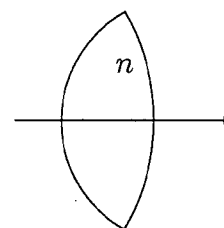


Kirjoita SELKEÄSTI jokaiseen paperiin nimesi, opiskelijanumerosi, tutkinto-ohjelmasi, opintojakso-koodi, kokeen päivämäärä sekä valitsemasi koe.

Sallitut apuvälineet: **kirjoitusvälineet ja graafinen laskin**. Muun oman materiaalin tuominen ei sallittu.

Tämä on fysiikan kurssi, joten desimaalilleen oikeaa numeerista vastausta tärkeämpää on että osoitat ymmärtäneesi ongelman taustalla olevan fysiikan. Jokaista tehtävää kannattaa ainakin yrittää. Onnea!

- Määrittele seuraavien termien merkitys mahdollisimman lyhyesti:
  - diffrakatio
  - tunneloituminen
  - De Broglien aalto
  - Faradayn induktiolaki
  - dispersio (optiikassa)
  - Poyntingin vektori
- Vastaa seuraaviin kysymyksiin lyhyesti, mutta täsmällisesti. Käytä tarvittaessa piirroksia vastauksen tukena. Pelkkä piirros ei kuitenkaan ole riittävä vastaus.
  - Saatko selville sähkömagneettisen aallon tulosuunnan mittaamalla sähkö- ja magneettikentän jossain avaruuden pisteessä (missä ko. aalto kulkee)? Perustelee.
  - Valonsäde kulkee ilmassa ja osuu lasipintaan. Onko kokonaisheijastus mahdollinen? Perustelee vastauksesi.
- Ohuen kaksoiskuperan linssin (kuten kuvassa 3) pintojen kaarevuussäteet ovat 20.0 cm ja 12.0 cm. Linssimateriaalin taitekerroin on 1.47.
  - Laske linssin polttoväli.
  - 2.0 cm korkea esine on 30 cm etäisyydellä linssistä. Laske muodostuvan kuvan paikka ja korkeus.



Tehtävä 3.

- Auringon ja Maan välinen etäisyys on  $1.5 \cdot 10^{11}$  m ja Auringon sekä Marsin välinen etäisyys on  $2.3 \cdot 10^{11}$  m. Auringon irradianssi puolella välissä Maasta Marsiin on  $1.913 \cdot 10^4$  W/m<sup>2</sup>. Käytä tätä keskimääräistä arvoa seuraavien arvioiden tekemiseen. Myöskään gravitaatioilmiöitä ei tarvitse ottaa huomioon.

Cosmos 1 -satelliitin aurinkopurje on täysin heijastava ja hyvin ohut kalvo, josta heijastuva auringonvalo liikuttaa satelliittia. Satelliitin massa on 100 kg ja aurinkopurjeen pinta-ala 600 m<sup>2</sup>. Satelliitti laukaistaan aluksi Maan ilmakehän ulkopuolelle, jonka jälkeen se on levossa, eikä mikään ei vastusta sen liikettä. Laukaisun jälkeen purje avataan ja suunnataan kohti Aurinkoa. Mikä on satelliitin Auringolta saama nopeuden lisäys 1 vuorokauden jälkeen? Kauanko matka Marsin radan etäisyydelle kestää ja sinne saavuttaessa mikä on satelliitin vauhti?

- Ohut magnesiumfluoridiekko heijastaa hyvin ilmassa kulkevaa sinistä (436 nm) ja vihreätä valoa (532 nm), mutta ei mitään sen välissä. Määritä kiekon paksuus. MgF<sub>2</sub>:n taitekerroin ko. aallonpituuksille on 1.382054 (sininen) ja 1.37892 (vihreä).

Write CLEARLY in each paper your name, student number, degree programme, the code of the study module, the date of the exam, and the exam you chose. Allowed material: **writing implements and a graphical calculator**. You are not allowed to use any other material.

This is a physics course, so it is more important that you demonstrate that you understand the underlying physics than get a numerical answer that is perfect down to the last digit. It is worth to try every question. Good luck!

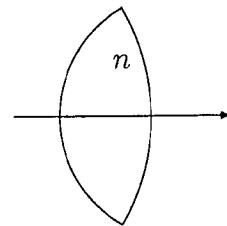
1. Define the following terms as shortly as possible:  
a) diffraction b) tunnelling c) De Broglie wave d) Faraday's law of induction e) dispersion (in optics) f) Poynting's vector

2. Answer the following questions shortly but precisely. Use drawings to support your answer if needed. Using only drawings is, however, not a sufficient answer.

- (a) By measuring the electric and magnetic fields at a point in space where there is an electromagnetic wave, can you determine the direction from which the wave came? Explain.
- (b) A ray of light is propagating in air and hits a glass surface. Is total internal reflection possible? Justify your answer.

3. The surfaces of a thin double-convex lens (similar to the one in Fig. 3) has radii of curvature of 20.0 cm and 12.0 cm, respectively. The refractive index for the lens material is 1.47.

- (a) Determine the focal length of the lens.
- (b) A 2.0 cm high object is located 30 cm from the lens. Determine the height and location of the image.



Problem 3.

4. The distance between Sun and Earth is  $1.5 \cdot 10^{11}$  m and the distance between Sun and Mars is  $2.3 \cdot 10^{11}$  m. Solar irradiance halfway between Earth and Mars is  $1.913 \cdot 10^4$  W/m<sup>2</sup>. Use this average value for the following estimations. You may also neglect gravitational effects.

The solar sail in Cosmos 1 satellite is perfectly reflecting and very thin membrane. As the solar radiation reflects from it, the satellite experiences acceleration. The mass of Cosmos 1 is 100 kg and the area of the solar sail is 600 m<sup>2</sup>. The satellite is launched right outside Earth's atmosphere, after which it is at rest and nothing opposes its movement and the solar sail is opened and directed towards the Sun. What is the additional velocity received by the satellite from the Sun after 1 day? How long does it take to travel to Mars and what is the speed of the satellite when it reaches Mars?

5. A thin magnesium fluoride disc reflects well blue (436 nm) and green light (532 nm), incident from air, but nothing in between. Determine the thickness of the disc. Refractive indices for MgF<sub>2</sub> are 1.382054 (blue) and 1.37892 (green).

Kaavoja -- Formulas

$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ q_1 q_2 }{r^2} \hat{r}$	$E = \frac{F_0}{q_0}$	$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$	$p = qd$
$U_\epsilon = -p \cdot E$	$U_\mu = -\mu \cdot B$	$\oint_A KE \cdot dA = \frac{Q_{\text{encl-free}}}{\epsilon_0}$	$W_{a \rightarrow b} = U_a - U_b$
$U = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0} \sum_i \frac{q_i}{r_i}$	$V = \frac{U}{q_0}$	$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r}$	$V_a - V_b = \int_a^b E \cdot dl$
$E = -\nabla V$	$\tau = p \times E$	$\tau = \mu \times B$	$C = \frac{Q}{V_{ab}}$
$\frac{1}{C_{\text{eq}}} = \sum_i \frac{1}{C_i}$	$C_{\text{eq}} = \sum_i C_i$	$\Phi_B = \frac{\mu_0 N i A}{2\pi r}$	$C = 4\pi\epsilon \frac{r_a r_b}{r_b - r_a}$
$C = 2\pi\epsilon \frac{L}{\ln(r_b/r_a)}$	$\epsilon = K\epsilon_0$	$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV$	$u = \frac{1}{2} \epsilon E^2$
$I = \frac{dQ}{dt}$	$J = nqv_d$	$C = \epsilon \frac{A}{d}$	$\rho(T) = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$
$R = \frac{\rho L}{A}$	$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I I'}{2\pi r}$	$V_{ab} = E - Ir$	$P = \frac{dW}{dt} = V_{ab} I = I^2 R = \frac{V_{ab}^2}{R}$
$F = q(E + v \times B)$	$\oint B \cdot dA = 0$	$dB = \frac{\mu_0 I dl \times \hat{r}}{4\pi r^2}$	$\oint_S B \cdot dl = \mu_0 I_{\text{encl}}$
$B_x = \frac{\mu_0 I a^2}{2(x^2 + a^2)^{3/2}}$	$\text{emf} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$	$\text{emf} = \int_a^b (v \times B) \cdot dl$	$\oint E \cdot dl = -\frac{d\Phi_B}{dt}$
$\oint B \cdot dl = \mu_0 (i_c + i_D)$	$M = \frac{d\Phi_{B2}}{i_1} = \frac{d\Phi_{B1}}{i_2}$	$L = \frac{N\Phi_B}{i}$	$U_B = L \int_0^I i di = \frac{1}{2} LI^2$
$u_B = \frac{1}{2\mu_0} B^2$	$E = cB$	$\Phi_B = \int B \cdot dA$	$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$
$\theta_r = \theta_i$	$\rho = \frac{E}{J}$	$n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t$	$v = \frac{c}{n}$
$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$	$I = I_{\text{max}} \cos^2 \phi$	$\tan \theta_p = \frac{n_t}{n_i}$	$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f}$
$m = \frac{y_i}{y_o} = -\frac{s_i}{s_o}$	$\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$	$I_0 \cos^2 \frac{\phi}{2} \left[ \frac{\sin(\frac{\pi a}{\lambda})}{\frac{\pi a}{\lambda}} \right]^2$	$\lambda = \frac{h}{p}$
$d \sin \theta = m\lambda$	$d \sin \theta = \left( m + \frac{1}{2} \right) \lambda$	$S = \frac{1}{\mu_0} E \times B$	$2d \sin \theta = m\lambda$
$E_P = 2E \left  \cos \frac{\phi}{2} \right $	$I = I_0 \cos^2 \left( \frac{\phi}{2} \right)$	$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} (r_2 - r_1)$	$2t = \frac{\lambda_0}{n} \left( m - \frac{1}{2} \right)$
$2t = \frac{\lambda_0}{n} (m - 1)$	$a \sin \theta = m\lambda$	$\sin \theta_1 = 1.22 \frac{\lambda}{D}$	$\Delta x \Delta p_x \geq \hbar$
$\Delta E \Delta t \geq \hbar$	$y_m = R \frac{m\lambda}{d}$	$-\frac{\hbar}{2m} \nabla^2 \Psi + U\Psi = E\Psi$	$E = \frac{n^2 \hbar^2}{8mL}$

Vakioita -- Constants

$\epsilon_0$	$8.8542 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$
$m_e$	$9.1093 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
$m_p$	$1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
$\hbar = 2\pi\hbar$	$6.6260 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
$c$	$2.9980 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
$e$	$1.6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$