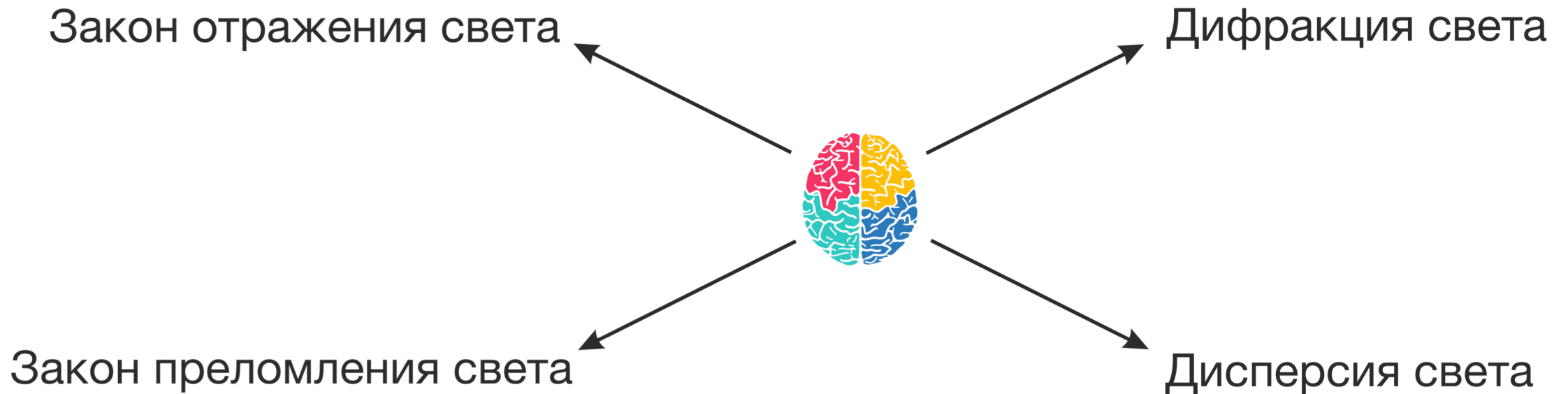
50 баллов

5 минут на защиту

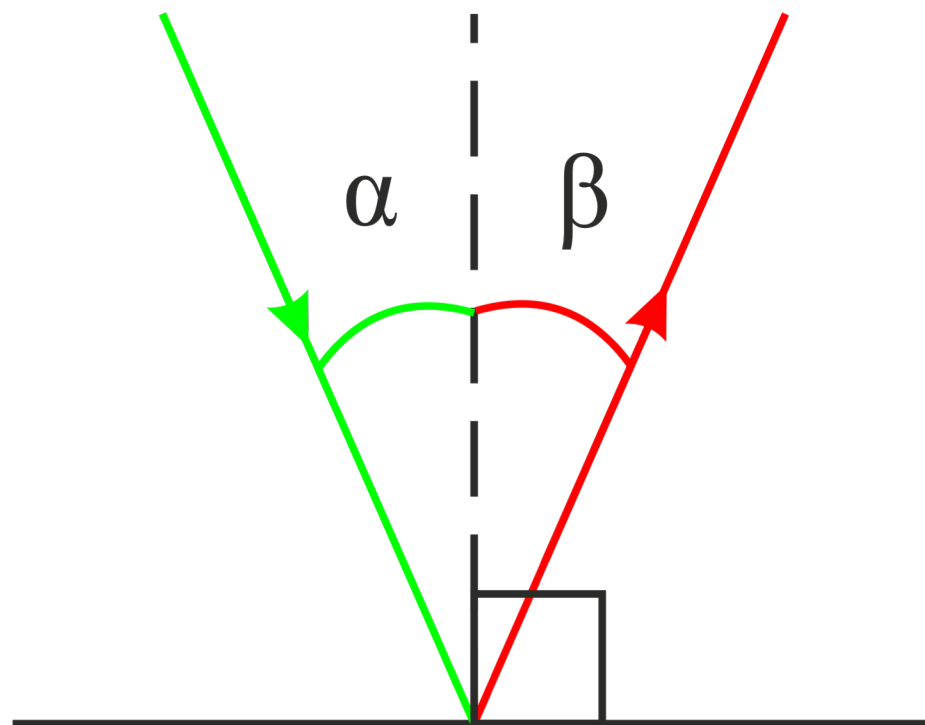
10 баллов

Без защиты работа не засчитывается

# Что нужно знать?

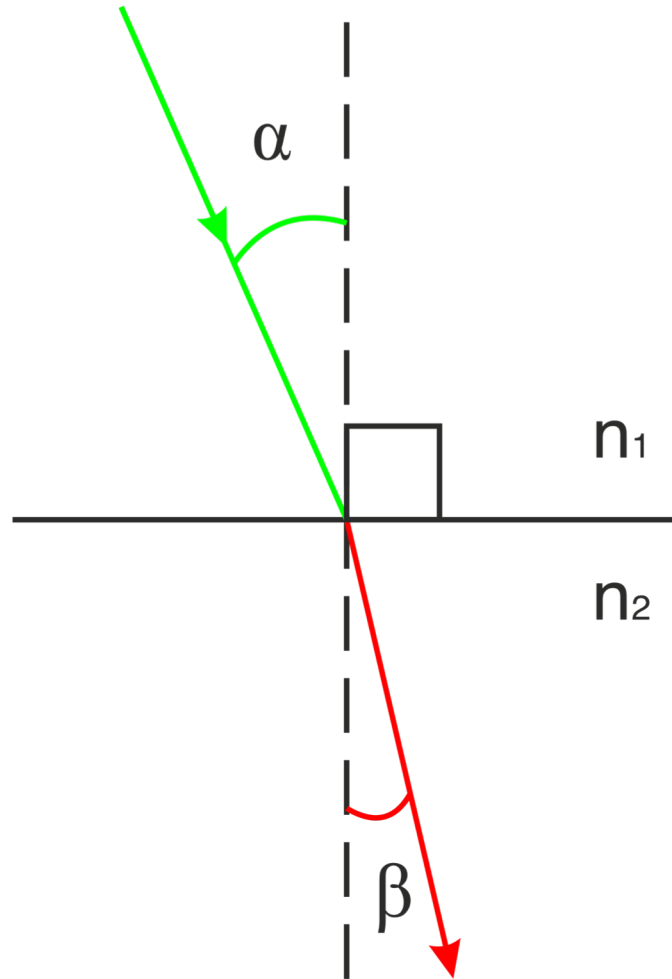


# Закон отражения света



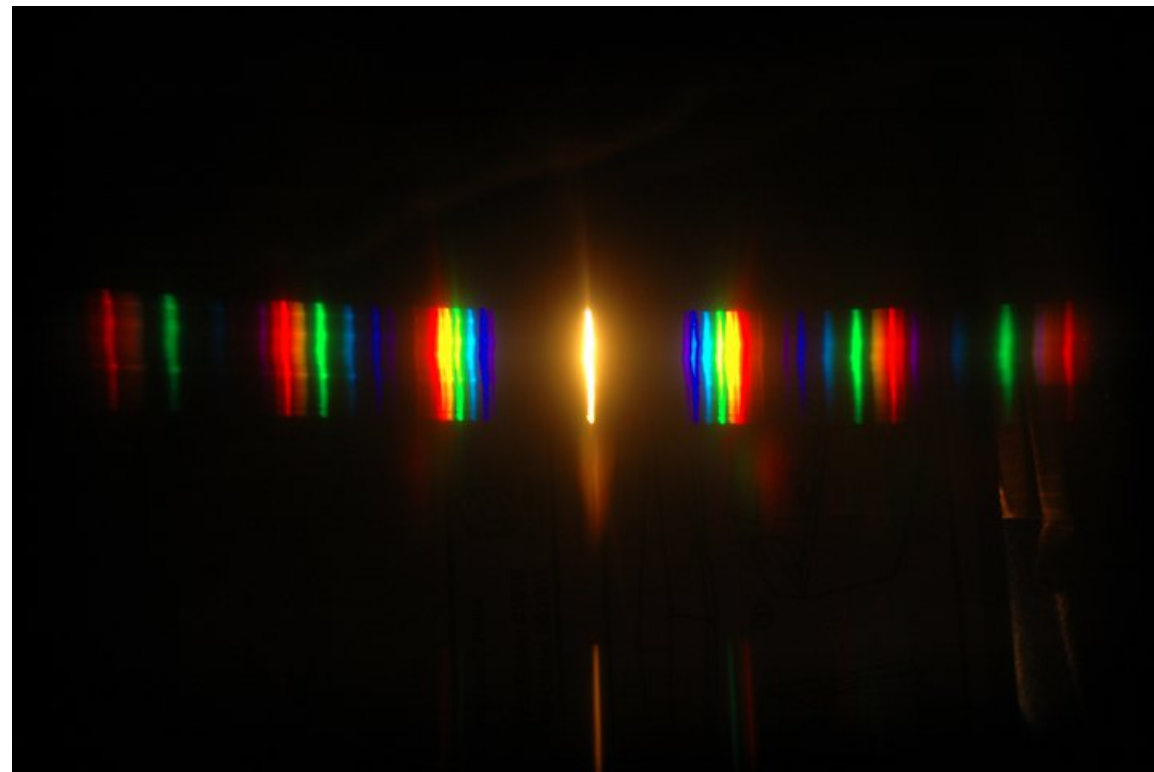
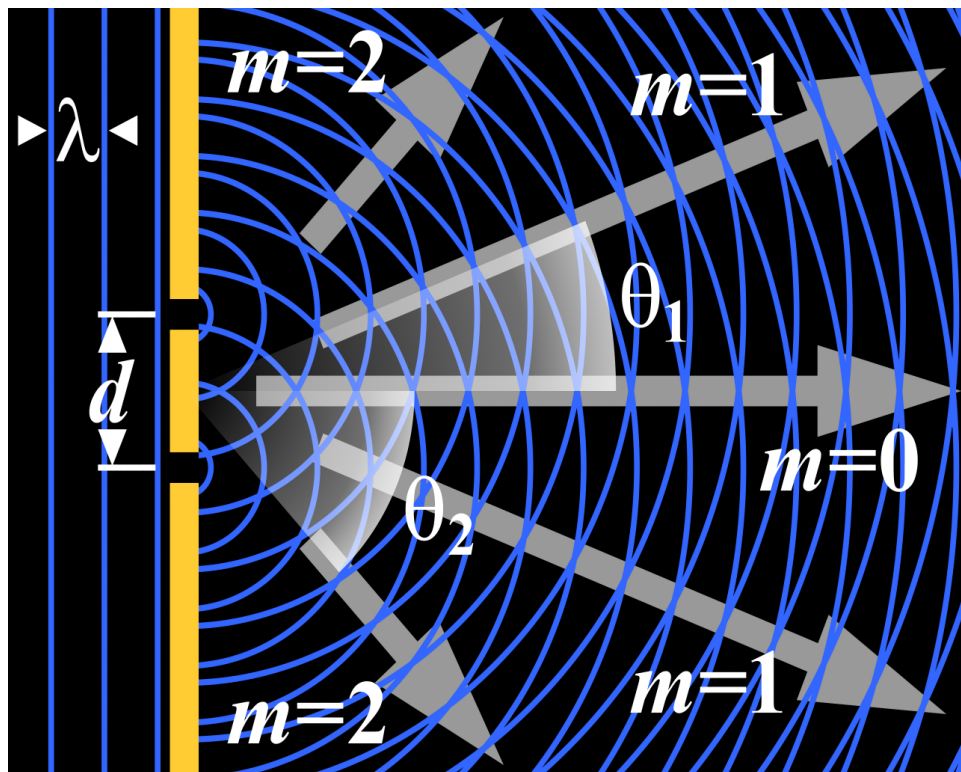
$$\alpha = \beta$$

# Закон преломления света

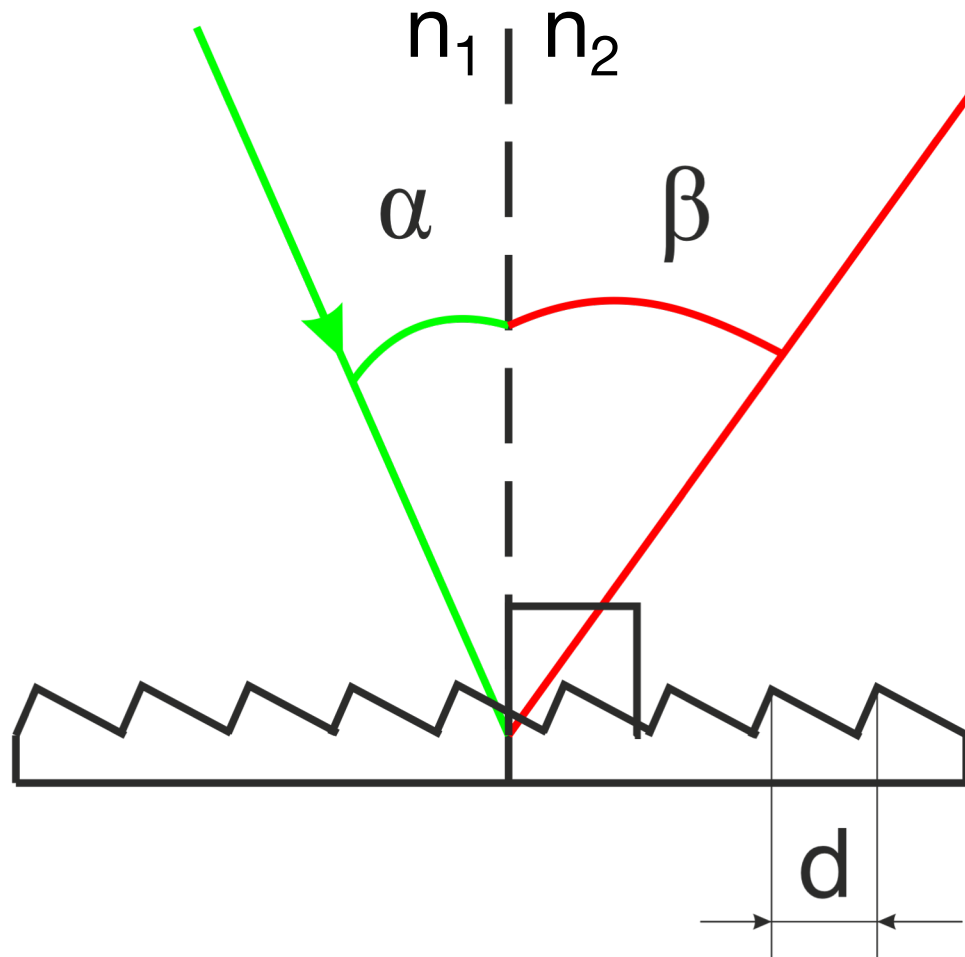


$$n_1 \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$$

# Дифракция света



# Дифракционная решетка



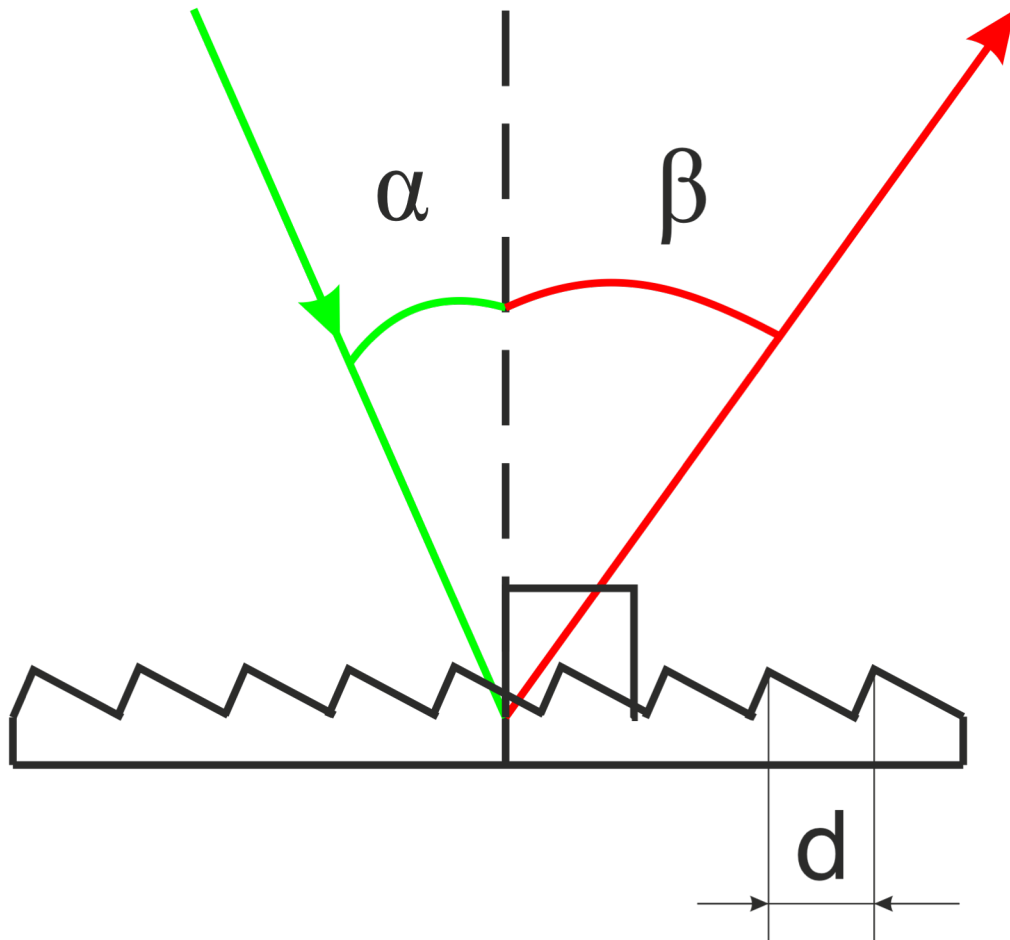
$m$  - порядок

$\lambda$  - длина волны

$$d \cdot (n_1 \cdot \sin\alpha - n_2 \cdot \sin\beta) = m \cdot \lambda$$

$$d = \frac{1}{N \text{ [лин./мм]}}$$

# Дифракционная решетка



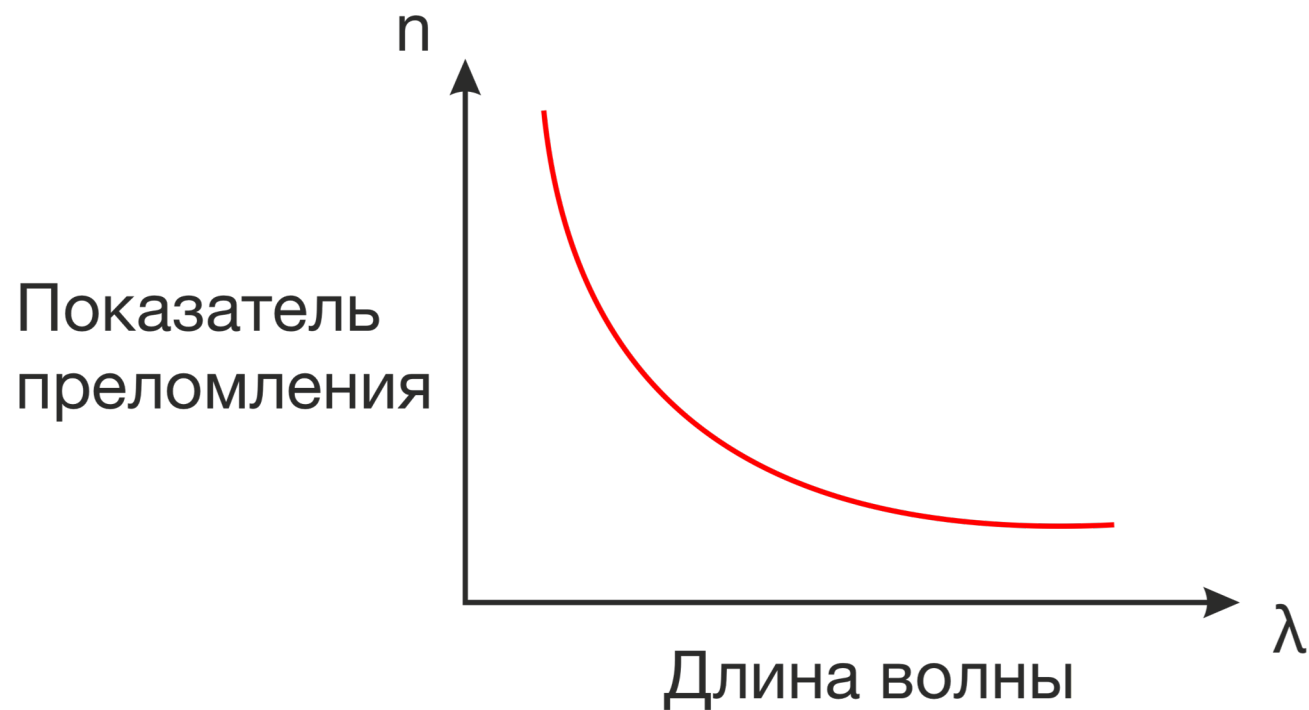
$m$  - порядок

$\lambda$  - длина волны

$$d \cdot (\sin\alpha - \sin\beta) = m \cdot \lambda$$

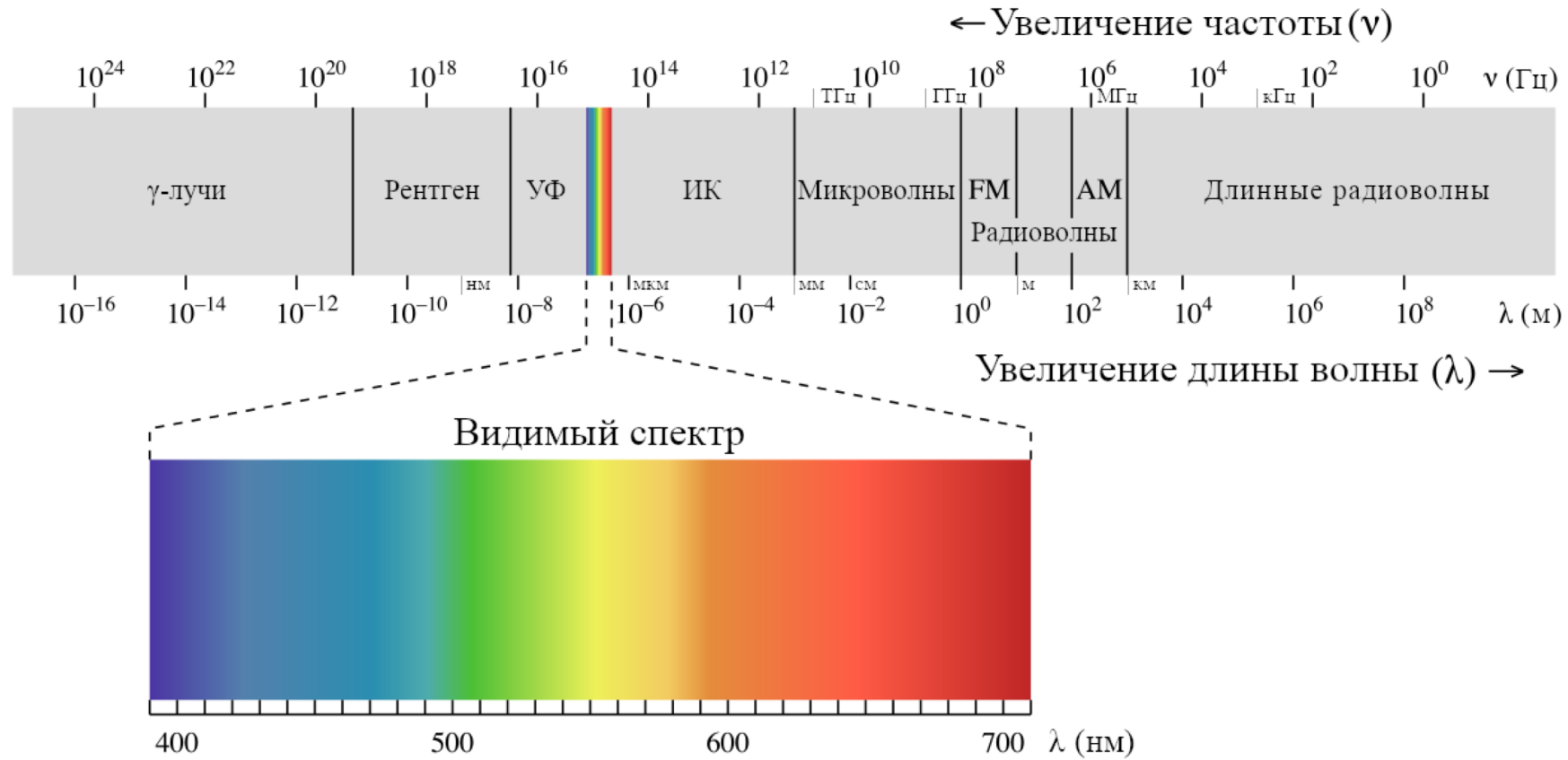


# Дисперсия света



$$\sin\alpha = n(\lambda) \cdot \sin\beta$$

# Дисперсия света



# Дисперсия света



$$\sin\alpha = n(\lambda) \cdot \sin\beta$$

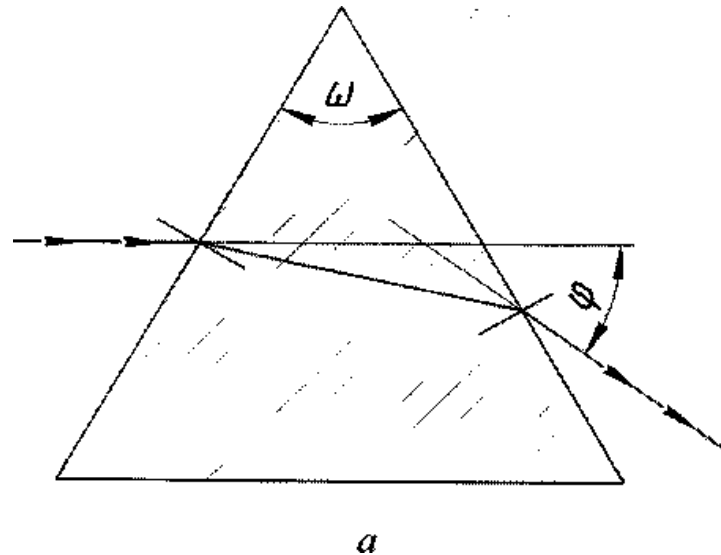
# Как решать задачи?

- Внимательно прочитать условие
- Отметить на рисунке искомые величины
- Понять какие законы и формулы применить
- Провести необходимые расчеты
- Записать ответы на поставленные вопросы

# Задача 1

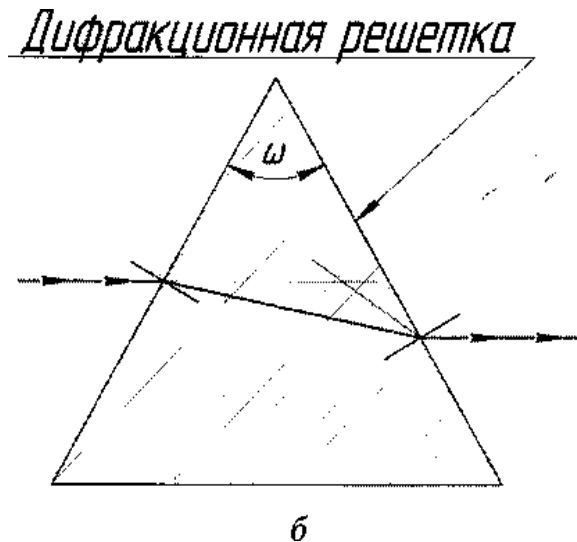
Пучок лучей (длина волны излучения 632,8 нм) падает на призму с преломляющим углом  $\omega=60^\circ$  так, что основание призмы параллельно оси пучка. Призма изготовлена из стекла  $\text{CaF}_2$  ( $n = 1,4329$ )

1. На какой угол  $\phi$  призма отклонит пучок лучей после второй поверхности, относительно входного пучка? (рис. 1а)

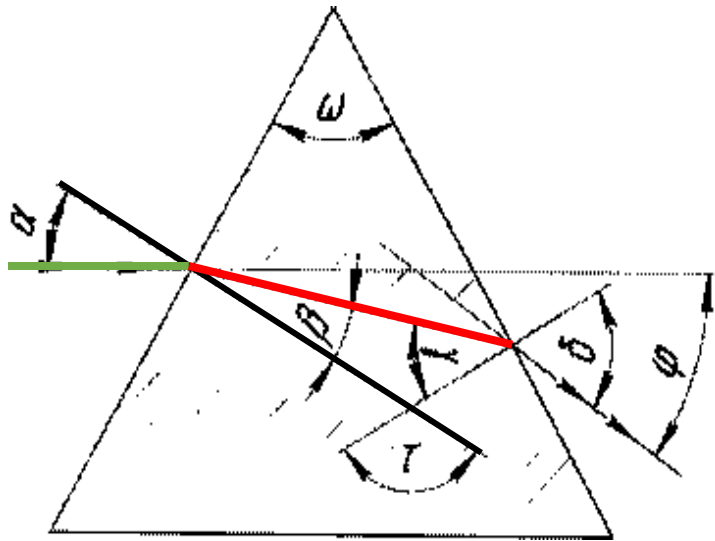


# Задача 1

2. Для использования диспергирующего элемента с сохранением направления луча на расчётной длине волны, целесообразно на вторую поверхность призмы нанести дифракционную решетку. Какой частоты дифракционную решетку нужно нанести на вторую поверхность призмы, чтобы после прохождения такого спектрального элемента - призмы - пучок лучей в первом порядке дифракции был бы параллелен входному пучку? (рис. 16)



# Решение задачи 1



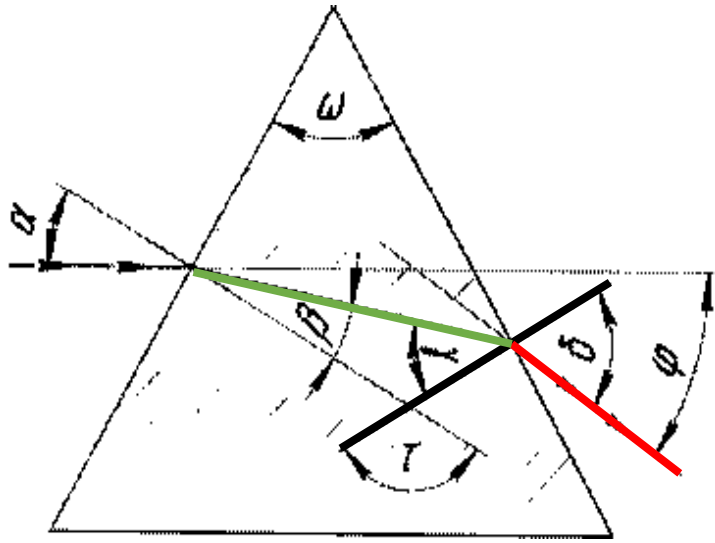
Угол падения на первую поверхность:  $\alpha = \frac{\omega}{2}$ .

Используя закон преломления:  $\sin\left(\frac{\omega}{2}\right) = n \cdot \sin(\beta)$

найдем угол  $\beta$ :  $\sin(\beta) = \frac{\sin\left(\frac{\omega}{2}\right)}{n} = \frac{0,5}{1,4329} = 0,349$

$$\beta = 20,4^\circ$$

# Решение задачи 1



Из геометрии:

$$\omega + 90^\circ + 90^\circ + \tau = 360^\circ$$

$$\tau = 180^\circ - \omega$$

$$\beta + \gamma + \tau = 180^\circ$$

$$\beta + \gamma + 180^\circ - \omega = 180^\circ$$

Тогда:  $\gamma = \omega - \beta = 60^\circ - 20,4^\circ = 39,6^\circ$

$$n \cdot \sin(\gamma) = \sin(\delta)$$

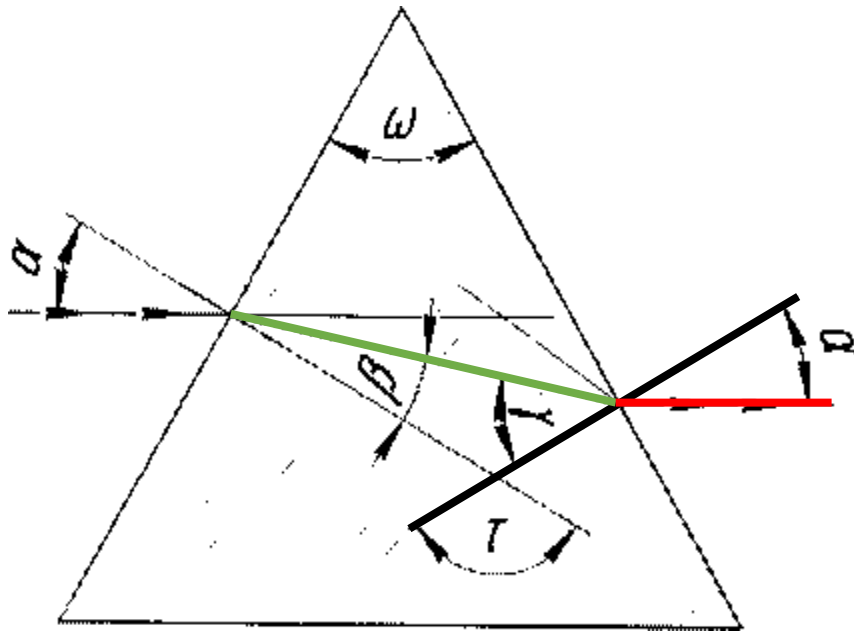
$$\sin(\delta) = 1,4329 \cdot 0,637 = 0,913$$

Угол отклонения луча без нанесения дифракционной решетки:

$$\varphi = \delta - \frac{\omega}{2} = 65,97^\circ - 30^\circ = 35,97^\circ$$



# Решение задачи 1



Используем уравнение дифракции, для случая, когда в пространстве до решетки и после решетки - разные среды:

$$n \cdot \sin(\gamma) - \sin(\alpha) = k\lambda N$$

Отсюда частота решетки:

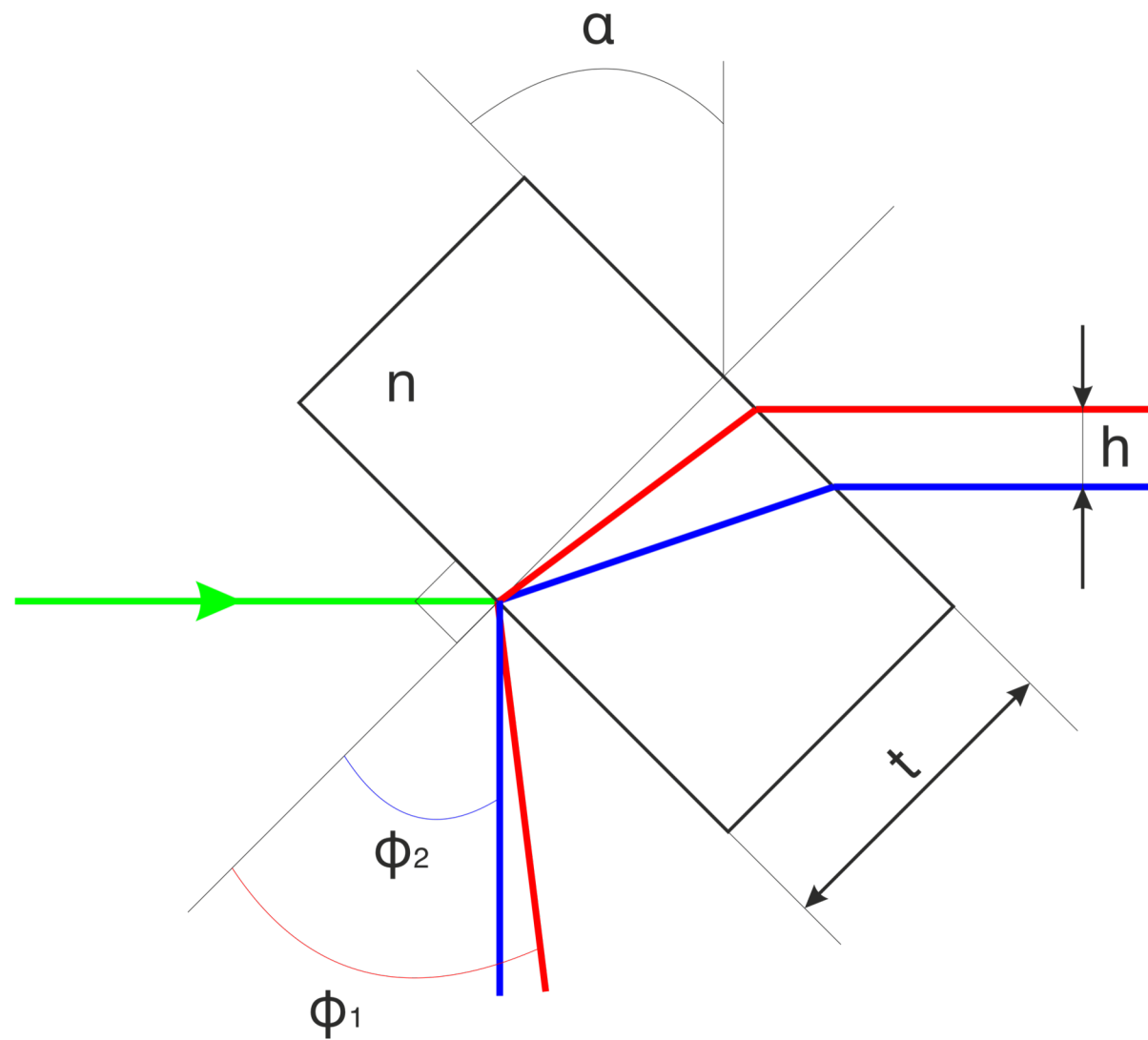
$$N = \frac{n \cdot \sin(\gamma) - \sin(\alpha)}{k\lambda} = \frac{1,4329 \cdot 0,637 - 0,5}{1 \cdot 632,8} \\ = 652 \text{ лин./мм}$$

# Задача 2

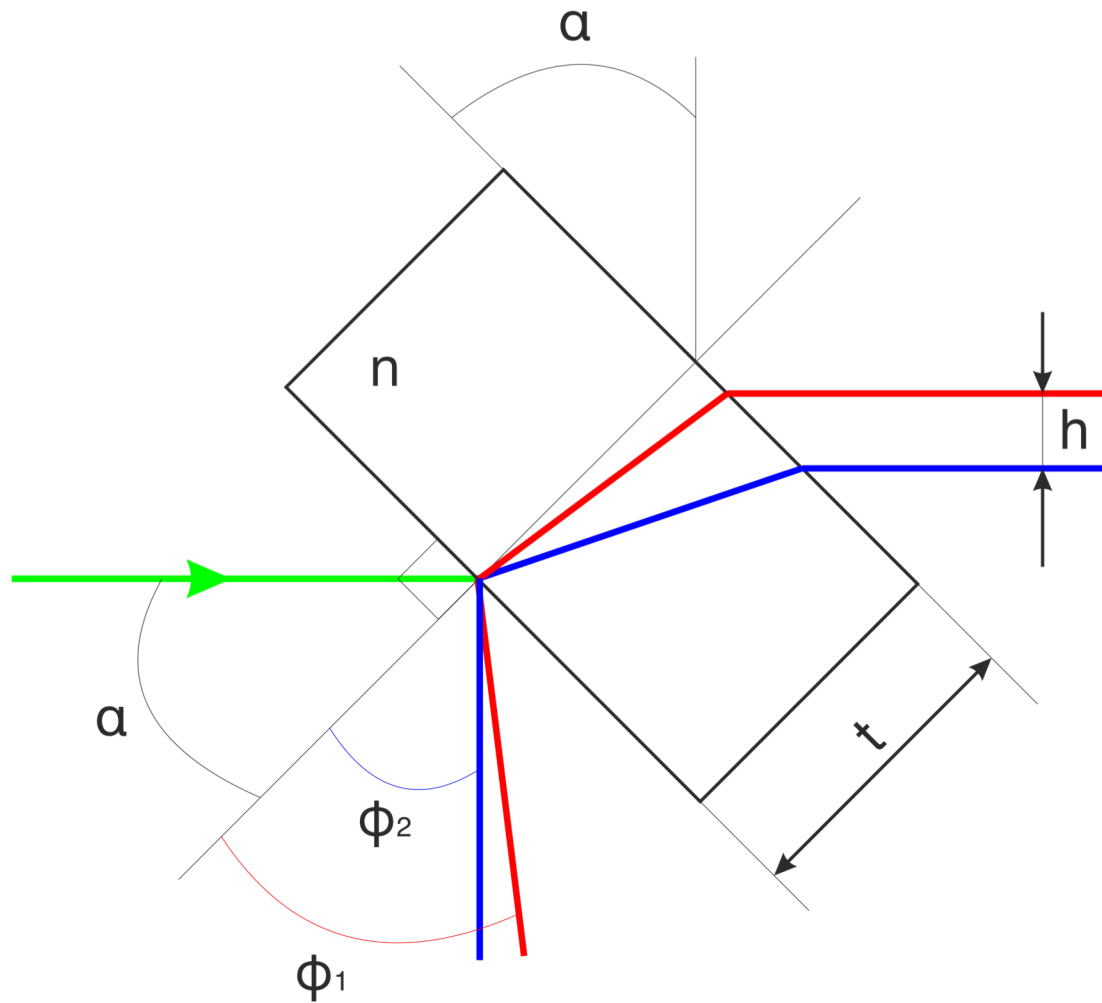
Пучок лучей, который содержит излучение двух длин волн - 1 мкм и 5 мкм падает на пластинку, которая наклонена на угол  $\alpha = 45^\circ$  относительно вертикали. Пластинка изготовлена из ZnSe, для которого показатель преломления  $n(1 \text{ мкм}) = 2,46$ , а  $n(5 \text{ мкм}) = 2,415$ . Толщина пластины – 5 мм.

1. На какие углы  $\phi_1$  и  $\phi_2$  отразятся лучи разных длин волн от первой грани пластины?
2. Какое расстояние будет между лучами разных длин волн после прохождения пластины?

# Задача 2



# Решение задачи 2



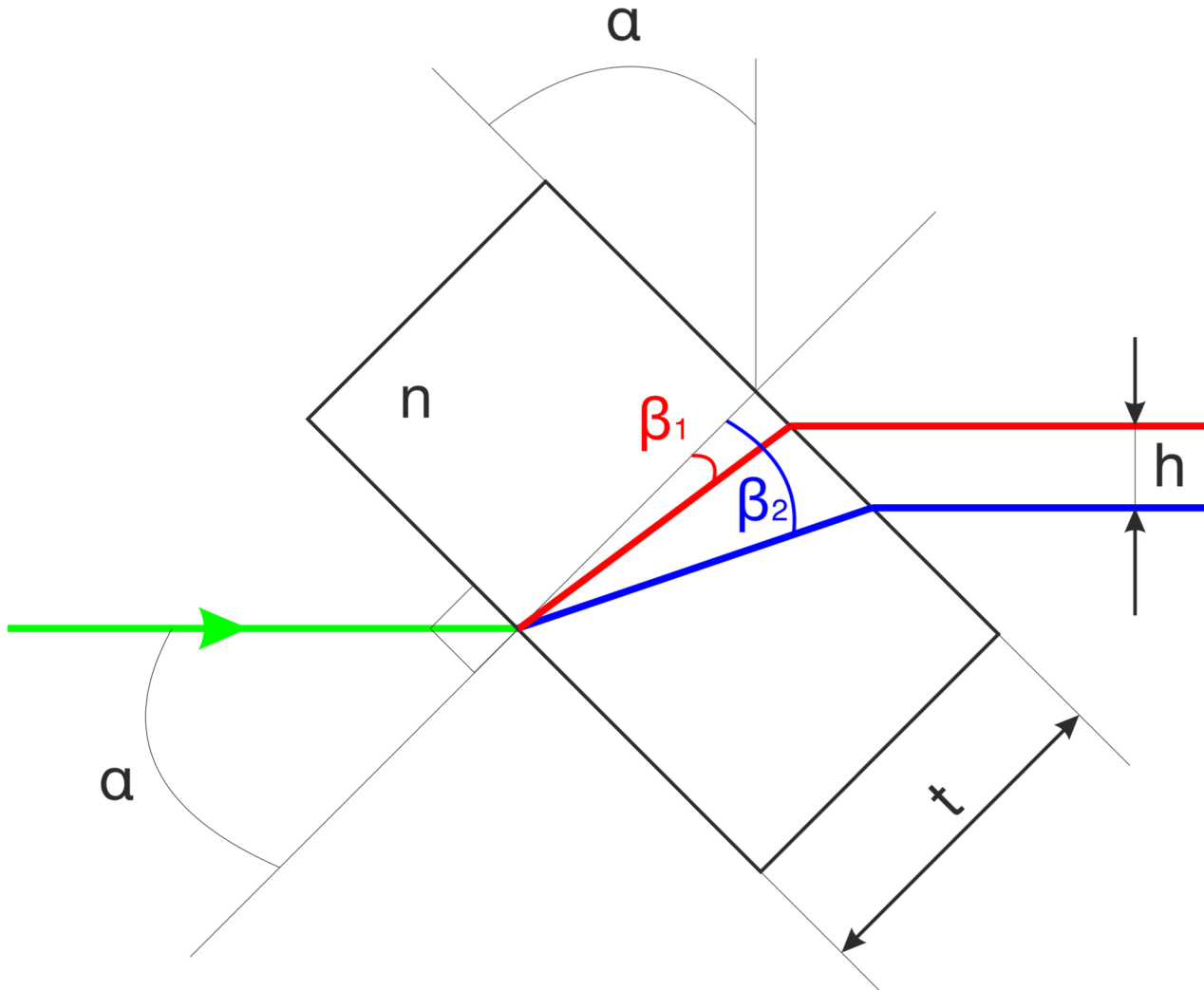
Из геометрии следует, что угол падения равен углу наклона пластинки.

Из закона отражения света следует, что независимо от длины волны, угол падения будет равен углу отражения.

Поэтому:

$$\alpha = \varphi_1 = \varphi_2 = 45^\circ$$

# Решение задачи 2



Обозначим показатели преломления для длин волн 1 мкм и 5 мкм –  $n_1$  и  $n_2$ , соответственно.

Из закона преломления света найдем углы преломления:

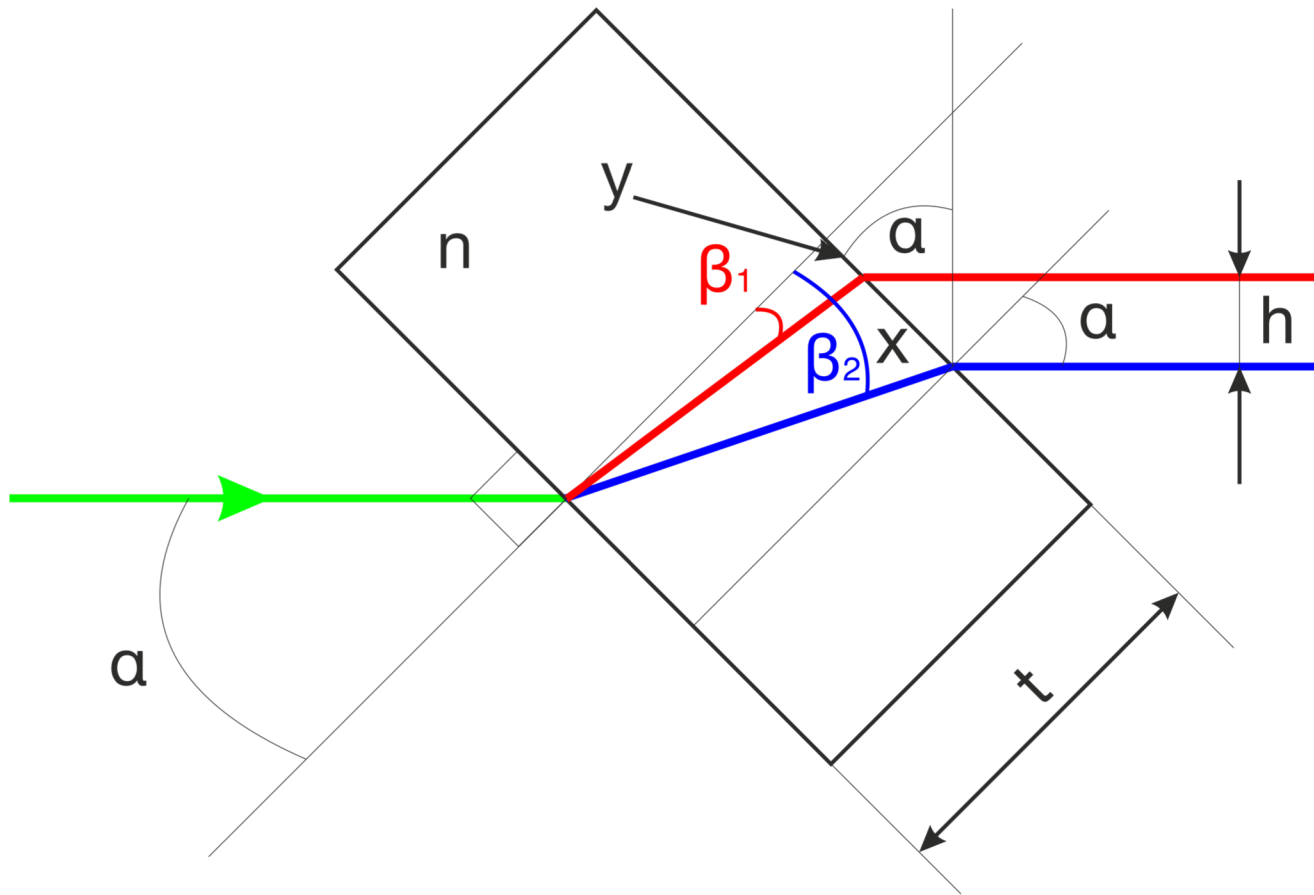
$$\sin(\alpha) = n_1 \cdot \sin(\beta_1)$$

$$\sin(\alpha) = n_2 \cdot \sin(\beta_2)$$

$$\beta_1 = 16,7^\circ$$

$$\beta_2 = 17,03^\circ$$

# Решение задачи 2



Из рисунка:

$$h = x \cdot \cos(\alpha)$$

$$y = t \cdot \operatorname{tg}(\beta_1)$$

$$x + y = t \cdot \operatorname{tg}(\beta_2)$$

$$x = t \cdot (\operatorname{tg}(\beta_2) - \operatorname{tg}(\beta_1))$$

$$h = (t \cdot (\operatorname{tg}(\beta_2) - \operatorname{tg}(\beta_1))) \cdot \cos(\alpha)$$

$$h = 0,022 \text{ мм} = 22 \text{ мкм}$$

# Предпрофессиональный экзамен: дистанционный семинар для учащихся академических классов

Тарабрин Михаил Константинович

к.т.н., м.н.с. НОЦ «Фотоника и ИК-техника» МГТУ им. Н. Э. Баумана