КОНСПЕКТ ЗА КОНКУРСНИЯ ИЗПИТ ЗА МАГИСТЪРСКА ПРОГРАМА ОПТОМЕТРИЯ – 6 СЕМ. ЗА УЧЕБНАТА 2026/2027 Г.

1. Светлина. Разпространение на светлината. Отражение и пречупване на светлината от гранична повърхност. Закон на Снелиус.
2. Плоско огледало. Построяване на образ на предмет от плоско огледало. Приложение на плоските огледала.
3. Сферично огледало. Видове сферични огледала. Радиус на сферична повърхност. Фокус, фокусно разстояние и връх на сферично огледало. Построяване на образ на предмет от сферично огледало. Приложения на сферични огледала.
4. Лещи, видове. Радиуси на сферични повърхности. Фокуси, фокусно разстояние, върхове на лещата. Оптична сила на леща. Формула за тънка леща. Увеличение на тънка леща. Построяване на образ на предмет от събирателна и разсейвателна леща.
5. Окото като оптичен уред. Късогледство и далекогледство.
6. Лупа, линейно увеличение на лупа. Телескоп, микроскоп, ъглово увеличение.
7. Спектър на светлината. Естествена и изкуствена бяла светлина. Цветни филтри. Цвят на телата.
8. Дисперсия на светлината. Диспергиращи елементи – призма и дифракционна решетка. Уравнение на дифракционна решетка.
9. Интерференция на светлината. Условия за възникване на интерференчни максимуми и минимуми.
10. Дифракция на светлината. Дифракция от процеп. Поляризация на светлината.

Литература

1. Учебник по Физика и астрономия за 7 клас.
2. Учебник по Физика и астрономия за 10 клас.
3. Виктор Иванов, Физика и астрономия, Учебник за профилирана подготовка по модул 2, Поле и енергия, 2020, Просвета – София.
4. Иван Петков, Физика и астрономия, Учебник за профилирана подготовка по модул 3, Експериментална физика, 2020, Просвета – София.

Термини и общи формули

21 юли 2026 г.

1 Списък на термините

- **Авторефрактометър** – автоматичен диагностичен уред, който служи за обективно измерване на рефракцията на окото.
- **Акомодация** – Изменение на оптичната сила на очната леща (чрез ресничестите мускули) с цел получаване на ясен образ върху ретината на предмети, намиращи се на различни разстояния.
- **Астигматизъм** – Зрителен дефект, при който роговицата или лещата имат неравномерна кривина, което води до размазано и изкривено изображение.
- **Бифокални стъкла** – Лещи с две отделни оптични зони с различна оптична сила, предназначени за корекция на зрението за далеч и близо.
- **Бинокулярно зрение** – Зрение с двете очи едновременно. Образите от двете очи се сливат в мозъка в един общ образ, което осигурява по-точна преценка на разстоянията и пространствено (стереоскопично) виждане.
- **Видове корекционни лещи и помощни елементи в набора за рефракция:**
  Сферични лещи — за късогледство (разсейвателни) и далекогледство (събирателни);
  Цилиндрични лещи (положителни и отрицателни) — за астигматизъм;
  Призматични лещи — за корекция на бинокулярни нарушения (напр. кривогледство);
  Оклудер – непрозрачно стъкло,
  Плано стъкло – стъкло с нулева оптична сила,
  Стенопеичен процеп – тесен правоъгълен отвор,
  Стенопеичен отвор – малък кръгъл отвор.
- **Главна оптична ос** – Правата линия, свързваща центровете на сферичните повърхности на лещата или минаваща през центъра на кривина и върха на сферично огледало.
- **Далекогледство (Хиперметропия)** – Оптичен дефект, при който успоредните лъчи от далечни предмети се фокусират **след ретината**, при изключена акомодация. Коригира се със събирателни лещи.
- **Действителен (реален) образ** – Образ, получен от пресичането на самите светлинни лъчи след оптична система. Може да се проектира върху екран.
- **Диоптромерът** – Оптичен уред, използван за измерване на оптичната сила на очилни лещи и за определяне на техните характеристики.
- **Дифракция** – Отклонение на светлината от праволинейното ? разпространение, изразяващо се в заобикаляне на препятствия или навлизане в областта на геометричната сянка (при размери на отворите, съизмерими с λ).
- **Дифракционна решетка** – Оптичен елемент с голям брой периодично разположени успоредни процепи, който разлага светлината на спектър чрез дифракция и последваща интерференция.
- **Дисперсия** – Зависимост на показателя на пречупване на средата (n) от честотата на светлината. Тъй като $n_{\text{виолетов}} > n_{\text{червен}}$, виолетовата светлина се отклонява най-силно.

- **Еметропия** – Нормално рефракционно състояние на окото, при което образът на далечен предмет се фокусира точно върху ретината.
- **Заден фокус (F')** – Точка от главната оптична ос, в която се събират падналите успоредно на оста лъчи (при събирателни системи) или техните продължения (при разсейвателни системи).
- **Зрителна острота (Visus)** – Способността на окото да различава две близко разположени точки като отделни.
- **Интерференция** – Явление на взаимно усилване или отслабване в пространството на две или повече наслагващи се кохерентни светлинни вълни.
- **Кохерентни вълни** – Вълни с еднаква честота (дължина на вълната) и постоянна във времето разлика между фазите им. Само такива вълни могат да интерферират устойчиво.
- **Конвергенция** – Движение на двете очи навътре (към носа), когато се гледа близък обект.
- **Кривогледство (страбизъм)** – Състояние, при което очите не са насочени към една и съща точка едновременно.
- **Късогледство (Миопия)** – Оптичен дефект, при който успоредните лъчи от далечни предмети се фокусират **пред ретината**. Коригира се с разсейвателни лещи.
- **Монокулярно зрение** – Зрение с едно око. Всяко око възприема образа самостоятелно, без участие на другото око. При него преценката на дълбочина и разстояние е по-ограничена.
- **Недействителен (виртуален) образ** – Образ, получен от пресичането на **продълженията** на светлинните лъчи. Не може да се проектира върху екран, но се вижда с око (напр. зад плоско огледало).
- **Обектив и Окуляр** – Основните оптични системи в микроскопите и телескопите. Обективът е разположен към обекта, а окулярът – към окото на наблюдателя.
- **Обърнат образ** – Образ, при който точките на предмета и съответните им точки от образа се намират от противоположни страни на главната оптична ос.
- **Оптична сила (Ф)** – Величина, изразяваща пречупващата способност на лещата. Тя е обратнопропорционална на фокусното разстояние и се измерва в диоптри ($\mathrm{dpt} = \mathrm{m}^{-1}$).
- **Оптометрист** – Специалист, който изследва зрението, определя рефракционни отклонения (късогледство, далекогледство, астигматизъм) и предписва корекционни очила или лещи.
- **Оптотип** – Стандартен символ или фигура (букви, цифри, картинки), използван при изследване на зрителната острота.
- **Ортоптист** – Специалист, който работи с нарушения в бинокулярното зрение (координацията между двете очи), особено при кривогледство и нарушения на очните движения.
- **Офталмолог** – Лекар специалист по очни болести, който диагностицира и лекува заболявания на окото и може да извършва операции.
- **Отражение (огледално и дифузно)** – Връщане на светлината в първата среда при достигане на граница. Огледалното е от гладка повърхност (лъчите остават успоредни), а дифузното – от грапава (светлината се разпръсква).
- **Показател на пречупване (n)** – Физична величина, показваща колко пъти скоростта на светлината във вакуум (c) е по-голяма от скоростта ? в дадена среда (v).
- **Поляризация** – Ограничаване на трептенията на вектора на електричното поле $\vec{E}$ на светлинната вълна само в една определена равнина. Доказва напречния характер на светлинните вълни.
- **Поляроиди (Поляризатор и Анализатор)** – Специални филтри, които пропускат светлина, трептяща само в едно направление, и поглъщат останалата. Когато неполяризирана светлина премине през един поляроид, нейният интензитет намалява два пъти – $I = I_0/2$, където I_0 е интензитетът на неполяризираната светлина.

- **Прав образ** – Образ, при който точките на предмета и съответните им точки от образа се намират от една и съща страна на главната оптична ос.
- **Преден фокус (F)** – Точка от главната оптична ос, в която ако се постави точков източник на светлина, излъчените от него разходящи лъчи след преминаване през лещата излизат успоредни на главната оптична ос.
- **Пречупване** – Изменение на посоката на разпространение на светлинния лъч при преминаване през границата на две среди, поради различната скорост на разпространение в тях.
- **Пресбиопия** – Възрастово намаляване на акомодационната способност на окото за виждане наблизо.
- **Пробен набор** – Комплект от стандартни оптични лещи и елементи, използвани за изследване на зрението и определяне на необходимата корекция при рефракционни нарушения.
- **Пробна рамка** – Регулируема рамка, в която се поставят пробни лещи при изследване на зрението, за да се определи най-подходящата корекция.
- **Прогресивните стъкла** – Лещи, които имат плавна промяна на оптичната сила от горната към долната част на лещата, без видима линия на разделяне. Осигуряват ясно виждане на далечни, междинни и близки разстояния.
- **Пълно вътрешно отражение** – Явление, при което светлинен лъч, разпространяващ се в оптично по-плътна среда, достига границата с оптично по-рядка среда под ъгъл, по-голям от критичния, и се отразява изцяло обратно, без да се пречупва.
- **Пупилно разстояние** – Разстоянието между центровете на зениците на двете очи (междупупилно разстояние), необходимо за правилно изработване и поставяне на очила.
- **Разлика в оптичните пътища (Δ)** – Разликата в пътищата, които две светлинни вълни изминават от съответните си източници до точката на тяхното срещане (припокриване).
- **Разстояние на най-добро зрение (x_0)** – Най-малкото разстояние, на което нормалното око може да чете без умора продължително време. Приема се стандартно за 25 cm.
- **Релеево разсейване** – Разсейване на светлината от частици (молекули на въздуха), чиито размери са много по-малки от дължината на вълната. Късите вълни (синя светлина) се разсейват много по-силно от дългите (червена светлина).
- **Ретина** – Светлочувствителната обвивка на окото, върху която се формира изображението и която преобразува светлината в нервни импулси.
- **Роговица** – Прозрачната предна част на окото, която пречупва светлината и участва основно в оптичната сила на окото.
- **Светлинен лъч** – Въображаема геометрична линия, по която се разпространява светлинната енергия в хомогенна среда.
- **Спектър на светлината** – Съвкупност от монохроматични (едноцветни) вълни, получени при разлагане на сложна светлина. Видимият спектър е от $\approx 380\,\mathrm{nm}$ (виолетов) до $\approx 760\,\mathrm{nm}$ (червен).
- **Точков източник** – Източник с малки размери, излъчващ във всички посоки.
- **Увеличен образ** – Образ, чийто размер е по-голям от размера на предмета.
- **Умален образ** – Образ, чийто размер е по-малък от размера на предмета.
- **Фазова разлика ($\Delta\varphi$)** – Разлика между фазите на две трептения или вълни в даден момент.
- **Фокусно разстояние** – Физическо разстояние между оптичния център на лещата и нейния преден (f) или заден (f') фокус. Измерва се в метри (m).

2 Основни закони и формули

1. Отражение и пречупване

- Закон за отражението – ъгълът на падане (θ) е равен на ъгъла на отражение (θ'):

$$\theta = \theta' \tag{1}$$

- Завъртане на плоско огледало на ъгъл γ отклонява отразения лъч на ъгъл:

$$\Delta\theta' = 2\gamma \tag{2}$$

- Показател на пречупване:

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_0}{\lambda}, \tag{3}$$

  където c е скоростта на светлината във вакуум, а v – в средата, λ_0 е дължината на вълната във вакуум, а λ – в средата.

- Закон на Снелиус за пречупването:

$$n_1 \cdot \sin\theta_1 = n_2 \cdot \sin\theta_2, \tag{4}$$

  където с индекс 1 са означени показателя на пречупване на първата среда и ъгъла на падане, а с 2 – показателя на пречупване на втората среда и ъгъла на пречупване.

- Критичен ъгъл за пълно вътрешно отражение (когато $n_1 > n_2$ и $\theta_2 = 90°$):

$$\sin\theta_{\text{гр}} = \frac{n_2}{n_1} \tag{5}$$

2. Сферични огледала и тънки лещи

- Фокусно разстояние на сферично огледало (R е радиуса на кривината):

$$f = \frac{R}{2} \tag{6}$$

- Оптична сила на леща (f задължително трябва да е в метри):

$$\Phi = \frac{1}{f} \tag{7}$$

- Формула за тънка леща и сферично огледало:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'}, \tag{8}$$

  където x е разстоянието предмет-леща, а x' – образ-леща. Правило за знаците: $f < 0$ при разсейвателна леща/изпъкнало огледало; $x' < 0$ при недействителен образ.

- Линейно увеличение (h е височина на предмета, h' е височина на образа):

$$M = \frac{h'}{h} = \left|\frac{x'}{x}\right| \tag{9}$$

3. Оптични уреди

- Ъглово увеличение на лупа (f е в сантиметри):

$$M_\alpha \approx \frac{25\ \text{cm}}{f} \tag{10}$$

- Общо ъглово увеличение на микроскоп:

$$M_\alpha = M_{\text{обектив}} \cdot M_{\text{окуляр}} \tag{11}$$

- Ъглово увеличение на астрономически телескоп:

$$M_\alpha = \frac{f_{\text{обектив}}}{f_{\text{окуляр}}} \tag{12}$$

4. Вълнова оптика (Интерференция, дифракция и поляризация)

- Условие за интерференчен **максимум** (усилване):

$$\Delta = k \cdot \lambda, \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots) \tag{13}$$

- Условие за интерференчен **минимум** (отслабване):

$$\Delta = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}, \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots) \tag{14}$$

- Ширина на интерференчната ивица в опит на Юнг (L е разстоянието до екрана, d е разстоянието между процепите):

$$\Delta x = \frac{\lambda \cdot L}{d} \tag{15}$$

- Константа (период) на дифракционна решетка (N е брой линии на единица дължина):

$$d = \frac{1}{N} \tag{16}$$

- Уравнение на дифракционната решетка (за главни максимуми):

$$d \cdot \sin\theta = k \cdot \lambda, \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots), \tag{17}$$

  където θ е ъгъл на дифракция.

- Фазова разлика:

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1. \tag{18}$$

- Закон на Малюс за интензитета на поляризирана светлина:

$$I = I_1 \cdot \cos^2\alpha, \tag{19}$$

  където I_1 е интензитета след първия поляроид, а α е ъгъла между осите на пропускане.

- Ъгъл на Брюстер за пълна поляризация на светлината при отражение:

$$\tan\theta_B = \frac{n_2}{n_1} \tag{20}$$

Примерни задачи, към 10-те теми от конспекта (по 3 задачи към всяка тема). Задачите са съобразени с нивото на профилираната подготовка по Физика и астрономия в 11 клас и включват, както качествени (логически) въпроси, така и изчислителни задачи. В края на документа има подробен отговор и решение за всяка една от тях.

Тема 1: Светлина. Разпространение, отражение и пречупване. Закон на Снелиус.

1. Светлинен лъч преминава от стъкло с показател на пречупване $n_1 = 1.5$ във вода с показател на пречупване $n_2 = 1.33$. Ъгълът на падане върху граничната повърхност е $\theta_1 = 30°$. Колко е синусът на ъгъла на пречупване $\sin\theta_2$ във водата?

2. Монохроматична светлина с дължина на вълната във вакуум $\lambda_0 = 600\,\text{nm}$ навлиза в диамант, чийто ппоказател на пречупване е $n = 2.42$. Намерете скоростта v и дължината на вълната λ на светлината в диаманта. (Приемете, че скоростта на светлината е: $c = 3 \cdot 10^8\,\text{m/s}$).

3. Пресметнете граничния ъгъл на пълно вътрешно отражение $\theta_{\text{гр}}$ за границата между плексиглас ($n = 1.50$) и въздух ($n \approx 1.00$).

Тема 2: Плоско огледало.

1. Човек с височина $h = 1.80\,\text{m}$ стои пред вертикално, плоско огледало. Каква трябва да бъде минималната височина H на огледалото, за да може човекът да види своя образ в цял ръст, и зависи ли тази височина от разстоянието му до огледалото?

2. Предмет се намира на разстояние $x = 40\,\text{cm}$ пред плоско огледало. Огледалото бива преместено с $\Delta x = 15\,\text{cm}$ по-далеч от предмета по направление на нормалата. На какво разстояние едно от друго ще се окажат първоначалният и новият образ на предмета?

3. Светлинен лъч пада върху плоско огледало под ъгъл $\theta = 35°$ спрямо повърхността му. Огледалото се завърта на ъгъл $\gamma = 10°$ около ос, лежаща в равнината му и перпендикулярна на падащия лъч. На какъв ъгъл $\Delta\theta$ ще се отклони отразеният лъч спрямо първоначалното си направление?

Тема 3: Сферично огледало.

1. Предмет с височина $h = 4\,\text{cm}$ е поставен на разстояние $x = 30\,\text{cm}$ пред вдлъбнато сферично огледало с радиус на кривината $R = 40\,\text{cm}$. Определете положението x' и височината h' на получения образ. Действителен или недействителен е той?

2. Изпъкнало огледало за задно виждане на автомобил има радиус на кривината $R = 2\,\text{m}$. На разстояние $x = 5\,\text{m}$ зад автомобила се движи мотоциклетист. На какво разстояние x' зад огледалото се получава неговият образ и колко е линейното увеличение M?

3. Къде пред вдлъбнато сферично огледало с фокусно разстояние $f = 15\,\text{cm}$ трябва да се постави предмет, за да се получи прав и трикратно увеличен негов недействителен образ?

Тема 4: Лещи, видове и оптични характеристики.

1. Две тънки лещи — една събирателна с фокусно разстояние $f_1 = 20\,\text{cm}$ и една разсейвателна с оптична сила $\Phi_2 = -2\,\text{dpt}$, са долепени плътно една до друга. Пресметнете общата оптична сила Φ и общото фокусно разстояние f на тази система.

2. Предмет е поставен на разстояние $x = 12\,\text{cm}$ пред тънка събирателна леща. Върху екран, разположен зад лещата, се получава ясен и двукратно увеличен негов реален образ. Намерете фокусното разстояние f на лещата.

3. Разсейвателна леща има фокусно разстояние $f = -20\,\text{cm}$. Предмет е поставен на разстояние $x = 30\,\text{cm}$ пред нея. На какво разстояние x' от лещата се намира образът и какъв е неговият характер (действителен/недействителен, прав/обърнат)?

Тема 5: Окото като оптичен уред. Аномалии.

1. Далечната точка на ясно виждане за окото на късоглед човек се намира на разстояние $x = 50\,\text{cm}$. Каква оптична сила Φ трябва да имат стъклата на очилата му, за да може той да вижда ясно безкрайно отдалечени обекти?

2. Човек с далекогледство може да чете книга без напрежение само ако тя е отдалечена най-малко на $x = 60\,\text{cm}$ от очите му. Какви очила (вид лещи и оптична сила Φ) са му необходими, за да чете книгата от стандартното разстояние на най-добро зрение $x_0 = 25\,\text{cm}$?

3. Обяснете чрез законите на геометричната оптика защо при преминаване на човек от тъмно помещение на ярка слънчева светлина зеницата му се свива, а очната леща променя фокусното си разстояние при фокусиране от далечен към близък предмет (процес на акомодация).

Тема 6: Оптични уреди. Увеличение.

1. Бижутер използва лупа с оптична сила $\Phi = 20\,\mathrm{dpt}$. Намерете нейното фокусно разстояние f и пресметнете приблизителното й ъглово увеличение M_α, ако окото на наблюдателя е нормално ($x_0 = 25\,\mathrm{cm}$).

2. Обективът на биологичен микроскоп дава линейно увеличение $M = 40$, а окулярът действа като лупа с ъглово увеличение $M_{\alpha,\text{окуляр}} = 10$. Колко е общото ъглово увеличение M_α на микроскопа?

3. Астрономически телескоп (рефрактор) има обектив с фокусно разстояние $f_{\text{обектив}} = 1.2\,\mathrm{m}$. Какво трябва да бъде фокусното разстояние на окуляра $f_{\text{окуляр}}$, за да се постигне ъглово увеличение $M_\alpha = 60$? Каква е общата дължина на тръбата на телескопа при наблюдение на звезди?

Тема 7: Спектър на светлината. Цвят на телата.

1. Червен филтър пропуска само светлина с дължина на вълната около $\lambda = 650\,\mathrm{nm}$. Как ще изглежда зелен предмет (който отразява само зелена светлина с $\lambda \approx 530\,\mathrm{nm}$), ако бъде осветен с бяла светлина, преминала през този червен филтър? Обяснете защо.

2. Защо небето изглежда синьо в ясен слънчев ден, а Слънцето по време на залез придобива наситено червен или оранжев цвят? Кое физично явление стои зад това?

3. Монохроматичен светлинен лъч преминава от вакуум в прозрачна среда. Честотата на вълната е $\nu = 5 \cdot 10^{14}\,\mathrm{Hz}$. Променя ли се тази честота в средата и какъв цвят ще възприеме човешкото око, ако показателят на пречупване на средата е $n = 1.5$?

Тема 8: Дисперсия на светлината.

1. Бял светлинен сноп пада под наклон върху повърхността на стъклена призма. Опишете подредбата на цветовете в изходящия спектър (от най-слабо отклонения до най-силно отклонения цвят) и обяснете нейната физическата причина.

2. Дифракционна решетка има $N = 500$ линии/mm. Намерете константата (периода) на решетката d в метри.

3. Върху дифракционна решетка с период $d = 2\,\mu\text{m}$ пада нормално монохроматична светлина. Максимумът от първи порядък ($k = 1$) се наблюдава под ъгъл $\theta = 17.45°$. Пресметнете дължината на вълната λ на светлината ($\sin 17.45° \approx 0.3$).

Тема 9: Интерференция на светлината.

1. Две кохерентни светлинни вълни с дължина на вълната във вакуум $\lambda = 500\,\text{nm}$ се пресичат в точка M. Разликата в оптичните пътища на вълните до тази точка е $\Delta = 1.5\,\mu\text{m}$. Какъв ще бъде интерференчният резултат в точка M – максимум (усилване) или минимум (затихване)?

2. В опит на Юнг за интерференция от два процепа, разстоянието между процепите е $d = 0.5\,\text{mm}$, а екранът е поставен на разстояние $L = 2\,\text{m}$. Ако се използва светлина с $\lambda = 600\,\text{nm}$, намерете разстоянието Δx между два съседни интерференчни максимума (ширината на интерференчната ивица) върху екрана.

3. Какво е необходимото условие за разликата във фазите $\Delta\varphi$ между две припокриващи се светлинни вълни в дадена точка, за да се наблюдава устойчива интерференчна картина във времето? Могат ли две независими LED крушки да интерферират?

Тема 10: Дифракция и поляризация на светлината.

1. Защо дифракцията на звуковите вълни в ежедневието се забелязва изключително лесно (чуваме гласове зад ъгъла на сграда), докато дифракцията на светлинните вълни изисква специални лабораторни условия и много тесни отвори?

2. Естествена светлина с интензитет I_0 преминава последователно през два идеални поляроида (поляризатор и анализатор). Ъгълът между техните оси на пропускане е $\alpha = 60°$. Каква част от първоначалния интензитет I_0 ще премине през втория поляроид съгласно Закона на Малюс?

3. Светлинен лъч се отразява от повърхността на вода ($n = 1.33$). Под какъв ъгъл на падане θ_B (ъгъл на Брюстер) отразеният лъч ще бъде напълно линейно поляризиран? Около каква стойност е ъгълът, ако $\tan\theta_B = 1.33$?

Отговори и решения

Тема 1

Задача 1: Използваме закона на Снелиус:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2.$$
$$\sin\theta_2 = \frac{n_1 \cdot \sin\theta_1}{n_2} = \frac{1.5 \cdot \sin(30^\circ)}{1.33} = \frac{1.5 \cdot 0.5}{1.33} = \frac{0.75}{1.33} \approx 0.564.$$

Отговор: $\sin\theta_2 \approx 0.564$.

Задача 2: Скоростта в средата е:

$$v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8}{2.42} \approx 1.24 \cdot 10^8 \,\mathrm{m/s}.$$

Дължината на вълната намалява: $\lambda = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{600}{2.42} \approx 247.9\,\mathrm{nm}$.

Отговор: $v \approx 1.24 \cdot 10^8 \mathrm{m/s}$, $\lambda \approx 247.9\,\mathrm{nm}$.

Задача 3: При пълно вътрешно отражение:

$$\sin\theta_{\text{гр}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1.00}{1.50} = \frac{2}{3} \approx 0.667.$$

Следователно $\theta_{\text{гр}} = \arcsin(0.667) \approx 41.8^\circ$.

Отговор: $\theta_{гр} \approx 41.8^\circ$.

Тема 2

Задача 1: От подобието на триъгълниците, формирани от очите, краката и образа зад огледалото, следва че минималната височина винаги е половината от ръста на човека:

$$H = \frac{h}{2} = \frac{1.80}{2} = 0.90\,\mathrm{m}.$$

Тази стойност не зависи от разстоянието до огледалото.

Отговор: $H = 0.90\,\mathrm{m}$, *не зависи от разстоянието.*

Задача 2: Първоначално разстоянието предмет-образ е $2x = 80\,\mathrm{cm}$. Когато огледалото се отдалечи с $15\,\mathrm{cm}$, новото разстояние до предмета става $40 + 15 = 55\,\mathrm{cm}$, а новото разстояние предмет-образ е $2 \cdot 55 = 110\,\mathrm{cm}$. Разстоянието между двата образа е разликата: $110 - 80 = 30\,\mathrm{cm}$ (или просто $2 \cdot \Delta x$).

Отговор: $30\,\mathrm{cm}$.

Задача 3: Когато плоско огледало се завърти на ъгъл γ, нормалата към него също се завърта на γ. Това променя ъгъла на падане с γ и ъгъла на отражение с γ. Общото отклонение на отразения лъч е два пъти ъгъла на завъртане: $\Delta\theta' = 2\gamma = 2 \cdot 10^\circ = 20^\circ$.

Отговор: $\Delta\theta' = 20^\circ$.

Тема 3

Задача 1: Фокусното разстояние е:

$$f = \frac{R}{2} = 20\,\text{cm}.$$

Ползваме формула за огледало: $\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'}$.

$$\frac{1}{20} = \frac{1}{30} + \frac{1}{x'} \Rightarrow \frac{1}{x'} = \frac{1}{20} - \frac{1}{30} = \frac{3-2}{60} = \frac{1}{60} \Rightarrow x' = 60\,\text{cm}.$$

Тъй като $x' > 0$, образът е действителен. Увеличението е $M = \frac{x'}{x} = \frac{60}{30} = 2$. Височината на образа е $h' = M \cdot h = 2 \cdot 4\,\text{cm} = 8\,\text{cm}$ (обърнат).

Отговор: $x' = 60\,\text{cm}$, $h' = 8\,\text{cm}$, *действителен.*

Задача 2: За изпъкнало огледало фокусът е виртуален:

$$f = -\frac{R}{2} = -1\,\text{m}.$$

$-\frac{1}{1} = \frac{1}{5} + \frac{1}{x'} \Rightarrow \frac{1}{x'} = -1 - 0.2 = -1.2 \Rightarrow x' = -\frac{1}{1.2} \approx -0.833\,\text{m} = -83.3\,\text{cm}.$
Увеличението е $M = \left|\frac{x'}{x}\right| = \frac{0.833}{5} \approx 0.167$.

Отговор: $x' \approx -83.3\,\text{cm}$ *(зад огледалото, недействителен),* $M \approx 0.167$.

Задача 3: Образът е недействителен (виртуален) и прав, затова във формулата x' е с минус, а линейното увеличение е

$$M = -\frac{x'}{x} = 3 \Rightarrow x' = -3x.$$

$$\frac{1}{15} = \frac{1}{x} - \frac{1}{3x} = \frac{3-1}{3x} = \frac{2}{3x} \Rightarrow 3x = 30 \Rightarrow x = 10\,\text{cm}.$$

Отговор: На разстояние $x = 10\,\text{cm}$ *пред огледалото.*

Тема 4

Задача 1: Оптичната сила на първата леща е:

$$\Phi_1 = \frac{1}{f_1} = \frac{1}{0.2\,\text{m}} = 5\,\text{dpt}.$$

Общата оптична сила на долепени лещи е сума от техните сили:

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = 5 + (-2) = 3\,\text{dpt}.$$

Общото фокусно разстояние е:

$$f = \frac{1}{\Phi} = \frac{1}{3} \approx 0.333\,\text{m} = 33.3\,\text{cm}.$$

Отговор: $\Phi = 3\,\text{dpt},\ f \approx 33.3\,\text{cm}$.

Задача 2: Образът е реален и увеличен 2 пъти, следователно:

$$M = \frac{x'}{x} = 2 \Rightarrow x' = 2x = 2 \cdot 12 = 24\,\text{cm}.$$

Формула за тънка леща:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'} = \frac{1}{12} + \frac{1}{24} = \frac{2+1}{24} = \frac{3}{24} = \frac{1}{8} \Rightarrow f = 8\,\text{cm}.$$

Отговор: $f = 8\,\text{cm}$.

Задача 3: Прилагаме формулата за тънка леща със съответните знаци:

$$\frac{1}{-20} = \frac{1}{30} + \frac{1}{x'} \Rightarrow \frac{1}{x'} = -\frac{1}{20} - \frac{1}{30} = \frac{-3-2}{60} = -\frac{5}{60} = -\frac{1}{12} \Rightarrow x' = -12\,\text{cm}.$$

Знакът минус на x' означава, че образът е виртуален (недействителен). Всички виртуални образи от единична леща са прави.

Отговор: $f' = -12\text{cm}$, *виртуален и прав.*

Тема 5

Задача 1: За да вижда късогледото око на безкрайност, лещата трябва да фокусира лъчите от безкрайност в далечната му точка. Фокусното разстояние на корекционната разсейвателна леща, трябва да е равно на разстоянието до далечната точка със знак минус: $f = -0.5\,\text{m}$. Оптичната сила е $\Phi = \frac{1}{f} = \frac{1}{-0.5} = -2\,\text{dpt}$.

Отговор: $\Phi = -2\,\text{dpt}$ *(разсейвателна леща).*

Задача 2: Трябва предмет на разстояние $x = x_0 = 25\,\text{cm} = 0.25\,\text{m}$ да създава виртуален образ на разстояние, равно на близката точка на окото, $x' = -60\,\text{cm} = -0.6\,\text{m}$.

$$\Phi = \frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'} = \frac{1}{0.25} + \frac{1}{-0.6} = 4 - 1.67 = +2.33\,\text{dpt}.$$

Отговор: $\Phi \approx +2.33\,\text{dpt}$ *(събирателна леща).*

Задача 3: Свиването на зеницата е рефлекс за регулиране на светлинния поток (интензитета), за да не се повреди ретината. Промяната на кривината на лещата (акомодация) е необходима, защото при приближаване на предмет, разстоянието x намалява. За да остане образът точно върху ретината ($x' = \text{const}$), оптичната сила $\Phi = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'}$ трябва да се увеличи, което става чрез свиване на мускулите и удебеляване на очната леща.

Тема 6

Задача 1: Фокусното разстояние е:

$$f = \frac{1}{\Phi} = \frac{1}{20} = 0.05\,\mathrm{m} = 5\,\mathrm{cm}.$$

Ъгловото увеличение на лупата е $M_\alpha \approx \frac{x_0}{f} = \frac{25\,\mathrm{cm}}{5\,\mathrm{cm}} = 5$.

Отговор: $f = 5\,\mathrm{cm}$, $M = 5$ пъти.

Задача 2: Общото увеличение на микроскопа е произведение от увеличенията на двата му компонента:

$$M_\alpha = M_{\text{обектив}} \cdot M_{\text{окуляр}} = 40 \cdot 10 = 400.$$

Отговор: $M_\alpha = 400$ пъти.

Задача 3: Формулата за увеличение на телескоп е:

$$M_\alpha = \frac{f_{\text{обектив}}}{f_{\text{окуляр}}} \Rightarrow 60 = \frac{1.2\,\mathrm{m}}{f_{\text{окуляр}}} \Rightarrow f_{\text{окуляр}} = \frac{1.2}{60} = 0.02\,\mathrm{m} = 2\,\mathrm{cm}.$$

Дължината на тръбата при фокус на безкрайност е сумата от фокусните разстояния:

$$L = f_{\text{обектив}} + f_{\text{окуляр}} = 120\,\mathrm{cm} + 2\,\mathrm{cm} = 122\,\mathrm{cm} = 1.22\,\mathrm{m}.$$

Отговор: $f_{окуляр} = 2\,\mathrm{cm}$, дължина $L = 1.22\,\mathrm{m}$.

Тема 7

Задача 1: Предметът ще изглежда черен. Червеният филтър спира всички цветове освен червена светлина. Когато тази червена светлина попадне върху зеления предмет, той я поглъща изцяло (може да отразява само зелено). Тъй като предметът не отразява никаква светлина към окото, той изглежда черен.

Задача 2: Феноменът се дължи на Релеево разсейване на светлината в атмосферата. Светлината с по-къса дължина на вълната (синя, виолетова) се разсейва от въздушните молекули много по-силно от дълговълновата (червена). През деня виждаме разсеяната синя светлина. При залез, слънчевите лъчи изминават много дълъг път през атмосферата; синята светлина се разсейва и изчезва по пътя, а до окото ни достигат само директните неразсеяни червено-оранжеви лъчи.

Задача 3: При преминаване в друга среда честотата ν на светлинната вълна никога не се променя (тя зависи само от източника). Цветовото усещане се определя от честотата, затова цветът остава абсолютно същият (в случая жълто-зелен спектър за $5 \cdot 10^{14}\,\mathrm{Hz}$).

Отговор: Честотата не се променя; цветът остава същият.

Тема 8

Задача 1: Най-отгоре (най-малко отклонен) ще бъде червеният цвят, а най-отдолу (най-силно отклонен) – виолетовият цвят. Физическата причина е, че показателят на пречупване на стъклото зависи от честотата на светлината (дисперсия). За виолетовата светлина (висока честота) стъклото има по-висок показател на пречупване ($n_{\text{виолетов}} > n_{\text{червен}}$), което води до по-голям ъгъл на пречупване и отклонение.

Задача 2: Константата на решетката е разстоянието между два съседни процепа:

$$d = \frac{1\,\text{mm}}{N} = \frac{1 \cdot 10^{-3}\,\text{m}}{500} = 2 \cdot 10^{-6}\,\text{m} = 2\,\mu\text{m}.$$

Отговор: $d = 2 \cdot 10^{-6}\,\text{m}$ *(или* $2\,\mu\text{m}$*).*

Задача 3: От формулата за дифракционна решетка:

$$d \sin\theta = k\lambda, \text{ при } k = 1:$$
$$\lambda = d \cdot \sin\theta = (2 \cdot 10^{-6}\,\text{m}) \cdot \sin(17.45^\circ) = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 0.3 = 0.6 \cdot 10^{-6}\,\text{m} = 600\,\text{nm}.$$

Отговор: $\lambda = 600\,\text{nm}$.

Тема 9

Задача 1: Проверяваме, колко пъти дължината на вълната $\lambda = 500\,\text{nm} = 0.5\,\mu\text{m}$ се нанася в разликата в оптичните пътища $\Delta = 1.5\,\mu\text{m}$: $k = \frac{\Delta}{\lambda} = \frac{1.5}{0.5} = 3$. Тъй като, $k = 3$ е цяло число, е изпълнено условието за интерференчен максимум. Вълните се припокриват във фаза и се усилват.

Отговор: Максимум (усилване/светло петно).

Задача 2: Формулата за ширина на интерференчната ивица е:

$$\Delta x = \frac{\lambda \cdot L}{d} \Rightarrow \Delta x = \frac{(600 \cdot 10^{-9}\,\text{m}) \cdot 2\,\text{m}}{0.5 \cdot 10^{-3}\,\text{m}} = \frac{1200 \cdot 10^{-9}}{0.5 \cdot 10^{-3}} = 2400 \cdot 10^{-6}\,\text{m} = 2.4 \cdot 10^{-3}\,\text{m} = 2.4\,\text{mm}.$$

Отговор: $\Delta x = 2.4\,\text{mm}$.

Задача 3: Разликата във фазите $\Delta\varphi$ трябва да остава постоянна във времето (условие за кохерентност). Две независими LED крушки излъчват светлина на отделни, произволни порции (цугове) с хаотично сменяща се фаза. Затова те не са кохерентни и не могат да създадат устойчива интерференчна картина.

Тема 10

Задача 1: Дифракцията се проявява отчетливо само тогава, когато размерът на препятствието или отвора е съизмерим с дължината на вълната. Звуковите вълни, в диапазона на човешкия глас, имат дължини на вълните от порядъка на дециметри и метри, което съответства на размера на врати и прозорци. Светлинните вълни са изключително къси ($\approx 400 - 700\,\text{nm}$), затова заобикалянето на препятствия се забелязва само при микроскопични процепи.

Задача 2: След първия поляризатор естествената светлина става линейно поляризирана и нейният интензитет намалява наполовина: $I_1 = \frac{I_0}{2}$. След втория поляризатор (анализатор), прилагаме закона на Малюс:

$$I_2 = I_1 \cos^2 \alpha = \tfrac{I_0}{2} \cdot \cos^2(60^\circ) = \tfrac{I_0}{2} \cdot (0.5)^2 = \tfrac{I_0}{2} \cdot 0.25 = \tfrac{I_0}{8} = 0.125 \cdot I_0.$$

Отговор: Преминава $\frac{1}{8}$ част (12.5%) от първоначалния интензитет.

Задача 3: Според закона на Брюстер:

$$\tan \theta_B = \tfrac{n_2}{n_1}.$$

Тъй като светлината пада от въздух ($n_1 = 1$), $\tan \theta_B = 1.33$, а ъгълът е:

$$\theta_B = \arctan(1.33) \approx 53.1^\circ.$$

Отговор: $\theta_B \approx 53.1^\circ$.