Лекция №2

интерференция света

§§ Оптический путь

$$\xi = A\cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda_0}x + \varphi_0)$$
 вакуум $(n=1)$ x – геометрический путь

 $\xi = A\cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda_0} nx + \varphi_0)$ Произведение показателя преломления на длину пути называется оптической длиной пути:

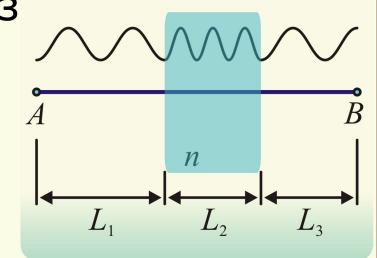
$$L_{\rm opt} = nx$$
 – оптический путь

Пример 1:

прохождение света через прозрачную пластинку

$$L_{\text{geom}} = L_1 + L_2 + L_3$$

 $L_{\text{opt}}(AB) = L_1 + nL_2 + L_3$



Пример 2: Оптическая разность хода двух волн

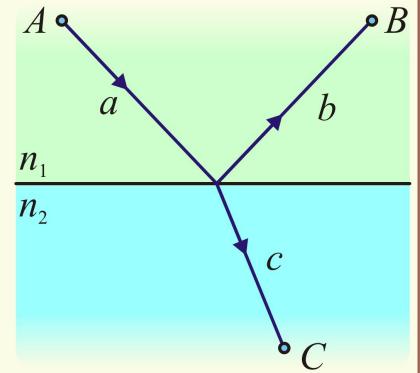
Если первая волна прошла путь L_1 в среде с n_1 , а вторая – путь L_2 в среде с n_2

то
$$\Delta L_{\mathrm{opt}} = n_2 L_2 - n_1 L_1$$
 и $\Delta \varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta L_{opt}$

Пример 3:

Отражение от границы раздела двух сред

$$L_{\text{opt}}(AC) = n_1 a + n_2 c$$

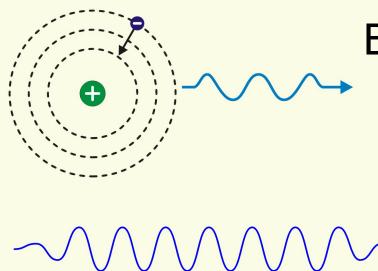


$$L_{
m opt}(AB) = n_1 a + n_1 b + egin{cases} \pm \lambda/2, & n_2 > n_1 \ 0, & n_2 \leq n_1 \end{cases}$$
 т.е. возникает **дополнительный набег**

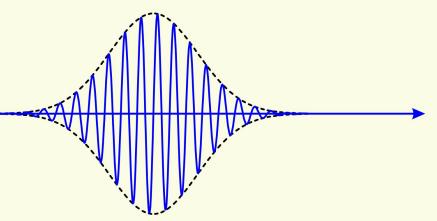
т.е. возникает *дополнительный на* фазы при отражении от оптически более плотной среды

§§ Когерентность

Испускание света – результат атомных процессов (переходы, удары, ядерные и химические превращения)



Время перехода $\tau \sim 10^{-8} {\rm c}$

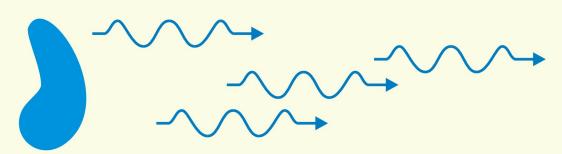


атом излучает набор колебаний – **цуг волн** длиной $L = \tau c \sim 3$ м

05

Излучение отдельного атома – немонохроматично, а излучение разных атомов – некогерентно.

Свет от источника состоит из быстро сменяющих друг друга цугов со случайным значением начальной фазы.



Если в одну точку приходит свет от разных источников (или частей одного тела), то результат различается в каждый момент времени.

Временем когерентности называют промежуток времени, в течение которого случайное изменение фазы (или разности фаз) достигает π .

Если время разрешения прибора больше **времени когерентности** или разность хода больше **длины когерентности**, то регистрируются значения согласно **закону сложения интенсивностей**.

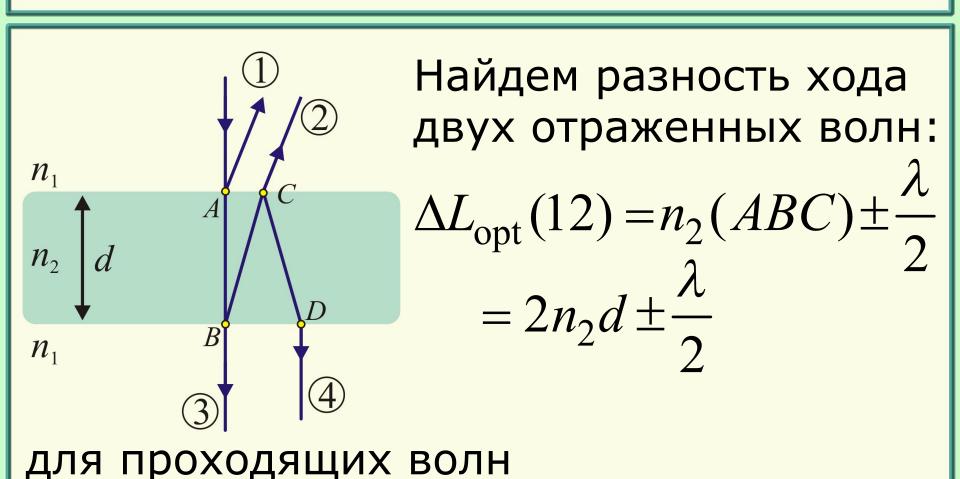
Устойчивая интерференционная картина наблюдается только для *когерентных* (согласованных) колебаний.

Для получения двух потоков когерентного излучения необходимо использовать излучение одного атома или группы атомов, излучающих согласованно.

Для этого, с помощью отражения или преломления, нужно разделить волну и позволить потокам, прошедшим разное расстояние, встретиться.

Разность пройденных расстояний не должна превышать длины цуга или длины когерентности.

§§ Интерференция в пленках



 $\Delta L_{\rm opt}(34) = 2n_2 d$

Разности хода отличаются на $\lambda/2$

Следовательно, максимум на отражение соответствует минимуму на пропускание

$$\Delta L_{\rm opt}(12) = 2m\frac{\lambda}{2}$$

Максимум при пропускании будет наблюдаться, если

$$\Delta L_{\rm opt}(34) = 2m\frac{\lambda}{2}$$

и соответствующая толщина пленки:

$$d_m = \frac{m\lambda}{2n_2}, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2...$$

B T.A $(n_2 > n_1)$ $C = \frac{d}{\cos \beta}, AC = 2AB\sin \beta = \frac{2d\sin \beta}{\cos \beta}$

 $AD = AC\sin\alpha$

 n_1

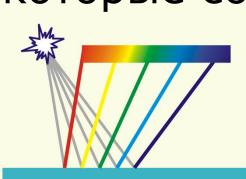
11

из-за отражения

$$\Delta L_{\text{opt}}(12) = 2d \, n_2 \cos \beta \pm \frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta L_{\text{opt}}(12) = 2d\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \alpha} \pm \frac{\lambda}{2}$$

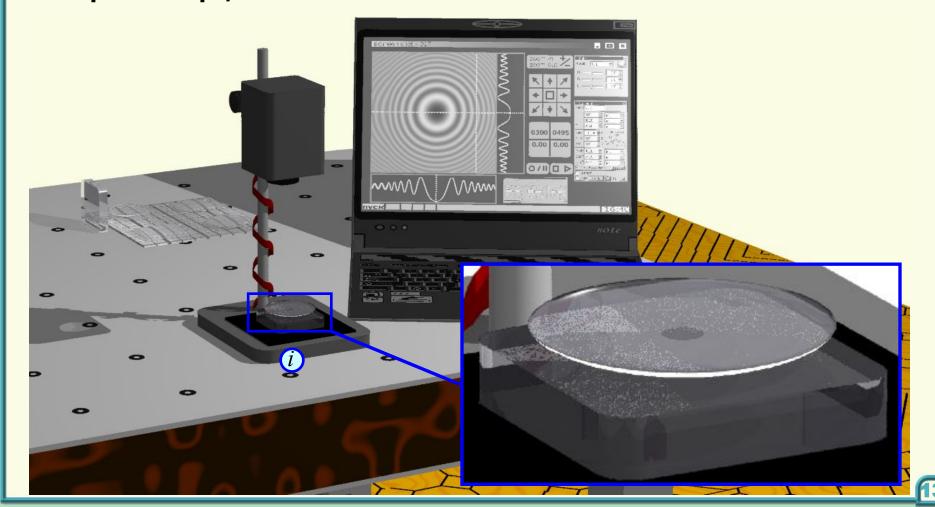
При падении белого света будут наблюдаться min и max под разными углами, которые соответствуют различным λ



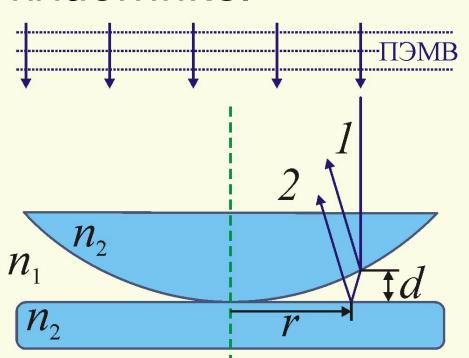


§§ Кольца Ньютона

наблюдаются в месте контакта линзы и, например, стеклянной пластины



Рассмотрим плосковыпуклую линзу, лежащую на плоскопараллельной пластинке.



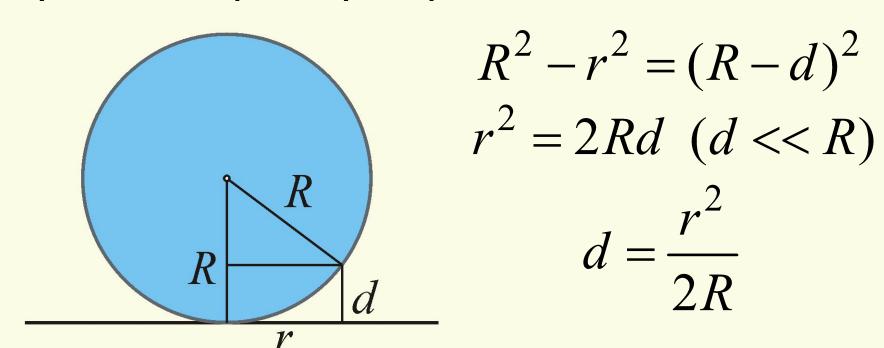
Интерф. картину в отраженном свете формируют 1 и 2

Опт. разность хода:

$$\Delta L_{\rm opt} = 2 d n_1 + \frac{\lambda}{2}$$

d – величина воздушного промежутка $1/2\lambda$ – отражение от пластины ($n_1 < n_2$)

Пусть R – радиус кривизны линзы



условие наблюдения минимума:

$$\Delta L_{\rm opt} = (2m+1)\frac{\lambda}{2}$$

m=0,1,2,... – порядок интерференции

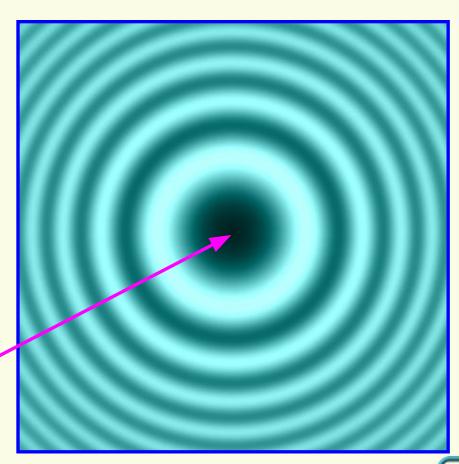
$$(2m+1)\frac{\lambda}{2} = \frac{r_m^2}{R}n_1 + \frac{\lambda}{2} \implies r_m = \sqrt{\frac{mR\lambda}{n_1}}$$

– радиус m-го **темного** кольца Ньютона

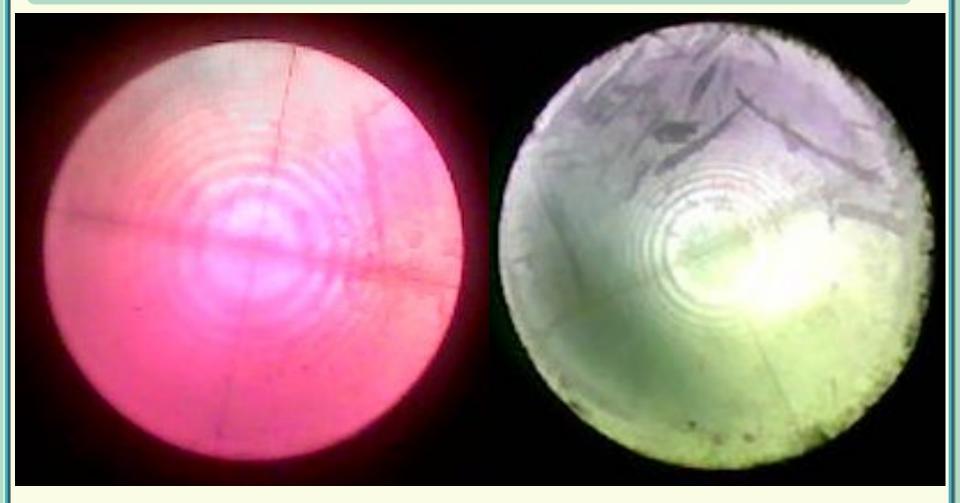
$$r_m = \sqrt{\frac{(2m-1)R\lambda}{2n_1}}$$

– радиус *m*-го
 светлого кольца

место контакта линзы и пластинки



Лабораторная работа №1



Диаметр, находящихся в поле зрения колец, не превышает 1 миллиметра.

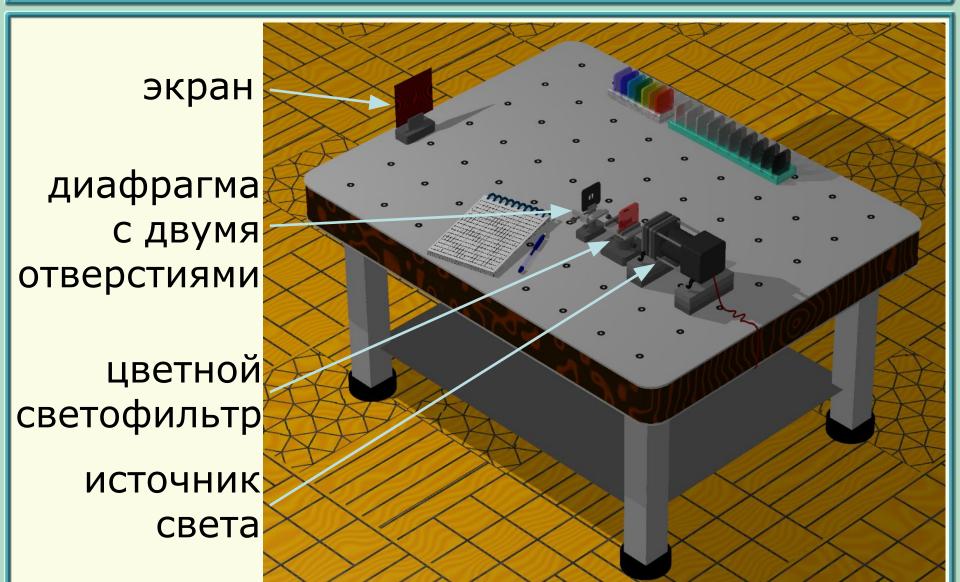
Замечания

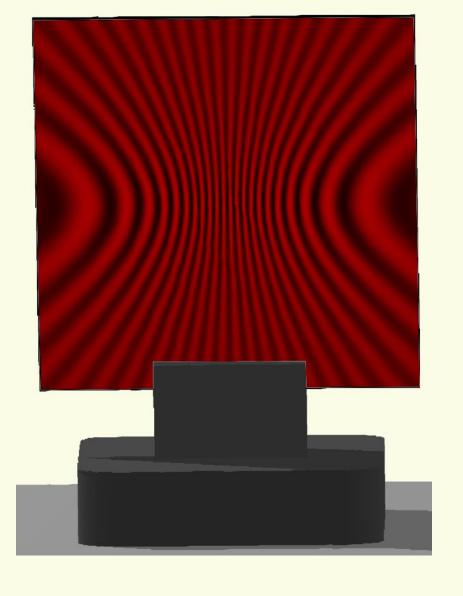
Кольца Ньютона – классический пример полос равной толщины.

Кольца можно наблюдать в отраженном и проходящем свете.

При падении белого света – получается система цветных колец.

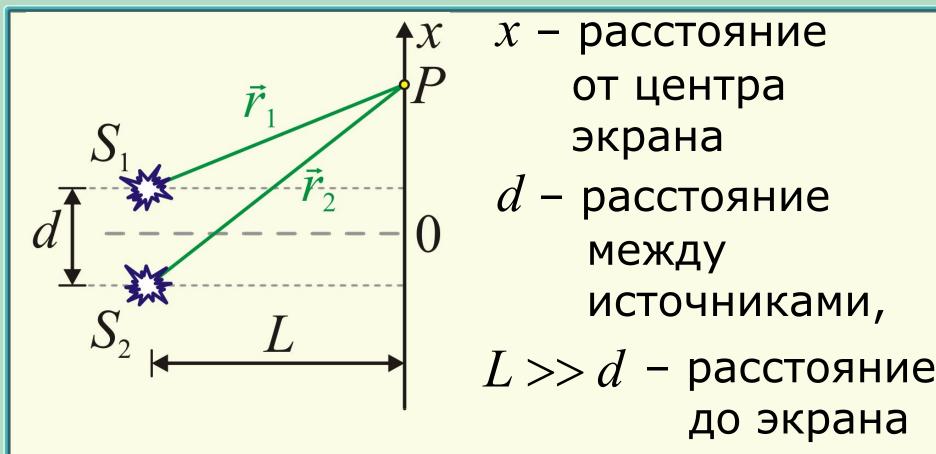
§§ Опыт Юнга





на экране наблюдается интерференционная картина – совокупность светлых и темных областей (полос)

определим положения min и max интенсивности



Найдем разность хода

$$r_1^2 = L^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2$$
 $r_2^2 = L^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2$

вычтем одно выражение из другого:

$$r_2^2 - r_1^2 = 2x \cdot d$$

левую часть можно представить как

$$r_2^2 - r_1^2 = (r_2 - r_1)(r_2 + r_1) = \Delta r \cdot 2L$$

тогда разность хода двух лучей:

$$\Delta r = \frac{xd}{L}$$

Условие наблюдения минимума:

$$\Delta r = (2m+1)\frac{\lambda}{2}, \ m = 0, \pm 1, \pm 2...$$

$$x_{\min} = (2m+1)\frac{\lambda L}{2d}$$

$$-$$
 координата m -го минимума

$$x_{\text{max}} = 2m \frac{\lambda L}{2d}$$

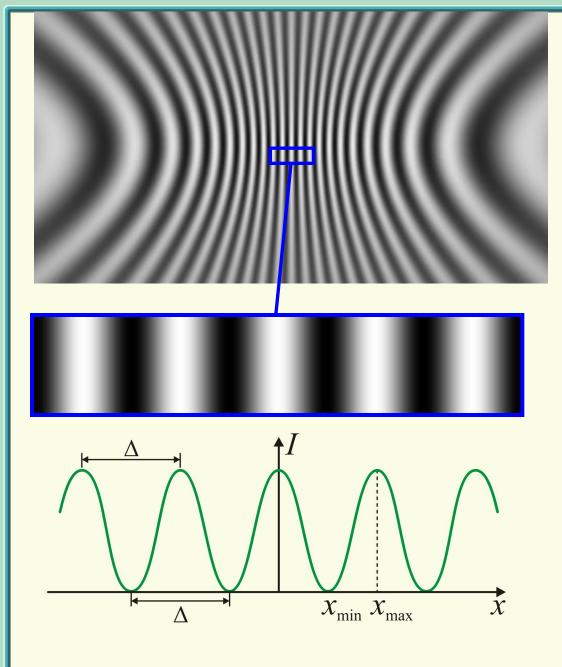
координаты максимумов

<u>Ширина полосы</u>

(период интерференционной картины)

– расстояние между соседними минимумами (максимумами):

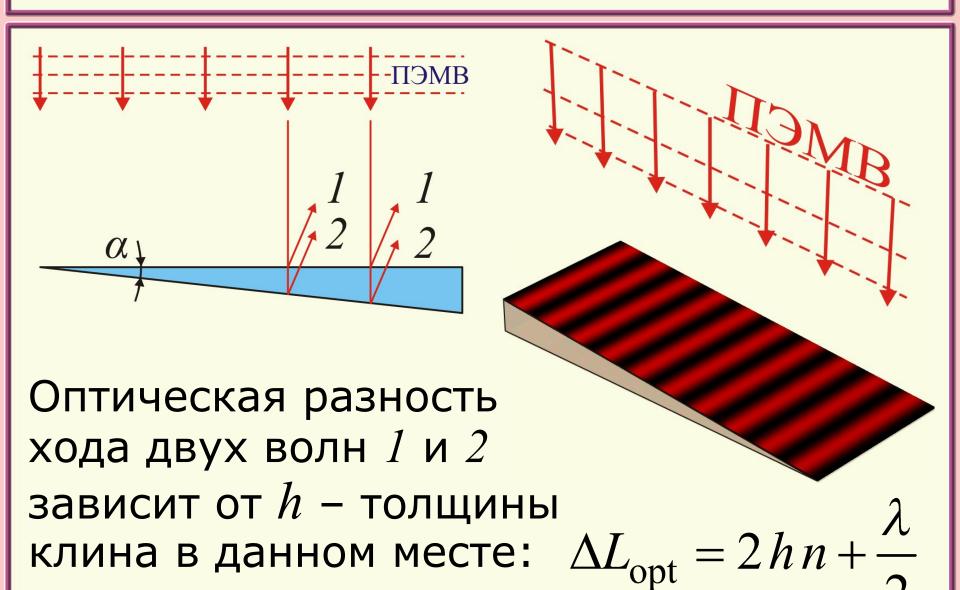
$$\Delta = \frac{\lambda L}{d}$$
 (при $L >> d$)



Применение схемы Юнга:

- 1) определение длины волны
- 2) определение углового размера или расстояния между источниками

§§ Интерференция в клине



и зависимость толщины клина h от расстояния x до его кромки: $h = x \operatorname{tg} \alpha$

условие наблюдения максимума:

$$\Delta L_{\text{opt}} = 2m\frac{\lambda}{2}$$
 $m = 0, 1, 2, ...$

наблюдаются *полосы равной толщины*

светлые полосы наблюдаются при значениях x: $(2m-1)\lambda$

$$x_m = \frac{(2m-1)\lambda}{4n \operatorname{tg} \alpha}$$

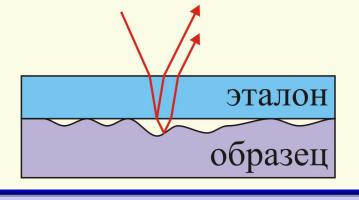
Расстояние между соседними полосами:

$$\Delta x = \frac{\lambda}{2n \operatorname{tg} \alpha}$$

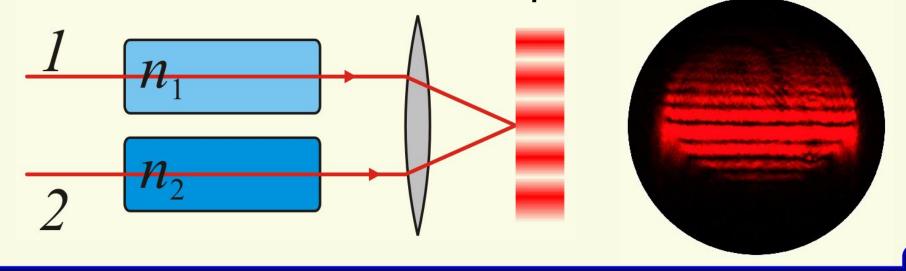
Рассмотренная схема позволяет: определять длину волны света λ , показатель преломления среды n или угол раствора клина α с очень малой погрешностью.

§§ Применение интерференции

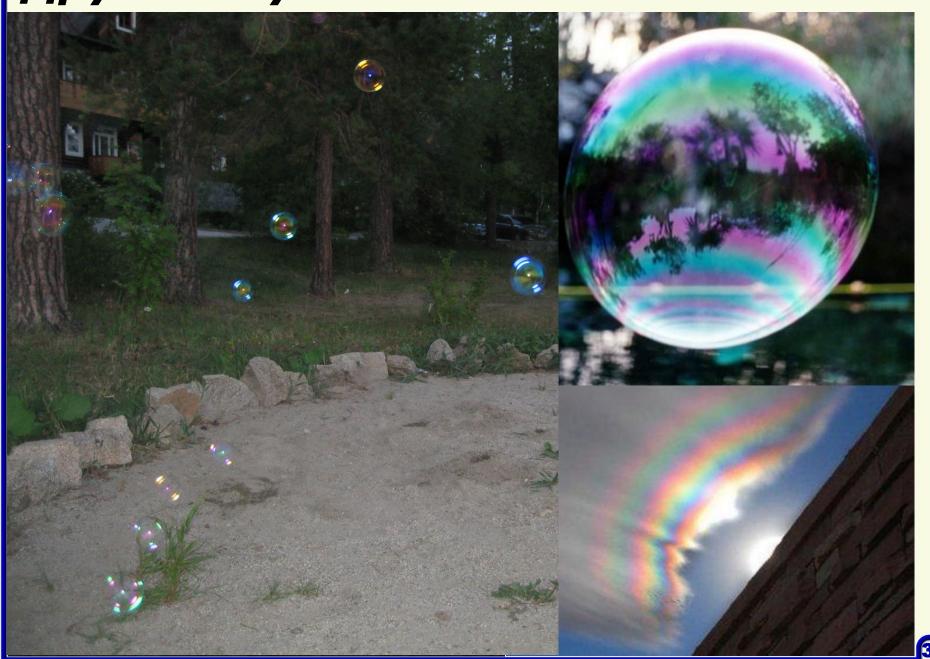
- «Определение» геометрии
 - 1) определение длин и расстояний 0.1~м с погрешностью $< 0.01~\mu$ 1.0~м с погрешностью $< 0.1~\mu$
 - 2) измерение углов
 - 3) Определение качества поверхности, рельефа, шлифовки и плоскостности



- 4) определение характеристик оптического излучения (λ) , степени когерентности и монохроматичности)
- 5) просветление оптики
- 6) голография
- 7) определение физических свойств тел по показателю преломления



Другие случаи:



§§ Показатель преломления

Из теории Максвелла следует, что

$$\upsilon = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \varepsilon_0 \, \mu \mu_0}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \mu}} = \frac{c}{n}$$

$$n=\sqrt{arepsilon\mu}$$
 – показатель преломления

Длина волны света в среде:

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

$$\lambda_0$$
 – длина волны в вакууме

ЭМВ, распространяясь в веществе, вызывает вынужденные колебания ионов решетки и электронов.

Этим объясняется явление **дисперсии** – зависимость скорости ЭМВ от частоты, поскольку ε и, следовательно, n зависят от частоты ЭМВ.

Колебаниями электронов объясняется дисперсия **в видимой области**, а колебаниями ионов – **в инфракрасной**, т.к. их масса значительно больше.

Таблица значений

вакуум n=1 воздух n=1.0003 вода n=1.33 стекло n=1.5-1.95 алмаз n=2.4

