

Viimaste aastate eksamiküsimusi

Selgitus.

Aastate jooksul on eksamil esitatud 10 eri tasemega küsimust. Küsimuse raskusastet kirjeldab punktide arv, mida selle eest võib maksimaalselt saada. Küsimuste valikul püüdsin katta kõik loengute käsitletud põhivaldkonnad. Küsimuste valik oleneb ka sellest, kui põhjalikult käsitleti mingit probleemi optika seminarides, s.t. püüti vältida 100% kattumist testides esitatud probleemidega. NB! Palun pidada silmas, et tegelikud eksamiküsimused võivad erineda allpool olevatest.

Matti Laan

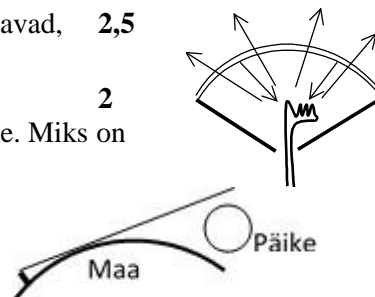
Tõestust eeldavad küsimused.

Eksami C-tasemele vastab üliõpilane, kes on võimeline formuleerima mingit tõestust nõudva küsimuse lähtekohad ja oli võimeline analüüsima lõpptulemust. A ja B tase eeldab seoste tuletamist.

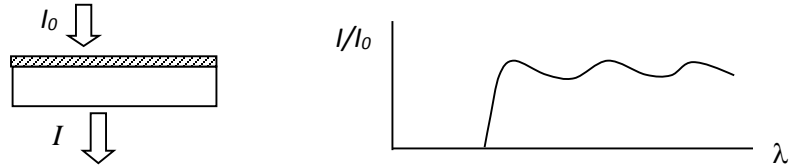
1. Dispersiooniseos $\varepsilon = f(\omega)$: tuletada ja analüüsida. 3
2. Tuletada optilise käiguvahe avaldis tasaparalleelselt plaadilt peegelduvate kiirte vahel 3
3. Fraunhoferi difraktsioon ühel pilul: tuletada avaldis kiiritustiheduse jaoks. 3
4. Tõestada, miks tavatingimustel tuleb valguse ja aine vastasmõju puhul arvestatakse vaid elektrivälja komponenti. Millal tuleb arvestada ka magnetvälja mõju? 2,5
5. Lähtudes kvantoptikast, leida avaldis neeldumiskoeffitsiendi jaoks. Miks võib paralleelse kiirtekimbu neeldumisel spontaanse kiirguse osakaalu lugeda tühiselt väikeseks 2,5
6. Valguse langemine kahe dielektriku lahutuspinnale. Koostada lähtevõrrandid juhu jaoks, kui langev valgus on lineaarselt polariseeritud langemistasandis. Joonistada graafik ja analüüsida peegelduskoeffitsiendi sõltuvus langemisnurgast juhul, kui $N_{21} > 1$. 2,5
7. Tuletada neeldumisseadus 2
8. Mitmekiireline interferents: tuletada kiiritustiheduse jaotus läbivas valguses. Analüüs. 4
9. Kiiritustiheduse jaotus N pilu difraktsiooni korral (tuletada) 4
10. Dipooli kiirgus (tuletada) 3
11. Lähtudes kvantoptikast, leida avaldis neeldumiskoeffitsiendi jaoks. Miks võib paralleelse kiirtekimbu neeldumisel spontaanse kiirguse osakaalu lugeda tühiselt väikeseks 2,5
12. Huygens-Fresneli printsiipt. Tema rakendus: tuletada seos Fresneli tsoonidest lähtuvate lainete jaoks. Faasidiagramm 2,5

Küsimused/probleemid

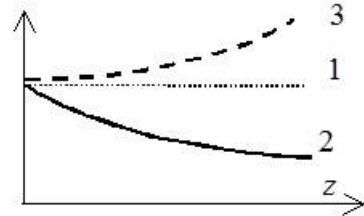
1. Päikeseprillide tootjad väidavad, et objektid on kõige teravamalt nähtavad, kui prillid omavad kergelt kollakat varjundit. Analüüsige seda väidet. 2,5
2. Patendikirjeldusest: ruumi valgustuseks mõeldud lambi balloon kaetakse kihiga, mis peegeldab infrapunase kiirguse tagasi hõõgniidile. Miks on selline täiustus hea? 2
3. Hommikul a) läheb valgeks juba enne päikesetõusu; b) päikesekeha on nähtav juba siis, kui Päike on allpool horisonti. Põhjendused. 2



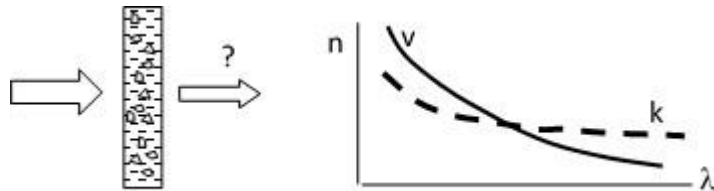
4. Mõõdeti klaasplaadil oleva õhukese kile neeldumisspektrit ja saadi joonisel kujutatud sõltuvus. 2
Selgitage leitud seaduspärasusi.



5. Koosnegu keskkond aatomitest, millel on vaid kaks energianivood energiatega E_1 ja E_2 . 2
Muutes langeva valguse lainepikkust, registreeritakse intensiivsus ainetüki väljumisel. Joonisel on kujutatud intensiivsuse sõltuvus ainetüki paksusest. Millistel tingimustel realiseeruvad kujutatud kolm juhtu?



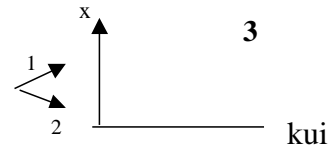
6. Korrapäratu kujuga klaasitükid paiknevad vedelikus. 2,5
Klaasi ja vedeliku dispersioonikõverad on toodud joonisel. Objektile suunatakse valge valguse paralleelne kiirtekimp (kiirtekimbu piires paikneb väga palju klaasitükke). Kirjeldada väljuvat valgust.



7. Esemete värvus. Nii paks ainetükk kui ka õhuke kile on peegelduvas valguses rohelised. Mis 2,5
määrab värvuse neil juhtudel?
8. Lühiajalisel kuumutamisel õhus muutus punase vase pind sinakaks. Miks? 2,5
9. Lõuna-Eesti künklikul maastikul paranes oluliselt telepildi kvaliteet kui saatjas mindi 2
üle madalamale kandevasagedusele. Miks?

Keskmise raskusega ja kergemad küsimused

1. Kiired 1 ja 2 langevad mittehomogeensele keskkonnale $dn/dx > 0$. 2
Joonistada kiirte levik keskkonnas.



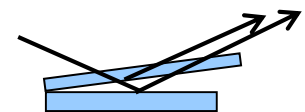
2. Kus tekib kujutis a) nõguspeeglis; b) kumerpeeglis, 2
 $|a_1| = |f|$. Joonised ja selgitus

3. Nõguspeegli kõverusraadius on 40 cm. Leida eseme asukoht, mille korral 1,5
kujutis oleks tõeline ja kaks korda suurendatud.

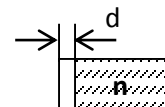
4. 2 cm kõrgune objekt paikneb 6 cm kaugusel nõguspeeglist. Leida kujutise suurus, kui peegli 1,5
kõverusraadius on 16 cm. Joonis.

5. Lähtudes Maxwelli võrranditest selgitada (kvalitatiivselt), kuidas levib elektromagnetlaine 1,5

6. Millisel empiirilisel seaduspärasusel baseerub Maxwelli võrrand $\text{rot}\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$? 1,5
7. Kuidas on seotud elektromagnetlaine elektri- ja magnetkomponent? Millal on \vec{E} ja \vec{H} faasis nihutatud? 1,5
8. Poytingi vektor ja kiiritustihedus.. Miks on optikas kasutusel kiiritustihedus? 1,5
9. Kuidas teha lihtsaimal viisil kindlaks, et valgus on ristilaine? 1,5
10. Dipooli kiirguse peamised seadusepärasused. 1,5
11. Faasi- ja rühmakiirus 1,5
12. Must keha. Stefan-Boltzmanni seadus 1
13. Must keha. Wieni nihkeseadus 1,5
14. Kiirgavus ja kirkus. Mille poolest nad erinevad? 1,5
15. Millisel juhul kehtib radiomeetrias kiirgusvoo ja kiirgustugevuse vahel seos $\Phi_e = 4\pi J_e$ 1
16. Brewsteri nurk. Kummal juhul on Brewsteri nurk suurem: kas valguse levikul õhust klaasi või klaasist õhku? 1
17. Langev valgus on ringpolariseeritud. Kuidas on polariseeritud peegelduv valgus? 1,5
18. Miks lahutuspinna Brewsteri nurga all ja langemistasandis peegelduv valgus ei peegeldu, aga risttasandis langev valgus peegeldub? 1,5
19. Valgus komponentidega $E_x = E_0 \cos \omega t$ ja $E_y = E_0 \sin \omega t$ peegeldub dielektriku pinnalt ($N > 1$, $\alpha < \alpha_B$). Kuidas on polariseeritud langev ja peegelduv valgus? Joonisel esitada mõlema juhu jaoks elektrivälja vektori liikumissuunad. 2,5
20. Suunates klaasist lineaarselt polariseeritud valguse klaas-õhk piirpinna täieliku peegelduse piirnurgast suurema nurga all selgus, et väljuv valgus on endiselt lineaarselt polariseeritud. Milline oli langeva valguse asimuut? 1,5
21. Millised tingimused peavad olema täidetud, et täielikul peegeldumisel oleks peegelduv valgus lineaarselt polariseeritud? 1,5
22. Millega võrdub täielikul peegeldumisel elektrivälja tugevuse tangentsiaalkomponent teises keskkonnas? 1
23. Ringpolariseeritud valguse saamine Fresneli rombiga 2
24. Täielikul peegeldumisel on langeva ja peegelduva laine kiiritustihedused võrdsed. Samal ajal kehtib piirpinnal elektri- ja magnetvälja tugevuse tangentsiaalkomponentide võrdsus. Mis on näiva vastuolu põhjuseks 2
25. Valgus levib mingis keskkonnas ja osutub, et elektri- ja magnetväljatugevuse vektorite vahel on faasinihe. Mida võib öelda selle keskkonna omaduste kohta? 1,5
26. Kompleksne murdumisnäitaja, tema füüsikaline mõte 1,5
27. Miks on interferentsinähtuste puhul kasutusel optilise käiguvähe mõiste? 1
28. Valgusallikaks on heeliumiga täidetud lamp. Kuidas muutub koherentsuse teepikkus, kui lambi rõhku suurendada kaks korda? 1,5
29. Reeglina vaadeldakse kiilul tekkivat interferentsipilti peegelduvas valguses. Miks? 1
30. Millised on olulisemad sarnasused ja erinevused kahe- ja mitmekiirelise interferentsipildi vahel? 1,5
31. Vaadeldakse interferentsiribasid, mis tekivad peegeldumisel kahe plaadi vahel olevalt õhkkiilult. Langemistasandis polariseeritud paralleelse kiirtekimbu langemisnurka muudetakse 40° - 80° . Millised kvalitatiivsed muutused toimuvad interferentsipildis? 2,5
32. Lause "Interferentsiriba laius on vahemaa kahe lähima punkti vahel, milles kiiritustihedus omab sama väärtust", on vigane. Milles on viga? 1,5
33. Samakalde ja samapaksus interferents, sarnasused ja erinevused 1,5

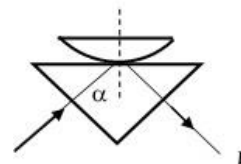


34. Samakalderibad, kirjeldus. Millised muutused toimuvad, kui punktallikas asendada lõplike mõõtmetega allikaga? **1,5**
35. Millisel juhtumil on interferentsipilt ruumis lokaliseeritud? **1**
36. Michelsoni interferomeeter, kirjeldus. Jälgitakse samakalderibasid. Millised muutused toimuvad, kui ühte peeglitest nihutada kaugemale? **2**
37. Michelsoni interferomeetri tööpõhimõte. Millistel tingimuste saab tekitada temaga samakalderibasid. **2**
38. Selgendava interferentskatte tööpõhimõte **1,5**
39. Valgus langeb vasakult joonisel kujutatud läbipaistvale süsteemile. **2**
Katses selgus, et mingil lainepikkusel peegelduskoefitsient $R = 0$. Leida avaldis selle lainepikkuse ja õhukese kile murdumisnäitaja jaoks



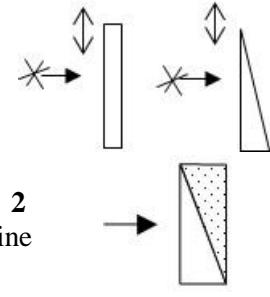
40. Tasakumer lääts lebab täisnurksel prismaal. Prismale langeb paralleelne kiirtekimp. Millist pilti näeb vaatleja V, kui langemisnurk $\alpha < \alpha_p$ ja $\alpha > \alpha_p$. Joonised ja põhjendus. **2,5**

41. Millised on põhilised erinevused seisulaine ja vabas ruumis leviva laine vahel? **1,5**
42. Millal on interferentsipilt lokaliseeritud ja millal lokaliseerimata? **1,5**
43. Kahe- ja mitmekiirelise interferents. Sarnasused ja erinevused. **1,5**
44. Milline on ruumiline nihe seisulaine kahe paisu vahel? **1**
45. Polariseeritud valguse interferents. Milleks on vaja paigutada kristall kahe polaroidi vahele? **2**



46. Huygens-Fresneli printsiip **1**
47. Fresneli difraktsioon ümmargusel aval: miks tekib geomeetrilise varju keskel hele täpp **2**
48. Fresneli tsooniplaat **1,5**
49. Fraunhofer difraktsioon kahel pilu: milline on difraktsioonipilt, kui a) pilude valgustus on koherentne; b) kumbagi pilu valgustatakse sõltumatust valgusallikast. **1,5**
50. Rayleigh kriteerium **1**
51. Kaks lähedalasuvat valgusallikat on vaatlusel läbi sinise valgusfiltri eristatavad, kuid valges valguses sulavad nad kokku. Selgitada. **1,5**
52. Fraunhoferi difraktsioon. Ühe pilu difraktsioonipildi miinimumide tingimus ja difraktsioonivõre 2 peamaksimumide tingimus on kujult sarnased. Milline on aga nende seoste füüsikaline tagapõhi? **2**
53. Fraunhoferi difraktsioon: võrreldes Youngi katse tavatingimustega, millised muutused leiavad aset difraktsioonipildis, kui kumbagi pilu valgustada sõltumatutest valgusallikatest. Joonised! **2,5**
54. Difraktsioonivõre. Ehitada faasidiagramm peamaksimumide suuna jaoks. **1**
55. Difraktsioonivõre. Peamaksimumide tingimus ja tema füüsikaline tagapõhi. Ehitada faasidiagramm peamaksimumide suuna jaoks. **1,5**
56. Difraktsioonivõre peamaksimumid. Miks on peamaksimumide kiiritustihedus võrdeline pilude arvu ruuduga? **2**
57. N kiirgusallikat kiirgavad kõik sagedusel ω_0 . Kujutada nende allikate kiirgus, geomeetriliselt kui a) allikad on sõltumatud; b) allikad kiirgavad koherentselt. Millega on võrdeline nende allikate summaarne kiirgus? **1,5**
58. Millised muutused toimuvad difraktsioonipildis, kui suurendada pilude ristsuunas võre mõõtmeid? **1,5**
59. Algul on langev valgus risti difraktsioonivõre tasandiga. Seejärel pööratakse difraktsioonivõret 45° võrra. Kas nurkkaugus kahe sama järgu spektrijoone vahel väheneb või suureneb? Joonis. **1,5**
60. Difraktsioonivõre kui spektraalriist **2**

61. Holograafia põhiidee. 2
62. Anisotroopne keskkond: millal on üheteljelises kristallis tavalise ja ebataavalise kiire murdumisnäitajate vahe võrdne ja millal on murdumisnäitajate vahe maksimaalne? 1
63. Lähtudes Huygeni konstruktsioonist selgitada, kuidas tekib faasiplaadis faasinihe tavalise ja ebataavalise kiire vahel 2,5
64. Milline on faasivahe kahe laine vahel, mis väljuvad veerandlaine plaadist? 1
65. Üheteljelisest kristallist valmistatud veerandlaine plaadist väljub lineaarselt polariseeritud laine. Kuidas on orienteeritud langeva laine polarisatsioonitasand? 2
66. Joonisel kujutatud tasaparalleelne plaat ja prisma on üheteljelised negatiivsed kristallid ja neile langeb polariseerimata valgus. Milline on neist detailidest väljuv valgus? Joonis, põhjendus 2
67. Kuidas eristada ringpolariseeritud valgust loomulikust valgusest? 2
68. Polariseerimata valgus langeb kahest prismast koosnevale süsteemile (vt joonis). Esimene prisma (n) on isotroopsest materjalist, teise prisma optiline telg on risti joonise tasandiga; $n_o > n_e = n$. Skitseerida väljuvate kiirte levimissuunad. Kuidas on kiired polariseeritud? 2
69. Polarisationitasandi pöördumine: peamised seaduspärasused 1
70. Jälgitakse polarisationitasandi pöördumist. Kasutades punast valgusfiltrit on võimalik leida teise polaroidi asend, mille puhul väljundis valgust ei ole. Kirjeldada võimalikult detailselt mis juhtub, kui valgusfilter eemaldada 2
71. Valguse hajumine, peamised seaduspärasused 1,5
72. Kuidas sõltub hajunud valguse kiiritustihedus lainepikkusest? 1
73. Selgitada, miks on 90° nurga all hajunud valgus lineaarselt polariseeritud.. Joonis 1,5
74. Dipool kiirgab igas suunas v.a. tema telg. Miks levib aga valgus homogeenes keskkonnas pealelangeva valgusega samas suunas? 2
75. Fraunhoferi jooned. Joonistada mingi joone läheduses murdumisnäitaja ja neeldumiskoeffitsiendi sõltuvus sagedusest. 2
76. Naatriumlamp kiirgab kollases spektriosa kahel lähedasel lainepikkusel. Joonistada selle spektraalpiirkonna jaoks neeldumisspekter ja dispersioonikõver. 1,5
77. Optilises kius kasutatakse valgusimpulsside edastamiseks lainepikkust, kus $dn/d\lambda = 0$ Miks? 2,5
78. Millised võrratused kehtivad valguse kiiruse vahel vaakumis ning faasi- ja rühmakiiruse vahel, kui $\omega \gg \omega_0$? 2
79. Kaugel asuvat valget tänavavalgustit ümbritsevad värvilised rõngad võivad tekkida nii dispersiooni tõttu jääkristallides kui ka difraktsiooni tõttu udupiiskadel. Kuidas teha kindlaks rõngaste tekkepõhjus? 1,5
80. Rühmakiirus. Kas anomaalse dispersiooni piirkonnas on rühmakiirus suurem või väiksem faasikiirusest? 2
81. Doppleri efekt. 1
82. Faaside sünkroniseerimiseks kasutatakse anisotroopset kristalli. Kas ja kuidas on polariseeritud ω ja 2ω ? 1,5
83. Anoodi ja katoodi vahelises elektriväljas liiguvad kiirusega v positiivsed ioonid, mis paigal seistes kiirgavad lainepikkusel λ_0 . Milline on registreeritav lainepikkus juhul, kui mõõtmine toimub läbi anoodis oleva ava? 1,5
84. Fotoefekt. Millised vastuolud tekivad, kui püüda seletada efekti lähtudes valguse lainemudelist? 2
85. Hõõglambi poolt kiiratava valguse keskmine lainepikkus on 1200 nm. Arvutada 200-vatise lambi poolt ühes sekundis kiiratavate footonite arv. 1,5
86. Fotoefekt, peamised seaduspärasused. 1,5
87. Neeldumisseadus. Millal on neeldumiskoeffitsient negatiivne? 1



88. Platinast plaadile langeb valgus, mille lainepikkus on 150 nm. Elektronide, emiteerimine lõpeb kui katoodi pinge on 1,7 V. Määrata elektroni väljumistöö. **1,5**
89. Kui valgus sagedusega $8,22 \times 10^{14}$ Hz langeb metalli pinnale, siis emiteerinud elektronide energia on 2×10^{-19} J. Leida selle metalli fotoefekti punasele piirile vastav lainepikkus. **2**
90. Mille poolest erineb stimuleeritud kiirgus spontaansest kiirgusest? **1**
91. Aatomid kiirgavad nii spontaanse kui ka stimuleeritud energetiliste üleminekute tõttu. Paralleelse kiirtekimbu levikul aines domineerib neist üks mehhanism. Kumb? **1,5**
92. Termodünaamilises tasakaalus olevale ainele langeb valgus, mille footoni energia võrdub aine mingi kahe energianivoo energiatega. Muutes ainetüki temperatuuri selgus, et valguse neeldumine väheneb. Kas aine temperatuuri suurendati või vähendati? Põhjendada **2**
93. Lähtudes kvantoptikast, leida avaldis neeldumiskoeffitsiendi jaoks. Miks võib paralleelse kiirtekimbu neeldumisel spontaanse kiirguse osakaalu lugeda tühiselt väikeseks **2,5**
94. Laserikiirguse omadused, laseri tööpõhimõte. **2**
95. Laser: 1) tööpõhimõte; 2) miks on laseri kiirgus monokromaatilisem kui teistel valgusallikatel? **2**