



TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL

ÜLDFÜÜSIKA ÜLESANNETE
KOGU

TARTU 1980

TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL

Eksperimentaalfüüsika kateeder

Teoreetilise füüsika kateeder

ÜLDFÜÜSIKA ÜLESANNETE
KOGU

Optika. Aatomifüüsika. Tuumafüüsika

Kolmas, täiendatud ja parandatud trükk

TARTU 1980

K e s s õ n a

Käesolev ülesannete kogu, mis sisaldab optika, aatomi- ja tuumafüüsika ülesandeid füüsika eriala üliõpilastele, on koostatud TRÜ väljaande "Üldfüüsika ülesannete kogu" (3 trükk, 1974) neljanda ja viienda osa baasil. Võrreldes nimetatud väljaandega on täienduseks lisatud peamiselt lihtsamaid ülesandeid. Peale selle on aatomi- ja tuumafüüsika ülesannete koguarvu mõnevõrra vähendatud keerulisemate ülesannete väljajätmise teel, sest vahepeal toimunud muudatuste tõttu õppeplaanis on kärbitud aatomi- ja tuumafüüsika õpetamiseks ettenähtud aega. Tehtud muudatusi arvestades võivad käesolevat kogu kasutada ka teiste erialade üliõpilased (mõeldud on siin peamiselt matemaatika ja keemia eriala), kui õppejõud teeb ülesannete valiku.

O P T I K A

I. GEOMETRILINE OPTIKA

01. Laeval oleva raadiolokaatori kõrgus merepinnast on 20 m. Kui kaugel laevast merepinnal asetseva objekti võib selle lokaatoriga avastada?
02. Kõpu tuletorni kõrgus merepinnast on 102 m. Kui kaugelt on tuletorni tuli nähtav reisijale, kes asub laeva pardal, mille kõrgus merepinnast on 10 m?
03. Läbipaistmatu ketas raadiusega r asetseb ekraanist kaugusel d . Kettakujuulise valgusallikaga valgustamisel heidab ketas ekraanile täisvarju raadiusega r_1 ja poolvarju raadiusega r_2 . Ketaste tsentreid ühendav sirge on nendega ja ekraaniga risti. Arvutada valgusallika raadius ja kaugus valgustatavast kettast.
04. Millise Kuu ja Maa vahekauguse korral on Päikese varjutus täielik ja millise kauguse korral rõngakujuline, kui on teada, et Kuu tsentri kaugus maapinnast d muutub vahemikus $3,6 \cdot 10^4$ km kuni $4,0 \cdot 10^4$ km?
05. Tuletada valguse peegeldumis- ja murdumisseadus Huygenesi printsiibi põhjal.
06. Tuletada valguse peegeldumis- ja murdumisseadus, lähtudes Fermat' printsiibist.

07. Tõestada, et tasapeegli pööramisel nurga φ võrra, kui langeva kiire asend jääb endiseks, pöörduv peegeldunud kiir nurga 2φ võrra.
08. Kaks tasapeeglit lõikuvad teravnurga φ all. Peeglitele langeb lõikejoonega risti asetsevas tasapinnas olev valguskiir. Näidata, et teiselt peeglit peegeldunud kiire suuna ja esimesele peeglile langeva kiire suuna vaheline nurk δ ei sõltu langemispurgast. Arvutada δ .
09. Tasaparalleelse klaasplaadi alumine pind on hõbetatud. Plaadi paksus on 1,0 cm ja murdumisnäitaja 1,73. Selle plaadi ülemisele pinnale langeb valguskiir, mille langemismurk on 60° . Osa langenud valgusest peegeldub, osa siseneb plaati, peegeldub alumiselt pinnalt ja, murdudes teist korda ülemisel pinnal, pöörduv tagasi õhku. Peegeldunud valguskiired on teineteisega paralleelsed. Arvutada kiirtevaheline kaugus.
010. Tasaparalleelsele klaasplaadile paksusega 3,0 cm langeb valguskiir 70° -se langemispurgaga all. Arvutada plaati läbinud kiire nihe langeva kiire suhtes, kui plaadi murdumisnäitaja on 1,52.
011. Valguskiir langeb 2,5 cm paksusele klaasplaadile. Kiire langemismurk on 60° . Plaati läbinud kiir on nihkunud langeva kiire suhtes 1,3 cm võrra. Leida klaasi murdumisnäitaja.
012. Valguskiir läbib mitu erineva murdumisnäitajaga keskkonda, mis on üksteisest eraldatud paralleelsete tasapindadega. Tõestada, et kihte läbinud kiire suund sõltub ainult langeva kiire suunast ja esimese ning viimase keskkonna murdumisnäitajast.
013. Kirjutada valguse peegeldumisseadus vektori kujul, kui langeva kiire suunaline ühikvektor on \vec{k}_0 ja peegeldunud kiire suunaline ühikvektor \vec{k} . Pinna normaal kiire langemispunktis on antud ühikvektoriga \vec{N} , mille positiivne suund on teisest keskkonnast esimesse.

014. Tõestada, et kolmelt üksteisega risti asetsevalt peeg-
lilt peegeldunud valguskiire levimissuund on vastupi-
dine langeva kiire levimissuunaga.
015. Kirjutada valguse murdmiseseadus vektori kujul, kui
langeva kiire suunaline ühikvektor on \vec{k}_0 ja murdunud
kiire suunaline ühikvektor \vec{k}_2 . Pinna normaal \vec{n} on suu-
natud teisest keskkonnast esimesse.
016. Inimene vaatab jõe põhjas asuvat kivikest, kusjuures
vaatesuund moodustab veepinnaga 30° -se nurga. Arvutada
jõe tõelise sügavuse ja näiva sügavuse suhe. Kui suur
on see suhe, kui vaatesuund on veepinnaga risti?
017. Inimene vaatab enda kujutist peeglis, mis asetseb vee-
ga täidetud anuma põhjas. Kui kaugel vaataja silmast
on selle ebakujutis peeglis, kui silm asetseb 5 cm kõr-
gusel vee pinnast ja peegel 8 cm sügavusel?
018. Mikroskoobi aluslaual on 3,0 mm paksune klaasplaat.
Mikroskoop teravustatakse plaadi ülemisele pinnale,
seejärel nihutatakse mikroskoobi tuubust allapoole,
kuni muutub nähtavaks plaadi alumine pind. Nihe suu-
rus on 2,0 mm. Arvutada klaasi murdmisnäitaja.
019. Kuidas nihkub fotoaparaadi objektiivi fookus, kui apa-
raadi sisse valguskiirte teele paigutada tasaparalleel-
ne klaasplaat paksusega 6,0 mm, murdmisnäitajaga 1,5.
(Objektiiv on tugevasti diafragmeeritud.)
020. Ese asetseb 150 mm kaugusel tasaparalleelsest klaas-
plaadist. Eset vaadeldakse läbi plaadi, kusjuures vaa-
tesuund on risti plaadiga. Leida eseme kujutise kaugus
vaatlejapoolsest tahust, kui plaadi paksus on 45 mm.
021. Valguskiir langeb homogeenisele kerale, mille murdmis-
näitaja on n . Kas murdunud kiir võib kerast täielikult
peegelduda?
022. Descartes'i teooria kohaselt tekib vikerkaar päikese-
kiirte vihmapiiskades peegeldumise tulemusena. Piisas
ühe korra peegeldunud kiired annavad nn. esimest järku

vikerkaare. Piisas kaks korda peegeldunud kiired annavad teist järku vikerkaare. Vikerkaare nurksuuruse võib määrata tingimusest, et nurk δ langeva kiire ja pärast peegeldumist piisast väljunud kiire vahel peab olema minimaalne. Millise nurga α all peab langema valguskiir piisa pinnale, et esineks kiire minimaalne kõrvalekalle ühe- ja kahekordse peegelduse järel? Lei-
da esimest järku vikerkaare nurklaius. Tõestada, et tegemist on piiska läbinud kiire minimaalse kõrvalekaldega. Vee murdumisnäitaja punase valguse jaoks $n_p = 1,329$ ja violetse valguse jaoks $n_v = 1,343$.

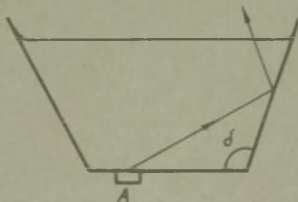
023. Descartes'i teooria kohaselt võivad esineda kahest kõrgemat järku vikerkaared, kui peegelduste arv veepiisas on suurem kui 2. Oletades, et valguskiir peegeldub piisast N korda, leida langemisenurk α , millele vastab piisast väljunud kiire ekstremaalne kõrvalekalle langeva kiire suhtes.
024. Lähtudes valguse murdumiseeadusest näidata, et valguskiire tee kõverusraadius ρ aeglaselt muutuva murdumisnäitajaga keskkonnas avaldub valemiga $\frac{1}{\rho} = \frac{d}{dn} (\ln n)$. (Tuletis on võetud normaali suunas.)
025. Tuletada valguskiire trajektoori võrrand valguse levimisel atmosfääris, eeldusel, et õhu murdumisnäitaja sõltub kaugusest maakera keskpunktist.
026. Tuletada valem astronoomilise refraktsiooni arvutamiseks eelmises ülesandes tehtud eeldusel.
027. Astronoomilise refraktsiooni arvutamisel eeldatakse, et $n - 1$ on võrdeline õhu tihedusega. Tuletada refraktsiooni arvutamiseks valem, eeldusel, et õhu tihedus sõltub kõrgusest kooskõlas baromeetrilise valemiga.
028. Absoluutne optiline riist annab laiade kiirtekimpude korral igast esemeruumi punktist stigmaatilise kujutise. Maxwelli järgi on selliseks riistaks pidevalt muutuva murdumisnäitajaga sfäärilise sümmeetriaga kesk-

kond. Maxwell nimetas seda "kalasilmaks". Selles keskkonnas on valguskiire trajektoor ringjoon.

Tõestada, et selle keskkonna suvalisest punktist P väljunud valguskiirte teed on ringjooned, mis lõikuvad mõnesuguses punktis P', mis on punkti P stigmaatiline kujutis.

Tõestada, et murdumisnäitaja avaldub seosega $n = \frac{C}{r^2 + \rho^2 - b^2}$, kus r on vaadeldava punkti P kaugus sümmeetriakeskpunktist, ρ - valguskiire tee kõverusraadius, b - ringjoone keskpunkti ja sümmeetriakeskpunkti vaheline kaugus, C - konstant.

029. Klaasi ja vee murdumisnäitajate suurused on kellase valguse jaoks vastavalt 1,52 ja 1,33. Arvutada täieliku sisepeegeldumise piirnurga suurus järgmiste süsteemide korral: 1) klaas - õhk, 2) vesi - õhk, 3) klaas - vesi.
030. Silindrikujuline klaas vedelikuga on asetatud mündile, mida vaadatakse läbi klaasi külgeina. Arvutada vedeliku murdumisnäitaja minimaalne väärtus, mille puhul vaatleja ei näe münti.
031. Vesiga täidetud anuma põhja alla on asetatud ese A (vt. joon. 0-1). Kui suur peab olema nurk δ , et läbi anuma külgeina ei oleks eset näha?



Joon. 0-1.

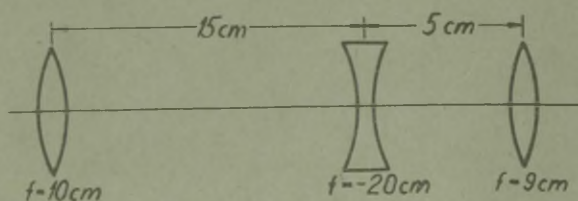
032. Valgusjuhisis kasutatakse flintklaasist ($n = 1,75$) niite, mis on pealt kaetud kroonklaasi ($n = 1,48$) kihiga. Leida maksimaalne langemisnurk, mille korral valguskiir levib veel valgusjuhisis.

033. Sfääriline pind kõverusraadiusega R eraldab esemeruumi (murdumisenäitaja n) kujutiseruumist (murdumisenäitaja n'). Piirdudee paraksiaalsete kiirtega, leida punkti P koordinaatide x, y, z ja tema kujutise P' koordinaatide x', y', z' vaheline seos. X -teljeks võtta optiline telg ja koordinaatide alguspunktiks sfäärilise pinna lagl-täpp.
034. Kasutades eelmise ülesande tulemusi, näidata, et tsentreeritud optilise süsteemi korral paraksiaalse optika lähenduses punkti P koordinaadid x, y, z on seotud punkti P kujutise P' koordinaatidega x', y', z' järgmiste valemitega:
- $$x' = \frac{Ax + B}{ax + b} ; \quad y' = \frac{Cy}{ax + b} ; \quad z' = \frac{Cz}{ax + b} ,$$
- kus A, B, C, a, b on antud optilise süsteemi korral konstandid, mis sõltuvad koordinaatide alguspunkti asukohast. Koordinaatide alguspunktiks valida suvaline punkt optilisel teljel.
035. Väljendada tsentreeritud optilise süsteemi fookuste, peapunktide ja sõlmpunktide kaugused konstantide A, B, C, a, b kaudu.
036. Leida ülesandes 034 saadud võrrandite kuju, kui koordinaatide alguspunktiks võtta a) peapunktid (vastavad koordinaadid olgu ξ, η, ζ), b) fookused (koordinaadid X, Y, Z).
037. Leida murdva sfäärilise pinna peapindade asukohad ja fookuskaugused.
038. Arvutada murdva sfäärilise pinna fookuskaugused süsteemis õhk - klaas, kui pinna kõverusraadius on 1) 10 cm ja 2) - 20 cm, Tehke joonie!
039. Õhukese tasakumera klaasläätse pind kõverusraadiusega $r = -90$ cm on hõbetatud. Arvutada sellise peegli fookuskaugus, kui valgus langeb tasapinnale. Tehke valguskiire käigu kohta joonis!

040. Kaksikkumera läätses üks pind on hõbetatud. Leida sellisel viisil valmistatud peegli fookuskaugus, kui läätses aine murdumisnäitaja on n ja pindade kõverusraadiused r_1 ja r_2 . Hõbetatud on pind kõverusraadiusega r_2 . Valgus langeb katmata läätses poolele.
041. Klaasist kaksikkumera läätses üks sfääriline pind kõverusraadiusega $r_2 = -2,0$ m on hõbetatud. Teise pinna kõverusraadius $r_1 = 1,0$ m. Arvutada sellise peegli fookuskaugus, kui valgus langeb hõbetamata pinnale. Läätses võib lugeda õhukeseks.
042. Sfäärilise reflektoriga, mille peegli kõverusraadius on 20 m, saadi Pääkeese kujutis. Arvutada saadud kujutise läbimõõt.
043. Sfäärilise kumerpeegli kõverusraadius on 120 cm. Peeglist 10 cm kaugusele on asetatud 2 cm kõrgune ese. Arvutada kujutise kaugus peeglist ja kujutise kõrgus.
044. Nõguspeegli kõverusraadius on 40 cm. Leida eseme asukoht, mille korral kujutis oleks: 1) tõeline ja kaks korda suurendatud ja 2) näiv ning suurendatud samuti kaks korda.
045. Nõguspeegli optilisel teljel asetseb väike valgusallikas. Esitada graafiliselt kujutise kauguse sõltuvus valgusallika kaugusest, kui valgusallikas läheneb lõpmatuks fookuseni.
046. Wood kasutas teleskoobi peeglina sfäärilist elavhõbeda pinda, mis omandab sellise kuju, kui horisontaalselt asetsev elavhõbedaga täidetud anum panna väikese konstantse nurkkiirusega pöörlema. Arvutada niisuguse peegli fookuskaugus, kui anuma pöörlemiskiirus on 1,0 rad/s.
047. Lähtudes Fermat' printsibist tuletada õhukeses läätses valem.
048. Arvutada õhukeses kaksikkumera läätses fookuskaugus, kui läätses piiravate sfääriliste pindade kõverusraadiused on: $r_1 = 40$ mm ja $r_2 = -60$ mm.

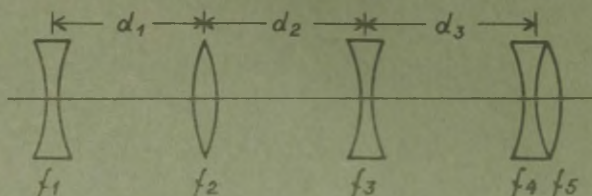
049. Arvutada tasakumera läätsse fookuskaugus, kui läätsse paksus tsentris on 5,0 mm ja läätsse diameeter 5,0 cm. Valgus langeb tasapinnale. Läätsse aine murdumisnäitaja on $3/2$.
050. Klaasläätsse fookuskaugus õhus on 10,0 cm. Lääts asetatakse vette. Leida läätsse fookuskaugus vees.
051. Läätsse fookuskauguseks võetakse temast kaugel asetseva eseme kujutise kaugus. Kui suur peab olema kaugus läätsesest, et fookuskauguse määramisel tehtav viga ei ületaks $p\%$?
052. Klaaslääts, mille murdumisnäitaja on 1,53, asetatakse värvelduslinniku ($n = 1,64$). Kuidas muutub selle läätsse fookuskaugus võrreldes fookuskaugusega õhus?
053. Ese asetseb 10 cm kaugusel õhukesest läätsesest. Läätsesega saadav eseme kujutis on päripidine joonsuurendusega 2. Arvutada läätsse fookuskaugus.
054. Klaasläätsse optiline tugevus on +5,0 dioptriid. Kui sama lääts asetada vedelikku, on tema optiline tugevus - 1,0 dioptriid. Arvutada vedeliku murdumisnäitaja, võttes klaasi murdumisnäitajaks 1,52.
055. Positiivse läätsesega projekteeritakse objekt ekraanile. Saadud kujutise kõrgus on a . Jättes ekraani ja objekti paigale, lähendatakse läätsse ekraanile seni, kuni tekib taas objekti terav kujutis ekraanile. Kujutise kõrgus on b . Arvutada eseme tõeline kõrgus x .
056. Hõõglambi ja ekraani vaheline kaugus on 100 cm. Lääts, mis on paigutatud nende vahele, annab hõõglambi terava kujutise ekraanil läätsse kahe asendi korral, kusjuures läätsedevaheline kaugus on 20 cm. Arvutada läätsse fookuskaugus.
057. Õhukesest koondavast läätsesest mõnesugusel kaugusel asetseb ese, millest saadakse ekraanil terav kujutis. Joonsuurendus on sel juhul β_1 . Seejärel lähendatakse eset läätssele lõigu l võrra. Ekraani nihutamise saadakse taas terav kujutis. Joonsuurendus on nüüd β_2 . Arvutada läätsse fookuskaugus.

058. Õhukese kumerläätsesega, mille murdumisnäitaja on 1,75, saadi esemest tõeline kujutis, mis asus 12 cm kaugusel läätsesest. Lääts ja ese asetati vette, kusjuures nende vaheline kaugus jäi endiseks. Kujutis tekkis nüüd 75 cm kaugusel läätsesest. Leida läätses fookuskaugus õhus.
059. Pikksilma objektiiv fookuskaugus on 60 cm ja okulaari fookuskaugus 4 cm. Objektiiv ja okulaari aine murdumisnäitaja $n = 1,5$. Vette asetatud pikksilm täitub veega. Millise fookuskaugusega samast klaasisordist valmistatud objektiiv tuleks kasutada, et oleks võimalik vees vaadelda kaugel asuvaid esemeid?
060. Galilei pikksilma pikkus on 60 cm. Ta annab 5-kordse nurksuurenduse. Objektiiv ja okulaar vahetati koondavate läätsedega, kuid pikksilma suurendus jäi samaks. Arvutada mõlema objektiiv ja okulaari fookuskaugused.
061. Pikksilm, mille objektiiv fookuskaugus on 50,0 cm, fokuseeriti lõpmatusse. Kui palju peame nihutama okulaari, et selgesti näha 50,0 m kaugusel olevaid esemeid?
062. Joonisel 0-2 kujutatud läätsede süsteemile langeb vasakult paralleelne valguskiirte kimp. Leida süsteemi fookuse asukoht viimase läätses suhtes. Kujutada kiire käiku süsteemis.



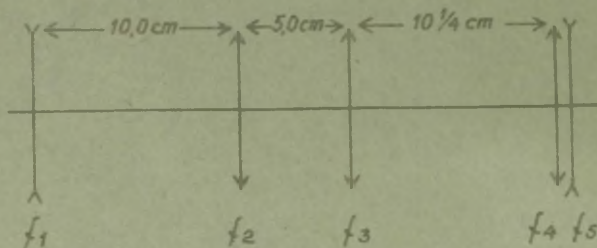
Joon. 0-2.

363. Arvutada alljärgneva läätsede süsteemi fookuskaugus viimase läätse suhtes. Läätsed lugeda õhukesteks, kusjuures $f_1 = -10$ cm; $f_2 = 5$ cm; $f_3 = -5$ cm; $f_4 = -20$ cm; $f_5 = 10$ cm; $d_1 = 10$ cm; $d_2 = 10\frac{2}{3}$ cm; $d_3 = 10$ cm.



Joon. 0-3.

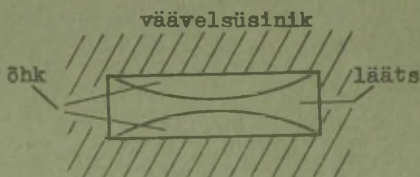
064. Arvutada alljärgneva läätsede süsteemi fookuskaugus viimase läätse suhtes. Kõik süsteemi kuuluvad läätsed on õhukesed. Taha joonis, kus oleks näha kiire kõik läbi süsteemi ($f_1 = -10$ cm; $f_2 = 5,0$ cm; $f_3 = 5,0$ cm; $f_4 = 10,0$ cm; $f_5 = -20,0$ cm).



Joon. 0-4.

065. Mikroskoobi objektiivi fookuskaugus on 1,0 cm ja okulaari fookuskaugus 3,0 cm. Kaugus objektiivi ja okulaari vahel on 20,0 cm. Millisel kaugusel peab asetsema vaadeldav ese objektiivist, et lõplik kujutis oleks silmast 20 cm kaugusel?

066. Kaksiknõgusa läätse mõlemad pooled on kaetud õhukeste tasaparalleelsete klaasplaatidega. Läätse ja plaadi vahele jääb õhk. Kogu süsteem on paigutatud väävelsüsinikku joonisel 0-5 näidatud viisil. Arvutada sellise süsteemi fookuskaugus, kui läätse pindade kõverusraadiused on - 10,0 cm ja 15,0 cm.

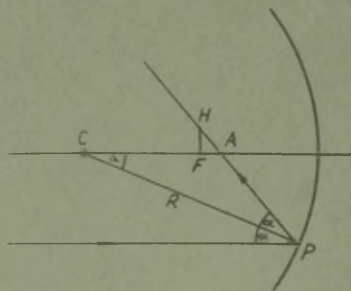


Joon. 0-5

067. Fotoaparaadi objektiivivi fookuskaugus on 12 cm. Soovitakse fotografeerida eset, mis asetseb 15 cm kaugusel objektiivist. Filmi ja objektiivivi vaheline kaugus on 20 cm. Millise fookuskaugusega lääts tuleb paigutada objektiivivi ette, et eespool märgitud fotografeerimine oleks teostatav? (Mõlemad läätsed lugeda õhukesteks).
068. Nõguspeeglile, mis asetseb horisontaalselt, valati vett. Peegel annab esemest tõelise kujutise ekraanil, mis on 54 cm kaugusel peeglist. Ekraani lähendamisel peeglile ilmub kujutis uuesti, kui kaugus peeglist on 36 cm. Arvutada peegli kõverusraadius R ja eseme kaugus a peeglist.
069. Kaks positiivset lääts fookuskaugusega f_1 ja f_2 asetsevad teineteisest kaugusel d . Kui kaugele esimesest läätsest tuleb asetada ese, et kujutise joonsuurendus oleks 1? Millise d väärtuse korral on see võimalik?
070. Optiline süsteem koosneb kahest läätsest fookuskaugustega f_1 ja $f_2 = 3 f_1$, mis asetsevad $2 f_1$ kaugusel teineteisest. Ese asetseb optilisel teljel kaugusel a lähemafookuselisest läätsest. Milliste a väärtuste korral süsteem annab esemest päripidise kujutise?

071. Kahe õhukese läätse fookuskaugused on f_1 ja f_2 . Läätsed asetsevad teineteisest kaugusel d ning moodustavad tsentreeritud süsteemi. Arvutada süsteemi fookuskaugus f ja peapindade asukohad, kui läätsed on õhus ja kui läätsede vahel on vesi.
072. Kaks tasakumerat läätse on asetatud teineteise lähedale nii, et nende tasapinnad on vastakuti. Tõestada, et fookuskaugus antud juhul on suurem kui läätsede asetsemisel tihedalt teineteise vastas.
073. Kaksikkumera klaasläätse pindade kõverusraadiused on $r_1 = 15$ cm ja $r_2 = -10$ cm. Klaasi murdumisnäitaja on 1,5. Läätse paksus on 3,0 cm. Lääts asub õhus. Leida selle läätse peatasandid ja fookused. Tehke joonis!
074. Kaksiknõgusa klaasläätse pindade kõverusraadiused on $r_1 = -15$ cm ja $r_2 = 10$ cm. Klaasi murdumisnäitaja $n = 1,5$. Läätse paksus $d = 3,0$ cm. Lääts asub õhus. Leida läätse peatasandite ja fookuste asendid. Tehke joonis.
075. Leida kerakujulise läätse peapunktide ja fookuste asukohad, kui lääts on a) veest; b) klaasist. Milline peab olema selle läätse aine murdumisnäitaja, et fookused asuksid tema sees?
076. Veega täidetud ümmargune kolb tõstab kui kumerlääts. Määrata kolvi läbimõõt, kui Pükese kujutis tekib 3,0 cm kaugusel kolvi seinast.
077. Klaaskera raadius on 4 cm. Ese asub 6 cm kaugusel kera pinnast. Leida kujutise kaugus kera tsentrist ja suurus.
078. Õhukesesenaaline klaaskera on täidetud veega. Vaatleja jälgib kera sees piki diameetrit liikuvat kübemekest. Kuidas muutub selle kübemekeste kujutise asukoht, kui ta liigub diameetri kaugemast otsast lähema otsani? Kera diameeter on 10 cm.
079. Millisel juhul kaksikkumer lääts, mis on valmistatud aine, mille murdumisnäitaja on suurem kui ümbritseva keskkonna murdumisnäitaja, toimib kui tasaparalleelne plaat?

080. Millisel juhul on õhus asetsev kaksikkumer klaasläätse hajutav?
081. Millistel juhtudel ei sõltu paksu läätse fookuskaugus paksusest ja ühtib täpselt õhukese läätse fookuskaugusega?
082. Kui sfäärilise peegli nurkava α (joon. 0-6) on suur, siis optilisest teljest küllalt kaugel olevad paralleelsed valguskiired pärast peegeldumist ei löiku optilise teljega fookuses, vaid sellest kaugusel AF. Kaugust AF nimetatakse peegli sfääriliseks pikiaberratsiooniks, kaugust FH - sfääriliseks põikaberratsioonike. Tuletada valem nende aberratsioonide arvutamiseks sõltuvalt nurkava α ja peegli kõverusraadiuse R suurusest.



Joon. 0-6.

083. Sfäärilise nõguspeegli ava diameeter on 40 cm ja kõverusraadius 60 cm. Arvutada äärmiste, paralleelselt optilise teljega peeglile langevate kiirte piki- ja põikaberratsioonide suurus.
084. Sfäärilise nõguspeegli fookuskaugus on 20,0 cm. Arvutada kiirtekimbu diameeter, mille äärmiste kiirte korral pikiaberratsioonide suurus ei ületa 2 % fookuskaugusest.
085. Tuletada aberratsioonivaba murdva pinna võrrand. Leida fokaalpinna võrrandid juhul, kui $n_1 < n_2$ ja $n_1 > n_2$.

086. Tuletada aberratsioonivaba peegeldava pinna võrrand. Leida fokaalpinna võrrand.

087. Tõestada, et sfäärilisel mürdval pinnal on kolm paari aplanaateid punkte.

088. Arvutada punaste, kollaste ja siniste kiirte jaoks fookuskaugus, kui kaksikkumera läätse kõverusraadiused $R_1 = -|R_2| = 981,4$ mm. Läätse aine mürdumisnäitaja väärtused:

λ (nm)	n
668,2	1,4835
527,0	1,4907
404,6	1,4997

Lärmiete fookuste vahelist kaugust nimetatakse kromaatiliseks pikiaberratsiooniks. Arvutada selle suurus.

089. Olgu eelmise ülesandes kirjeldatud läätse diameeter 5 cm. Arvutada punastele ja sinistele kiirtele vastavate hajumisringide diameetrid, kui kujutis on terav kolaste kiirte kasutamisel.

090. Tõestada, et kaks samast materjalist valmistatud õhukest läätse moodustavad fookuskauguse suhtes akromaatsüsteemi, kui läätsevaheline kaugus

$$d = \frac{f_1 + f_2}{2}.$$

091. Üks Kelneri okulaaridest on akromatiseeritud fookuskauguse suhtes. Okulaar koosneb kahest positiivsest läätsest, nendevaheline kaugus $d = f_1$, kus f_1 on esimese läätse fookuskaugus. Arvutada teise läätse fookuskaugus f_2 ja süsteemi fookuskaugus f .

092. Arvutades akromaatsed kroonklaasist ($n_1 = 1,5179$, $\nu_1 = 60,2$) ja flintklaasist ($n_2 = 1,6202$, $\nu_2 = 36,2$) valmistatud tasakumer liitobjektiiv fookuskaugusega 1,00 m.

II. FOTOMETRIA

093. Punktikujuline valgusallikas kiirgab ruuminurka suurusga $0,2$ steradiaani valgusvoo 10 lm. Arvutada selle valgusallika valgustugevus.
094. 40 W elektrihoõglambi kogu valgusvoog on 380 lm. 40% sellest valgusvoost langeb 5 m^2 pinnale. Määrata selle pinna keskmine valgustatus.
095. Kitsasfilmi kinoaparaadis kasutatakse lampi, mille valgusvoog on 4800 lm. Projektori töötamisel on ekraani ($2 \times 1,5\text{ m}^2$) keskmine valgustatus 40 lx. Milline osa lambi valgusenergiast langeb ekraanile?
096. Normaalselt maapinnale langevad päikesekiired tekitavad valgustatuse 10^5 lx. Kui suur on Päikese kujutise valgustatus, mis saadakse aberratsioonivaba läätsesega, mille läbimõõt on 5 cm ja fookuskaugus 20 cm? Päikese nurksuurus on $30'$.
097. Punktikujulisest valgusallikast tugevusega 15 cd on asetatud 30 cm kaugusele kumerlääts fookuskaugusega 20 cm. Läätsesest 80 cm kaugusel on ekraan, millel tekib ümargune valguslaik. Arvutada laigu keskmine valgustatus.
098. Määrata pinna valgustatus $4,0$ m kaugusel punktikujulisest valgusallikast, mille valgustugevus on 180 cd, kui kiirte langemisnurk on 37° .
099. Horisontaalse tasapinna kohale $2,0$ m kõrgusele on asetatud kaks lampi, kusjuures lampidevaheline kaugus on $1,0$ m. Kummagi lambi valgusvoog on 300 lm. Määrata pinna valgustatus lampide all asetsevates punktides. Lampe võib vaadelda kui punktvalgusallikaid.
0100. Laua kohal $1,5$ m kõrgusel ripub lamp, mille valgusvoog on 300 lm. Kui kaugel lambi projektsioonist lauale asuvad punktid, millel valgustatus on 10 lx? Lampi võib pidada punktallikaks.

0101. Võrdkülge kolmnurga tippudesse on asetatud ühesugused punktvalgusallikad. Tõestada, et väike plaadike, mis asub selle kolmnurga keskpunktis meelevaldse nurga all kolmnurga külgede suhtes, kuid risti kolmnurga tasapinnaga, on mõlemalt poolt võrdselt valgustatud.
0102. Tänavat valgustatakse 10 m kõrguste postide otsas paiknevate ja üksteisest võrdsel kaugusel olevate hõõglampidega. Arvutada postidevaheline kaugus, mille korral postide vahel oleks valgustatus mitte üle kümne korra väiksem kui postide all.
0103. Ruudukujulise laua keskpunkti kohal ripub lamp, mida saab nihutada üles-alla. Lampi võib pidada punktvalgusallikaks, mille valgusvoog on 314 lm. Arvutada maksimaalne valgustatus laua nurkades, kui laua serva pikkus on 2,0 m.
0104. Ümmarguse laua keskpunkti kohal ripub üles-alla nihutatav hõõglamp. Leida lambi kõrgus, mille korral laua äärepunktide valgustatus oleks maksimaalne.
0105. Tasapinnast kaugusel a asub hõõguv traatrõngas raadiusega R , mille igalt pikkusühikult kiirgav valgusvoog on f . Rõngas on paralleelne tasapinnaga. Leida valgustatus selle rõnga projektsiooni tsentris tasapinnal.
0106. Lõpmata pikk sirge hõõgniit kiirgab valgusvoo $f = 10$ lm/m. Arvutada hõõgniidist 10 cm kaugusel asuva paralleelse tasapinna maksimaalne valgustatus.
0107. Lahendada eelmine ülesanne, kui niidi pikkus on 20 cm.
0108. Ühtlaselt hõõguv ümmargune plaat raadiusega R on asetatud paralleelselt tasapinnaga kaugusele a . Määrata valgustatus selle plaadi projektsiooni keskpunktis tasapinnal, kui plaadi iga pindalaühiku valgusvoog on ϕ (lm).

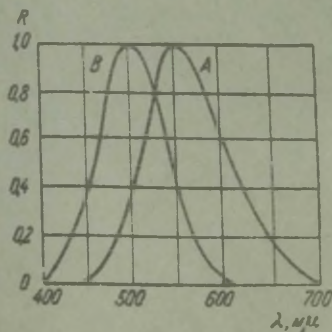
0109. Rõngas, mille sisemine raadius on R_1 ja välimine R_2 , kiirgab igalt pinnaühikult valgusvoo f . Arvutada valgustatus rõnga tasandiga paralleelsel tasapinnal punktis, mis on rõnga keskpunkti projektsiooniks tasandil. Tasanditevaheline kaugus on a .
0110. Ühtlaselt hõõguva plaadi valgus on R . Plaat on ristkülik, mille pikkus on a ja laius b . Plaadist kaugusel $a/2$ asetseb temaga paralleelne tasapind. Arvutada pinna valgustatus punktis, mis on plaadi keskpunkti projektsiooniks tasapinnale.
0111. Milline peab olema laua kohal rippuva lambi valgustugevuse jaotus, et laua valgustatus oleks kõikides punktides ühesugune?
0112. Maapinnal asub horisontaalselt väike laud. Arvutada selle laua valgustatus E , mis on tingitud taeva hajunud valgusest. Taeva heledus B lugeda konstantseks.
0113. Kui päikesekiired langevad risti maapinnaga, siis on valgustatus 10^5 lx. Oletades, et Päikese kiirgus allub Lambert'i seadusele ja jättes arvestamata valguse neeldumise atmosfääris, arvutada Päikese heledus.
0114. Valgustiks on ühtlaselt helenduv kera, mille raadius $r_0 = 6,0$ cm. Valgusti heledus $B = 2,0 \cdot 10^4$ nt ja see ei sõltu suunast. Valgusti on $3,0$ m kõrgusel põrandast. Arvutada põranda valgustatus punktis, mis on valgusti keskpunkti projektsiooniks põrandal.
0115. Laes ripub horisontaalselt kettakujuline valgusti, mille diameeter on 80 cm. Valgusti kaugus põrandast on $2,00$ m. Valgusti keskpunkti projektsioonis on põranda valgustatus 50 lx. Oletades, et valgusti kiirgab kooskõlas Lambert'i seadusega, arvutada tema heledus.
0116. Valge paberilehe peegelduskoeffitsient on $0,80$ ja valguse hajumine toimub kooskõlas Lambert'i seadusega. Kui suur peab olema lehe valgustatus, et tema heledus oleks $4,0 \cdot 10^3$ nt?

0117. Pikksilma suurendus on 100. Kui suur peab olema pikk-silma objektiivi diameeter, et kujutise heledus silma võrkkestal ei oleks väiksem palja silmaga saadava kujutise heledusest? Silmaava suuruseks võtta 4,0 mm. Valguse kadu pikksilmas mitte arvestada.
0118. Leida Kuu kujutise heledus, kui vaatluseks kasutatakse teleskoopi, mille objektiivi diameeter on 75 mm ja suurendus 1) 20 korda, 2) 25 korda, 3) 50 korda. Silmaga nähtav Kuu heledus võtta ühikuks. Silmaava suuruseks võtta 3 mm.
0119. Astronoomilise teleskoobi diameeter on 18 cm. Kogu optilist süsteemi läbib pool pealelangevast valgusest. Leida 1) selle teleskoobiga nähtavate nõrgimate tähtede suurusjärk, 2) soodsaim suurendus tähtede vaatlemiseks ja 3) mitmenda suurusjärgu tähed on nähtavad 10-kordse suurenduse korral. Silmaava diameeter on 3 mm.

Märkus. Tähe suurusjärgu suurenemisele ühiku võrra vastab tema näiva heleduse vähenemine $\sqrt{100} \approx 2,5$ korda.

0120. Suurima töötava teleskoobi objektiivi diameeter on 6,0 m. Silmaga on võimalik näha 6. suurusjärgu tähti. Millise suurusjärgu tähti on võimalik näha selle teleskoobiga? Silma ava diameetriks võtta 4,0 mm. Valguse kadusid teleskoobis mitte arvestada.
0121. Joonisel 0-7 on silma suhtelise tundlikkuse kõver. Kasutades seda kõverat, leida 10 lm monokromaatse valgusvoo võimsus, kui valguse lainepikkus on 600 nm ja vastavalt 460 nm.

Kasutada kõverat
A.



Joon. 0-7.

0122. Lainepikkusele 510 nm vastava kiirgusvoo võimsus on 0,5 W ja lainepikkusele 650 nm vastava kiirgusvoo võimsus 5 W. Leida nendele kiirgusvoogudele vastav summaarne valgusvoog.

III. VALGUSE INTERFERENTS

0123. Millisel juhul liituvad kaks ühesugase sagedusega elektromagnetilist võnkumist alati nii, et resultantvõnkumise intensiivsus on võrdne komponentvõnkumiste intensiivsuste summaga? Võnkumised võtta kujul:

$$\vec{E}_1 = \vec{E}_{01} \cos \omega t,$$

$$\vec{E}_2 = \vec{E}_{02} \cos (\omega t + \delta),$$

kus \vec{E}_1 ja \vec{E}_2 on hälbed, \vec{E}_{01} ja \vec{E}_{02} võnkumise amplituudid, ω - ringsagedus ja δ - algfaaside vahe.

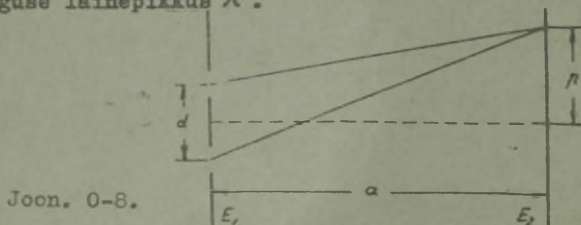
0124. Kaks tasapinnalist monokromaatset elektromagnetlainet lainepikkusega λ levivad teineteise suhtes väikese nurga φ all. Lained langevad ekraanile, mis on ligikaudu risti lainete levimissuundadega. Lainete elektrivektorid asuvad ühes tasandis. Näidata, et kahe naaberinterferentsriba vaheline kaugus ekraanil (Δx) on määratud seosega $\Delta x = \frac{\lambda}{\varphi}$. Lained võtta kujul

$$E_1 = E_0 \cos (\omega t - \vec{k}_1 \vec{r} + \delta_1),$$

$$E_2 = E_0 \cos (\omega t - \vec{k}_2 \vec{r} + \delta_2),$$

kus \vec{k}_1 ja \vec{k}_2 on lainevektorid.

0125. Youngi katses on kaugus tsentraalse riba ja esimese interferentsriba vahel 0,50 mm. Ekraanidevaheline kaugus 5,00 m ja avadevaheline kaugus ekraanis 5,0 mm (vt. joon. 0-8). Arvutada interfereeruva monokromaatse valguse lainepikkus λ .



0126. Youngi interferomeetri ühes õlas asub tasapõhjaline 0,0200 m pikkune klaassilinder. Silinder on täidetud õhuga ja termostateeritud. Interferentspilti on võimalik vaadelda ekraanil. Kasutatakse monokromaatset valgust $\lambda = 589$ nm. Kui sama silinder täita klooriga, nihkub interferentspilt 20,0 riba võrra. Arvutada kloori murdumisnäitaja, kui õhu murdumisnäitaja antud tingimustes on 1,000276.
0127. Tähetada valem valguse lainepikkuse määramiseks interferentsikatsesest Fresneli peeglitega, kui valgusallika kaugus peeglite kokkupunktejoonest on r , ekraani kaugus kokkupunktejoonest a_0 ning interferentsribadevaheline kaugus δx .
0128. Tõestada, et Fresneli peeglite kasutamisel kaks näivat valgusallikat ja tõeline valgusallikas asuvad ringjoonel, mille keskpunktiks on peeglite lõikejoone ja valguse langemistasandi lõikepunkt.
0129. Leida Fresneli peeglitega tekitatud interferentspildi intensiivsuse jaotus ekraanil.
0130. Fresneli peeglite vaheline nurk on $179^{\circ}0'$. Valgusallikas asetseb 8,0 cm ja ekraan 5,00 m kaugusel peeglite kokkupunktejoonest. Arvutada interferentsjoontevaheline kaugus ekraanil, kui kasutatakse valgust lainepikkusega 600 nm.
0131. Fresneli peeglitega saadakse interferentspilt, kus interferentsjoontevaheline kaugus on 1,0 mm, valgusallika kaugus peeglite kokkupunktejoonest 10,0 cm ja ekraani kaugus 1,00 m. Kasutatava valguse lainepikkus on 486 nm. Interfereeruvad kiired langevad ekraanile peaaegu risti. Arvutada peeglitevahelise murga suurus.

0132. Interferentspilt saadakse Fresneli biprismaga, mille asendi langeva valguse suhtes võime lugeda vastavaks kaldemiinimumi asendile. Prisma murdev murk olgu d , murdumisnäitaja n , valgusallika kaugus prismast a ja prisma ning ekraani vaheline kaugus b . Arvutada kaugus interferentspildi tsentri ja m -nda heleda riba vahel. Kasutatakse monokromaatset valgust lainepikkusega λ .
0133. Eelmise ülesande andmeid kasutades arvutada interferentsribade arv ekraanil.
0134. Kaksikkumer lääts on lõigatud piki optilist telge poolks. Pooled on nihutatud teineteisest kaugusele d . Läätsse poolte vahele tekkinud vahemik on kaetud ekraaniga. Monokromaatset valgust andev valguspunkt asetseb läätsse endisel optilisel teljel läätsesest kaugusel $|a| > f$, kus f on läätses fookuskaugus. Läätsesest kaugusele l paigutatud ekraanil tekib interferentspilt. Arvutada ekraanil olevate maksimumide vaheline kaugus δx .
0135. Läätsel, mille fookuskaugus on 50 cm, lõigatakse välja tsentraalne osa laiusega d . Mõlemad läätses pooled ühendatakse. Ühel pool läätses asetseb monokromaatset valgust andev punktvalgusallikas ($\lambda = 600 \text{ nm}$). Teisel pool läätses paikneb ekraan, millel tekib interferentspilt. Kahe kõrvuti oleva heleda riba vaheline kaugus $\delta x = 0,5 \text{ mm}$. Ribadevaheline kaugus ei muutu ekraani nihutamisel piki optilist telge. Arvutada d .
0136. Tõestada, et energiavoog seisvas valguslaines on võrdne nulliga.
0137. Fotoplaat, mille pikkus on 1,0 cm, puudutab ühe otsa-
ga peegli pinda. Plaadi teise otsa ja peegli vahele on asetatud vilgukivileheke paksusega $1 \cdot 10^{-2} \text{ mm}$. Peeglile langeb risti pinnaga monokromaatne valgus. Arvutada kasutatava valguse lainepikkus, kui kahe tumeda riba vaheline kaugus plaadil on 0,025 cm.

0138. Klaasplaadi ülemine ja alumine tasapind moodustavad kiilu. Plaadile langeb risti paralleelne monokromaatne valgus lainepikkusega $0,500 \mu\text{m}$. Esimese ja viienda maksimumi vaheline kaugus on $16,0 \text{ mm}$. Arvutada kiilu nurk.
0139. Arvutada seebiveekile minimaalne paksus, kui ta näib peegeldumise valguses rohelisena ($\lambda = 500 \text{ nm}$). Nurk normaali ja silma langeva kiire vahel on 35° . Seebivee murdumisnäitaja $n = 1,33$.
0140. Kaks poleeritud klaasplaati on asetatud teineteise peale, kusjuures ühe serva vahel on õhuke pabeririba. Vastasservad on surutud tihedalt teineteise vastu. Paberi paksus on $0,05 \text{ mm}$, plaatide pikkus 10 cm . Arvutada interferentsribade arv 1 cm plaadi pikkuse kohta, kui plaadile vaadata murga $\alpha = 60^\circ$ all normaali suhtes ja kui valgustamiseks kasutatakse Na-leegi valgust.
0141. Na-leegi kujutis tekib peegeldumisel vertikaalsel traatraamil rippuvalt seebiveekilelt. Leegi kujutisel on rida horisontaalseid tumedaid ribasid, kusjuures $3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ ulatuses paikneb 6 riba. Arvutada kile pindade vahelise murga suurus, kui vaatlemine toimub risti kilega.
0142. Tasaparalleelsele klaasplaadile on asetatud tasakumer klaasläätse kõverusraadiusega R . Läätse ja klaasi vahel on õhk. Arvutada k -nda heleda rõnga ja m -nda tumeda rõnga raadius.
0143. Tasaparalleelsele klaasplaadile on asetatud tasakumer klaasläätse kõverusraadiusega R . Läätse aine murdumisnäitaja on n_1 , plaadi murdumisnäitaja n_2 ja plaadi ning läätse vahelise keskkonna murdumisnäitaja n . Arvutada k -nda heleda rõnga ja m -nda tumeda rõnga raadius läbinud valguse jaoks, kui $n_2 < n < n_1$.
0144. Arvutada 20. ja 21. heleda Newtoni rõnga vaheline kaugus, kui teise ja kolmanda rõnga vaheline kaugus on $1,0 \text{ mm}$. Rõngaid vaadeldakse peegeldunud valguses.

0145. Newtoni rõngaste saamisel kasutatakse tasakumerat lääts, mille fookuskaugus on f . Leida see fookuskaugus, kui kolmanda heleda rõnga raadius on $1,10 \text{ mm}$; lääts murdumisnäitaja $n = 1,60$ ja kasutatava valguse lainepikkus $\lambda = 589 \text{ nm}$. Rõngaid vaadeldakse peegeldunud valguses.
0146. Tasakumer lääts, mille kõverusraadius on 100 cm , asetseb tasaparalleelsel klaasplaadil. Lääts ja plaadi vahele on valatud bensooli ($n = 1,50$). Lääts ja plaadi murdumisnäitaja on $1,60$. Kasutades Na-leegi valgust, tekitatakse interferentspilt. Interferentspilti vaadeldakse peegeldunud valguses. Arvutada esimese tumeda Newtoni rõnga raadius.
0146. Peegeldunud Na-leegi valguses ($\lambda = 589 \text{ nm}$) on kahe järjestikuse Newtoni rõnga diameetrid $0,72 \text{ mm}$ ja $0,84 \text{ mm}$. Arvutada lääts kõverusraadius. (Vaadeldakse tumedaid rõngaid.)
0148. Na-kollane spektrijoon koosneb kahest komponendist, mille lainepikkused on $\lambda_1 = 589,0 \text{ nm}$ ja $\lambda_2 = 589,6 \text{ nm}$. Mitmes tume Newtoni rõngas, mis vastab ühele nendest joontest, ühtib järgmise tumeda rõngaga, mis vastab teisele joonele?
0149. Newtoni rõngaste saamiseks kasutatakse järgmist süsteemi. Tasakumer lääts kõverusraadiusega R_1 on asetatud nõgusale sfäärilisele pinnale, mille kõverusraadius on R_2 , kusjuures $R_2 > R_1$. Valgustamiseks kasutatakse monokromaatset valgust lainepikkusega λ . Arvutada k -nda tumeda rõnga raadius, kui rõngaid vaadeldakse peegeldunud valguses.
0150. Newtoni rõngaste saamiseks kasutatakse kahte tasakumerat lääts, mis on kumerate pooltega asetatud vastamisi. Arvutada m -nda tumeda rõnga raadius r_m , kui kasutatakse valgust lainepikkusega λ ja kumerate pindade kõverusraadiused on R_1 ja R_2 . Rõngaid vaadeldakse peegeldunud valguses.

0151. Arvutada interfereerivate kiirte käiguvahe Fabry-Pérot' etaloni korral.
0152. Arvutada interfereerivate kiirte käiguvahe Lummeri-Gehrcke plaadi korral.
0153. Kuidas muutub Lummeri-Gehrcke plaadiga saadav interferentspilt, kui plaadi alumine pind asetada vedelikku, mille murdumisnäitaja on suurem plaadi aine murdumisnäitajast?

IV. VALGUSE DIFRAKTSIOON

0154. Arvutada m -nda Fresneli tsooni raadius, kui valgusalika ja tsoonplaadi vahekaugus on a ; plaadi ja vaatluskoha vaheline kaugus b ning kasutatava valguse lainepikkus λ . Arvutada esimese tsooni raadius, kui $a = b = 10,0$ m; $\lambda = 450$ nm.
0155. Arvutada m -nda Fresneli tsooni raadius, kui plaadile langeb tasalaine. Arvutada esimese tsooni raadius, kui $b = 10,0$ m ja $\lambda = 450$ nm.
0156. Eseme kaugus tsoonplaadist on 3,0 m, kuna kujutis tekib 2,0 m kaugusel plaadist. Kuskohal tekib valgusalika kujutis siis, kui valgusallikas asetseb lõpmatuses?
0157. Arvutada tsoonplaadi fookuskaugus f valguse lainepikkuse 500 nm jaoks, kui plaadi viienda rõnda raadius on 1,5 mm. Arvutada selle plaadi esimese rõnga raadius.
0158. Punktvalgusallikas asetseb ümmargusest avast kaugusel a , kuna ekraani kaugus avast on b . Milliste raadiuse r väärtuste korral on ekraanil saadava difraktsioonipildi tsentris hele täpp ja milliste r väärtuste korral tume täpp? Difraktsioonipildi tsenter asub valgusallikat ja diafragma tsentrit ühendaval sirgel. Kasutatava valguse lainepikkus on λ .

0159. Pikafookuselise koondava läätsse ees asetseb iirisdiagramma. Läätsse langeb paralleelne monokromaatne valgus. Läätsesest kaugusel $a > f$ asetseb ekraan, millel vaadeldakse difraktsioonipilti. Milliste diagramma raadiuste korral on difraktsioonipildi tsentris tume täpp ja milliste raadiuste korral hele täpp? Läätsse fookuskaugus on f .
0160. Monokromaatne valgus lainepikkusega λ langeb risti pilule, mille laius on b . Leida nurga φ väärtused, mille puhul Fraunhoferi difraktsiooni korral esinevad maksimumid.
0161. Ruudukujulisele avale, mille serva pikkus on $0,2$ cm, langeb risti paralleelne valguskiirte kimp. Leida avas kujutise mõõtmed ekraanil, mis asetseb avast $50,0$ m kaugusel. Kujutise piiriks lugeda kõige enam kõrvalekaldumud kiirte esimese miinimumi asukoht. Ava ja ekraani tasapinnad on teineteisega paralleelsed. Kasutatakse valget valgust.
0162. Punktvalgusallikas asetseb kaugusel a pilust, mille laius on D . Pilust kaugusel b asetseb ekraan, mis on paralleelne pilu tasandiga. Sirge, mis ühendab valgusallikat pilu keskpunktiga, on risti ekraaniga. Leida kaugus x tsentraalse maksimumi ja esimese difraktsiooniminimumi vahel ekraanil, eeldades, et difraktsiooninurgad on väikesed. Leida nimetatud lahenduse kasutamise tingimus.
0163. Kujutise saamisel väikese ava abil tuleb arvestada, et liiga väikese ava korral moonduv kujutis difraktsiooni tõttu; suure ava korral aga väheneb samuti kujutise teravus. Eeldusel, et kaugus a esemest avani ja avast kujutiseni b jääb muutmata, arvutada sobivaim ava suurus kujutise saamiseks. (Arvutamisel kasutada tingimust, et punkti kujutis, mis on saadud geomeetrilise optika reeglite kohaselt, ühtib suuruselt tsentraalse difraktsioonirõngaga.)

0164. Väikese avaga kaamerat, mille pikkus $L = 10,0$ cm, kasutatakse kaugete esemete fotografeerimiseks. Arvutada kaamera ava diameetri D suurus, mille korral lahitusvõime oleks maksimaalne. Valguse lainepikkuseks võtta 500 nm.
0165. Silmaava suurus sõltub valgustatuse tingimustest ja võib muutuda piirides $2 \div 6$ mm. Millistes piirides muutub sel juhul silmaga eristatava kahe punkti vaheline minimaalne kaugus, kui kasutatava valguse lainepikkus on 500 nm?
0166. Silmaava diameeter on 4 mm. Kasutatakse valgust lainepikkusega 550 nm. Arvutada vaatenurga suurus.

V. OPTILISED RIISTAD. SPEKTRAALAPARAADID

0167. Leida luubi suurendus, kui kasutatava läätse optiline tugevus on 8 dptr.
0168. Arvutada mikroskoobi objektiivi fookuskaugus, kui okulaari fookuskaugus on 3,0 cm, tuubuse pikkus 16,0 cm ja kasutatav suurendus 480.
0169. Määrata minimaalne kaugus kahe punkti vahel, mis on eraldatavad mikroskoobis, kui 1) objektiivi apertuurarv $A = 0,9$ ja 2) sama objektiivi korral, kui objektiivi ja objektiivi vahel on immersioonvedelik, millel $n = 1,60$, kasutatakse valgust lainepikkusega $\lambda = 550$ nm.
0170. 1. Mitu korda suureneb mikroskoobi lahitusvõime, kui fotografeerimisel kasutada ultravioletset valgust ($\lambda = 270$ nm) rohelise valguse asemel?
2. Arvutada minimaalne kaugus kahe joone vahel, mille korral jooned oleksid veel eraldatavad, kui kasutada eelmises ülesandes kirjeldatud mikroskoopi immersioonvedelikuga ja ultravioletvalgust ($\lambda = 270$ nm).
0171. Kui suur peab olema mikroskoobi suurendus, et objektiivi lahitusvõime oleks täielikult kasutatud?

0172. Pikksilma objektiivil läbimõõt on 70 cm. Arvutada pikksilmaga saadav suurendus, kui okulaari läbimõõt on 4,0 mm.
0173. Põhimõtteliselt võib ehitada kuitahes suure lahutusvõimega teleskoobi, kui vaid objektiiv asendada sobiva suurusega ümmarguse avaga. Kui suur peaks olema sellise teleskoobi pikkus L , eeldades, et ta lahutusvõime on võrdne teleskoobi lahutusvõimega, mille objektiivi diameeter on 1 m? Arvutada selle teleskoobi valgusjõud.
0174. Galvanomeetri peeglikese läbimõõt $d = 5$ mm. Kui kaugele galvanomeetrist võime veel paigutada skaala, et pikksilmaga tehtavate lugemite täpsus oleks 0,5 mm?
0175. Kui suur peab olema pikksilma suurendus, et oleks täielikult kasutatud objektiivi lahutusvõime?
0176. 1. Arvutada pikksilmaga saadava difraktsioonipildi esimese tumeda rõnga nurkraadius, kui objektiivi diameeter on 5 cm.
2. Millise suurenduse korral on täielikult kasutatud selle pikksilma lahutusvõime? Silmaava diameetriks võtta 5 mm.
0177. Kuul asetseb kaks laserit teineteisest 100 m kaugusel. Nende kiirguse lainepikkus on 600 nm. Kui suure peegli läbimõõduga teleskoobis oleksid need valgusallikad eristatavad?
0178. Kui suur peab olema minimaalne kaugus kahe punkti vahel Marsi pinnal, et nende kujutised oleksid teleskoobis, mille diameeter on 500 cm, eristatavad ühe punkti kujutisest? Marsi kauguseks Maast võtta kaugus suure vastuseisu ajal ($5,6 \cdot 10^7$ km). Valguse lainepikkuseks võtta 500 nm.

0179. Päikese ja Galaktika raadiokiirguse uurimiseks kasutatakse raadioteleskoobe, kuid nende lahutusvõime on väike, kuna kasutatakse suhteliselt pikalainelist kiirgust. Arvutada minimaalne eraldatav nurkkaugus $\delta\varphi$, kui raadioteleskoobi peegli läbimõõt on 50 m ja kasutatakse lainepikkusi 1 m ning 10 cm.
0180. Tõestada, et prisma on kaldemiinimumi asendis, kui valguskiir prisma sees levib paralleelselt prisma alusega.
0181. Tõestada, et prisma kaldemiinimumi asendi korral $\frac{d^2 \varepsilon_{\min}}{d\gamma^2} > 0$, kus ε_{\min} on kaldemiinimumi nurk ja γ - murdumisnurk.
0182. Kaldemiinimumi asendis olevale prismale langeb kaks paralleelset, kuid erineva lainepikkusega valguskiirt. Esimesele kiirele vastab prisma murdumisnäitaja 1,500, teisele - 1,501. Kasutades prisma nurkdispersiooni avaldist, arvutada prismast väljunud kiirte vaheline nurk, kui prisma murdva nurga suurus on 60° .
0183. Arvutada kaldemiinimumi nurga suurus Na-D-joonele vastava lainepikkuse korral, kui prisma murdev nurk on 60° . Prisma aine murdumisnäitaja $n_D = 1,620$.
0184. Valguskiir murdub prismasse, olles prisma servaga risti asetsevas tasapinnas. Tõestada, et kui prisma suhteline murdumisnäitaja $n > 1$ ja kui langemisnurk jääb konstantseks, siis prisma murdva nurga suurenemisel suureneb prismat läbinud kiire kõrvalekalle. Tõestada veel, et eespool toodud tingimustel maksimaalne prisma murdev nurk, mille korral kiir võib veel väljuda prismast, on määratud järgmise seosega:
- $$A = \arcsin \frac{\sin \alpha}{n} + \arcsin \frac{1}{n} .$$
0185. Arvutada prisma kaldemiinimumile vastava nurga suurus väga väikese murdva nurga A korral. Lõpptulemuses arvestada kolmandat järku väikesi suurusi A suhtes.

0186. Kvartsist on valmistatud 60° -se nurdva nurgaga prisma. Arvutada selle prisma nurkdispersioon (n/λ) alljärgnevate spektrilõikude jaoks. Murdumisnäitaja sõltuvus lainepikkusest on toodud tabelis.

Vahemik	1	2	3	4	5	6	
λ (Å)	7685	5893	4861	4100	3034	2537	1988
n	1,5391	1,5442	1,5497	1,5565	1,5770	1,5963	1,6509

0187. Arvutada spektrograafia joondispersioon ($nm/\text{Å}$), kui spektrograafis kasutada prismana eelmises ülesandes kirjeldatud kvartsprismat. Kaamera objektiivi fookuskaugus on 50 cm.
0188. Kui suur peab olema spektraalaparaadi lahutusvõime, et eristada Na D-joone komponente ($\lambda_1 = 5890 \text{ Å}$, $\lambda_2 = 5896 \text{ Å}$)?
0189. Arvutada klaasist prisma aluse minimaalne laius, mille korral oleksid eristatavad Na D-joone komponendid. Klaasi dispersioon D-joone ümbruses on 956 cm^{-1} .
0190. Spektrograafi klaasprisma aluse laius on 10,0 cm ning nurdev nurk 60° . Prisma asetseb kaldeminimumi asendis lainepikkuse $\lambda = 500 \text{ nm}$ jaoks. Prisma aine murdumisnäitaja $n = 1,73$, kollimaatori objektiivi fookuskaugus $f = 25,0 \text{ cm}$. Kui suur peab olema kollimaatori pilu laius, et praktiliselt oleks võimalik kasutada prisma teoreetilist lahutusvõimet?
0191. Arvutada klaasspektrograafi joondispersioon, kui prisma võimaldab lahutada Fe-jooned lainepikkustega $4100,7 \text{ Å}$ ja $4100,9 \text{ Å}$ ja kui prisma aluse laius on 10 cm. Prisma nurdev nurk on 60° ja kaamera fookuskaugus 50 cm.
0192. Tuletada valem difraktsioonimaksimumide asukoha arvutamiseks, kui paralleelsed monokromaatsed valguskii-
red langevad võrele kaldu (langemisnurk φ_0). Millise kuju omandab tuletatud valem, kui $d \gg n\lambda$?

0193. Röntgenikiired langevad võrele, mille periood on $1 \mu\text{m}$, nurga $89^{\circ}30'$ all. Teist järku spektrile vastab difraktsiooninurk $89^{\circ}0'$. Arvutada λ .
0194. Mitmendat järku spektri võime veel saada difraktsioonivõreaga, mille periood on d ja kui kasutatava monokromaatse valguse lainepikkus on λ ?
0195. Difraktsioonivõrel on 500 joont/mm. Mitmendat järku spekter on võimalik saada selle võreaga, kui kasutada Na-leegi valgust?
0196. Difraktsioonivõreaga saadakse Na-leegi valgusest kolmandat järku spekter nurga $\varphi = 10^{\circ}11'$ juures. Määrata valguse lainepikkus juhul, kui teist järku spekter esineb nurga $\varphi_1 = 6^{\circ}16'$ juures.
0197. Difraktsioonivõrel on 200 joont/mm. Valgus langeb risti võrele. Kui suure nurga all peab asetsema goniomeetri pikksilm, et näha Fraunhoferi F-joone ($\lambda = 486,1 \text{ nm}$) esimest järku spektrit?
0198. Leida tingimus, mille korral m -nda difraktsioonimaksimumi intensiivsus on null, kui võre periood on d ja pilu laius b .
0199. Difraktsioonivõrele, millel on N pilu, mille periood on d ja pilu laius b , langeb risti monokromaatne paralleelne valguskiirte kimp lainepikkusega λ . Leida difrakteerunud valguse intensiivsuse nurkjaotus.
0200. Arvutada eelmise ülesande andmeid kasutades intensiivsus difraktsioonimaksimumide kohal.
0201. Arvutada difraktsioonivõre nurkdispersioon ($"/\lambda$) esimest järku spektris, kui joonte arv ühe cm kohta on 3937 . Arvutada sellise võreaga varustatud spektrograafi lineaarne dispersioon, kui kaamera objektiivi fookuskaugus on 50 cm .
0202. Kui suur on Na-kollase dubleti joonte vaheline kaugus spektrogrammil, mis on saadud eelkirjeldatud spektrograafiga?

0203. Leida difraktsioonivõre nurkdispersiooni suurus, kui võrekonstant $d = 5 \mu\text{m}$, $\lambda = 500 \text{ nm}$ ja spektrijärk $n = 3$.
0204. Tasapinnalisele peegelvõrele langeb risti selle pinnaga Na D-joone valgus ($\lambda = 589 \text{ nm}$). Arvutada võre 1,0 mm kohta tulev joonte arv, kui teist järku spekter asub 45° -se nurga all normaali suhtes.
0205. Leida difraktsioonivõre korral peamaksimumi ja tema-le lähima miinimumi vaheline nurkkaugus.
0206. Arvutada difraktsioonivõre minimaalne joonte arv, mille korral esimest järku spektris on eristatavad Na D-jooned.
0207. Arvutada difraktsioonivõre lahutusvõime esimest ja neljandat järku spektris, kui võre periood on $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$ ja laius 3,0 cm.
0208. Spektrograafi kollimaatori pilu S asetseb läätses L, mille fookuskaugus on 20 cm, fookuses. Läätses läbimõõdu valgus langeb difraktsioonivõrele, mis on risti läätses optilise teljega. Võre joonte arv $N = 1000$, periood $d = 10^{-3} \text{ cm}$. Kui suur peab olema kollimaatori pilu laius x , et oleks täielikult kasutatud võre lahutusvõime lainepikkuse $\lambda = 500 \text{ nm}$ ümbruses?
0209. 10 cm laiusel difraktsioonivõrel on 10^4 joont. Arvutada selle võre nurkdispersioon $''/\text{Å}$ kohta, lainepikkuse $0,5 \mu\text{m}$ korral 4. järku spektris. Mitmendat järku spektri korral selle võre lahutusvõime on piisav Fe-spektris olevate joonte $3878,57 \text{ Å}$ ja $3878,68 \text{ Å}$ lahutamiseks?
0210. Tuletada avaldis Lummeri-Gehrcke plaadi nurkdispersiooni arvutamiseks ja määrata plaadi dispersiooni piirkond. ξ lugeda väikseks.
0211. Arvutada interfereerivate kiirte arv z Lummeri-Gehrcke plaadi korral, kui plaadi pikkus $L = 30 \text{ cm}$, paksus $h = 1 \text{ cm}$ ja murdumisnäitaja $n = 1,52$.

0212. Leida minimaalne ja maksimaalne spektrijärk, mida võib saada eelmises ülesandes kirjeldatud plaadiga, kui kasutada valgust lainepikkusega 486,1 nm.
0213. Arvutada Lummeri-Gehrcke plaadi dispersiooni piirkond ja lahutusvõime, kui lainepikkuse 4861 Å piirkonnas $\frac{dn}{d\lambda} = -9,6 \cdot 10^{-6} \text{ Å}^{-1}$. Plaadi muud andmed võtta ülesandest 0211.
0214. Arvutada Lummeri-Gehrcke plaadi ($n = 1,5$) minimaalne pikkus, mille korral oleks eristatav vesiniku H - joone ($\lambda = 6563 \text{ Å}$) dubletne struktuur. Dubleti komponentide lainepikkuste vahe on $1,4 \cdot 10^{-9}$ cm. Suurus $\frac{dn}{d\lambda}$ jätta arvestamata.

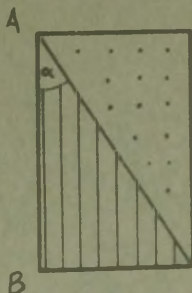
VI. VALGUSE POLARISATSIOON

0215. Kui kõrgel horisondist peab olema Päike, et veepinnalt peegeldunud valgus oleks täielikult polariseeritud?
0216. Kiire murdumisnurk vedelikus on 35° . Arvutada selle vedeliku murdumisnäitaja, kui peegeldunud kiir on täielikult polariseeritud.
0217. Veega täidetud klaasanumas kulgev valguskiir peegeldub anuma seinalt. Millise langemisnurga α puhul peegeldunud kiir on täielikult polariseeritud? Klaasi murdumisnäitaja on 1,53.
0218. 1. Leida nurk, mille korral klaasilt peegeldunud valgus oleks täielikult polariseeritud.
2. Leida murdunud valguse polarisatsiooniate, kui valgus langeb eespool märgitud nurga all. Langev valgus on loomulik.
0219. Arvutada klaasplaati läbinud valguse polarisatsiooniate, kui langemisnurk on 20, 45, 60 ja 80° . Langev valgus on loomulik.

0220. Arvutada klaasi pinnalt peegeldunud valguse polarisatsiooniate, kui langemisnurk on 45° ja $56^\circ 51'$ (klaasi murdumisnäitaja $n = 1,53$). Langev valgus on loomulik.
0221. Kahe Nicoli prisma peatasandi vaheline nurk on 30° . Kuidas muutub niikoleid läbinud valguse intensiivsus, kui peatasandid moodustavad 45° -se nurga?
0222. Niikolile langeb loomulik valgus. Tõestada, et niikolit läbinud valguse intensiivsus on pool pealelangeva valguse intensiivsusest. Valguse peegeldumist mitte arvestada.
0223. Loomulik valgus intensiivsusega I_0 langeb optilisele süsteemile, mis koosneb kahest niikolist. Niikolite peatasandid moodustavad nurga 60° . Mitu protsenti valgust läbib süsteemi, kui neeldumise ja peegeldumise tõttu kummaski niikolis väheneb intensiivsus 10% võrra.
0224. Optiline süsteem koosneb kahest niikolist. Esimesele niikolile langeb lineaarselt polariseeritud valgus nii, et elektrivektori võnketasandi ja niikoli peatasandi vaheline nurk on 30° . Niikolite peatasandite vaheline nurk on 45° . Mitu protsenti pealelangevast valgusest läbib süsteemi?
0225. Osaliselt polariseeritud valguse polarisatsiooniate on 0,40. Leida lineaarselt polariseeritud ja loomuliku valguse intensiivsuse suhe. (Osaliselt polariseeritud valgust võime vaadelda kui lineaarselt polariseeritud ja loomuliku valguse segu.)
0226. Osaliselt polariseeritud valgust vaadatakse läbi niikoli. Niikoli pööramine 60° võrra asendist, mis vastab maksimaalsele heledusele, põhjustab valguse intensiivsuse vähenemise kaks korda. Arvutada niikolile langeva valguse polarisatsiooniate

$$\Delta = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} .$$

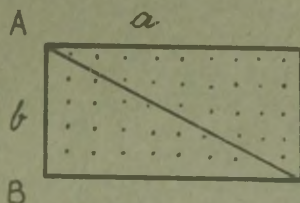
0227. Wollastone'i prisma on valmistatud islandi paost ($n_o = 1,658$, $n_e = 1,486$). Nurk $\alpha = 15^\circ$ (vt. joon. 0-9). Arvutada nurk prismast väljunud tavalise ja ebatavalise kiire vahel.



Joon. 0-9.

0228. Millise nurga all Nicol'i prisma pikema servaga tuleb lihvida selle alus, et ainult ebatavaline kiir läbiks prisma, olles seejuures paralleelne prisma servaga. Sel juhul on tavalise kiire langemismurk Kanada palsami kihile $1^\circ 45'$ võrra suurem täieliku peegelduse piirnurgast. Määrata prisma pikkuse a ja paksuse b suhe antud tingimustel. ($n_o = 1,658$; $n' = 1,516$; $n = 1,540$.)
0229. Polariseerimisprismaks on täisnurkne prisma, mis on välja lõigatud islandi paost ($n' = 1,516$; $n_o = 1,658$) nii, et optiline telg on paralleelne prisma diagonaalpinnaga (risti joonise tasapinnaga). Kleepainena on kasutatud Kanada palsamit ($n = 1,540$). Prisma pikkuse ja laiuse suhe on 4,93. Määrata ebatavalise kiire murdemurk prismasse sisenemisel, kui tavaline kiir langeb Kanada palsami kihile täieliku peegeldumise piirnurga all.

0230. Polarisatsiooniprismaks on islandi paost väljalõigatud täisnurkne prisma, kusjuures optiline telg on paralleelne diagonaalpinnaga (risti joon. 0-10 tasapinnaga). Kleepainena kasutatakse kas kanada palsamit ($n = 1,54$) või linaseemneõli ($n = 1,494$). Arvutada mõlema juhu jaoks sobivaim apertuur (2α) ning prisma pikkuse a ja laiuse b suhe.



Joon. 0-10.

0231. Lahendada eelmine ülesanne eeldusel, et kleepaine kihi asemel prismade vahel on õhk.
0232. Paralleelne valguskiirte kimp langeb risti islandi paost väljalõigatud plaadile. Plaadi paksus on $0,3 \text{ mm}$ ja ta on välja lõigatud paralleelselt optilise teljega. Arvutada plaati läbinud tavalise ja ebatavalise kiire käiguvahe lainepikkustes, kui $n_o = 1,658$, $n_e = 1,486$ ja $\lambda = 500 \text{ nm}$. Kumb valguskiir läbib plaadi kiiremini?
0233. Lineaarselt polariseeritud valguskiir läbib kristallplaadi, mille üks peasuund moodustab polarisaatori peetasandiga nurga φ . Plaadi poolt tekitatud faasivahe olgu δ . Leida 1) polarisatsiooniellipsi pooltelgede suhe; 2) nurk plaadi peasuuna ja ellipsi pooltelgede vahel.
0234. Arvutada vilgukivist plaadi minimaalne paksus d , mille korral seda võiks kasutada veerandlaine plaadina Na-valguse korral. Murdumisnäitajate väärtused on $n_1 = 1,5941$ ja $n_2 = 1,5887$.

0235. Kvartsist plaadile, mis on kristallist välja lõigatud paralleelselt optilise teljega, langeb lineaarselt polariseeritud valgus. Arvutada selle plaadi minimaalne paksus, mille korral plaadist väljunud kiir oleks ringpolariseeritud ($n_e = 1,5533$, $n_o = 1,5442$, $\lambda = 5 \cdot 10^{-5}$ cm). Tehniliselt on raske valmistada õhemat plaati kui 0,10 mm. Milline oleks sel juhul valmistatava plaadi minimaalne paksus?
0236. Kahele tumedale ribale (kompensaatori poolt tekitatud käiguvahed $+2\lambda$ ja -2λ) vastavad Babinet' kompensaatori (niikolid asetsevad risti) lugemid 7,34 ja 27,20. Kasutatakse valgust lainepikkusega 5893 Å. Millistele kompensaatori lugemeile vastavad tumedad ribad siis, kui kasutada valgust lainepikkusega 6708 Å?
0237. Na-lambist saadava valguse kasutamisel on Babinet' kompensaatori lugemid esimeste tumedate ribade puhul 14,73 ja 19,68. Leida Babinet' kompensaatori lugemid esimeste tumedate ribade korral, kui kasutatakse valgust lainepikkusega 546,1 nm.
0238. Kvartsplaat paksusega 3 mm on lõigatud kristallist välja paralleelselt optilise teljega. Plaadile langeb risti pinnaga lineaarselt polariseeritud valge valgus, kusjuures elektrivекtori võnkumistasapind moodustab 45° -se nurga plaadi teljega. Plaadist väljundvalgus läbib analüsaatori (niikol), mis on risti polarisaatoriga ja langeb siis spektroskoobi pilule. Mitu tumedat riba on spektris lainepikkuste $\lambda_D = 5890$ Å ja $\lambda_F = 4860$ Å vahel, kui nendele lainepikkustele vastavate murdumisnäitajate väärtused on järgmised:

	n_o	n_e
λ_D	1,5442	1,5533
λ_F	1,5497	1,5589.

0239. Ristuvate niikolite vahele on paigutatud kristall-plaat, mis tekitab käiguvahe 650 nm. Milline on plaadi värvus, kui esimesele niikolile langeb polükromaatne valgus?
0240. Ristuvate niikolite vahele on asetatud kvartspaat, mis on välja lõigatud paralleelselt optilise teljega. Plaadi optilise telje ja niikolite peasuundade vaheline nurk on 45° . Arvutada plaadi minimaalne paksus, mille korral üks vesiniku joontest $\lambda_1 = 6563 \text{ \AA}$ oleks nõrgendatud, kuna teine $\lambda_2 = 4102 \text{ \AA}$ omaks maksimaalse intensiivsuse ($\Delta n = 0,009$).
0241. Üheteljelisest kristallist paralleelselt selle optilise teljega on välja lõigatud plaat. Plaadi pinnale langeb risti ringpolariseeritud valgus. Plaadist väljunud valgus läbib analüsaatori. Arvutada analüsaatorit läbinud valguse intensiivsus, kui analüsaatori peatasand moodustab plaadi ühe peasuunaga nurga α . Milline peab olema α väärtus, et saada maksimaalset ja minimaalset intensiivsust?
0242. Leida kahte niikolit ja nende vahele paigutatud kristallplaati läbinud valguse intensiivsus, kui niikolite peatasandid moodustavad plaadi ühe peasuunaga nurkad suurusega α ja β .
0243. Kvartspaat paksusega 1 mm on kristallist välja lõigatud risti optilise teljega ja asetatud paralleelse peatasanditega niikolite vahele. Mingi lainepikkuse jaoks on polarisatsioonitasapinna pöördenurga suurus 20° . Kui suur peab olema plaadi paksus, et antud lainepikkusega valgus oleks täielikult kustutatud?
0244. Sahharimeeter võimaldab võnketasandi pöördenurka mõõta täpsusega $\pm 0^\circ,1$. Arvutada minimaalne suhkralahuse kontsentratsioon, mida selle saharimeetriega saab määrata, kui lahusekihi paksus on 10,0 cm ja suhkralahuse eripöörang $66^\circ,6 \text{ dm}^{-1}$.

0245. Hiniinsulfaadilahuse kontsentratsioon on $0,020 \frac{g}{cm^3}$. Kui pikk lahusesammus põhjustab Na-valguse võnketasandi pöördumise - $6,0^\circ$ võrra. Eripöörang - $220^\circ dm^{-1}$.
0246. Kvartsplaat, mis on välja lõigatud risti optilise teljega, iseloomustavad kollases spektri osas järgmised väärtused:

λ	α
5269 Å	27,543 kraad $\cdot mm^{-1}$,
5895 Å	21,684 kraad $\cdot mm^{-1}$.

Kitsas spektripiirkonnas väljendub α sõltuvus λ -st seosega $\alpha = A + \frac{B}{\lambda^2}$, kus A ja B on konstandid. Arvutada kvartsplaadid minimaalne paksus d, kui paralleelsete niikolite vahele paigutatud plaadi korral üks naatriumijoontest kustub täielikult, kuna teise intensiivsus kahaneb poole võrra ($\lambda_1 = 5889,953 \text{ Å}$, $\lambda_2 = 5895,923 \text{ Å}$).

0247. Kui suur on minimaalne murdumisnäitajate erinevus Δn , mida võib avastada parem- ja vasakpoolset ringpolariseeritud valguskiirte ($\lambda = 5893 \text{ Å}$) vahel, kui valgus läbib aine kihi paksusega 30 cm? Polarisatsioonitasapinna pöördnurga mõõtmise täpsus on 1° .
0248. Kui suur on parem- ja vasakpoolset ringpolariseeritud valguskiirte ($\lambda = 5893 \text{ Å}$) murdumisnäitajate erinevus Δn , kui valgus läbib kvartsplaadid, mille kohta on teada, et antud lainepikkusele vastav eripöörang $\alpha = 21,7$ kraadi millimeetri kohta?
0249. Verdet' konstandi väärtus CS_2 korral ($0^\circ C$ ja $\lambda = 589 \text{ nm}$) on $5,47 \cdot 10^{-4} \frac{\text{minut}}{\text{Å} \cdot \text{m} \cdot \text{cm}}$. Leida nurk, mille võrra pöördub võnketasand, kui valgus läbib 1 cm paksuse CS_2 kihi, mis asetseb magnetväljas tugevusega 10^6 A/m . Valguskiir levib paralleelselt magnetväljaga.
0250. Arvutada raua Verdet' konstandi väärtus, kui raua kiht paksusega $1 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$ pöörab võnkuristasapinda 130° võrra. Kiht asetseb magnetväljas tugevusega 10^6 A/m ja kasutatava valguse lainepikkus on 589 nm.

0251. Avaldada Verdet' konstant parem- ja vasakpoolselt ringpolariseeritud valguse murdumisnäitajate n_- ja n_+ kaudu.
0252. Kerri efekt tekib nitrobenseenis, kus väljatugevus on 3000 V/cm. Arvutada vahe $n_o - n_e$, kui Kerri konstandi väärtus on $2,2 \cdot 10^{-5}$ CGSE ühikut ($t = 20^\circ \text{C}$ ja $\lambda = 589 \text{ nm}$).
0253. Määrata eelmises ülesandes toodud tingimustel piki ja risti välja polariseeritud valguslainete faaside vahe δ , kui kondensaatori plaatide pikkus on 4 cm.
0254. Kui suur peaks olema eelmises ülesandes toodud tingimustel väljatugevus, et $\delta = \frac{\pi}{2}$?

VII. SOOJUSKIIRGUS. FOTOEFEKT

0255. Absoluutselt musta keha kiirgusspektris maksimaalne kiirgamisvõime vastab lainepikkusele 800 nm. Keha pindala on $1,0 \text{ cm}^2$. Arvutada selle keha kiirguse võimsus.
0256. Absoluutselt musta keha kiirgamisvõime maksimum langeb lainepikkusele $1 \mu\text{m}$. Millisele lainepikkusele ta nihkub, kui keha jahtumise tõttu summaarse kiirguse võimsus väheneb neli korda?
0257. Absoluutselt musta keha kuumutamisel tema kiirgamisvõime maksimum nihkub lainepikkuselt 760 nm lainepikkusele 380 nm. Kuidas muutub seejuures keha maksimaalne kiirgamisvõime?
0258. Päikese pinna temperatuur on 6000 K. Oletades, et Päike on absoluutselt must keha, arvutada Stefani-Boltzmanni seaduses esineva konstandi σ suurus. (Solaar-konstandi väärtus on $2 \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min}}$.)

0259. Musta õhukeseseinalisse metallist kuupi on valatud 1 kg vett, mille temperatuur on 50° C. Kuup asetseb teises mustas anumal, mille seinte temperatuur hoitakse absoluutse nulli lähedal. Kui pika aja möödumisel jahtub kuubis olev vesi 40 kraadi võrra?
0260. Arvutada Päikese pinna temperatuur, kui on teada, et intensiivsuse maksimum Päikese spektris asub lainepikkuse $\lambda = 5 \cdot 10^{-5}$ cm kohal. Päike lugeda absoluutselt mustaks kehaks.
0261. Arvutada lainepikkus, mis vastab absoluutselt musta keha kiirgusspektri maksimumile, kui kiirgava keha temperatuur on $10 \cdot 10^5$ kraadi.
0262. Leida elektriline võimsus, mis on tarvis 1 mm diameetriga ja 20 cm pikkuse hõõgniidi kuumutamiseks 3500 K juures. Soojusjuhtivusest tingitud soojuskadu jätta arvestamata. Niidi kiirgus allub Stefani-Boltzmanni seadusele.
0263. Kui volframist hõõgniidi temperatuur on 3500 K, siis $a_T = 0,35$. Leida niidi kiirgustemperatuur.
0264. Wiene eapiirilise valemi järgi energia jaotus musta keha spektris on järgmine:
- $$\varepsilon(\lambda, T) = C_1 \lambda^{-5} e^{-\frac{C_2}{\lambda T}},$$
- kus C_1 ja C_2 on konstandid. Lähtudes sellest valemist tuletada Wiene nihkeseadus ja arvutada nihkeseaduses esineva konstandi suurus ($C_2 = 1,4388$ cm · K).
0265. Millise temperatuurini võime musta keha nähtava spektri piirkonnas ($7500 \text{ \AA} > \lambda > 4000 \text{ \AA}$) Plancki valemi asemel kasutada Wiene valemit, kui lubatud vea suurus on 1 %?
0266. Lähtudes Plancki valemist määrata Stefani-Boltzmanni valemis ja Wiene nihkeseaduses esinevate konstantide väärtused universaalsete konstantide (h , k , c) kaudu.
0267. Arvutada nähtava valguse ($\lambda = 500$ nm) footoni mass.

0268. Fotoefekti punane piir liitiumi puhul on 510 nm. Määrata elektroni töö sellest metallist väljumisel.
0269. Metallist väljuvate fotoelektronide kineetiline energia on 1000 eV. Määrata metallile langeva valguse lainepikkus, jättes arvestamata väljumistöö.
0270. Plaatinast plaadile langeb valgus, mille lainepikkus on 150 nm. Elektronide emiteerimine lõpeb, kui katoodi pinge on 1,7 V. Määrata elektroni väljumistöö.
0271. Arvutada footoni impulss, kui lainepikkus $\lambda = 500$ nm. Võrrelda selle impulsi suurust vesiniku molekuli impulsiga toatemperatuuril.
0272. Millise lainepikkuse korral on footoni impulss võrdne toatemperatuuril oleva vesiniku molekuli impulsiga?
0273. Mitu korda on footoni ($\lambda = 500$ nm) energia toatemperatuuril oleva vesiniku molekuli kineetilisest energiast suurem?
0274. Hõõglambi poolt kiiratud valguse keskmine lainepikkus on 1200 nm. Arvutada 200-vatise lambi poolt ühes sekundis kiiratud footonite arv.

VIII. VALGUSE RÕHK. DOPPLERI EFEKT

0275. Lähtudes eeldusest, et valgus koosneb footoneist, kusjuures iga footoni impulss on $h \nu/c$, arvutada valguse rõhk tasapeeglile, kui valguse peegeldumiskoeffitsient on ρ ja langemismurk α . Arvutada ka ühele m^2 -le mõjuva tangentsiaalse jõu suurus.
0276. Tõestada, et valguse langemisel risti ideaalselt peegelduvale pinnale on valguse rõhk $2w$ ja langemisel absoluutselt mustale pinnale w (w on valgusenergia ruumtihedus.)
0277. Arvutada valguse rõhk $1 m^2$ suurusele maapinnatükile, kui see tükk on risti langeva kiirgusega. Solaarkonstant on võrdne $2 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$. Maapind lugeeda absoluutselt mustaks.

0278. Tasapinnaline valguslaineline langeb kerale, mille mõõtmised on suured võrreldes valguse lainepikkusega. Arvutata valguse rõhu suurus kerale, eeldades, et kera pind on 1) absoluutselt must ja 2) absoluutselt peegeldav.
0279. Arvutata valguse rõhust tingitud jõu F_1 suurus, mis mõjub Maale, eeldades, et see on absoluutselt must. Arvutata jõu F_1 ja Maa ning Päikese vahel mõjuva gravitatsioonijõu F_2 suhe.
0280. Maa tehiskaaslase diameeter on 10 m. Arvutata tehiskaaslasele mõjuva jõu suurus, eeldades, et ta pinna valgustatus on samasugune kui Maal.
0281. Väljendada rühmakiirus u faasikiiruse v ja $\frac{dn}{d\lambda}$ kaudu.
0282. Arvutata rühmakiirus alljärgnevate juhtude jaoks (v - faasikiirus):
- 1) $v = a$ ($a = \text{const}$) - näit. häälelained õhus;
 - 2) $v = a\sqrt{\lambda}$ - lained veepinnale;
 - 3) $v = \frac{a}{\sqrt{\lambda}}$ - kapillaarlained;
 - 4) $v = \frac{a}{\lambda}$ - varda ristvõnkumised;
 - 5) $v = \sqrt{c^2 + b^2 \lambda^2}$ - elektromagnetilised lained ionosfääris;
 - 6) $v = \frac{c \omega}{\sqrt{\omega^2 \epsilon \mu - c^2 \alpha^2}}$ - elektromagnetilised lained
- lainejuhis, mis on täidetud keskkonnaga, mille dielektriline läbitavus on $\epsilon(\omega)$ ja magnetiline läbitavus $\mu(\omega)$. $\alpha = \text{const}$.
0283. Sirge lainejuht on täidetud mittemagnetilise keskkonnaga, mille dielektriline läbitavus $\epsilon = \epsilon(\omega)$. Leida funktsiooni $\epsilon(\omega)$ kuju, mille korral $v_u = c^2$. (Vt. eelmine ülesanne.)
0284. Michelson mõõtis pöörleva peegli meetodil valguse kiiruse u väävelsüsinikus. Väävelsüsiniku murdumisnäitaja $n = 1,64$, kuna c/u väärtuseks sai Michelson 1,75. Arvutata väävelsüsiniku dispersioon lainepikkuse 500 nm jaoks.

0285. Arvutada vesiniku H_{β} - joone ($\lambda = 4861 \text{ \AA}$) Doppleri nihke suurus, kui kiirgavad vesiniku aatomid liiguvad keskmise kiirusega $v = 1,3 \cdot 10^8 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$. Vaatlusi tehakse aatomite liikumise sihis.
0286. Kui suur on eelmises ülesandes esitatud tingimustel Doppleri nihke suurus $\delta\lambda$, kui vaatlusi teha risti aatomite liikumise suunaga?
0287. Arvutada vesiniku H_{β} - joone maksimaalne Doppleri nihke $\Delta\lambda$, kui kiirgavate vesiniku aatomite kineetiline energia on $4 \cdot 10^6 \text{ eV}$.
0288. Kuidas liigub Maa suhtes udukogu, kui on teada, et vesiniku H_{γ} - joon ($\lambda = 4340 \text{ \AA}$) selle udukogu spektris on nihkunud 20 \AA võrra spektri punase osa poole.
0289. Ühe Fraunhoferi joone lainepikkus Päikese spektris on 5900 \AA , kui vaatlusi teha Päikese pooluse lähikonnast pärinevas valguses. Kui sama joone lainepikkus mõõdeti Päikese ekvaatorilt ketta äärelt pärinevas valguses, avastati, et see on nihkunud $0,04 \text{ \AA}$ võrra. Arvutada Päikese ekvaatori liikumise joonkiirus.
0290. Arvutada Maa orbiidi tasapinnas oleva tähe poolt kiiratud roheline valgus ($\lambda = 5500 \text{ \AA}$) nihke maksimaalne suurus.

A A T O M I F Ü Ü S I K A

IX. AATOMI TUUMMUDEL JA BOHRI TEOORIA

A1. Toimugu tsentraalne "põrge" paigaloleva uraani aatomi tuuma ja prootoni vahel, mille kiirus tuumast kaugel olles on $4,5 \cdot 10^7$ m/s. Millise kauguseni suudab prooton tuumale läheneda?

A2. Näidata, et kahest masspunktist koosneva süsteemi suhtelise liikumise kineetiline energia avaldub valemiga

$$T = \frac{1}{2} Mv^2,$$

kus M on süsteemi taandatud mass ja v - masspunktide suhtelise liikumise kiirus.

A3. Minimaalne kaugus, milleni lähenesid tsentraalsel "põrkel" tuumad ${}^2\text{H}$ ja ${}^7\text{Li}$, on 10^{-11} cm. Leida "põrkuvate" tuumade suhteline kiirus siis, kui nendevaheline kaugus on lõpmatult suur.

A4. 5-MeV kineetilise energiaga (lõpmatuses) α -osake, "põrkudes" paigaloleva kulla aatomi tuumaga, kaldub kõrvale nii, et tema kiiruse komponent, mis on risti esialgse liikumise sihiga, on tuumast lõpmata kaugel olles $1,2 \cdot 10^6$ m/s. Leida "põrkeparameeter".

- A5. 6-MeV energiaga prooton "põrkub" paigaloleva kulla-aatomi tuumaga, omades "põrkeparameetrit" 10^{-14} m. Leida pärast hajumist prootoni kiiruse komponent, mis on paralleelne tema esialgse liikumise sihiga siis, kui ta on tuumast lõpnata kaugel.
- A6. Kuldlehekesele paksusega $1 \mu\text{m}$ langeb risti kitsas 3-MeV energiaga α -osakeste voog intensiivsusega $5 \cdot 10^3$ osakest sekundis. Mitu hajunud α -osakest registreeriti 5 minuti jooksul hajumismurkade intervallis 59° ja 61° vahel?
- A7. Milline on α -osakeste kineetiline energia, kui on teada, et 10^{-4} osa neist hajutatakse $1 \mu\text{m}$ paksusega kuldlehekese poolt viimasele risti langemisel hajumismurkade all, mis ületavad 90° ?
- A8. 3-MV pinge abil kiirendatud α -osakeste voog suunatakse hõbelehekesele masspaksusega $\rho d = 0,1 \text{ mg/cm}^2$ nii, et nurk lehekese pinna normaali ja α -osakeste liikumisuuna vahel on 60° . 1% α -osakestest hajub hajumismurkade vahemikus (θ, π) . Leida nurk θ_0 .
- A9. Valgevasest lehekest, mille masspaksus $\rho d = 1,5 \text{ mg/cm}^2$, pommitatakse kitsa prootonite kimbuga, mis on suunatud risti lehekesele. Prootoni energia on 1 MeV. Leida nende prootonite suhteline hulk, mis hajuvad 30° suurema nurga all, teades, et valgevase kaaluline koostis on: vaske 70%, tsinki 30%.
- A10. Kuldleheke hajutab teatud hajumismurkade vahemikku 10^{-4} osa temale risti pealelangevatelt α -osakestest. Milline osa sama kineetilise energiaga α -osakestest hajutatakse samasse hajumismurkade vahemikku hõbelehekese poolt, mis on 2 korda paksem kui kuldleheke ja millele α -osakesed langevad samuti risti?
- A11. Masspaksust $\rho d = 1,05 \text{ mg/cm}^2$ omavale hõbelehekesele langeb risti kitsas 4,2-MeV energiaga α -osakeste kimp. Pärast hajumist hõbelehekesel satub loendajasse osa $\eta = 2,51 \cdot 10^{-5}$ pealelangevaist α -osakestest. Loendaja

parameetrid on: registreeriva ava pindala $S = 0,6 \text{ cm}^2$,
 kaugus lehekese hajutavast osast $L = 10 \text{ cm}$, Ioendaja re-
 gistreerib α -osakesi, mille hajumismurk $\theta = 20^\circ$. Arvu-
 tada nendest andmetest hõbeda aatomi tuuma laeng.

- A12. Arvutada Bohri järgi vesinikuaatomi elektroni teise orbiidi* raadius ning tema kiirus ja kiirendus sellel orbiidil.
- A13. Arvutada elektroni kiirus LiIII teisel orbiidil (Bohri järgi).
- A14. Arvutada Bohri järgi tuuma poolt tekitatud elektrivälja tugevus LiIII 3. orbiidil.
- A15. Tuletada valem elektroni tiirlemissageduse arvutamiseks vesiniku aatomi n -ndal orbiidil (Bohri järgi).
- A16. Kui suur on voolutugevus, mis vastab elektroni liikumisele 5. orbiidil vesiniku aatomis (Bohri järgi)?
- A17. Olga vesiniku aatomis ν_n - elektroni tiirlemissagedus n -ndal orbiidil (Bohri järgi) ja $\nu_{n,n+1}$ - elektroni siirdel $(n+1)$ -ndalt n -ndale orbiidile kiirgunud kvandi sagedus. Näidata, et kehtib võrratus

$$\nu_n > \nu_{n,n+1} > \nu_{n+1}.$$

- A18. 4870-Å lainepikkusega footoni kiirgamise tulemusena jõudis elektron vesiniku aatomis 2. orbiidile (Bohri järgi). Leida elektroni algorbiidi raadius.
- A19. Leida Bohri järgi vesiniku aatomi ergastatud olekut kirjeldav kvantarv, teades, et üleminekul põhiolekusse ta kiirgas järjestikku 2 footonit lainepikkustega 12818 Å ja 1025,7 Å.
- A20. On teada Balmeri seeria kahe joone lainepikkused: 4361 Å ja 4102 Å. Arvutada, millisesse seeriasse kuulub joon, mille lainearv on eeltoodud joonte lainearvude vahe.
- A21. Leida Lymani ja Balmeri seerias suurima lainepikkusega jooned. Millisesse seeriasse kuulub spektrijoon, mille lainearv võrdub eespool mainitud spektrijoonte lainearvude summaga?

Siin ja edaspidi on mõeldud ringorbiite.

- A22. Leida Lymani seerias lühima ja pikima lainepikkuse aritmeetiline keskmine. Kas sellise lainepikkusega joon eksisteerib Lymani seerias?
- A23. Selmine ülesanne, kuid geomeetrilise keskmise jaoks.
- A24. Arvutada L_{α} - ja L_{β} -joonte lainepikkuste aritmeetiline keskmine. Kas sellise lainepikkusega joont võib leida Lymani seerias?
- A25. Avaldada vesiniku aatomispektri L_{α} -joone lainepikkuse kaudu järgmised suurused: a) ionisatsioonenergia; b) Balmeri seeria lühim ja pikim lainepikkus.
- A26. Avaldada peenstruktuurikonstandi kaudu vesiniku aatomispektri L_{α} -joone lainepikkuse ja elektroni orbiidi raadiuse suhe vesiniku aatomi põhiolekus (Bohri järgi). Leida selle suhte arvvärtus.
- A27. Arvutada vesiniku aatomis (Bohri järgi) elektroni kiineetilise energia muutus pärast H_{α} -joonele vastava footoni kiirgamist.
- A28. Millise kiirusega liiguvad vesiniku aatomid, kui nende liikumissuunaga 45° all vaadeldes on L_{α} -joone lainepikkuse nihe 2 \AA ?
- A29. Milline väikseim kiirus peab olema elektronidel, et pörkudes ergastamata vesinikuaatomitega esile kutsuda vähemalt üht vesiniku aatomispektri joont.
- A30. Millise kineetilise energia peab andma elektronidele, et nendega atomaarset vesinikku pommitades tekiks üksainus Balmeri seeria joon.
- A31. Millised on spektrijoonte lainepikkused nähtavas piirkonnas, kui atomaarset vesinikku ergastada elektronidega, mille kineetiline energia on $12,8 \text{ eV}$.
- A32. Anumas on vesinik, mille aatomid on ergastatud välise mõjutuse poolt n-nda energiatasemeni. Mitme spektrijoone kiirgumine on võimalik?

- A33. Atomaarne vesinik, mis on ergastatud teatud välise mõjutuse poolt, kiirgab ainult 6 spektrijoont. Arvutada nende joonte lainearvude aritmeetiline keskmine.
- A34. Millise kineetilise energiaga elektronidega tuleb pommitada atomaarset vesinikku, et tekitada 10 spektrijoont?
- A35. Mitu korda suureneb vesiniku aatomis (Bohri järgi) elektroni orbiidi raadius, kui teda põhiolekus ergastada footoniga, mille energia on 12,75 eV?
- A36. Footon energiaga 15 eV eemaldab fotoelektroni vesiniku aatomist, mis on põhiolekus. Millise kiirusega liigub elektron prootonist lõpmata kaugel olles?
- A37. Atomaarset vesinikku pommitatakse 12,5-eV kineetilise energiaga elektronidega. Millised Lymani seeria jooned tekivad selle tulemusena? Leida nende lainepikkused.
- A38. Arvutada HeII spektris lainepikkus, millele vastab elektroni siire kolmandalt orbiidilt teisele (Bohri järgi).
- A39. Vesiniku spektri Lymani seerias on joon lainepikkusega 1216 Å. Millised on HeII elektroni alg- ja lõpporbiidi järjekorranumbrid sama lainepikkusega footoni kiirgamisel? Rydbergi konstandi sõltuvus tuuma massist jätta arvestamata.
- A40. Kahekordselt ioniseeritud liitiumiaatomi elektroni üleminekul kolmandalt orbiidilt teisele (Bohri järgi) tekkinud kvant ioniseerib vesiniku aatomi põhiolekus. Leida elektroni kiirus, kui elektron asub prootonist lõpmata kaugel.
- A41. Prootoni ja elektroni massi suhe on 1836,1, deutroni ja prootoni massi suhe aga 1,997. Määrata raske vesiniku ja kerge vesiniku aatomi Rydbergi konstantide vahe.

- A42. Leida positroniumi jaoks (Bohri järgi):
 a) elektroni ja positroni vaheline kaugus põhiolekus,
 b) ionisatsioonipotentsiaal,
 c) orbitaalmoment.
- A43. Kui palju muutub μ -mesovesinikus müooni tiirlemissagedus (Bohri järgi) pärast resonantsjoone kiirgumist? Müooni mass on 207 korda elektroni massist suurem.
- A44. μ -mesovesiniku H_{α} -joonele vastav kvant eemaldab ionisatsiooni teel elektroni HeII põhiolekust. Millise kiirusega liigub elektron tuumast kaugel olles?
- A45. Leida triitiumi ja kerge vesiniku ionisatsiooniennergiate vahe.
- A46. Määrata deuteeriumi ja triitiumi spektri resonantsjoonte lainearvude vahe kaiserites.
- A47. Arvutada deuteeriumi ja kerge vesiniku spektri resonantsjoonte lainepikkuste vahe.
- A48. Kas 0,003-Å lahutusvõimega spektrograafi abil saab avastada ${}^5\text{HeII}$ ja ${}^6\text{HeII}$ resonantsjoonte erinevust?
- A49. Arvutada elektroni laengu ja massi suhe, kasutades ainult alljärgnevat arvvärtusi: vesiniku ja heeliumi Rydbergi konstandid $10\,967\,758\text{ m}^{-1}$ ja $10\,972\,227\text{ m}^{-1}$, neile vastavad kilogrammaatomite massid 1,008 kg ja 4,003 kg ning Faraday arv $9,6485 \cdot 10^7\text{ C/kg-ekv}$.
- A50. Kasutades Bohri-Sommerfeldi kvantiseerimistingimusi, tuletada rotaatori energiatasemed.
- A51. Sputnik massiga 10 kg liigub ümber Maa orbiidil, mille raadius on 8000 km. Rakendades sputnikule gravitatsioonijõudude juhul Bohri teooriat nagu elektronile vesiniku aatomis, arvutada nimetatud orbiidile vastav kvant-arv. Kui kaugel sellest orbiidist paikneb järgmine statsionaarne orbiit?
- A52. Osakese massiga m langeb vertikaalselt horisontaalplaadile ja pörkub sellelt elastselt tagasi. Kasutades Bohri-Sommerfeldi kvantiseerimistingimusi, tuletada selle osakese energiatasemed. Raskuskiirenduse g sõltuvus kõrgusest jätta arvestamata.

- A53. Millised on osakese kõrguse lubatavad väärtused eelmise ülesande tingimustes? Arvutada kolm esimest kõrguse lubatavat väärtust, kui osakese mass on 1 g.

X. OSAKESTE LAINEOMADUSED

- A54. Leida elektroni ja prootoni de Broglie lainepikkuste suhe võrdse kineetilise energia eeldusel mitterelatiivistlikul juhul.
- A55. Kui palju muutub elektroni de Broglie lainepikkus üleminekul vesiniku aatomi 3. orbiidilt 1. orbiidile (Bohri järgi)?
- A56. Elektron liigub piki 1-cm raadiusega ringjoont magnetväljas induktsiooniga 4,6 mT. Määrata elektroni de Broglie lainepikkus.
- A57. Elektron, liikudes kiirusega $6 \cdot 10^6$ m/s, satub kiirendavasse homogeensesse 500-V/m tugevusega pikielektrivälja. Millise kauguseni peab elektron selles elektriväljas liikuma selleks, et tema de Broglie lainepikkuseks saaks 3 Å?
- A58. Milline täiendav energia tuleb anda 15-keV/c impulsiga elektronile, et ta de Broglie lainepikkus oleks 0,5 Å?
- A59. Mitu protsenti moodustab 0,0484-Å de Broglie lainepikkusega elektroni kineetiline energia tema seisuenergias?
- A60. Leida de Broglie lainepikkus elektronile, mille mass ületab 1 % võrra tema seisumassi.
- A61. Antud on molekulide jaotusfunktsioon kiiruste järgi (Maxwelli jaotus):

$$f(v) = (4 n v^2 / \sqrt{\pi}) (m/2 kT)^{3/2} \exp(-mv^2/2 kT),$$

kus m ja v on vastavalt molekuli mass ja kiirus, n - molekulide koguarv, k - Boltzmanni konstant, T - absoluutne temperatuur.

Leida molekulide jaotusfunktsioon de Broglie lainepikkuste järgi.

Näpunäide: $f(v) dv$ annab nende molekulide arvu, mille kiirus on vahemikus $v, v + dv$.

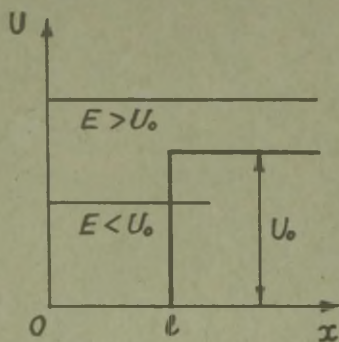
- A62. Kasutades eelmise ülesande lahendust, leida vesiniku molekulide tõenäolisim de Broglie lainepikkus temperatuuril 300°K .
- A63. Kasutades ülesande nr. A61 tulemust, leida vesiniku molekulide keskmine de Broglie lainepikkus temperatuuril 300°K .
- A64. Hinnata väikseim viga elektroni ja 1-mg massiga kuulikese kiiruse määramisel, kui mõlema asukohad on määratud täpsusega $1 \mu\text{m}$.
- A65. Hinnata määramatuse relatsiooni järgi aatomite ja tuumade mõõtmel. Eeldada, et energia, mis on seotud elektroni impulsi määramatusega aatomis ja nukloni määramatusega tuumas, on vastavalt 10 eV ja 1 MeV.
- A66. Osakese trajektoori jälg Wilsoni kambris kujutab endast udupiiskade ahelat, mille mõõtmete suurusjärk on 10^{-6} m . Kas on praktiliselt võimalik 1-keV kineetilise energiaga elektroni jälje uurimisel märgata tema liikumiseaduse erinevust klassikalise mehaanika seadustest?
- A67. Aatom kiirgab 5500-\AA lainepikkusega footoni. Kiirgusele kulub aeg $\sim 10^{-8} \text{ s}$. Millise täpsusega võib foton olla lokaliseeritud oma liikumise sihis? Hinnata nimetatud lainepikkuse määramatus.
- A68. Olgu mitterelativistliku osakese koordinaadi määramatus tuhat korda suurem tema de Broglie lainepikkusest. Hinnata selle osakese kineetilise energia suhteline määramatus.
- A69. Lähtudes määramatuse relatsioonist hinnata elektroni energia vesiniku aatomi põhiolekus.

Näpunäide: elektroni impulss $p \approx \hbar/r$. ($\hbar = h/2\pi$, h - Plancki konstant, r - elektroni kaugus tuumast.)

- A70. Lähtudes määramatuse relatsioonist, hinnata LiII põhioleku energia. Lisaks eelmise ülesande näpunäitele eeldada arvatuste lihtsustamiseks, et elektronidevaheline kaugus on $\sim 2 r$.
- A71. Lähtudes määramatuse relatsioonist, hinnata harmoonilise ostsillaatori energia põhiolekus.
- A72. Massiga m mikroosake liigub ühedimensionaalses potentsiaaliaugus: $U = k|x|^5$. Lähtudes määramatuse relatsioonist, hinnata selle ala joormõõde, milles osake asub minimaalse energiaga.
- A73. Osake massiga m asub ühedimensionaalses lõpmata sügavas potentsiaaliaugus: $U(x) = 0$, kui $0 < x < 1$ ja $U(x) = \infty$ väljaspool seda vahemikku. Kasutades Schrödingeri võrrandit leida osakese energia ja normeeritud lainefunktsioonid.
- A74. Arvutada eelmise ülesande tingimustel n -ndas statsionaarses olekus osakese koordinaadi ja selle ruudu keskväärtnus.
- A75. Kasutades ülesande nr. A73 tulemusi, arvutada põhiolekus tõenäosus selleks, et osake asuks täpsusega $1/100$ potentsiaaliaugu servast kaugusel $1/8$.
- A76. Arvutada üle-eelmise ülesande tingimustel tõenäosus selleks, et põhiolekus viibiva osakese koordinaat oleks vahemikus $1/3 < x < 2/3$.
- A77. Kasutades ülesandes nr. A73 saadud normeeritud lainefunktsioone, arvutada osakese impulsi x -komponendi ja selle ruudu keskväärtnus n -ndas statsionaarses olekus.
- A78. Tuletada valem kahe kõrvuti asetseva energiataseme vahe arvutamiseks lõpmata sügavas potentsiaaliaugus. Saadud valemi abil arvutada esimese ergastatud taseme ja põhitaseme vaheline kaugus, kui 10 cm laiuses potentsiaaliaugus paikneb: a) liivatera massiga 0,1 mg; b) vesiniku molekul; c) elektron.

A79. Milline on lõpmata sügava potentsiaaliangu laius, kui elektroni siirdel esimeselt ergastatud tasemelt põhi- tasemele vähenes selle energia 1 eV võrra?

A80. Osake massiga m asub ühedimensionaalses potentsiaal- väljas, mida on kujutatud joonisel A-1, kus $U(0) = \infty$, $U(x) = 0$, kui $0 < x < l$ ja $U(x) = U_0 = \text{const}$, kui $x > l$. Näidata Schrödingeri võrrandi alusel, et kui osakese energia $E > U_0$, siis on tema energiaspekter pidev, kui $E < U_0$, siis diskreetne.



Joon. A-1.

A81. Schrödingeri võrrandi lahendamisest järgneb, et vesiniku aatomi põhiolekul lainefunktsioon avaldub järgmiselt:

$$\psi(r) = A \exp(-r/a),$$

kus r on elektroni kaugus tuumast, A ja a - konstandid, kusjuures viimane võrdub Bohri raadiusega.

Arvutada elektroni tõenäolisim kaugus tuumast ja kulonilise jõu keskvärtus.

A82. Tõestada järgmised operaatorvõrdused:

$$a) \frac{d}{dx} x = 1 + x \frac{d}{dx} ;$$

$$b) \left(1 + \frac{d}{dx}\right)^2 = 1 + 2 \frac{d}{dx} + \frac{d^2}{dx^2} ;$$

$$c) \left(x + \frac{d}{dx}\right)^2 = 1 + x^2 + 2x \frac{d}{dx} + \frac{d^2}{dx^2};$$

$$d) \left(\frac{1}{x} \frac{d}{dx} x\right)^2 = \frac{d^2}{dx^2} + \frac{2}{x} \frac{d}{dx};$$

$$e) \left(\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}\right)^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}.$$

A83. Tõestada järgmised operaatorvõrdused:

$$a) \left[\sum_i \hat{A}_i, \hat{B}\right] = \sum_i [\hat{A}_i, \hat{B}];$$

$$b) [\hat{A}, \hat{B}\hat{C}] = [\hat{A}, \hat{B}]\hat{C} + \hat{B}[\hat{A}, \hat{C}].$$

A84. Tõestada järgmised kommutatsioonieskirjad:

$$a) [\hat{L}_x, \hat{x}] = 0, \quad b) [\hat{L}_y, \hat{x}] = -i\hbar\hat{z}, \quad c) [\hat{L}_z, \hat{x}] = i\hbar\hat{y},$$

kus \hat{L}_x , \hat{L}_y ja \hat{L}_z tähendavad orbitaalimpulsi momendi x-, y- ja z-komponenti.

A85. Tõestada järgmised kommutatsioonieskirjad:

$$a) [\hat{L}_x, \hat{p}_x] = 0, \quad b) [\hat{L}_y, \hat{p}_x] = -i\hbar\hat{p}_z,$$

$$c) [\hat{L}_z, \hat{p}_x] = i\hbar\hat{p}_y,$$

kus \hat{L}_x , \hat{L}_y ja \hat{L}_z tähendavad orbitaalimpulsi momendi x-, y- ja z-komponenti ning \hat{p}_x - impulsi x-komponenti.

A86. Kasutades orbitaalimpulsi momendi operaatorite kommutatsioonieskirju

$$\begin{aligned} [\hat{L}_x, \hat{L}_y] &= i\hbar\hat{L}_z, \quad [\hat{L}_y, \hat{L}_z] = i\hbar\hat{L}_x \quad \text{ja} \quad [\hat{L}_z, \hat{L}_x] = \\ &= i\hbar\hat{L}_y, \end{aligned}$$

näidata, et operaatorite $\hat{L}_+ = \hat{L}_x + i\hat{L}_y$ ja $\hat{L}_- = \hat{L}_x - i\hat{L}_y$ jaoks kehtib kommutatsioonieskiri

$$[\hat{L}_+, \hat{L}_-] = 2\hbar\hat{L}_z.$$

A87. Lähtudes impulsi momendi defineerivatest kommutatsioonieskirjadest, tõestada operaatorvõrdus

$$\hat{L}_z (\hat{I}_x \pm i\hat{I}_y) = (\hat{I}_x \pm i\hat{I}_y) (\hat{L}_z \pm \hbar),$$

kus \hat{I}_x , \hat{I}_y ja \hat{I}_z on impulsi momendi x-, y- ja z-komponendid ja $\hbar = h/2\pi$ (h - Plancki konstant).

II. AATOMI ELEKTRONKATTE EHDITUS. SPEKTRID

- A88. Arvutada täielikult täidetud n -ndas kihis nende elektronide arv, millel on järgmised ühesugused kvantarvud:
 a) m_s ; b) m_l ; c) m_s ja m_l .
- A89. Millised on võimalikud d -olekus asuva elektroni täieliku impulsimomendi väärtused? Määrata nurgad orbitaalimpulsimomendi ja spinnimpulsimomendi vektorite vahel.
- A90. Elektron asub olekus $p_{1/2}$. Leida nurk täieliku impulsimomendi ja spinnimpulsimomendi vektorite vahel.
- A91. Süsteem koosneb 3 elektronist: üks on s -olekus, teine p -olekus ja kolmas d -olekus. Leida süsteemi energiatasemete spektraaltähised^x.
- A92. Leida kaheelektronilise süsteemi (elektronide orbitaalkvantarvud on 1 ja 3) energiatasemete spektraaltähised.
- A93. Veenduda kaheelektronilise süsteemi ($l_1 = 1$, $l_2 = 2$) näitel, et nii (L,S) -seose kui ka (j,j) -seose juhul on süsteemi võimalike olekute arv sama. Kirjutada üles ka vastavate energiatasemete spektraaltähised.
- A94. Määrata ekvivalentelektronkonfiguratsioonide np^2 ja np^4 termide ja põhitaseme spektraaltähised.
 Näpunäide: Kasutada Pauli printsipi ja Hundi reeglit.
- A95. Eelmine ülesanne, kui konfiguratsioonid on nd^2 ja nd^8 .
- A96. Ülesanne nr. A94, kui konfiguratsioonid on nf^2 ja nf^{12} .
- A97. Määrata põhitaseme spektraaltähised aatomite jaoks, mille nimetus ja elektronkonfiguratsioon on järgmised:
 a) $0 - 1 s^2 s^2 2 p^4$;

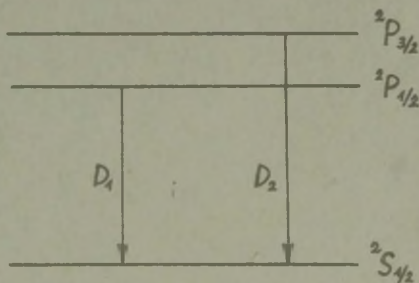
^x Siin ja edaspidi, kui ei ole öeldud vastupidist, eeldatakse, et kehtib normaalne seos ehk Russelli-Saundersi seos ehk (L,S) -seos.

- b) Y - Kr kate + 4 d¹ 5 s² ;
 c) Zr - Kr kate + 4 d² 5 s² ;
 d) Er - Xe kate + 4 f¹² 6 s² .

Näpunäide: kasutada ülesannete nr. A94-A96 tulemusi.

- A98. Fosfori aatomi põhioleku elektronkonfiguratsioon on: täidetud allkihid + täpselt pooleni täidetud allkiht, milles asub 3 elektroni. Määrata põhitaseme spektraaltähis.
- A99. Süsteem koosneb kolmest elektronist, mille orbitaalkvantarvud on 0, 1 ja 3. Leida p- ja f-elektroni orbitaalimpulsimomentide-vaheline nurk järgmistel juhtudel: a) süsteem asub P-olekus, b) otsitav nurk on minimaalne.
- A100. p-, d- ja f-elektronist koosnev süsteem on S-olekus. Leida p- ja d-elektroni orbitaalimpulsimomentide-vaheline nurk.
- A101. Kaheelektroniline süsteem on tripletse termiga. Leida nurk elektronide spinnimpulsimomendi vektorite vahel.
- A102. p- ja d-elektronist koosnev süsteem on singuletse termiga. Leida: 1) nurk elektronide spinnimpulsimomentide vahel, 2) maksimaalne nurk süsteemi täieliku orbitaalimpulsimomendi ja d-elektroni orbitaalimpulsimomendi vahel.
- A103. Leida spinnimpulsimomendi ja täieliku impulsimomendi vahelise nurga võimalikud väärtused kaheelektronilises süsteemis, millel $J = 1$.
- A104. Kaheelektroniline süsteem, mis sisaldab p-elektroni, asub D-olekus. Arvutada p-elektroni orbitaalimpulsimomendi ja süsteemi täieliku orbitaalimpulsimomendi vahelise nurga võimalikud väärtused.

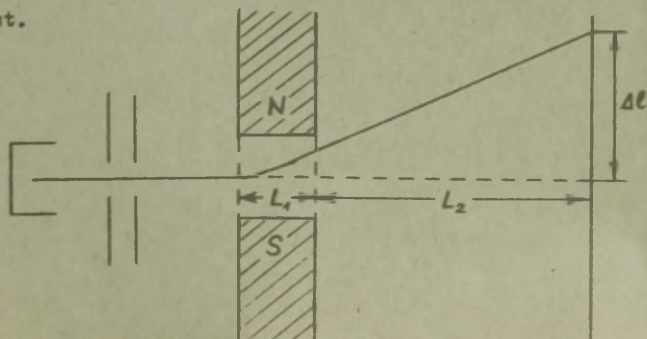
- A105. Aatom, millel on väljaspool täielikult täidetud allkihte 3 elektroni (s-, p- ja d-elektron), asub selle konfiguratsiooni juures maksimaalselt võimaliku täieliku impulsimomendiga olekus. Leida nurk aatomi spinnimpulsimomendi ja täieliku impulsimomendi vahel.
- A106. D- ja F-olekus on kvantarvu J võimalik väärtuste arv 5. Millist informatsiooni saab siit nende olekute spinnkvantarvude kohta?
- A107. Kirjutada üles F-termi energiatasemete spektraaltähised, teades, et see term lõhestub 5 tasemeks.
- A108. Naatriumi spektri D_1 - ja D_2 -joon (lainepikkused 5895,93 Å ja 5889,96 Å) tekivad aatomite üleminekul olekutest ${}^2P_{1/2}$ ja ${}^2P_{3/2}$ olekusse ${}^2S_{1/2}$ (vt. joon. A-2). Leida termi 2P dubletse lõhestumise faktor.



Joon. A-2.

- A109. Tripletse olekus orbitaalkvantarvuga 2 on aatomi lan-
de tegur $4/3$. Leida oleku spektraaltähis.
- A110. Anda taseme spektraaltähis, teades, et $S = 1/2$, $J = 5/2$, $g = 6/7$.
- A111. Aatom asub olekus 1F . Leida tema efektiivmagnetmoment ja selle projektsioonid välise magnetvälja vektori suunale.
- A112. Mitmeks komponendiks lõhestub Sterni-Gerlachi katses olekus ${}^6G_{3/2}$ asuvate aatomite kimp?

- A113. Määrata rauda aatomi efektiivmagnetmomenti maksimaalne projektsioon, kui nendest aatomitest koosnev kimp lõhestus Sterni-Gerlachi katses 9 komponendiks ja aatomi olekut kirjeldav spektraaltähis on teada ainult osaliselt: 5D .
- A114. Olekus $2S+1D_2$ asuva aatomi efektiivmagnetmomenti maksimaalne projektsioon võrdub 4 Bohri magnetoniga. Leida S .
- A115. Arvutada Hundi reegli abil aatomi efektiivmagnetmomenti maksimaalne projektsioon põhiolekus, kui elektronkonfiguratsioon on: täielikult täidetud allkihid + kolm d -elektroni.
- A116. Arvutada fluori aatomi põhiolekus efektiivmagnetmomenti maksimaalne projektsioon Bohri magnetonides.
- A117. Arvutada aatomi täielik impulsmoment olekus $S = 3/2$, $L = 2$, kui on teada, et tema efektiivmagnetmoment on null.
- A118. Millisel termil 5F tasemel "asetseb" aatom, kui ta efektiivmagnetmoment on null?
- A119. Sterni-Gerlachi katses suunatakse põhiolekus asuvate erbiumi aatomite kimp mittehomogeensesse ristmagnetvälja (induktsiooni gradiendiga 1 kT/m), mille ulatus $L_1 = 4 \text{ cm}$. Leida kimbu kõige rohkem kõrvalekaldunud komponendi nihe magnetist $L_2 = 10 \text{ cm}$ kaugusel asuval ekraanil (joon. A-3). Aatomite kiirus kimbus enne välja sattumist oli 500 m/s . Kasutada ülesande nr. 97 tulemust.



Joon. A-3.

- A120. Ühte ja samasse Sterni-Gerlachi katseseadmesse suunatakse põhiolekus esmalt boori, seejärel fluori aatomi kimp. Leida nende kimpude kõige rohkem kõrvalekal-
danud komponentide nihete suhe ekraanil, eeldusel, et mõlema elemendi aatomite kiirused katseseadmesse sa-
bumisel olid ühesugused.
- A121. Leida naatriumi aatomi taseme ${}^2P_{3/2}$ madalaima alltaseme ja taseme ${}^2P_{1/2}$ kõrgeima alltaseme vaheline kaugus mag-
netväljas induktsiooniga 10 T. Arvutustes kasutada tuntud D_1 - ja D_2 -joone (joon. A-2) lainepikkusi.
- A122. Millise magnetilise induktsiooni juures tasemete ${}^2D_{5/2}$ ja ${}^2P_{3/2}$ täielikud lõhestumised erinevad 0,7 K võrra?
Märkus. Taseme täieliku lõhestumise all mõeldakse tema lõhestumisel tekkinud kõrgeima ja madalaima all-
taseme vahet, mida väljendatakse tavaliselt energiatega, sageduste või lainearvude skaalas.
- A123. Leida singletse termi taseme spektraaltähis, kui on teada, et tema täielik lõhestumine suureneb 1,4 μcm võrra magnetilise induktsiooni kasvul 0,5 T võrra.
- A124. Milline Zeemani efekt (lihtne või keeruline) tekib spektraaljoontel, millele vastavad üleminekud: ${}^1P \rightarrow {}^1S$,
 ${}^2D_{5/2} \rightarrow {}^2P_{1/2}$, ${}^3D_1 \rightarrow {}^3P_0$?
- A125. Tuletada valemid spektrijoone ${}^2D_{5/2} \rightarrow {}^2P_{3/2}$ lõhestunud komponentide sageduste arvutamiseks transversaalses Zeemani efektis.
- A126. Tuletada valemid spektrijoone ${}^3F_4 \rightarrow {}^3D_3$ lõhestunud komponentide sageduste arvutamiseks longitudinaalses Zeemani efektis.
- A127. Leida naatriumi spektri D_2 -joone longitudinaalses Zeemani efektis esinev suurim lainepikkus, kui magnetiline induktsioon on 1 T. Täiendavaid andmeid vaadata ülesande nr. A108 tekstist.
- A128. Määrata pideva röntgenispektri lühilaineline piir, kui on teada, et kiirendava pinge suurendamisel 2 korda see suurus muutus 0,5 \AA võrra.

- A129. Röntgenitoru antikatoodele langevate elektronide kiirus moodustab 50 % valguse kiirusest vaakumis. Leida pideva röntgenispektri lühilaineline piir.
- A130. MÄÄrata röntgenitoru antikatoodele sattuvate relativistlike elektronide de Broglie lainepikkus, kui pideva röntgenispektri lühilaineline piir on $0,1 \text{ \AA}$.
- A131. Hinnata hõbeda röntgenispektri K_{α} -joone lainearv ja lainepikkus.
- A132. Alumiiniumi pideva röntgenispektri lühilainelise piiri lainepikkus on 4 \AA . Kas on võimalik samas röntgenitorus sama pinget kasutades leida karakteristliku kiirguse K_{α} -joont?
- A133. Röntgenitorus pinge suurendamisel 10 kV-lt 20 kV-ni suurenes lainepikkuste skaalas intervall K_{α} -joone ja pideva röntgenispektri lühilainelise piiri vahel 3 korda. Arvutada röntgenitoru antikatoodi järjenumbr.
- A134. Millise minimaalse pingega võib magneesiumist antikatoodiga röntgenitorus tekitada karakteristliku kiirguse K_{α} -joone, mille lainepikkus on $9,88 \text{ \AA}$? Magneesiumis röntgenikiirguse neeldumise L-häire sagedus on $3,46 \text{ Ry}$.
- A135. Kaitseekraanina röntgenikiirguse vastu kasutatakse $0,5 \text{ cm}$ paksust pliiplaati. Kui paksul alumiiniumplaadil oleks samasugune ekraniseeriv toime? Plii ja alumiiniumi neeldumiskoeffitsiendid kasutatava lainepikkusega kiirgusele on vastavalt $52,5 \text{ 1/cm}$ ja $0,765 \text{ 1/cm}$.
- A136. Veekihi paksuse suurendamisel 1 cm võrra vähenes kihti läbinud röntgenikiirguse intensiivsus $1,73$ korda. Leida röntgenikiirguse massneeldumiskoeffitsient.
- A137. MÄÄrata kalkide röntgenikiirte massneeldumiskoeffitsientide suhe inimeste luudes ja kudedes. Eeldades, et luude aineks on $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, koed aga koosnevad peamiselt veest.
- A138. Elmine ülesanne, kui vee asemel on alumiinium.

- A139. Leida $1\text{-}\text{\AA}$ lainepikkusega röntgenikiirguse massneeldumiskoeffitsient vanaadiumi jaoks, teades, et $1,44\text{-}\text{\AA}$ lainepikkusega kiirguse juhul sama parameeter alumiiniumi jaoks on $4\text{ m}^2/\text{kg}$.
- A140. $0,1\text{-}\text{\AA}$ röntgenikiirguse Comptoni hajumisel oli lainepikkuse muutus $0,024\text{ \AA}$. Leida footoni hajumisnurk ja tema poolt tagasilöögielektronile üleantud energia.
- A141. $0,8\text{-MeV}$ energiaga footoni hajumisel vabal elektronil sai tema lainepikkus võrdseks elektroni kahekordse Comptoni lainepikkusega. Leida footoni hajumisnurk.
- A142. Määrata Comptoni efektis nurk hajunud footoni ja tagasilöögielektroni liikumissuuna vahel, teades, et pealangeva ja hajunud footoni lainepikkused on vastavalt $0,050\text{ \AA}$ ja $0,062\text{ \AA}$.
- A143. Leida $0,03\text{-}\text{\AA}$ lainepikkusega footoni lainepikkuse muutus Comptoni efektis, kui tagasilöögielektroni kiirus moodustab 60% valguse kiirusest vaakumis.
- A144. Määrata Comptoni efektis elektroni poolt omandatud impulss, kui on teada, et footon, mille esialgne lainepikkus oli $0,05\text{ \AA}$, hajus 90° nurga all.
- A145. Footon impulsiga $1,02\text{ MeV}/c$ hajus Comptoni efektis nii, et elektron omandas impulsi $0,5\text{ MeV}/c$. Arvutada footoni hajumisnurk.
- A146. Comptoni elektron liigub $0,3\text{-T}$ induktsiooniga magnetväljas 2-cm raadiusega ringjoonel. Milline oli footoni esialgne lainepikkus, kui ta hajus 90° nurga all?
- A147. Aine kiiritamisel kalgi monokromaatse elektromagnetilise kiirgusega leiti, et Comptoni elektronide maksimaalne kineetiline energia oli $0,44\text{ MeV}$. Arvutada pealangeva kiirguse lainepikkus.
- A148. Kvant, mis vastab pideva röntgenispektri lühilainelisele piirile röntgenitorus 60-kV pingel juures, hajub Comptoni efektis 120° nurga all ja eemaldab seejärel fotoefekti teel elektroni molübdeeni aatomi K-kihist. Määrata fotoelektroni kineetiline energia, kui see on tuumast lõpmata kaugel.

- A149. 50-keV energiaga foton hajub Comptoni efektis 90° murgaga all ja neeldub seejärel alumiiniumi aatomi elektronkattes, eemaldades elektroni K-kihist. Hinnata fotoelektroni kineetiline energia, kui see on tuumast lõpmata kaugel.
- A150. Foton, mille lainepikkus võrdub elektroni Comptoni lainepikkusega, hajub Comptoni efektis nii, et tagasilöögielektron saab impulsi $5,3 \cdot 10^{-18}$ g . cm/s. Seejärel eemaldab hajunud foton fotoefekti teel elektroni uraani aatomi K-kihist. Hinnata fotoelektroni kineetiline energia, kui see on tuumast lõpmata kaugel.
- A151. Millise kineetilise energiaga elektroni de Broglie lainepikkus võrdub tema Comptoni lainepikkusega?
- A152. Röntgenikiirguse foton, hajudes vabal elektronil, annab sellele 25 % oma energiast. Arvutada footoni lainepikkus, kui hajumismurk on 90° .
- A153. Oletades, et foton hajub vabal prootonil, arvutada footoni lainepikkuse muutus 120° hajumismurga juhul.
- A154. Krüptooni aatomite kiiritamisel monokromaatsel röntgenikiirgusega leiti, et mõnel juhul väljuvad aatomist kaks elektroni: fotoelektron K-kihist ja Anger' elektron L-kihist. Teades, et nimetatud kihtide ionisatsiooniennergia on vastavalt 14,4 ja 2,0 keV, arvutada: a) mõlema elektroni kineetiline energia, kui röntgenikiirguse lainepikkus on 0,65 Å; b) lainepikkus, mille juures mõlema elektroni kineetilised energiad on võrdsed.
- A155. Mitu protsenti aatomeid jääb ergastatud olekusse pärast ajavahemiku möödumist, mis võrdub selle oleku keskmise elueaga?
- A156. Anumas, mis on täidetud elavhõbeda auruga madalal rõhul, neeldub 10^{16} resonantsjoonele vastavat footonit sekundis. Mitu ergastatud aatomit on anumas 10 s pärast kiiritamise algust, kui resonantsjoonele vastava ergastatud oleku keskmine eluiga on 10^{-7} s.

- A157. Millisel pikkusel piki kanalkiirte kimpu väheneb ioonide spektri resonantsjoone intensiivsus 7 korda? Arvesse tuleva ergastatud oleku eluiga on $1,25 \cdot 10^{-6}$ s ja ioonide kiirus kimbus on 1500 m/s.
- A158. Spektrijoon, millele vastab lainepikkus 5320 Å, tekib aatomite ülemineku tulemusena kahe ergastatud oleku vahel, mille eluead on $1,5 \cdot 10^{-8}$ s ja $2 \cdot 10^{-8}$ s. Milline on spektrijooone loomulik laius?
- A159. Kiirusega 10^4 m/s liikuv aatom kiirgab footoni lainepikkusega 5895,93 Å, mille levimissuund moodustab aatomi liikumissuunaga 120° murga. Millise lainepikkuse fikseerib vaatleja?

XII. MOLEKULISPEKTRID

- A160. Pöörlemispektri kahe kõrvuti asuva joone lainearvud on 124,30 cm^{-1} ja 145,03 cm^{-1} . Arvutada molekuli inertsimoment.
- A161. Leida molekulis $^1\text{H}^{35}\text{Cl}$ pöörlemiskvantarvud nende kõrvutiste tasemete jaoks, mille vahekaugus on 7,86 meV. Tuumadevaheline kaugus selles molekulis on 127,5 pm.
- A162. Molekulide HCl pöörlemispektris on kahe kõrvuti asetseva joone lainepikkused 117,5 ja 156,5 μm . Arvutada neist andmeist molekuli pöörlemiskonstant.
- A163. Lähtudes eelmise ülesande tingimustest arvutada suuruse poolest järgmine lainepikkus.
- A164. Leida kaheaatomilise molekuli jaoks dN/dE_r - pöörlemistasemete arv energia ühikvahemiku kohta - sõltuvana pöörlemisenergiast E_r .
- A165. Mitu korda on molekulis HI võnkumise ergastamise energia suurem pöörlemise ergastamise energiast? Selle molekuli omavõnkeringsagedus on $4,35 \cdot 10^{14}$ rad/s ja tuumadevaheline kaugus 160 pm.

- A166. Kaheaatomilise molekuli võnkumisenergia avaldub anharmoonilise ostsillaatori läheduses järgmiselt: $E = \hbar\omega(n + \frac{1}{2}) [1 - x(n + \frac{1}{2})]$, kus $\omega = \sqrt{k/M}$, k - kvaa-sielastse seose konstant, M - molekuli taandatud mass, x - anharmoonilisuse keefitsient (harmoonilise ostsillaatori juhul $x = 0$), n - võnkumiskvantarv. Arvutada molekuli maksimaalne võnkumisenergia.
- A167. Kasutades eelmise ülesande tulemusi, arvutada molekuli H_2 dissotsiatsioonenergia, kui $\bar{\nu} = \omega / 2\pi c = 4395 \text{ cm}^{-1}$ ja $x\bar{\nu} = 125 \text{ cm}^{-1}$.
- A168. Kasutades üle-eelmises ülesandes toodud võnkumisener-gia avaldist, arvutada kahe kõrvuti paikneva võnkumis-energia tasemete vaheline kaugus sõltuvana võnkumis-quantarvust n .
- A169. Molekulide $^1H^{19}F$ kombinatsioonhajumise spektris on tea-tud spektrijoone lähima anti-Stokes'i ja Stokes'i kaas-lase lainepikkused vastavalt 2670 Å ja 3430 Å. Lei-da molekuli kvaasielastse seose konstant.
- A170. Valguse kombinatsioonhajumisel molekulidel $^{12}C^{16}O$ on kaas-lase minimaalne kaugus põhijoonest 2169 μcm . Leida molekuli kvaasielastse seose konstant.
- A171. Kvant lainepikkusega 4350 Å hajub molekulil $^{14}N^{16}O$, mille tulemusena tema lainepikkus suureneb 400 Å võr-ra. Leida molekuli võnkumiskvantarvu muutus, eeldusel, et kvaasielastse seose konstant on 1,54 kN/m.
- A172. Molekulide S_2 kombinatsioonhajumise spektris oli 3380-Å lainepikkusega joone lähima Stokes'i kaas-lase lainepikkus 3465 Å. Leida molekuli kvaasielastse seose konstant.
- A173. Gaas koosneb HCl molekulidest, mis erinevad kloori iso-toopilise koosseisu poolest: $H^{35}Cl$ ja $H^{37}Cl$. Määrata isotoobi ^{35}Cl aatomkaal, teades, et võnkumisspektri ri-ba sageduse suhteline isotoopiline nihe on 0,0008 ($H^{35}Cl$ joonte suhtes) ja jooned, mis vastavad molekuli-tele $H^{37}Cl$, on nihkunud suuremate lainepikkuste poole.
- A174. Määrata molekulide segu $H^{35}Cl$ ja $H^{37}Cl$ pöörlemispekt-ri sageduste suhteline isotoopiline nihe ($H^{35}Cl$ joon-te suhtes).

T U U M A F Ü Ü S I K A

XIII. AATOMITUUMADE PÕHIOADUSED

T1. Näidata, et α -osakese tuumast eemaldamise energia avaldub valemiga

$$S_{\alpha} = 4f(A) + 4(A-4) \frac{df}{dA} - B(4,2),$$

kus $f(A)$ on tuuma eriseoseenergia ja $B(4,2)$ on α -osakese seoseenergia.

T2. Kui palju energiat eraldub või neeldub (otsustada!) α -osakese moodustumisel kahest neutronist? Deutroni ja α -osakese eriseoseenergiad on vastavalt 1,09 ja 7,06 MeV.

T3. Kui palju energiat eraldub või neeldub (otsustada!) 2 α -osakese moodustumisel tuumadest ${}^6\text{Li}$ ja ${}^2\text{H}$? Mainitud tuumade eriseoseenergiad on vastavalt 7,08; 5,33 ja 1,11 MeV.

T4. Kui palju energiat eraldub või neeldub (otsustada!) tuuma ${}^{12}_6\text{C}$ moodustumisel kolmest α -osakesest. Lähtuda järgmistest andmetest: tuuma ${}^{12}_6\text{C}$ seoseenergia on 92,16 MeV, tuuma ${}^4_2\text{He}$ eriseoseenergia on 7,08 MeV.

T5. Arvutada neutroni tuumast ${}^{14}_7\text{N}$ eemaldamise energia, kui tuumade ${}^{14}_7\text{N}$ ja ${}^{13}_7\text{N}$ eriseoseenergiad on vastavalt 7,46 ja 7,23 MeV.

- T6. Tuumade ^{12}C ja ^4He seoseenergiad on vastavalt 92,16 ja 28,30 MeV. Nende tuumade masside summa ja tuuma ^{16}O massi vahe on 0,00769 u. Arvutada tuuma ^{16}O eriseoseenergia.
- T7. Kasutades tabelites antud aatomite masside väärtusi, arvutada tuumast ^{21}Ne neutroni eemaldamise energia.
- T8. Kasutades tabelites antud aatomite masside väärtusi, arvutada energia, mis kulub tuuma ^{16}O lõhestamiseks neljaks α -osakeseks.
- T9. Määrata 5000-kW võimsusega AEJ ^{235}U ööpäevane tarvidus (grammides), eeldades, et kasutegur on 16,7 % ja uraani aatomi tuuma lõhestumisel vabanev energia on 200 MeV.
- T10. Mitu ülipeenstruktuurilist komponenti on järgmiste aatomite põhitasemetel: $^3\text{H}(^2\text{S}_{1/2}, 1/2)$, $^6\text{Li}(^2\text{S}_{1/2}, 1)$, $^9\text{Be}(^1\text{S}_0, 3/2)$, $^{15}\text{N}(^4\text{S}_{3/2}, 1/2)$ ja $^{35}\text{Cl}(^2\text{P}_{3/2}, 3/2)$. Sulgudes on esmalt elektronkatte oleku tähis, seejärel tuuma spinnkvantarv.
- T11. Leida tuuma ^{59}Co spinnkvantarv, kui aatomi elektronkatte tasemel $^4\text{F}_{9/2}$ on 8 ülipeenstruktuurilist komponenti.
- T12. Määrata kaadmiumi tuuma ^{113}Cd spinnkvantarv, kui aatomi elektronkatte üleminekul $^3\text{P}_0 \rightarrow ^3\text{S}_1$ spektrijoon lõhestub kaheks ülipeenstruktuuriliseks komponendiks.
- T13. Aatomite ^{209}Bi spektri uurimisel tehti kindlaks, et tasemel $^2\text{D}_{3/2}$ on 4 ülipeenstruktuurilist alltasest, kusjuures naaberalltasemete vahelised kaugused suhtuvad nagu 6 : 5 : 4. Leida tuuma spinnkvantarv ja spektrijoon $^2\text{S}_{1/2} \rightarrow ^2\text{D}_{3/2}$ ülipeenstruktuuriliste komponentide arv.
- T14. ^7Li aatomite kimp lõhestus Sterni-Gerlachi katses 8 ülipeenstruktuuriliseks komponendiks. Leida tuumade ^7Li spinnkvantarv.
- T15. Kasutades eelmise ülesande tulemust, leida ^7Li aatomi põhiolekus maksimaalne nurk elektronkatte impulssmomenti ja tuuma spinni vahel.

- T16. Neutroni magnetmomendi määramisel resonantsmeetodil leidi, et resonants tekib 0,682-T induksiooniga püsivmagnetvälja ja 19,9-MHz sagedusega elektromagnetvälja rakendamisel. Leida neutroni magnetmoment tuumamagnetonides, teades, et tema spinnkvantarv on $\frac{1}{2}$.
- T17. Leida kahe prootoni vahel mõjuva gravitatsioonilise tõmbejõu ja elektrostaatilise tõukejõu suhe.
- T18. Hinnata tuumaaaine ja elektrilaengu keskised tihedused tuumas ^{27}Al .
- T19. Kasutades tuuma tilgmudelit, näidata, et isobaaride reas (massiarv $A = \text{const}$) kõige stabiilsema tuuma laenguarv avaldub valemiga
- $$Z = A / (1,98 + 0,015A^{2/3}).$$
- T20. Arvutada tilgamudeli alusel tuuma ^{50}V eriseoseenergia.
- T21. Kasutades tilgamudelit, otsustada, kas eksisteerivad stabiilsed rasked tuumad,
- mis koosnevad ainult neutronitest,
 - mis koosnevad ainult prootonitest,
 - milles prootonite arv moodustab 10 % massiarvust.
- T22. Tuletada tilgamudeli alusel valem peegeltuumade seoseenergiate vahe arvutamiseks.
- T23. Oletame, et kahe nukloni vastastikuse mõjustuse potentsiaalne energia avaldub valemiga
- $$V(r) = -V_0(1 - \text{th}^2 \beta r)$$
- (Hylleraasi potentsiaal), kus r on nuklonitevaheline kaugus, V_0 ja β - positiivsed konstandid. Esitada Bohri teooria järgi arvutuskeem energiatasemete leidmiseks ringorbiitide juhul.
- T24. Eelmise ülesande tingimustel näidata, et energiatasemed paiknevad seda kõrgemal, mida suurem on kvantarv n . Ühtlasi näidata, et energiatasemete arv on lõplik. Kuidas see arv avaldub?

- T25. Millist informatsiooni annab kihiline mudel järgmiste tuumade spinikvantarvude määramisel:
 ${}^7\text{Li}$, ${}^{16}\text{N}$, ${}^{45}\text{Sc}$, ${}^{87}\text{Sr}$, ${}^{113}\text{Cs}$, ${}^{238}\text{U}$.

XIV. KIIRGUSE LÄBIMISEK ALHESST

- T26. Hinnata 380-keV energiaga müooni kulg õhus normaaltin-
timistes.
Häpunäide. Müooni mass on 207 korda suurem elekt-
roni massist; laeng võrdub elementaarlaenguga. Seetõttu
võib kasutada raskete osakeste kula arvutamise võtteid.
- T27. Määrata α -osakese kulg pliis, teades, et tema energia
vastab 17-mikromeetrisele kulule alumiiniumis.
- T28. Millise paksusega alumiiniumlehekese läbimisel väheneb
 α -osakese kineetiline energia neli korda, kui ta esi-
alga kineetiline energia oli 15 MeV?
- T29. Radioaktiivne preparaas ${}^{238}\text{Pu}$, mis kiirgab 5,5-MeV
energiaga α -osakesi, kantakse elektrolüütiliselt pak-
sule metallalusele. Määrata, millise pealekantud kihi
minimaalse masspaksuse järel ${}^{238}\text{Pu}$ lisamine ei too kaa-
sa preparaadi intensiivsuse suurenemist. (Plutooniumi
tihedus on $19,8 \text{ g/cm}^3$.)
- T30. Milline on α -osakese tekitatud keskmine erionisat-
sioon õhus normaalingimustes, kui ta kulg on 3,58 cm?
Kui paksu raudplaati oleks suutnud see α -osake läbis-
tada?
- T31. Arvutada α -osakese poolt kulu esimesel, teisel ja vii-
masel kolmandikul tekitatudioonipaaride suhteline hulk.
- T32. Määrata 2,5-MeV energiaga prootoni poolt kulu esimesel
pooltel tekitatudioonipaaride suhteline hulk õhus nor-
maalingimustes, eeldusel, etioonipaari tekitamise
energia ei sõltu prootoni kiirusest.
- T33. Milline peab olema α -osakeste kineetiline energia, et
neid võiks registreerida loenduriga, millel on rooste-
vabast terasest "sisselaskeaken" masspaksusega 6 mg/cm^2 .

- T34. 2 cm kaugusele radioaktiivsest punktallikast, mis kiirgab 5-MeV energiaga α -osakesi, paigutatakse alumiiniumplaat. Milline peab olema plaadi minimaalne paksus, et neelata kõik selle suunas liikuvad α -osakesed? Ümbritsevaks keskkonnaks on õhk normaaltingimustes.
- T35. Hinnata ühe- ja samasuguse kineetilise energiaga α -osakese ja deutroni tekitatud keskmiste eriionisatsioonide suhe õhus normaaltingimustes mittrelativistlikul juhul, eeldusel, et ioonipaari tekitamise energia ei sõltu ionisatsiooni esilekutsuva kiirguse liigist.
- T36. Võrrelda 5,3-MeV energiaga α -osakese (kiiratud tuuma ^{210}Po α -lagunemisel) trajektoori pikkusühiku kohta arvestatud ionisatsioonilist energiakadu alumiiniumis ja pliis.
- T37. Võrrelda 5,3-MeV energiaga α -osakese ja deutroni trajektoori pikkusühiku kohta arvestatud ionisatsioonilist energiakadu alumiiniumis.
- T38. Lähtudes Bethe valemist, näidata, et kehtib ligikaudne valem

$$\frac{1}{R} \approx \sum_{i=1}^k \frac{\eta_i}{R_i},$$

kus R on raske laetud osakese kulg k elemendist koosnevas keemilises ühendis või segus, R_i on kulg i -ndas puhtas elemendis ja η_i on i -nda elemendi levik ühendis või segus. Suurused η_i on normeeritud tingimustega $\sum_{i=1}^k \eta_i = 1$.

Näpunäide: Bethe valemis esinev logaritm lugeda elemendist sõltumatuks.

- T39. Millise kineetilise energiaga elektroni radiatsiooniline energiakadu pliis on a) võrdne ionisatsioonilise energiakaoga; b) moodustab 25 % koguenergiakaost? Kõik nimetatud energiakaod on mõeldud arvestatuna trajektoori pikkusühiku kohta.

- T40. Millises aines liigub 3,25-MeV kineetilise energiaga elektron, kui ionisatsiooniline energiakadu on kolm korda suurem kui radiatsiooniline energiakadu. (Energiakaod on arvestatud trajektoori pikkusühiku kohta.)
- T41. Läbinud teatud aine kihi paksusega 0,4 cm, vähenes kiire elektroni energia 25 % võrra. Leida seda ainet iseloomustav radiatsiooniline pikkus, eeldusel, et elektroni energiakadu on peamiselt radiatsiooniline.
- T42. Määrata β -aktiivse preparaadi ^{204}Tl (elektroni maksimaalne kineetilise energia 0,77 MeV) minimaalne massipaksus, millest alates kihi paksuse suurenemine ei põhjusta antud kiirgusallika intensiivsuse suurenemist.
- T43. Õhukese pliiplaadi kiiritamisel Wilsoni kambri 3-MeV energiaga γ -kvantidega oli elektronide jälgi 3,7 korda rohkem kui positronide jälgi. Arvutada elektroni-positronipaari tekke tõenäosuse ja ülejäänud protsesside tõenäosuste summa suhe.
- T44. Määrata γ -kvandi keskmine vaba tee pikkus keskkonnas, milles poolnõrgendava kihi paksus on 4,5 cm.
- T45. Mitu korda vähendab γ -kiirguse intensiivsust varjend, mille katus koosneb 0,30 m paksusest propsikihist ja 0,70 m paksusest pinnasekihist? Eeldada, et kiirguse poolnõrgenemise paksused puidu ja pinnase jaoks on vastavalt 0,25 ja 0,14 m.
- T46. Kasutades lisas toodud tabeleid, arvutada 1 MeV energiaga γ -kvandi vaba tee keskmine pikkus õhus (normaaltingimustes), vees, alumiiniumis ja pliiis.
- T47. Kitsas γ -kiirte kimp, mis sisaldab footoneid energiaintervallis 0,6 - 0,8 MeV, langeb risti alumiiniumplaadile paksusega 2 cm. Mitu korda väheneb selle kimbu intensiivsus plaadist läbiminekul, kui footonite jaotusfunktsioon energia järgi on konstantne ja nõrgenemiskoeffitsient on selles intervallis footoni energia lineaarne funktsioon?

- T48. Oletame, et ühe elemendi jaoks on mingil sagedusel teada γ -kiirguse lineaarsed neeldumiskoeffitsiendid μ_{F1} , μ_{C1} ja μ_{P1} vastavalt fotoefektist, Comptoni efektist ja elektroni-positronipaaride tekkest tingituna. Tuletada ligikaudne valem γ -kiirguse täisliku lineaarse neeldumiskoeffitsiendi arvutamiseks teise elemendi jaoks samal sagedusel.
- T49. Eeldades, et ioonipaari tekitamise energia õhus on 34 eV, leida 1 R kiiritusdoosi poolt tekitatud neeldunud doos õhus.
- T50. Õhku, mis asub normaaltingimustes paralleelsete plaatide (ionisatsioonikambri elektrodide) vahel, ioniseeritakse ühtlaselt gammakiirte abil. Leida kiiritusdoosi võimsus, teades, et küllastusvool on 10^{-9} A ja elektrodidevahelise õhu ruumala on 50 cm^3 . (Plaatidevaheline kaugus on tunduvalt väiksem plaadi mõõtmetest.)
- T51. Eelmine ülesanne, kui rõhk on 2 atm ja temperatuur 27°C .
- T52. 2-MeV energiaga gammakvantide voo tihedus on $10^4 \text{ v/cm}^2 \cdot \text{s}$ ja mass-neeldumiskoeffitsient õhus $0,03 \text{ cm}^2/\text{g}$. Määrata kiiritusdoosi võimsus. Mitu korda on see võimsus suurem keskmisest lubatud võimsusest 6-tunnise tööpäeva jooksul?
- T53. 1-cm^2 pindalaga bioloogilise koe pinnale langeb risti 3-MeV energiaga α -osakeste voog 10^5 v/s . Määrata neeldunud ja bioloogilise doosi võimsus, teades, et α -osakeste kulg koes võrdub praktiliselt kuluga vees.
- T54. γ -kiirguse kahjuliku mõju määramiseks töökohal kasutati elektromeetriga ühendatud ionisatsioonikambrit, mis sisaldas 2 liitrit õhku normaaltingimustes. Süsteemi "kollektor - elektromeetri niit" mahtuvus oli 15 pF, elektromeetri tundlikkus 6,1 V jaotise kohta. Leida γ -kiirguse kiiritusdoos 6-tunnise tööpäeva jooksul, kui elektromeetri niidi edasiliikumise kiirus oli 5,07 jaotist minutis. Kui kaua aega võib päevas töötada ohutult sellel töökohal kaitset kasutamata?

T55. Määrata argooniga täidetud loenduri võrdelisuse ala lävipinge 60-mm Hg rõhu juures. Teada on: loenduri raadius 1 cm, niidi raadius 0,005 cm, elektroni vaba tee pikkus argoonis 1-mm Hg rõhu juures 0,068 cm ning argooni ionisatsioonipotentsiaal 15,8 V.

T56. Loendur hakkab tööle 1000 korda sekundis. Leida uuri-tava sündmuse tõeline sagedus, kui loenduri lahutusaeg on $2 \cdot 10^{-4}$ s.

T57. Stilbeeni väljakiirgamisaeg on $7 \cdot 10^{-9}$ s, fotokordisti lahutusaeg on $1,5 \cdot 10^{-9}$ s. Määrata impulsside arv sekundi kohta fotokordisti väljundis, kui stilbeeni satub sekundis $5 \cdot 10^7$ elektroni.

T58. Loenduri lahutusaeg on $3 \cdot 10^{-5}$ s, registreeriva aparaadi lahutusaeg $2,5 \cdot 10^{-4}$ s. Mitu impulssi ajaühikus tekib registreerivas aparaadis, kui loendurisse satub elektronide voog $5 \cdot 10^3$ 1/s?

T59. Elektron, mis liigub impulsiga p keskkonnas murdumisnäitajaga n, kiirgab footoni sagedusega ν . Lähtudes energia ja impulsi jäävuse seadusest, näidata, et nurk θ elektroni esialgse liikumissuuna ja tema kiiratud footoni liikumissuuna vahel avaldub valemiga

$$\cos \theta = \frac{h \nu (n^2 - 1) + 2 \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4}}{2 pcn},$$

kus m_0 on elektroni seisumass, c - valguse kiirus vaakumis ja h - Plancki konstant.

Analüüsida erijuhtusid: 1) $n = 1$ (vaakum); 2) $h \nu \ll pc$ (eraldi käsitleda ultrarelativistlikku ja mitterelativistlikku juhtu).

T60. Näidata eelmise ülesande tingimustel, et nurk ψ , mille võrra muutub elektroni liikumissuund, on arvutatav valemist

$$\cos \psi = \frac{2 p^2 c^2 - 2 h \nu \sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2} - h^2 \nu^2 (n^2 - 1)}{2 pc \sqrt{p^2 c^2 + h^2 \nu^2} \sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2}}.$$

Analüüsida samu erijuhtusid.

- T61. Leida elektromide kineetiline energia, kui liikudes klaasis murdumisnäitajaga 1,5, kiirgavad nad valgust 30° nurga all oma liikumissuunaga.
- T62. Milline peab olema γ -kvandi lainepikkus, et volframi aatomi K-kihist väljalöödud elektron hakkaks kiirgama valgust keskkonnas murdumisnäitajaga 1,4?
- T63. Arvutada Vavilevi-Tšerenkovi efekti lävienergia prootoni liikumisel klaasis (murdumisnäitaja $n = 1,8$), pleksiklaasis ($n = 1,5$) ja õhus normaaltingimustes ($n = 1,0003$).
- T64. Milliste osakeete puhul on Vavilevi-Tšerenkovi efekti lävienergia (kineetilise energia skaalas) 29,6 MeV keskkonnas murdumisnäitajaga 1,6?
- T65. Määrata 5,62 at rõhu juures argoeniga täidetud Tšerenkovi loenduri jaoks prootonite registreerimise lävienergia, kui argooni murdumisnäitaja 1 at juures on 1,000281.
- T66. 680-MeV kineetilise energiaga prooton liigub klaaskoennuse telge mööda aluse poole. Milline peab olema koennuse avamurk selleks, et Vavilevi-Tšerenkovi kiirgus väljuks alusest paralleelse kiirtekimbuna, kui klaasi murdumisnäitaja on 1,8?
- T67. Veesuuraga täidetud Wilsoni kambri liikudes vähenes prootoni trajektoori kõverusraadius 20 cm-lt 10 cm-ni. Mituioonipaari tekitas prooton, kui kasutatava magnetvälja induksioon oli 1 T jaioonipaari tekitamise energia võrdub 33 eV?

IV. RADIOAKTIIVSUS ^x

- T68. Mitu radioaktiivset lagunemist toimub ühe minuti jooksul preparaadis, mis sisaldab 1 mg uraani ²³⁵U? Mitme protsendi võrra väheneb preparaadi aktiivsus aasta jooksul?
- T69. Leida plii hulk, mis tekkis 1 kg uraanist ²³⁸U maakera geoloogilise ea vältel ($2,5 \cdot 10^9$ a.).
- T70. Leida vanade puitesemete iga, kui on teada, et neis sisalduva ¹⁴C aktiivsus moodustab 3/5 sama isotoobi aktiivsusest kasvavates puudes.
- T71. Leida uraanimaagi vanus, kui selles plii ja uraani massi suhe on 0,226. Uraani isotoopidest arvestada ainult ²³⁸U.
- T72. Maagis on tuumade ²⁰⁶Pb ja ²³⁸U arvud võrdsed. Milline oli nende tuumade arvude suhe 10^9 aastat tagasi?
- T73. Raadiumi ²²⁶Ra punktpreparaat asetseb 3 cm kaugusel 2-mm diameetriga ümmargusest fluorestseeruvast ekraanist. Määrata raadiumi mass preparaadis, kui iga 10 s jooksul tekib ekraanil 3 stsintillatsiooni.
- T74. Radioaktiivsest koobaldist ⁵⁸Co ja stabiilsest koobaldist ⁵⁹Co koosneva preparaadi eriaktiivsus on 60 Ci/g. Arvutada radioaktiivse ja stabiilse koobaldi massi suhe selles preparaadis.
- T75. Inimese verre süstiti 4 cm^3 lahust, mis sisaldas radioaktiivset ²⁴Na aktiivsusega 2000 osakest sekundis. 5 tunni möödumisel oli inimeselt võetud 2 cm^3 vere aktiivsus 32 osakest minutis. Leida inimese vere ruumala.
- T76. Automootori terasest kolvirõngast kiiritati neutronitega seni, kuni aktiivsus ei saanud võrdseks 10^{-5} Ci (aktiivsus oli tingitud tuumadest ⁵⁹Fe poolestusajaga

^x Kui poolestusaega ei ole ülesande tekstis antud, tuleb seda otsida tabelist "Andmeid monede nukliidide kohta".

45,1 päeva). 9 päeva pärast seda asetati rõngas mootoris ja 30-päevase pideva töötamise järel oli ^{59}Fe -st tingitud aktiivsus karteriõlis 12,6 lagunemist minn-
tis 100 cm³ kohta. Kui palju rõnga ainet kulub töö ajal, kui rõnga esialgne mass oli 30 g ja õli ruumala - 5680 cm³?

T77. ^{112}Pd β -lagunemisel tekib β -aktiivne ^{112}Ag . Eeldades, et preparaat sisaldas algomendil ainult esimest nukliidi, leida teise nukliidi maksimaalse aktiivsuse ja preparaadi esialgse aktiivsuse suhe. Mainitud tuumade poolestusajad on vastavalt 21 h ja 3,2 h.

T78. Radoon ^{222}Rn muundub lagunedes polooniumiks ^{218}Po , mis omakorda on α -aktiivne. Leida ajavahemik, mille möödumisel koguneb maksimaalne hulk polooniumi, eeldusel, et algul eksisteeris ainult radoon. Määrata maksimaalne polooniumi mass, kui radoon algul täitis normaaltingimustes ruumala 0,65 cm³.

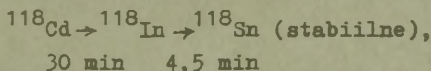
T79. Preparaat koosneb kahest erineva poolestusajaga β -aktiivsest nukliidist. Eksperimentaalselt määrati preparaadi aktiivsuse A sõltuvus ajast t:

t(h)	0	1	2	3	5	10	20	30
A(Bq)	60	34,3	21,1	14,1	8,65	5,00	2,48	1,25

Arvutada mõlema nukliidi poolestusajad ja nende nukliidide tuumade arvude suhe alghetkel.

Näpunäide: konstrueerida graafik teljestikus (t, ln(A/A₀)), kus A₀ on algaktiivsus.

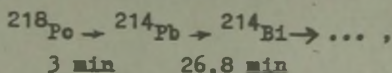
T80. Antud on radioaktiivne rida:



kus noolte all on märgitud poolestusajad. Eeldades, et algomendil sisaldas preparaat ainult 0,1 g esimest nukliidi, leida stabiilse nukliidi mass tunni aja möödumisel.

T81. Leida eelmise ülesande tingimustel ajavahemik, mille mõõdmisel preparaadi summaarne aktiivsus saavutab maksimumi.

T82. Olgu antud radioaktiivsed muundumised



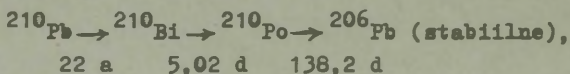
kus noolte alla on kirjutatud poolestusajad. Eeldades, et algmõõndil sisaldas preparaat ainult esimest nukliidi, leida ajavahemik, mille mõõdmisel teise nukliidi aktiivsus saavutab maksimumi.

T83. Raadiumi ^{226}Ra lagunemisel tekib radoon ^{222}Rn , mis on omakorda radioaktiivne. Radoon, mis koguneb 5 g raadiumi lagunemisel, eemaldatakse iga 48 tunni järel kiire pumpamisega. Leida kolmandal ja neljandal pumpamisel saadud radooni aktiivsuste vaha.

T84. Arvutada tuumade ^{238}U poolestusaeg, kui on teada, et n sellist tuuma on radioaktiivses tasakaalus n . 3,62 . 10^{-7} tuumaga ^{226}Ra .

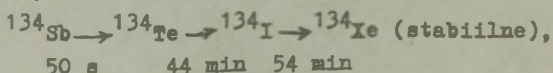
T85. Leida 1 g raadiumiga ^{226}Ra radioaktiivses tasakaalus oleva radooni ^{222}Rn mass ja ruumala normaaltingimustes.

T86. Antud on radioaktiivne rida



kus noolte alla on kirjutatud poolestusajad. Leida nukliidide ^{210}Pb , ^{210}Bi ja ^{210}Po mass preparaadis, milles ^{210}Pb on radioaktiivses tasakaalus oma lagunemisproduktidega ja kiirgab koos viimastega $2 \cdot 10^{12}$ elektroni sekundis.

T87. Preparaadis, mis sisaldas algmõõndil ainult nukliidi ^{134}Sb , toimuvad radioaktiivsed muundumised



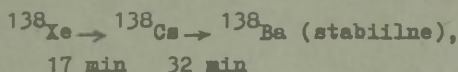
kus noolte alla on kirjutatud poolestusajad. Leida tuumade ^{134}Xe suhteline arv tunni aja mõõdmisel.

T88. Radioisotoop Mg^{27} tekib konstantse kiirusega $5 \cdot 10^{10}$ tuuma sekundis. Leida Mg^{27} tuumade arv, mis koguneb ajavahemiku t jooksul, kui a) $t \gg T$, b) $t = T$, kus T on poolestusaeg.

T89. Radioaktiivne nukliid ^{138}Xe (poolestusaeg 17 min) tekib konstantse kiirusega 10^{10} tuuma sekundis. Arvutada radioaktiivsete ksenoonituumade arv 34 min järel pärast nende kogunemise algust.

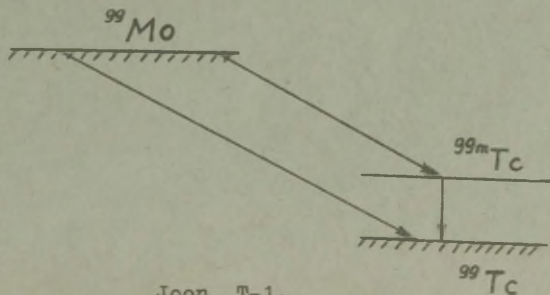
T90. Radioaktiivne nukliid ^{32}P tekib tuumareaktoris konstantse kiirusega $5 \cdot 10^{10}$ tuuma sekundis. Millise ajavahemiku möödumisel selle nukliidi tekke algusest saab aktiivsuseks 0,5 Ci.

T91. Radioaktiivne nukliid ^{138}Xe , mis tekib konstantse kiirusega 10^{12} tuuma minutis, kutsub esile radioaktiivse rea



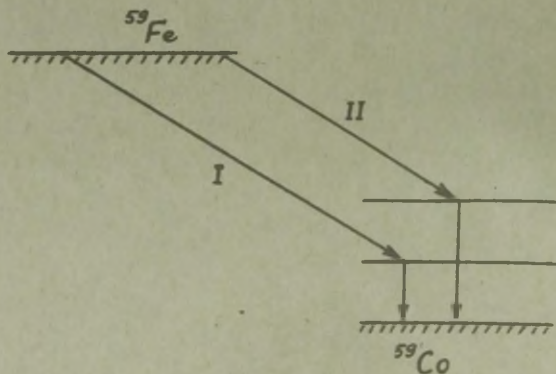
kus noolte alla on märgitud poolestusajad. Leida tseesiumi tuumade arv 32 min järel pärast nende kogunemise algust.

T92. Radioisotoop ^{99}Mo , alludes β -lagunemisele (poolestusaeg 67 h), muundub stabiilseks isotoobiks ^{99}Tc , kusjuures 75 % β -muundumisi läbib isomeerse oleku ^{99m}Tc , mille eluiga on 8,71 h (joon. T-1). Eeldades, et algomendil sisaldas preparaat ainult ^{99}Mo , leida 5 tunni jooksul kogunenud stabiilsete tuumade suhteline hulk (protentides tuumade koguarvust).



Joon. T-1.

- T93. Millise osa paigalseisva tuuma ^{210}Po α -lagunemise energiast moodustab tütar- tuuma kineetiline energia?
- T94. Kalorimeetriliste mõõtmistega tehti kindlaks, et α -aktiivne prepara- at ^{210}Po eraldas 4 kJ soojust ajava- hemiku jooksul, mis võrdub poole poolestusajaga. Arvu- tada preparaadi esialgne aktiivsus, kui kiirgumnd α - osakese energia on 5,3 MeV.
- T95. Polooniumipreparaat ^{210}Po aktiivsusega 0,1 Ci paiguta- ti kalorimeetrisse, mille soojusmahtuvus oli 1 cal/ $^{\circ}\text{C}$. Mitme kelvini võrra tõusis kalorimeetri temperatuur tunni aja möödumisel, kui nimetatud polooniumiprepa- raat kiirgab 5,3-MeV energiaga α -osakesi?
- T96. Arvutada paigalseisvate tuumade ^{10}Be poolt kiiratud elektronide maksimaalne impulss, eeldusel, et tütar- tuumad tekivad põhiolekus.
- T97. Paigalseisva tuuma ^{37}Ar K-haardel tekib tütar- tuum põhiolekus; Jättes arvestamata K-kihi elektroni seose tuumaga, arvutada tütar- tuuma kiirus.
- T98. Joonisel T-2 on esitatud tuumade ^{59}Fe β -lagunemise skeem.



Joon. T-2.

Lagunemisvõimaluste I ja II suhtelised hulgad on 54 % ja 46 % ning neile vastavad konversioonikoefitsiendid $1,8 \cdot 10^{-4}$ ja $1,2 \cdot 10^{-4}$. Mitu konversioonielektрони kiirgab 1-mCi aktiivsusega preparaat ^{59}Fe sekundis?

- T199. Ergastatud tuumad ^{141}Pr , mis tekivad tuumade ^{141}Ce β -lagunemisel, siirduvad põhiolekusse kas γ -kvandi või konversioonielektрони kiirgamisega. Konversioonielektronide uurimiseks kasutati nende liikumissuunaga risti olevat homogeenset magnetvälja. Seejuures leiti, et magnetvälja induksiooni ja elektroni trajektoori kõverusraadiuse korrutis oli 1135 Gs . cm. Mitte arvestades kiirgusprotsessides tuuma tagasilööki, arvutada tuuma ergastusenergia, kui K-kihi ionisatsioonenergia on 42 keV.
- T100. Tuumal ^{119}Sn on ergastatud tase, mille energia on 23,8 keV ja laius $2,4 \cdot 10^{-8}$ eV. Kas on võimalik tuuma ^{119}Sn kiiratud gammakvandi resonantsneeldumine teises tuumas ^{119}Sn , mis asub põhiolekus? (Mõlemad tuumad lugeta algnl paigalolevateks.)
- T101. Millise kiirusega peavad lähenema kaks tuuma ^{191}Ir , et 129-keV energiaga kvant, mille kiirgas üks tuum, võiks neelduda teises tuumas?
- T102. Mössbaueri efektis leiti, et tuumade ^{191}Ir kiiratud 129-keV gammakvantide resonantsneeldumine kaob kiirgaja ja neelaja suhtelise kiiruse 2 cm/s juhul. Hinnata tuuma ^{191}Ir vastava ergastatud oleku eluiga ja taseme laius.
- T103. Tuumade ^{57}Fe ja ^{67}Zn Mössbaueri gammajoonte suhtelised laiused on vastavalt $3 \cdot 10^{-13}$ ja $5 \cdot 10^{-16}$. Millisele kõrgusele maapinnast tuleb viia kiirgusallikas (^{57}Fe või ^{67}Zn), et Mössbaueri joonte gravitatsiooni- nihe ületaks nimetatud gammajoonte laiuse?

XVI. TUUMAREAKTSIOONID

- T104. Arvutada tabeli andmete põhjal tuumareaktsiooni ${}^7\text{Li}$ (α , n) ${}^{10}\text{B}$ lävienergia. Leida tuuma ${}^{10}\text{B}$ kiirus juhul, kui α -osakese kineetiline energia võrdub reaktsiooni lävienergiaga.
- T105. Leida tuumareaktsiooni ${}^7\text{Li} + p \rightarrow 2\alpha$ soojusefekt, lähtudes ${}^7\text{Li}$ ja ${}^4\text{He}$ eriseoseenergiatest, mis on vastavalt 5,61 MeV ja 7,06 MeV.
- T106. Leida tuumareaktsioonil ${}^9\text{Be} (d, \alpha) {}^7\text{Li}$ vabanev energia.
- T107. Leida tuumareaktsiooni ${}^7\text{Li} (p, n) {}^7\text{Be}$ lävienergia, kui soojusefekt on -1,647 MeV.
- T108. Leida soojuslike neutronite poolt esilekutsutud tuumareaktsiooni ${}^{10}\text{B} (n, \alpha) {}^7\text{Li}$ produktide kiirused, eeldusel, et tuumad ${}^{10}\text{B}$ on paigal.
 Näpunäide. Kasutada energia ja impulsi jäävuse seadust, jättes arvestamata soojuslike neutronite energia ja impulsi.
- T109. Aeglased prootonid kutsuvad esile tuumareaktsiooni ${}^7\text{Li} + p \rightarrow 2\alpha$. Arvutada kummagi α -osakese kineetiline energia.
- T110. 10-MeV kineetilise energiaga neutronid tekitavad tuumadel ${}^{12}\text{C}$ reaktsiooni (n, α), mille lävienergia on 6,17 MeV. Arvutada neutronite liikumissuunaga risti väljalendavate α -osakeste kineetiline energia.
- T111. Tuumareaktsioon ${}^9\text{Be} (\alpha, n) {}^{12}\text{C}$, mille soojusefekt on 5,7 MeV, kutsutakse esile 5,3-MeV kineetilise energiaga α -osakeste poolt. Määrata nende neutronite kineetiline energia, mis tekkeomendil liiguvad risti α -osakeste liikumissuunaga.
- T112. Määrata tuumareaktsiooni ${}^9\text{Be} (p, \alpha) {}^6\text{Li}$ (soojusefekt 2,13 MeV) esilekutsuvate prootonite kineetiline energia, kui nende liikumissuunaga risti kiirguvate α -osakeste kulg õhus normaaltingimustes on 2,5 cm.

- T113. Milline peab olema prootoni kineetiline energia, et saada reaktsiooni ${}^7\text{Li} (p, n) {}^7\text{Be}$ tulemusena laboratoorses koordinaadisüsteemis paigalolevat neutronit?
- T114. Lämmastikutuumade ${}^{14}\text{N}$ pommitamisel 8,8-MeV kineetilise energiaga α -osakestega tekib tuumareaktsioon (α, p). Arvutada α -osakestega samas ja vastassuunas liikuvate prootonite kineetiline energia.
- T115. Tuumareaktsiooni toimumise kiirust võib iseloomustada märklauatuuma keskmise pommitamise ajaga τ selle momendini, kui tuum satub tuumareaktsiooni. Leida τ reaktsiooni ${}^{60}\text{Ni} (\alpha, n) {}^{63}\text{Zn}$ jaoks, kui efektiivne ristlõige on 0,5 b ja α -osakeste voo tihedus on 10^{-5} A/cm^2 .
- T116. Gaasilist boorfluoriidi (BF_3), mis normaaltingimustes täidab ruumala 10 cm^3 , kiiritatakse soojuslike neutronitega (vootihedus $10^{12} \text{ 1/s} \cdot \text{cm}^2$). Mitu tuumareaktsiooni (n, α) booril ${}^{10}\text{B}$ toimub antud ruumalas sekundis, kui tuumareaktsiooni efektiivne ristlõige on 3813 b?
- T117. Leida võimsus, mis eraldub tuumareaktsiooni ${}^{10}\text{B} (n, \alpha) {}^7\text{Li}$ tulemusena 1 cm^3 gaasilises BF_3 (normaaltingimustes), soojuslike neutronite voo mõjul, mille tihedus on $10^{11} \text{ 1/s} \cdot \text{cm}^2$. Reaktsiooni ristlõige on 3813 b.
Näpunäide. Kasutada eelmise ülesande tulemust.
- T118. Raskest jääst õhukese märklaua kiiritamisel 1-MeV kineetilise energiaga deuteronite paralleelse vooga[Ⓜ] oli tuumareaktsiooni ${}^2\text{H} (d, n) {}^3\text{He}$ saagis $8 \cdot 10^{-6}$ ja efektiivne ristlõige 0,02 b. Määrata sama reaktsiooni ristlõige deutroni 2-MeV kineetilise energia juhul, kui saagis on sama märklaua kasutamisel $4 \cdot 10^{-5}$.

[Ⓜ] Siin ja edaspidi eeldatakse, et osakeste paralleelne voog langeb risti märklaua pinnaga.

- T119. Reaktsiooni (γ , n) saagis 1 mm paksusega alumiiniumplaadi kiiritamisel 17-MeV gammakvantide paralleelse vooga on $4 \cdot 10^{-4}$. Leida selle reaktsiooni efektiivne ristlõige.
- T120. Kambrit, milles asub gaasiline lämmastik normaaltin-
gimustes, läbib monokromaatiliste neutronite pa-
ralleelne kimp intensiivsusega 10^8 1/s. Leida reakt-
siooni (n, p) efektiivne ristlõige, kui 0,01 s vältel
tekib pikkusel 1 cm piki kimpu 95 prootonit.
- T121. Raudplaati kiiritatakse 22-MeV energiaga prootonite
paralleelse vooga, mille intensiivsus on $2 \cdot 10^{-5}$ A.
Saagisega $1,2 \cdot 10^{-3}$ tuumareaktsiooni (p, n) tulemu-
sena tekib radioaktiivne koobalt ^{56}Co poolestusajaga
77,2 d. Määrata märklauga aktiivsus 2,5 tunni möödumi-
sel pärast kiirituse algust.
- T122. Neutronite allikas, mis töötab tuumareaktsiooni ^9Be
(α , n) ^{12}C tulemusena, kiirgab 410 päeva pärast val-
mistamist neutroneid intensiivsusega $5 \cdot 10^5$ s $^{-1}$. Eel-
dades, et reaktsiooniks vajalikud α -osakesed saadi
tuumadest ^{210}Po , leida polooniumi esialgne mass, kui
selle reaktsiooni saagis on $2,6 \cdot 10^{-5}$.
- T123. Naatriummärklauda kiiritati pikaajaliselt 14-MeV
energiaga deuteronite paralleelse vooga 10^{-5} A. Tuuma-
reaktsiooni (d, p) tulemusena tekib radioaktiivne
naatrium ^{24}Na . Leida nimetatud tuumareaktsiooni saa-
gis, kui 10 tundi pärast pikaajalise kiirituse lõppu
oli märklauga aktiivsus 1,6 Ci.
- T124. Õhukest 1 g/cm^2 masspaksusega fosforplaati kiiritati
4 h vältel 2-MeV energiaga neutronite paralleelse
vooga, mille intensiivsus oli $2 \cdot 10^{10}$ 1/s. 1 h möödu-
misel pärast kiirituse lõppu oli plaadi aktiivsus
0,105 mCi. Teada oli, et aktiivsus on tingitud iso-
toobist ^{31}Si , mis tekkis reaktsiooni (n, p) tulemu-
sena. Määrata selle tuumareaktsiooni efektiivne rist-
lõige.

- T125. Määrata tuuma ${}^6\text{Li}$ poolt 250-keV energiaga neutroni neelamise järel tekkinud ergastatud tuuma keskmine eluiga, kui on teada selle tuuma keskmised eluead neutroni ja α -osakese kiirgamise suhtes ($1,1 \cdot 10^{-20}$ s ja $2,2 \cdot 10^{-20}$ s).
- T126. Õhukest ${}^{113}\text{Cd}$ -märklauda kiiritati kuue päeva vältel soojuslike neutronite paralleelses voos tihedusega $10^{12} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Leida reaktsiooni (n, γ) efektiivne ristlõige, kui nimetatud ajavahemiku jooksul vähenes tuumade ${}^{113}\text{Cd}$ arv 1 % võrra.
- T127. Määrata radioaktiivsete tuumade ${}^{108}\text{Ag}$ ja ${}^{110}\text{Ag}$ arvu suhe vahetult pärast õhukese loodusliku hõbeplaadi kiiritamist 7 min vältel soojuslike neutronite paralleelses voos. Need tuumad tekivad reaktsiooni (n, γ) tulemusena, ristlõiked on vastavalt 44 ja 110 b.
- T128. 1 cm paksune veeikiht vähendab 6-MeV energiaga neutronite paralleelse voo intensiivsust 1,145 korda. Leida neutronite poolt prootonitel esilekutsutud protsesside efektiivne ristlõige, kui hapniku tuumadel on vastav suurus 1 b.
- T129. Milline peab olema kaadmiumplaadi paksus selleks, et vähendada soojuslike neutronite paralleelse voo intensiivsust (neeldumise ristlõige kaadmiumis ${}^{113}\text{Cd}$ on $2 \cdot 10^4$ b) 100 korda? (Soojuslikud neutronid reageerivad ainult kaadmiumiga ${}^{113}\text{Cd}$.)
- T130. 10-MeV energiaga neutronite paralleelse voo intensiivsus väheneb 1,5 korda 3 cm paksuse parafiinikihi (CH_2) läbimisel. Neutronite poolt vesinikul esilekutsutud reaktsioonide täielik efektiivne ristlõige on 1 b. Määrata vastav efektiivne ristlõige süsinikul.
- T131. Mitu korda väheneb soojuslike neutronite voog raskes vees 5 cm paksuse kihi läbimisel? Neutronite poolt deuteronitel ja hapniku tuumadel esilekutsutud protsesside ristlõiked on vastavalt 7,0 ja 4,2 b.

- T132. Kuut järjestikku asetatud $0,2 \text{ g/cm}^2$ masspaksusega kuldplaati kiiritatakse soojuslike neutronite paralleelses voos. Leida kuendas plaadis neeldunud neutronite ja kolmandale plaadile langevate neutronite arvu suhe, kui neutronite poolt kullatuumadel esilekutsutud protsesside summaarne ristlõige on 193 b.
- T133. Soejuslikud neutronid kutsuvad esile 96 b ristlõikega tuumareaktsiooni, mille tulemusena tekivad stabiilsetest tuumadest ^{197}Au radioaktiivsed tuumad ^{198}Au . Millise tihedusega neutronite paralleelses voos peab kiiritama ööpäeva vältel 1-cm^2 pindalaga $20 \mu\text{m}$ paksust kuldplaati, et saada kiirituse lõpul $20\text{-}\mu\text{Ci}$ aktiivsust.
- T134. Kaht võrdse massiga ^{235}U -plaati - üks õhuke, teine paks (viimase masspaksus on $0,15 \text{ g/cm}^2$) - kiiritatakse ühe ja sama tihedusega soojuslike neutronite paralleelses voos. Leida õhukeses ja paksus plaadis neeldunud neutronite arvude suhe võrdse kiiritusaja eeldusel.
- T135. Grafiidist kerakihi (seesmine ja välimine raadius on vastavalt 1 ja 10 cm) tsentris asub monokromaatiliste neutronite punktikujuline allikas intensiivsusega $10^5 \text{ } \gamma/\text{s}$. Süsinikutuumade täielik efektiivne ristlõige antud energiaga neutronite jaoks on 1,6 b. Määrata neutronite voo tihedus kihi välispinnal.
- T136. $3,5\text{-MeV}$ energiaga neutronite allikas intensiivsusega 10^6 s^{-1} , mis asetseb veega täidetud sfäärilise konteineri keskpunktis, tekitab konteineri välispinnal voo tihedusega $10^2 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Leida konteineri raadius, kui nimetatud energiaga neutronite jaoks on nii vesiniku kui ka hapniku tuumadel esilekutsutud protsesside efektiivne ristlõige ligikaudu 2 b.

T137. Aeglaste neutronite paralleelse voo intensiivsus väheneb 1 g/cm^2 masspaksusega looduslikust boorist plaadi läbimisel 20 korda. Leida neutroni kineetiline energia, eeldusel, et kehtib seadus $1/v$ ja 2200 m/s kiirusega neutronite juhul reaktsiooni efektiivne ristlõige on 3813 b . (Neutronid reageerivad praktiliselt ainult booriga ^{10}B .)

T138. 10-eV energiaga neutronite paralleelne voog läbib normaaltingimustes 15 cm piki gaasilise boorfluoriidiga (BF_3) täidetud loendajat, mis töötab tänn reaktsioonile $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$.

1. Määrata loendaja efektiivsus, kui on teada, et kehtib seadus $1/v$ ja 2200 m/s kiirusega neutronite juhul reaktsiooni efektiivne ristlõige on 3813 b ning gaas sisaldab looduslikku boori.

2. Määrata, millise ^{10}B suhtelise sisalduse juhul on loendaja efektiivsus 2 korda suurem.

T139. Bohr, Wheeler ja Frankel näitasid tilgamudeli alusel, et tuum on täiesti ebastabiilne kaheks võrdseks kiluks lõhustumise suhtes siis, kui tema elektrostaatiline energia on 2 korda suurem pinnaenergiast. Leida sellise tuuma lõhustumisparameeter. Võrrelda tulemust perioodilisuse süsteemi viimaste elementide aatomituumade lõhustumisparameetritega.

T140. Kasutades tilgamudelit, näidata, et tuumad ^{239}Pu võivad lõhustuda soojuslike neutronite mõjul.

T141. Tuuma $^A_Z(\)$ lõhustumisel tekkinud kildtuumade summaarne kineetiline energia W avaldub järgmise ligikaudse valemiga:

$$W = 0,12 Z^2 A^{-1/3} \text{ MeV.}$$

Arvutada paigalseisva tuuma ^{236}U lõhustumisel tekkinud kildtuumade ^{94}Sr ja ^{140}Xe kineetilised energiad, eeldusel, et lõhustumisneutronid liiguvad teineteisele vastassuunas.

T142. Tuumade lõhustumisel kiirguvate hetkeliste neutronite jaotusfunktsioon kineetilise energia E järgi avaldub järgmiselt:

$$f(E) = A \operatorname{sh} \sqrt{2aE}^{-aE},$$

kus A ja a on konstandid, $a^{-1} = 1$ MeV. Arvutada neutronite keskmine kineetiline energia.

T143. Leida eelmise ülesande tingimustes neutroni tõenäolisim kineetiline energia.

T144. Arvutada nukliidi ^{235}U mass, mis võtab lõhustumisreaktsioonist osa $3 \cdot 10^4$ t trootüülekvivalendiga aatomipommis. Trootüüli soojuslik ekvivalent on 1000 kcal/kg, ühe tuuma lõhustumisel vabanev energia on 200 MeV.

T145. Hinnata $3 \cdot 10^4$ kW võimsusega aatomielektrijaaamas antineutriinode poolt kaasaviidud võimsus. Leida ka antineutriinode voog, eeldusel, et ühe tuuma lõhustumisega kaasneb 5 β -lagunemist ja antineutriino keskmine energia on 2,2 MeV β -lagunemise kohta.

T146. Leida lõhustumisega kaasnevate hetkeliste neutronite arv neelatud soojusliku neutroni kohta loodusliku isotoopilise koostisega uraanis ja rikastatud uraanis, milles tuumade ^{235}U -sisaldust on tõstetud 1,5 %-ni.

T147. Soojuslike neutronite paralleelne voog, mille tihedus on 10^{10} $\gamma/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$, langeb looduslikust uraanist 4,1 g/cm² masspaksusega plaadile. Leida tuumade ^{235}U lõhustumisel vabanev võimsus plaadi pindalaühiku kohta. (Lõhustumisakti kohta vabanev energia on 200 MeV.)

T148. 0,5 g/cm² masspaksusega ^{235}U -plaati kiiritatakse soojuslike neutronite paralleelse vooga. Leida lõhustumisel tekkinud kiirete neutronite keskmine arv pealangeva voo soojusliku neutroni kohta.

T149. Õhukest ^{233}U -plaati massiga 0,1 g kiiritati 1 min vältel soojuslike neutronite paralleelses voos tihedusega $10^{10} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. 10 s pärast kiirituse lõppu oli plaadi neutronaktiivsus $3,8 \cdot 10^5 \text{ s}^{-1}$. Leida neutronaktiivsete tuumade tekke reaktsiooni saagis (lõhustumisakti kohta), kui poolestusaeg on 55 s. Ahelreaktsiooni arengu võib õhukeses plaadis jätta arvestamata.

T150. Kas mittekustuva ahelreaktsiooni tekkimine on võimalik lõpmatus uraani ^{238}U keskkonnas? Eeldada, et iga lõhustumisakti kohta tekib 2,5 neutronit ja pooltel neist on energia väiksem ^{238}U lõhustumise lävienergiast; lõhustumise efektiivne ristlõige on 0,4 b ja ülejäänud protsesside efektiivsete ristlõigete summa on 2 b.

T151. Leida soojuslike neutronite kasutamiskoeffitsient f metallilise uraani (loodusliku isotoopilise koosseisuga) ja süsiniku homogeense segu jaoks, kui aeglustaja ja uraani aatomite arvud suhtuvad nagu 500 : 1. (Süsinikul neutronite poolt esilekutsutud peamise reaktsiooni (n, γ) efektiivne ristlõige on 3,3 mb.)

T152. Homogeenne keskkond koosneb puhtast uraanist ^{235}U ja süsinikust. Millise minimaalse aeglustaja ja uraani tuumade arvu suhte juures on võimalik selles keskkonnas tekitada mittekustuvat ahelreaktsiooni soojuslike neutronitega, eeldusel, et $\xi p = 1$ (standardtähistus-tes).

Andmed võtta eelmisest ülesandest.

T153. Näidata, et soojuslike neutronite kasutamiskoeffitsient f suureneb uraani rikastamisel isotoobiga ^{235}U , eeldusel, et uraani tuumade arv ruumalaühikus jääb konstantseks.

T154. Hinnata 40 t looduslikku uraani sisaldava uraan-graafiidreaktori võimsus, kui keskmine soojuslike neutronite voo tihedus temas on $2 \cdot 10^{12} \text{ } \gamma/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ ja lõhustumisaktis eralduv energia on 200 MeV.

T155. Mitu korda suureneb neutronite voo tihedus ja reaktori võimsus 1 minuti jooksul, kui neutronite paljunemiskoeffitsient on 1,005 ja ühe "põlvkonna" neutronite keskmine eluiga 0,1 s?

T156. Tuumareaktori perioodiks nimetatakse ajavahemikku, mille jooksul tema võimsus suureneb e korda. Leida reaktori periood sel juhul, kui neutronite paljunemiskoeffitsient on 1,01 ja ühe "põlvkonna" neutronite keskmine eluiga 0,1 s.

T157. Hinnata $1,4 \cdot 10^{17}$ t vett sisaldavate maakera ookeanide energeetilised ressursid deuteeriumil toimuvate juhitavate termotuumareaktsioonide suhtes. Arvestada reaktsioone:

- 1) $d + d \rightarrow {}^3\text{He} + n$,
- 2) $d + d \rightarrow p + t$ ja
- 3) $d + t \rightarrow {}^4\text{He} + n$

eeldusel, et on loodud tingimused teisel reaktsioonil tekkiva tritiumi täielikuks neeldumiseks kolmandas reaktsioonis. Vastus väljendada Q-ühikutes ($1 Q = 2,5 \cdot 10^{20}$ cal.)

XVII. ELEMENTAAROSAKESED

T158. Arvutada paigalseisva Σ^- -hüperoni lagunemisel ($\Sigma^- \rightarrow n + \pi^-$) tekkinud neutroni kineetiline energia.

T159. 50-MeV kineetilise energiaga pioon laguneb müooniks ja neutriinoks. Leida piooni liikumissuunaga risti "vähiljalendava" neutriino energia.

T160. 320-MeV kineetilise energiaga Σ^+ -hüperon laguneb neutraalseks osakeseks ja 42-MeV kineetilise energiaga positiivseks piooniks, mis liigub risti hüperoni liikumissuunaga. Arvutada neutraalse osakese seisumass.

- T161. Neutraalse osakese lagunemise produktina registreeriti 450-MeV/c impulsiga prooton ja 135-MeV/c impulsiga negatiivne pioon, kusjuures liikumissuundadevaheline nurk oli 60° . Arvutada lagunemud osakese seisuenergia.
- T162. Neutraalne pioon, omades seisue energiaga võrdset kineetilist energiat, laguneb kaheks γ -kvandiks. Arvutada minimaalne nurk γ -kvantide liikumissuundade vahel.
- T163. Arvutada γ -kvandi lävienergia selleks, et esialgu paigalseisva prootoni väljas tekitada π^+ - ja π^- -mesoni paari.
- T164. 750-keV kineetilise energiaga positron põrkub paigaloleva elektroniga. Annihilatsioon tulemusena tekitavad kaks võrdse energiaga γ -kvanti. Arvutada γ -kvantide liikumissuundade vaheline nurk.
- T165. Vesinikmärklauda pommitatakse π^- -mesonitega. Arvutada protsessi $\pi^- + p \rightarrow K^+ + \Sigma^-$ lävienergia.
- T166. Paigalolev negatiivne müoon laguneb elektroniks, antielektronneutriinoks ja müoonneutriinoks. Arvutada elektroni maksimaalne kineetiline energia ja impulss, eeldusel, et neutriino ja antineutriino seisumass on null.
- T167. Aeglustunud antiprooton tekitab deuteeriumi sisalduvas märklauas muundumise: $\bar{p} + d \rightarrow n + \pi^0$. Arvutada piooni kineetiline energia.
- T168. Paigalolevate müoonide lagunemise uurimisel retardeeritud kointsidentskeemi abil leiti, et ajavahemikus 0 - 2 μ s toimub 200 lagunemist, ajavahemikus 0 - 6 μ s aga 310 lagunemist. Feldades, et müoonide lagunemine allub samasugusele eksponentsiaalsele seadusele nagu radioaktiivne lagunemine, arvutada müooni keskmine eluiga.

T169. Arvutada paigalseisva müooni keskmine eluiga, kui on teada, et 8 seisumassiga võrdse kineetilise energia juhul on selle osakese keskmine eluiga 19,8 μ s.

T170. Arvutada paigalseisva π^+ -mesoni keskmine eluiga, kui impulssi 55 MeV/c omades liikus see osake kuni lagunemiseni keskmiselt 3 m.

T171. Kiirete elektronide hajumisel prootonitel leiti, et prootoni elektrilaengutihedus on kirjeldatav valemiga

$$\rho(r) = A \cdot \exp(-r/a),$$

kus r on kaugus prootoni "südamikust", A ja a on konstandid, $a = 0,23 \cdot 10^{-15}$ m. Arvutada prootoni ruutkeskmine raadius.

T172. Otsustada lepton- ja bardonlaengu jäävuse seaduse põhjal, kas järgmised protsessid on võimalikud:

- 1) $n \rightarrow p + e^- + \nu_e$; 2) $\bar{\nu}_\mu + p \rightarrow n + \mu^+$;
 3) $\mu^+ \rightarrow e^+ + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$; 4) $K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu + \pi^0$;
 5) $\pi^- + n \rightarrow K^- + K^0$; 6) $K^- + p \rightarrow \Sigma^+ + \mu^-$.

T173. Kasutades isospinni mõistet, arvutada kvantarvude T_z ja T võimalikud väärtused nuklonist ja pionist koosnevas süsteemis.

T174. Kasutades veidruse mõistet, otsustada, millised alljärgnevatest protsessidest saavad olla tugevast interaktsioonist põhjustatud:

- 1) $\pi^- + p \rightarrow \Lambda^0 + K^0$; 2) $\pi^- + p \rightarrow K^- + K^+$;
 3) $\bar{p} + p \rightarrow \bar{\Sigma}^0 + \bar{K}^0 + n$; 4) $\bar{p} + n \rightarrow \Lambda^0 + \bar{\Sigma}^-$.

T175. Milline on $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C elektrilaenguga hüperoni veidruse, kui ta kuulub isotoopilisse singletti?

T176. Antud on kvarkide kvantarvud:

kvargid	Q	B	S	J
u	2/3	1/3	0	1/2
d	-1/3	1/3	0	1/2
s	-1/3	1/3	-1	1/2

kus Q, B, S ja J on vastavalt elektrilaeng (ühikutes e), barüonlaeng, veidrus ja spinnkvantarv. Konstrueerida kvarkidest barüonid p, n, Σ^+ , Σ^- , Ξ^0 , Ξ^- ning kvarkidest ja antikvarkidest mesonid π^+ , π^- , K^+ , K^- , K^0 .

Vastused

01. 16 km.

02. 47 km.

$$03. \mathbf{r}_v = \frac{r(r_2 - r_1)}{r_1 + r_2 - 2r} ; \quad \mathbf{x} = \frac{2rd}{r_1 + r_2 - 2r} .$$

04. Varjutus on täielik, kui $d < 3,8 \cdot 10^4$ km;
rõngakujuline, kui $d > 3,8 \cdot 10^4$ km.

$$08. \delta = 2(\psi - \varphi) \text{ või } \delta = 2\varphi .$$

09. 0,6 cm.

010. 2 cm.

011. 1,52.

$$013. \vec{k}_1 = \vec{k}_0 - 2(\vec{k}_0 \cdot \vec{N})\vec{N} .$$

$$015. n_2 \vec{k}_2 = n_1 \vec{k}_0 - \vec{N} \left[n_1 (\vec{k}_0 \cdot \vec{N}) + \sqrt{n_2^2 - n_1^2 + n_1^2 (\vec{k}_0 \cdot \vec{N})^2} \right] .$$

$$016. H/h = n \frac{\cos^3 \mu}{\cos^3 \alpha} = 4,7; \quad H/h = n .$$

017. 22 cm.

018. 1,5.

019. $\Delta f = 0,2$ cm.

020. 180 nm.

021. Ei või.

022. 1) $\alpha_p = 59^\circ 38'$; $\alpha_v = 58^\circ 50'$; 2) $\alpha_p = 72^\circ$; $\alpha_v = 71^\circ 30'$.
Murklains 2°22'.

$$023. \cos \alpha = \sqrt{\frac{n^2 - 1}{n(n + 2)}} .$$

025. nr. $\sin \alpha = \text{const}$, r on vaadeldava punkti kaugus maakera keskpunktist.

026. Refraktsiooninurk $R = n_0 r_0 \sin \alpha_0 \int_{r_0}^{\infty} \frac{dr}{r^2} (\ln n)$.

$\frac{dr}{\sqrt{n^2 r^2 - n_0^2 r_0^2 \sin^2 \alpha_0}}$, kus r_0 on Maa raadius.

027. $R = 2x_0 (n_0 - 1) \tan \alpha_0 \int_{-x_0}^{\infty} \frac{e^{-(x^2 - x_0^2)}}{x^2} dx$, kus $x^2 = \frac{GM}{R^2} r$

ja R' - universaalne gaasikonstant.

029. 1) $41^{\circ}8'$; 2) $48^{\circ}45'$; 3) $61^{\circ}4'$.

030. 1,41.

031. $\delta \geq 97^{\circ}30'$.

032. 69° .

033. $x' = \frac{n'Rx}{(n'-n)x + nR}$; $y' = \frac{nRy}{(n'-n)x + nR}$;

$z' = \frac{nRz}{(n'-n)x + nR}$.

035. $x'_{F_1} = -\frac{b}{a}$; $x'_{F_2} = \frac{A}{a}$.

$x'_{H_1} = \frac{C-b}{a}$; $x'_{H_2} = \frac{aB + A(C-b)}{Ca}$.

$x'_{K_1} = x'_{F_1} - f_2$; $x'_{K_2} = x'_{F_2} - f_1$.

$f_1 = \frac{C}{a}$; $f_2 = \frac{aB - Ab}{Ca}$.

036. 1) $\frac{f_1}{\zeta} + \frac{f_2}{\zeta'} = -1$; $\frac{\zeta'}{\zeta} = \frac{f_1}{f_1 + \zeta} = \frac{f_2 + \zeta'}{f_2} = \frac{-f_1 \zeta'}{f_2 \zeta}$.

$$2) XX' = f_1 f_2; \frac{Y'}{y} = \frac{f_1}{X} = \frac{X'}{f_2}.$$

$$037. f_2 = \frac{n_2 R}{n_2 - n_1}; f_1 = -\frac{n_1 R}{n_2 - n_1}. \quad \text{Peapinnad ühtivad ja läbivad sfäärilise pinna lagitäpi.}$$

$$038. 1) f_2 = 30 \text{ cm}; f_1 = -20 \text{ cm.}$$

$$2) f_2 = -60 \text{ cm}; f_1 = 40 \text{ cm.}$$

$$039. -30 \text{ cm.}$$

$$040. \phi = \frac{r_1 r_2}{2(1-n)r_2 + 2nr_1}, \text{ kusjuures } r_2 < 0.$$

$$041. -0,4 \text{ m.}$$

$$042. 9 \text{ cm.}$$

$$043. 9 \text{ cm}; \approx 1 \text{ cm.}$$

$$044. 30 \text{ cm}; 10 \text{ cm.}$$

$$046. 5 \text{ m.}$$

$$048. 48 \text{ mm.}$$

$$049. 13 \text{ cm.}$$

$$050. 40 \text{ cm.}$$

$$051. l \geq \frac{f(100+p)}{p}, \quad l - \text{ eseme kaugus läätsesest.}$$

052. Koondav lääts muutub hajutavaks ja vastupidi. Fookuskaugus suureneb ≈ 10 korda.

$$053. 20 \text{ cm.}$$

$$054. 1,62$$

$$055. x = \sqrt{ab}.$$

$$056. 24 \text{ cm.}$$

$$057. f = \frac{\beta_1 \beta_2 l}{\beta_1 - \beta_2}.$$

058. 8 cm.

059. 12 cm.

060. 1) $f_{ок} = 75$ cm; $f_{ок} = -15$ cm.

2) $f_{ок} = 50$ cm; $f_{ок} = 10$ cm.

061. 0,5 cm.

062. ∞ .

063. -31 cm.

064. -16 cm.

065. -1,1 cm.

066. -20 cm.

067. 30 cm.

068. $R = 72$ cm; $a = 108$ cm.

069. $a_1 = -\frac{f_1 d}{d - (f_1 + f_2)}$; $d > f_1 + f_2$.

070. $-a < \frac{f}{2}$.

071. 1) $f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - d}$; $X_{H_1} = \frac{f_1 d}{f_1 + f_2 - d}$; $X_{H_2} = -\frac{f_2 d}{f_1 + f_2 - d}$

2) $f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + n f_2 - d}$; $X_{H_1} = \frac{f_1 d}{(f_1 + n f_2 - d)n}$;

$X_{H_2} = -\frac{f_2 d}{f_1 + f_2 n - d}$.

073. $f_2 = 12,5$ cm; $X_{H_1} = 1,3$ cm; $X_{H_2} = -0,8$ cm.

074. $f_2 = -11,6$ cm; $X_{H_1} = 1,2$ cm; $X_{H_2} = -0,8$ cm.

075. $f = \frac{n R}{2(n-1)}$; $X_{H_1} = R$; $X_{H_2} = -R$.

a) $f = 2R$; b) $1,5 R$; c) $n > 2$.

076. 6 cm.

077. 15 cm; $\beta = -1,5$.

078. 15 cm $\geq a_2 \geq 0$ cm.

079. Kui $d = \frac{n}{n-1} (r_1 + r_2)$; d - lääitse paksus ja r_1 ning r_2 lääitse pindade kõverusraadiuste aritmeetilised väärtused.

080. Kui lääitse paksus $d > 3(r_1 + r_2)$.

081. Kui 1) $r_1 = \infty$; 2) $r_2 = \infty$.

082. $x = FA = \frac{R}{2} \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right)$; $y = FH = \frac{R \tan 2\alpha}{2} \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right)$.

083. $x = 1,8$ cm; $y = 1,5$ cm.

084. $d \leq 16,3$ cm.

085. 1) $n_2 \sqrt{y^2 + (a_2 - x)^2} - n_1 \sqrt{y^2 + (a_1 - x)^2} = n_2 a_2 - n_1 a_1$.

$$2) y^2 = 2 f_2 \left(1 - \frac{n_1}{n_2} \right) x - \left[1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \right] x^2.$$

086. 1) $y^2 = \frac{4 a_1 a_2}{a_1 + a_2} x - \frac{4 a_1 a_2}{(a_1 + a_2)^2} x^2$; 2) $y^2 = 4 f_2 x$.

088. $f_p = 1015$ mm; $f_k = 1000$ mm; $f_g = 982$ mm;
 $\Delta f = 33$ mm.

089. $\Delta p = 0,75$ mm; $\Delta s = 0,90$ mm.

091. $f_2 = f = f_1$.

092. $r_1 = 40,8$ cm; $r_2 = -41,3$ cm.

$$r_1' = -41,3 \text{ cm}; r_2 = \infty.$$

093. 50 cd.

094. 30 lx.

095. 2,5 %.

096. $9 \cdot 10^7$ lx.

097. $1,5 \cdot 10^3$ lx.

098. 9 lx.

099. 10 lx.

0100. 0,3 m.

0102. 50 m.

0103. 5 lx.

0104. $\sqrt{2} R/2$, kus R on laua raadius.

$$0105. E = \frac{a f R}{2(\sqrt{a^2 + R^2})^3}.$$

0106. 16 lx.

0107. 5,6 lx.

$$0108. E = \frac{f}{2} \left(1 - \frac{a}{\sqrt{a^2 + R^2}} \right).$$

$$0109. E = \frac{fa}{2} \left(\frac{\sqrt{R_2^2 + a^2} - \sqrt{R_1^2 + a^2}}{\sqrt{R_1^2 + a^2} \sqrt{R_2^2 + a^2}} \right).$$

$$0110. E = \frac{R}{\pi} \arctan \frac{b}{\sqrt{2a^2 + b^2}}.$$

$$0111. I_{\alpha} = I_0 / \cos^3 \alpha.$$

$$0112. E = \pi B.$$

0113. $B = \frac{4}{\pi} \left(\frac{R}{D} \right)^2 E$, kus D - Päikese diameeter ja R - Maa ja Päikese vaheline kaugus.

0114. 25 lx.

0115. 2,3 · 10² nt.

0116. 1,5 · 10⁴ lx.

0117. 400 mm.

0118. ≈ 1 ; 1; 1/4.

0119. 1) 14; 2) $\beta = 60$; 3) 10.

0120. 22 .

0121. 1) 0,03 W; 2) 0,3 W.

0122. ≈ 500 nm.

0123. Kui $\vec{E}_{01} \perp \vec{E}_{02}$.

0125. $5,0 \cdot 10^2$ nm.

0126. 1,000865.

0127. $\lambda = \frac{2a_0 r \delta x}{a_0 + r}$.

0129. $I = I_0 \cos^2 \left[\frac{2\pi a_0 r x}{\lambda(a_0 + r)} \right]$.

0130. $\delta x = 1,1$ mm.

0131. $9'$.

0132. $x_m = \frac{m(a+b)}{2a(n-1)\lambda}$ λ

0133. Ribade arv $N = \frac{4ab(n-1)^2 d^2}{\lambda(a+b)}$.

0134. $\delta x = \frac{[1(a_1 + f) - a_1 f] \lambda}{a_1 d}$, kusjuures $a_1 < 0$.

0135. 0,6 mm.

0137. 500 nm.

0138. $0,14'$.

0139. 104 nm.

0140. $8,5 \text{ cm}^{-1}$.

0141. $3,7 \cdot 10^{-5}$ rd.

0142. $r_k = \sqrt{(2k-1)R \frac{\lambda}{2}}$, $k = 1, 2, \dots$; $r_m = \sqrt{mR \lambda'}$;
 $m = 0, 1, 2, \dots$

0143. $r_k = \sqrt{\frac{(2k-1)R \lambda_0}{2n}}$, $k = 1, 2, \dots$; $r_m = \sqrt{\frac{mR \lambda_0}{n}}$;
 $m = 0, 1, 2, \dots$

0144. 0,3 mm.

0145. 1,37 m.

0146. 0,63 mm.

0147. 32 cm.

0148. 982.

$$0149. r_k = \sqrt{\frac{kR_1 R_2 \lambda}{R_2 - R_1}}.$$

$$0150. r_m = \sqrt{\frac{mR_1 R_2 \lambda}{R_1 + R_2}}.$$

0151. $\Delta L = 2h \cos \varphi$, kus h on plaatidevaheline kaugus ja φ kiire peegeldumismurk.

$$0152. \Delta L = 2h \sqrt{n^2 - \cos^2 \xi}.$$

0153. Maksimumid asenduvad miinimumidega ja vastupidi.

$$0154. h_m = \sqrt{\frac{mab \lambda}{a + b}}; \quad h_1 = 0,15 \text{ cm.}$$

$$0155. h_m = \sqrt{mb \lambda}; \quad h_1 = 0,21 \text{ cm.}$$

0156. 1,2 m.

0157. $f = 90 \text{ cm}; h_1 = 0,67 \text{ mm.}$

$$0158. r = \sqrt{\frac{m \lambda}{1/a + 1/b}}. \quad \text{Keskkel on hele täpp, kui } m \text{ on paaritu, ja tume, kui } m \text{ on paarisarv.}$$

$$0159. r = \sqrt{\frac{m \lambda}{1/f - 1/a}}, \quad \text{kui } a > f. \text{ Keskkel on tume täpp, kui } m \text{ on paaris ja hele, kui } m \text{ on paaritu.}$$

0160. $\sin \varphi = \pm 1,43 \lambda/b; \pm 2,46 \lambda/b; \pm 3,47 \lambda/b$ jne.

0161. 3,5 cm.

0162. $x = b \frac{\lambda}{D}$; tingimused $\frac{1}{2b^2} \left(\frac{b^2 \lambda^2}{D^2} + \frac{D^2}{4} \right) \ll 1$.

0163. Kui esimese tameda difraktsioonirõnga raadius $x = 1,22 \frac{b\lambda}{D}$,
siis $D^2 = \frac{2,44 ab\lambda}{a + b}$.

0164. $D = 0,35 \text{ mm}$.

0165. $0,08 \div 0,03 \text{ mm}$.

0166. $\approx 0,5'$.

0167. 2.

0168. $2,8 \text{ mm}$.

0169. 1) $0,4 \mu\text{m}$; 2) $0,23 \mu\text{m}$.

0170. 1) 2 korda; 2) $0,095 \mu\text{m}$.

0171. $N \geq \frac{2 a_0 n \sin u}{d}$, d - silmaava diameeter.

0172. 175.

0173. $L = 1000 \text{ km}$; $1,5 \cdot 10^{-12}$.

0174. $3,7 \text{ m}$.

0175. $N \geq D/d$, d - silmaava diameeter.

0176. $2,8''$; 10.

0177. $2,8 \text{ m}$.

0178. $6,8 \cdot 10^3 \text{ m}$.

0179. 1) $\approx 1^\circ$; 2) $7'$.

0182. $5'12''$.

0183. $48^\circ 12'$.

0185. $\xi = A(n - 1) \left[1 + \frac{n(n + 1)}{24} \frac{A^2}{\lambda} \right]$.

0186. 0,9; 1,7; 2,9; 8,0; 13; $36 \text{ ''}/\text{A}$.

0187. $2,2 \cdot 10^{-3}$; $4,2 \cdot 10^{-3}$; $7,1 \cdot 10^{-3}$; $1,95 \cdot 10^{-2}$;
 $3,2 \cdot 10^{-2}$; $8,8 \cdot 10^{-2}$.

0188. 982.

0189. 1 cm.

0190. $b \ll 2,5 \cdot 10^{-3}$ mm.

0191. $1,5 \cdot 10^{-2}$ mm/Å.

0192. 1) $d(\sin \varphi - \sin \varphi_0) = m\lambda$; 2) $d \cos \varphi_0 (\varphi - \varphi_0) = m\lambda$.

0193. 0,38 Å.

0194. Maksimaalne spektrijärk on täisarv, mis ei ületa arvu d/λ .

0195. 3.

0196. 540 nm.

0197. $5^{\circ}33'$.

0198. $m = k \frac{d}{b}$; $k = \pm 1, \pm 2, \dots$, kui m on täisarv.

$$0199. I = I_0 \frac{\sin^2\left(\frac{\sqrt{b}}{\lambda} \sin \varphi\right)}{\left(\frac{\sqrt{b}}{\lambda} \sin \varphi\right)^2} \cdot \frac{\sin^2\left(\frac{\sqrt{dN}}{\lambda} \sin \varphi\right)}{\sin^2\left(\frac{\sqrt{d}}{\lambda} \sin \varphi\right)}.$$

$$0200. I_{\max} = \frac{I_0 N^2 d^2}{2 m^2 b^2} \sin^2\left(\frac{\sqrt{m} b}{d}\right).$$

0201. 1) $8,6''/\text{Å}$; 2) 50 Å/mm .

0202. 0,12 mm.

0203. $13''/\text{Å}$.

0204. 600 joont/mm.

$$0205. \delta\varphi = \frac{\lambda}{N d \cos \varphi}.$$

0206. $N \approx 1000$.

0207. 1) $1,2 \cdot 10^4$; $4,8 \cdot 10^4$.

0208. $x \ll 10^{-3}$ cm.

0209. 1) $8,5''/\Delta$; 4.

$$0210. 1) \frac{d\varepsilon}{d\lambda} = \frac{(n^2 - 1) - \lambda n \frac{dn}{d\lambda}}{\lambda \varepsilon};$$

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2 \sqrt{n^2 - 1}}{2d [(n^2 - 1) - \lambda n \frac{dn}{d\lambda}]}$$

0211. 17.

0212. $n_{\min} = 47200$; $n_{\max} = 62000$.

0213. 1) $\Delta\lambda = 0,098$; 2) 852000 .

0214. $2,5 \text{ cm}$.

0215. 37° .

0216. $1,43$.

0217. 49° .

$$0218. 1) $56^\circ 19'$. 2) $\Delta = \frac{4n^2 - (1 + n^2)^2}{4n^2 + (1 + n^2)^2} = -0,08$.$$

0219. $-0,007$; $-0,042$; $-0,096$; $-0,247$.

0220. $0,8$, $1,0$.

0221. Mikolite uues asendis on läbinud valguse intensiivsus $2/3$ endisest.

0223. 10% .

0224. $37,5 \%$.

0225. $2/3$.

0226. $1/2$.

0227. $5^\circ 16'$.

0228. 68° ; $a/b = 2,88$.

0229. $\varphi_e = 11^\circ 10'$.

0230. 1) $2\alpha = 34^\circ 20'$; $a/b = 4,93$. 2) $2\alpha = 40^\circ 50'$; $a/b = 4,14$.

0231. $2\alpha = 8^\circ 10'$; $a/b = 0,826$.

0232. 103. Ebatavaline.

0233. 1) $\sin 2\phi = \sin 2\psi \sin \delta$; $\tan \phi = B/A$, kus A ja B on ellipsi pooltelgede pikkused.

2) $\tan 2\theta = \tan 2\psi \cos \delta$, kus θ on otsitav nurk.

0234. 0,027 mm.

0235. 1) 0,014 mm; 2) 0,126 mm.

0236. 5,97 ja 28,57.

0237. 14,91 ja 19,50.

0238. 10.

0239. Sinine ($\lambda = 433$ nm).

0240. 0,073 mm.

0241. $I = a^2(1 + \sin 2\alpha \sin \delta)$; I on maksimaalne, kui

$\alpha = \frac{\pi}{4}; \frac{3\pi}{4}, \dots$, minimaalne, kui $\alpha = 0, \frac{\pi}{2}, \dots$;
a - amplituud, δ - faasivahe.

0242. $I \sim A^2 = a^2 [\cos^2(\alpha - \beta) - \sin 2\alpha \sin 2\beta \sin^2 \frac{\delta}{2}]$,
kus δ on plaadi läbimisel tekkinud faasivahe.

0243. 4,5 mm.

0244. $1,5 \frac{\text{mg}}{\text{cm}^3}$.

0245. 14 cm.

0246. $d = \frac{\lambda^3 \pi}{8 B \delta \lambda} \approx 920$ mm.

0247. $\Delta n = \frac{\varphi \lambda}{\pi d} \approx 1,1 \cdot 10^{-8}$.

0248. $\Delta n = 7,1 \cdot 10^{-5}$.

0249. $9,1^\circ$.

$$0250. R = 7,8 \frac{\text{minut}}{\text{\AA} \cdot \text{m} \cdot \text{cm}} .$$

$$0251. R = \frac{\bar{n}(n_- + n_+)}{\lambda_H} .$$

$$0252. 1,3 \cdot 10^{-7} .$$

$$0253. \sigma = 3,2^\circ .$$

$$0254. 1,6 \cdot 10^4 \text{ V/cm} .$$

$$0255. 0,86 \text{ kW} .$$

$$0256. 1,41 \mu\text{m} .$$

0257. Suureneb 32 korda.

$$0258. \sigma \approx 5 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4 .$$

0259. 1,6 tunni möödumisel.

$$0260. 6 \cdot 10^3 \text{ K}$$

$$0261. 28 \text{ \AA} .$$

$$0262. 5,4 \text{ kW} .$$

$$0263. 2,7 \cdot 10^3 \text{ K}$$

$$0264. \lambda_{\text{max}} T = \frac{C_2}{5} = 0,28776 \text{ cm} \cdot \text{K} .$$

0265. $T < 4150 \text{ K}$, kui $\lambda = 750 \text{ nm}$.

$$0267. 4,4 \cdot 10^{-36} \text{ kg} .$$

$$0268. 2,43 \text{ eV} .$$

$$0269. 1,24 \text{ nm} .$$

$$0270. 6,6 \text{ eV} .$$

$$0271. p = 1,3 \cdot 10^{-27} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} ; p_{\text{H}_2} = 5,4 \cdot 10^{-24} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} .$$

$$0272. \lambda = 1,23 \text{ \AA} .$$

0273. 67 korda.

$$0274. 1,2 \cdot 10^{21} .$$

0275. $p = W(1 + \rho) \cos^2 \alpha$; $F_t = \frac{1}{2} W (1 - \rho) \sin 2\alpha$, kus W on energia ruumtihedus.

0277. $p = 4,6 \cdot 10^{-6} \text{ N/m}^2$.

0278. 1) $F = SW$; 2) $F = SW$, kus S on kera ristlõike pindala.

0279. $F_1 = 5,9 \cdot 10^8 \text{ N}$; $F_1/F_2 = 1,6 \cdot 10^{-14}$.

0280. $3,6 \cdot 10^{-4} \text{ N}$.

0281. $u = v(1 + \frac{\lambda}{n} \frac{dn}{d\lambda})$.

0282. 1) $u = a = v$; 2) $u = \frac{a}{2} \sqrt{\lambda} = \frac{v}{2}$; 3) $u = \frac{3}{2} \frac{a}{\sqrt{\lambda}} = \frac{3}{2} v$;

4) $u = \frac{2a}{\lambda} = 2v$; 5) $u = c^2(c^2 + b^2\lambda^2)^{-1/2} = \frac{c^2}{v}$;

6) $u = \frac{1}{\varepsilon\mu} c^2 \left\{ v \left[1 + \frac{\omega}{2\varepsilon\mu} \frac{d(\varepsilon\mu)}{d\omega} \right] \right\}^{-1}$.

0283. $\xi = 1 + \frac{A}{\omega^2}$; $A = \text{const.}$

0284. $\frac{dn}{d\lambda} = -2,3 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-1}$.

0285. $\lambda_0 - \lambda = 21 \text{ \AA}$.

0286. $\delta\lambda = 0,046 \text{ \AA}$.

0287. $\Delta\lambda = 458 \text{ \AA}$.

0288. Kaugeneb kiirusega 1380 km/s .

0289. $2,1 \text{ km/s}$.

0290. $\Delta\lambda = 0,55 \text{ \AA}$.

- A1. $1,25 \cdot 10^{-14}$ m.
 A3. $2,31 \cdot 10^6$ m/s.
 A4. $4,83 \cdot 10^{-14}$ m või $1,07 \cdot 10^{-14}$ m.
 A5. $1,93 \cdot 10^6$ m/s.
 A6. 97.
 A7. 4,9 MeV.
 A8. $7^{\circ}40'$.
 A9. $2,7 \cdot 10^{-3}$.
 A10. $7 \cdot 10^{-5}$.
 A11. 47 e (e - elementaarlaeng).
 A12. $2,12 \cdot 10^{-10}$ m; $1,09 \cdot 10^6$ m/s; $5,63 \cdot 10^{21}$ m/s².
 A13. $3,28 \cdot 10^6$ m/s.
 A14. $1,72 \cdot 10^{11}$ V/m.
 A15. $\nu = \frac{2Rc}{n^2}$ (R - Rydbergi konstant, c - valguse kiirus vaakumis.)
 A16. $8,5 \cdot 10^{-6}$ A.
 A18. $8,4 \cdot 10^{-10}$ m.
 A19. 5.
 A20. Bracketti seeria.
 A21. 1216 Å; 6560 Å; Lymani seeria.
 A22. 1060 Å; ei.
 A23. 1048 Å; ei.
 A24. 1120 Å; ei.
 A25. Vastus: $4hc/3\lambda_{\alpha}$; $27 \lambda_{\alpha}/5$; $3 \lambda_{\alpha}$. ($\lambda_{\alpha} - L_{\alpha}$ -joone lainepikkus).³
 A26. $16 \pi / 3\alpha$ (α - peenstruktuurikonstant); $2,3 \cdot 10^3$.
 A27. Suurenes 7,55 eV võrra.
 A28. $7 \cdot 10^5$ m/s.
 A29. $1,92 \cdot 10^6$ m/s.
 A30. Vastus: 12,1 eV $\leq W < 12,8$ eV (W - elektroni kineetiline energia).
 A31. 6569 Å, 4861 Å.
 A32. $n(n - 1)/2$.

³ Siin ja edaspidi on kasutatud tähistusi: h - Plancki konstant ja $\hbar = h/2\pi$.

- A33. $5,42 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$.
- A34. $13,06 \text{ eV} \leq W < 13,22 \text{ eV}$ (W - elektroni kineetilise energia).
- A35. 16.
- A36. $7 \cdot 10^5 \text{ m/s}$.
- A37. L_α, L_β ; 1216 Å, 1025 Å.
- A38. 1642 Å.
- A39. 4; 2.
- A40. $1,09 \cdot 10^6 \text{ m/s}$.
- A41. 29,9 μcm .
- A42. $1,05 \cdot 10^{-10} \text{ m}$; 6,8 V; 0.
- A43. Suureneb $1,08 \cdot 10^{18} \text{ Hz}$ võrra.
- A44. $1,02 \cdot 10^7 \text{ m/s}$.
- A45. 4,95 meV.
- A46. 7,48 K.
- A47. 0,33 Å.
- A48. Jaa.
- A49. $1,76 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}$.
- A50. $W = n^2 \hbar^2 / 2 I$ ($n = 0, 1, 2, \dots$; I - inertsimoment)
- A51. $5,36 \cdot 10^{45}$; $2,95 \cdot 10^{-35} \text{ m}$.
- A52. $E_n = (3n\hbar(m/2)^{1/2} / 4)^{2/3}$ ($n = 0, 1, 2, \dots$; \hbar - Plancki konstant, mitte kõrgus!)
- A53. $H_n = (3n\hbar/4m(2g)^{1/2})^{2/3}$ (tähistused vt. eelmise ülesande vastusest); 0; $2,32 \cdot 10^{-21} \text{ m}$; $3,68 \cdot 10^{-21} \text{ m}$. (Tõud arviline näide vihjab sellele, et makroosakese juhul ei anna kvantiseerimine sisuliselt midagi uut. Mikroosakese juhul aga ei oma ülesande nr. A52 probleemi-seade mõtet.)
- A54. 42,8.
- A55. $6,64 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ (väheneb).
- A56. $0,9 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.
- A57. 1,07 cm.
- A58. 378 eV.
- A59. 12 %.
- A60. 0,171 Å.

- A61. $g(\lambda) = \frac{4 nh^3}{\sqrt{\pi}(2 kTm)^{3/2} \lambda^4} \exp(-h^2/2 kTm \lambda^2)$
 (λ - lainepikkus).
- A62. 0,89 Å.
- A63. 1,42 Å.
- A64. $\sim 10^2$ m/s, 10^{-22} m/s.
- A65. $\sim 10^{-10}$ m; $\sim 10^{-14}$ m.
- A66. Ei ole.
- A67. 3 m; $1,6 \cdot 10^{-14}$ m.
- A68. $\sim 10^{-3}$.
- A69. -Rhc (R - Rydbergi konstant, c - valguse kiirus vaakumis).
- A70. - $\frac{121}{8} Rhc$ (tähistusi vt. eelmise ülesande vastusest).
- A71. $\frac{h\nu}{2}$ (ν - võnkesagedus).
- A72. $(8h^2/5mk)^{1/7}$
- A73. $E_n = \pi^2 \hbar^2 n^2 / 2ml^2$; $\psi_n(x) = (2/l)^{1/2} \sin(\pi nx/l)$,
 $n = 1, 2, 3, \dots$
- A74. $\bar{x} = l/2$; $\bar{x^2} = l^2(1 - 3/2 \pi^2 n^2)/3$.
- A75. $2,92 \cdot 10^{-3}$.
- A76. 0,609.
- A77. 0; $(\pi \hbar n / l)^2$.
- A78. $E_n = E_{n+1} - E_n = \pi^2 \hbar^2 (2n+1) / 2ml^2$; $1,02 \cdot 10^{-39}$ eV;
 $3,05 \cdot 10^{-20}$ eV; $1,11 \cdot 10^{-16}$ eV.
- A79. $1,06 \cdot 10^{-9}$ m.
- A81. a; $e^2/2\pi\epsilon_0 a^2$ (e - elementaarlaeng, ϵ_0 - elektriline konstant).
- A88. n^2 ; $2(n - |m_1|)$; $n - |m_1|$.
- A89. $\frac{\hbar \sqrt{35}}{2}$ ja $\frac{\hbar \sqrt{15}}{2}$; $61^\circ 50'$ ja 135° .
- A90. $109^\circ 30'$.
- A91. ${}^2P_{3/2}$, ${}^2P_{1/2}$, ${}^2D_{3/2}$, ${}^2D_{5/2}$, ${}^2F_{5/2}$, ${}^2F_{7/2}$, ${}^4P_{3/2}$, ${}^4P_{1/2}$,
 ${}^4P_{5/2}$, ${}^4D_{3/2}$, ${}^4D_{5/2}$, ${}^4D_{7/2}$, ${}^4F_{3/2}$, ${}^4F_{5/2}$, ${}^4F_{7/2}$,
 ${}^4F_{9/2}$.

- A92. ${}^1D_2, {}^1F_3, {}^1G_4, {}^3D_1, {}^3D_2, {}^3D_3, {}^3F_2, {}^3F_3, {}^3F_4, {}^3G_3,$
 ${}^3G_4, {}^3G_5.$
- A93. Mõlemal juhul on 12 olekut. (L,S)-seose korral on need
 ${}^1P_1, {}^1D_2, {}^1F_3, {}^3P_0, {}^3P_1, {}^3P_2, {}^3D_1, {}^3D_2, {}^3D_3, {}^3F_2, {}^3F_3,$
 3F_4 ; (j,j)-seose korral aga
 $(5/2, 3/2)_1, (5/2, 3/2)_2, (5/2, 3/2)_3,$
 $(5/2, 3/2)_4, (5/2, 1/2)_2, (5/2, 1/2)_3,$
 $(3/2, 3/2)_0, (3/2, 3/2)_1, (3/2, 3/2)_2,$
 $(3/2, 3/2)_3, (3/2, 1/2)_1, (3/2, 1/2)_2.$
- A94. Termide tähised on mõlemal konfiguratsioonil samad:
 ${}^1S, {}^1D, {}^3P$, kuid põhitasemete tähised on konfiguratsioonidel np^2 ja np^4 vastavalt 3P_0 ja 3P_2 .
- A95. Termid: ${}^1S, {}^1D, {}^1G, {}^3P, {}^3F$; põhitasemed vastavalt 3F_2
ja 3F_4 .
- A96. Termid: ${}^1S, {}^1D, {}^1G, {}^1I, {}^3P, {}^3F, {}^3H$; põhitasemed vastavalt 3H_4 ja 3H_6 .
- A97. ${}^3P_2, {}^2D_{3/2}, {}^3F_2, {}^3H_6$.
- A98. ${}^4S_{3/2}$.
- A99. $102^\circ; 52^\circ$.
- A100. 55° .
- A101. $70^\circ 32'$.
- A102. $180^\circ; 33^\circ 30'$.
- A103. $0^\circ, 60^\circ, 120^\circ$.
- A104. $55^\circ, 107^\circ, 150^\circ$.
- A105. 31° .
- A106. $S \gg 2 (D), S = 2 (F)$.
- A107. ${}^5F_1, {}^5F_2, {}^5F_3, {}^5F_4, {}^5F_5$.
- A108. 1,43 meV.
- A109. 3D_3 .
- A110. ${}^2F_{5/2}$.

- A111. Efektiivmagnetmoment $2\sqrt{3}\mu_B$; projektsioonid:
 $\pm 3\mu_B$, $\pm 2\mu_B$, $\pm \mu_B$ ja 0 (μ_B - Bohri magneton).
- A112. Lõhestumist ei toimu, sest Landé tegur võrdub nulliga.
- A113. $6\mu_B$ (μ_B - Bohri magneton).
- A114. 3.
- A115. $(3/5)\mu_B$ (μ_B - Bohri magneton).
- A116. 2.
- A117. $\hbar\sqrt{3/2}$.
- A118. 5F_1 .
- A119. 4,47 mm.
- A120. 0,288.
- A121. 0,79 meV.
- A122. 0,75 T.
- A123. 1F_3 .
- A124. Lihtne, keeruline, lihtne.
- A125. $\nu = \nu_0 \pm \frac{eB}{4\pi m}$, $\nu = \nu_0 \pm \frac{eB}{20\pi m}$,
 $\nu = \nu_0 \pm \frac{7eB}{20\pi m}$, $\nu = \nu_0 \pm \frac{17eB}{60\pi m}$,
 $\nu = \nu_0 \pm \frac{eB}{60\pi m}$, $\nu = \nu_0 \pm \frac{19eB}{60\pi m}$
- (ν ja ν_0 - sagedused vastavalt magnetvälja olemasolu ja puudumise juhul, e - elementaarlaeng, m - elektroni mass, B - magnetiline induktsioon).
- A126. $\nu = \nu_0 \pm \frac{eB}{4\pi m}$, $\nu = \nu_0 \pm \frac{3eB}{8\pi m}$, $\nu = \nu_0 \pm \frac{13eB}{48\pi m}$,
 $\nu = \nu_0 \pm \frac{17eB}{48\pi m}$, $\nu = \nu_0 \pm \frac{7eB}{24\pi m}$, $\nu = \nu_0 \pm \frac{eB}{3\pi m}$,
 $\nu = \nu_0 \pm \frac{5eB}{16\pi m}$.
- (Tähistuste mõte on sama mis eelmises ülesandes.)
- A127. 5890, 23 Å.
- A128. 1 Å.
- A129. 1,61 Å.
- A130. 0,033 Å.
- A131. $1,74 \cdot 10^8$ 1/cm; 0,575 Å.
- A132. Jaa.
- A133. 29.

- A134. 1,3 keV.
 A135. 34,3 cm.
 A136. 0,55 cm²/g.
 A137. 8,7.
 A138. 1,87.
 A139. 7,04 m²/kg.
 A140. 90°; 24,0 keV.
 A141. 111°.
 A142. 109°30'.
 A143. 0,0135 Å.
 A144. 1,60 · 10⁻²² kg · m/s.
 A145. 29°12'.
 A146. 0,007 Å.
 A147. 0,02 Å.
 A148. 31 keV.
 A149. 44 keV.
 A150. 390 keV.
 A151. 0,21 MeV.
 A152. 0,0726 Å.
 A153. Suureneb 1,98 · 10⁻⁵ Å võrra.
 A154. 4,7 keV (fotoelektron); 10,4 keV (Auger' elektron);
 0,51 Å.
 A155. 36,5 %.
 A156. 10⁹.
 A157. 0,366 cm.
 A158. 0,007 Å.
 A159. 5896,03 Å.
 A160. 2,72 · 10⁻⁴⁷ kg·m².
 A161. 2 ja 3.
 A162. 10,65 cm⁻¹.
 A163. 232 μm.
 A164. $dN/dE_x \approx (I/2E_x)^{1/2} / \hbar$ (I - molekuli inertsimoment;
 pöörlemisenergia avaldises on võetud $J(J+1) \approx J^2$, J -
 pöörlemiskvantarv).
 A165. 170.
 A166. $E = \hbar\omega/4x$.

- A167. 4,52 eV.
 A168. $E_{n+1} - E_n = \hbar \omega [1 - 2x(n+1)]$.
 A169. 970 N/m.
 A170. 1,91 kN/m.
 A171. Suureneb 1 võrra.
 A172. 0,465 kN/m.
 A173. $x = 37$.
 A174. 0,0016.

- T2. Eraldub 23,88 MeV.
 T3. Eraldub 22,44 MeV.
 T4. Eraldub 7,20 MeV.
 T5. 10,5 MeV.
 T6. 7,98 MeV.
 T7. 6,78 MeV.
 T8. 14,4 MeV.
 T9. 31,3 g.
 T10. 2;2;1;2;4.
 T11. 7/2.
 T12. 1/2.
 T13. 9/2; 6.
 T14. 3/2.
 T15. 138° .
 T16. 1,91 tuumamagnetoni.
 T17. $f_g/f_C \approx 0,8 \cdot 10^{-36}$.
 T18. $1,5 \cdot 10^{17} \text{ kg/m}^3$; $6,66 \cdot 10^{24} \text{ C/m}^3$.
 T20. 8,65 MeV.
 T21. Ei, sest seoseenergia on negatiivne.
 T22. $B_1 - B_2 = 0,584 A^{2/3} (A - 2Z_1) \text{ MeV}$ (A - massiarv, Z_1 -
 - prootonite arv tuumas, mille seoseenergia on B_1).
 T23. $E = -V_0 (1 - x \text{th} x) \text{ch}^2 x$, kus x on võrrandi $(x/\text{ch} x)^3 \text{sh} x =$
 $= (n \hbar \beta)^2 / 2mV_0$ ($n = 1, 2, 3, \dots$, m - taandatud mass)
 lahend, mis rahuldab tingimust $x < x_0$; x_0 leitakse võr-
 randist $x_0 \text{th} x_0 = 1$ ($x_0 = 1,20$).

- T24. Võrdub suurima täisarvuga, mis ei ületa väärtust $x_0(2mV_0)^{1/2} / \beta \hbar c x_0$ (tähistusi vt. eelmise ülesande vastusest).
- T25. 3/2; 2 või 3; 7/2; 9/2; 7/2; 0.
- T26. 1,8 cm.
- T27. 11 μm .
- T28. 1,15 $\cdot 10^{-2}$ cm.
- T29. 13,9 mg/cm².
- T30. 4 $\cdot 10^4$ 1/cm; 10^{-3} cm.
- T31. 0,238; 0,280; 0,482.
- T32. 0,37.
- T33. >4,35 MeV.
- T34. 9 μm .
- T35. 5,7.
- T36. $(dE/dx)_{\text{Al}} / (dE/dx)_{\text{Pb}} = 0,84$.
- T37. $(dE/dx)_{\alpha} / (dE/dx)_{\text{d}} = 6,5$.
- T39. 9,75 MeV; 3,25 MeV.
- T40. Plii.
- T41. 1,4 cm.
- T42. $\sim 0,3$ g/cm².
- T43. 0,371.
- T44. 6,5 cm.
- T45. 74.
- T46. 121 m; 0,141 m; 6,03 cm; 1,26 cm.
- T47. 1,48.
- T48. $\mu_2 = (A_1/A_2)(\rho_2/\rho_1) [(Z_2/Z_1)^4 \mu_{\text{P1}} + (Z_2/Z_1)\mu_{\text{C1}} + (Z_2/Z_1)^2 \mu_{\text{P1}}]$.
(Z - järjenumber, A - aatomkaal, ρ - tihedus).
- T49. 8,8 mGy.
- T50. 0,06 R/s.
- T51. 0,033 R/s.
- T52. 39 mR/h; 14 korda.
- T53. 23 mGy/s, ~ 20 rem/s.
- T54. 0,251 R; 24 min.
- T55. 410 V.

- T56. 1250 γ s.
 T57. $3,7 \cdot 10^7$ γ s.
 T58. $2,1 \cdot 10^3$ γ s.
 T61. 0,286 MeV.
 T62. $< 0,043$ μ .
 T63. 181 MeV; 318 MeV; 37 GeV.
 T64. Muonid.
 T65. 15,6 GeV.
 T66. $47^{\circ}06'$.
 T67. $4,34 \cdot 10^4$.
 T68. $4,8 \cdot 10^3$, $\sim 10^{-7}$ %.
 T69. 275 g.
 T70. 4100 a.
 T71. $1,52 \cdot 10^9$ a.
 T72. 0,71.
 T73. $2,94 \cdot 10^{-8}$ g.
 T74. $1,93 \cdot 10^{-3}$.
 T75. 6 l.
 T76. 1,77 mg.
 T77. 0,713.
 T78. 33 min; $3,49 \cdot 10^{-9}$ g.
 T79. $T_1 = 10$ h; $T_2 = 1$ h; $N_{O1}/N_{O2} = 2$.
 T80. 0,07 g.
 T81. 9,77 min.
 T82. 10,7 min.
 T83. 3,5 μ Ci.
 T84. $4,5 \cdot 10^9$ a.
 T85. $6,5 \cdot 10^{-9}$ kg; $6,6 \cdot 10^{-4}$ cm^3 .
 T86. 0,348 g; $2,2 \cdot 10^{-4}$ g; $6,05 \cdot 10^{-3}$ g.
 T87. 0,21.
 T88. a) $4,1 \cdot 10^{13}$; b) $2,05 \cdot 10^{13}$.
 T89. $1,1 \cdot 10^{13}$.
 T90. 9,5 d.
 T91. $1,09 \cdot 10^{13}$.
 T92. 1,59 %.
 T93. 0,02.

- T94. 24,9 mCi.
 T95. 2,7 K.
 T96. 0,937 MeV/c.
 T97. $7,05 \cdot 10^5$ cm/s.
 T98. $5,64 \cdot 10^3$.
 T99. 145 keV.
 T100. Ei ole võimalik, sest tagasipõrkeenergia on tasemelaiu-
 sest suurem.
 T101. 217 m/s.
 T102. $\sim 10^{-10}$ s; $\sim 10^{-5}$ eV.
 T103. 2,75 km (^{57}Fe); 4,6 m (^{67}Zn).
 T104. 4,4 MeV; $5,3 \cdot 10^6$ m/s.
 T105. 17,3 MeV.
 T106. 7,15 MeV.
 T107. 1,88 MeV.
 T108. α -osakese kiirus $9,25 \cdot 10^6$ m/s; liitiumi tuuma kii-
 rus $5,3 \cdot 10^6$ m/s.
 T109. 8,67 MeV.
 T110. 2,15 MeV.
 T111. 8,56 MeV.
 T112. 5,28 MeV.
 T113. 1,91 MeV.
 T114. 6,96 MeV; 3,95 MeV.
 T115. $6,4 \cdot 10^{10}$ s.
 T116. $2,03 \cdot 10^{11}$.
 T117. 0,907 mW.
 T118. 0,1 b.
 T119. 0,0665 b.
 T120. 1,76 b.
 T121. 3,8 mCi.
 T122. $9 \cdot 10^{-7}$ kg.
 T123. $1,5 \cdot 10^{-3}$.
 T124. 0,02 b.
 T125. $7,3 \cdot 10^{-21}$ s.
 T126. $19,3 \cdot 10^3$ b.
 T127. 2,07.

- T128. 1,51 b.
 T129. 0,4 mm.
 T130. 1,5 b.
 T131. 20.
 T132. 0,077.
 T133. $2,9 \cdot 10^{12} \text{ 1/m}^2 \cdot \text{s}$.
 T134. 1,14.
 T135. $25 \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$.
 T136. 10 cm.
 T137. 5 eV.
 T138. 1,53 %; 40 %.
 T139. 45; perioodilisuse süsteemi viimaste elementide aatomi-
 tuumade lõhustumisparameeter on väiksem kui 45.
 T141. 98,5 MeV; 66,0 MeV.
 T142. 2 MeV.
 T143. 0,7 MeV.
 T144. 1,53 kg.
 T145. 1650 kW; $5 \cdot 10^{18} \text{ 1/s}$.
 T146. 1,33; 1,65.
 T147. 130 W/m^2 .
 T148. 1,22.
 T149. $5,6 \cdot 10^{-4}$.
 T150. Ei ole võimalik, sest neutronite paljunemiskoeffitsient
 on 0,25.
 T151. 0,82.
 T152. $N_C/N_U = 2,18 \cdot 10^5$.
 T153. $d\bar{f}/dE > 0$ ($\epsilon - {}^{235}\text{U}$ levik uraani isotoopide seas).
 T154. 26,4 MW.
 T155. 20.
 T156. 10 s.
 T157. $\sim 10^9 \text{ Q}$.
 T158. 19,5 MeV.
 T159. 22 MeV.
 T160. 940 MeV (neutron).
 T161. 1115 MeV (Λ -hüperon).
 T162. 60° .

- T163. 320 MeV.
 T164. 99° .
 T165. 905 MeV.
 T166. 52,57 MeV, 53,08 MeV/c.
 T167. 1,12 GeV.
 T168. 2,17 μ s.
 T169. 2,2 μ s.
 T170. $2,54 \cdot 10^{-8}$ s.
 T171. $8 \cdot 10^{-16}$ m.
 T172. Keelatud on 1., 3. ja 6.
 T173.

	π^+p	π^-p	π^0p	π^+n	π^-n	π^0n
T_ξ	3/2	- $\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	-3/2	- $\sqrt{2}$
T	3/2	3/2; $\sqrt{2}$	3/2; $\sqrt{2}$	3/2; $\sqrt{2}$	3/2	3/2; $\sqrt{2}$

- T174. 1., 3., 4.
 T175. -3 (Ω^- -hüperon).
 T176. p(uud), n(udd), $\Sigma^+(uds)$, $\Sigma^-(dds)$, $\Xi^0(uss)$, $\Xi^-(dss)$,
 $\pi^+(u\bar{d})$, $\pi^-(\bar{u}d)$, $K^+(u\bar{s})$, $K^-(\bar{u}s)$, $K^0(d\bar{s})$.

K E E M I L I S T E E L E M E N T I D E

Period	R ü h m a d				
	I	II	III	IV	V
1	H ¹ 1,008				
2	Li ³ 6,94	Be ⁴ 9,01	B ⁵ 10,81	C ⁶ 12,01	N ⁷ 14,01
3	Na ¹¹ 22,99	Mg ¹² 24,31	Al ¹³ 26,98	Si ¹⁴ 28,09	P ¹⁵ 30,97
4	K ¹⁹ 39,10	Ca ²⁰ 40,08	21 44,96 Sc	22 47,90 Ti	23 50,94 V
	²⁹ 63,54 Cu	³⁰ 65,37 Zn	Ga ³¹ 69,72	Ge ³² 72,59	As ³³ 74,92
5	Rb ³⁷ 85,47	Sr ³⁸ 87,62	39 88,91 Y	40 91,22 Zr	41 92,91 Nb
	⁴⁷ 107,9 Ag	⁴⁸ 112,4 Cd	In ⁴⁹ 114,8	Sn ⁵⁰ 118,7	Sb ⁵¹ 121,8
6	Cs ⁵⁵ 132,9	Ba ⁵⁶ 137,3	⁵⁷ La 138,9 La	72 178,5 Hf	73 181,0 Ta
	⁷⁹ 197,0 Au	⁸⁰ 200,6 Hg	Tl ⁸¹ 204,4	Pb ⁸² 207,2	Bi ⁸³ 209,0
7	Fr ⁸⁷ (223)	Ra ⁸⁸ (226)	89 Ac (227) Ac	Ku ¹⁰⁴ (260)	

⌘ L a n t a n i i d i d

⁵⁸ 140,1 Ce	⁵⁹ 140,9 Pr	⁶⁰ 144,2 Nd	⁶¹ (145) Pm	⁶² 150,4 Sm	⁶³ 152,0 Eu	⁶⁴ 157,3 Gd
⁶⁵ 158,9 Tb	⁶⁶ 162,5 Dy	⁶⁷ 164,9 Ho	⁶⁸ 167,3 Er	⁶⁹ 168,9 Tu	⁷⁰ 173,0 Yb	⁷¹ 175,0 Lu

Täisarv sulgudes - radioaktiivse elemendi suurima

PERIODILISUSE SÜSTEEM

R ü h n a d							
VI	VII	VIII				0	
						He	2 4,00
0 8 16,00	F 9 19,00					Ne	10 20,18
8 16 32,06	Cl 17 35,45					Ar	18 39,95
24 Cr 52,00	25 Mn 54,94	26 Fe 55,85	27 Co 58,93	28 Ni 58,71			
Se 34 78,96	Br 35 79,91					Kr	36 83,80
42 Mo 95,94	43 Tc (97)	44 Ru 101,1	45 Rh 102,9	46 Pd 106,4			
Te 52 127,6	J 53 126,9					Xe	54 131,3
74 W 183,9	75 Re 186,2	76 Os 190,2	77 Ir 192,2	78 Pt 195,1			
Po 83 (209)	At 85 (210)					Rn	86 222

III Aktinidid

90 Th 232,0	91 Pa (231)	92 U 238,0	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)
97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (253)	101 Md (256)	102 No (256)	103 Lw (257)

pooltestusajaga isotooti massiarv.

Märkus. Tehnilistel põhjustel ei mahtunud tabelisse elementide nimetused. Need on järgmised:

- 1) H - vesinik
- 2) He - heelium
- 3) Li - liitium
- 4) Be - berüllium
- 5) B - boor
- 6) C - süsinik
- 7) N - lämmastik
- 8) O - hapnik
- 9) F - fluor
- 10) Ne - neon
- 11) Na - naatrium
- 12) Mg - magneesium
- 13) Al - alumiinium
- 14) Si - räni
- 15) P - fosfor
- 16) S - väävel
- 17) Cl - kloor
- 18) Ar - argoon
- 19) K - kaalium
- 20) Ca - kaltsium
- 21) Sc - skandium
- 22) Ti - titaan
- 23) V - vanaadium
- 24) Cr - kroom
- 25) Mn - mangaan
- 26) Fe - raud
- 27) Co - koobalt
- 28) Ni - nikkel
- 29) Cu - vask
- 30) Zn - tsink
- 31) Ga - gallium
- 32) Ge - germaanium
- 33) As - arseen
- 34) Se - seleen

- 35) Br - broom
- 36) Kr - krüptoon
- 37) Rb - rubiidium
- 38) Sr - strontsium
- 39) Y - ütrium
- 40) Zr - tsirkoonium
- 41) Nb - nioobium
- 42) Mo - molübdeen
- 43) Tc - tehneetsium
- 44) Ru - ruteenium
- 45) Rh - roodium
- 46) Pd - pallaadium
- 47) Ag - hõbe
- 48) Cd - kaadmium
- 49) In - indium
- 50) Sn - tina
- 51) Sb - antimon
- 52) Te - telluur
- 53) I - jood
- 54) Xe - ksenoon
- 55) Cs - tseesium
- 56) Ba - baarium
- 57) La - lantaan
- 58) Ce - tseerium
- 59) Pr - praseodüüm
- 60) Nd - neodüüm
- 61) Pm - promeetium
- 62) Sm - samaarium
- 63) Eu - euroopium
- 64) Gd - gadolinium
- 65) Tb - terbium
- 66) Dy - düsproosium
- 67) Ho - holmium
- 68) Er - erbium
- 69) Tm - tuulium
- 70) Yb - üterbium

- 71) Lu - luteetsium
- 72) Hf - hafnium
- 73) Ta - tantaal
- 74) W - volfram
- 75) Re - reenium
- 76) Os - osmium
- 77) Ir - iriidium
- 78) Pt - plaatina
- 79) Au - kuld
- 80) Hg - elavhõbe
- 81) Tl - tallium
- 82) Pb - plii
- 83) Bi - vismut
- 84) Po - poloonium
- 85) At - astaat
- 86) Rn - radoon
- 87) Fr - frantsium
- 88) Ra - raadium
- 89) Ac - aktiinium
- 90) Th - toorium
- 91) Pa - protaktiinium
- 92) U - uraan
- 93) Np - neptuunium
- 94) Pu - plutoonium
- 95) Am - ameriitsium
- 96) Cm - kuurium
- 97) Bk - berkeelium
- 98) Cf - kalifornium
- 99) Es - einsteinium
- 100) Fm - fermium
- 101) Md - mendeleevium
- 102) No - nobeelium
- 103) Lw - laurentsium
- 104) Ku - kurtšatoovium

Tähtsamaid konstante

Maa mass	$5,96 \cdot 10^{24}$ kg
Päikese mass	$1,97 \cdot 10^{30}$ kg
Kuu mass	$7,35 \cdot 10^{22}$ kg
Gravitatsioonikonstant	$6,67 \cdot 10^{-11}$ m ³ /(kg · s ²)
Maa keskmine raadius	$6,37 \cdot 10^6$ m
Maa keskmine kaugus Päikesest ...	$1,49 \cdot 10^{11}$ m
Päikese keskmine raadius	$6,96 \cdot 10^8$ m
Kuu raadius	$1,74 \cdot 10^6$ m
Kuu keskmine kaugus Maast	$3,84 \cdot 10^8$ m
Maa raskuskiirendus	$g = 9,81$ m/s ²
Normaalne õhurõhk	$1,01 \cdot 10^5$ N/m ²
Avogadro arv	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ mol ⁻¹
Universaalne gaasikonstant	$R = 8,31$ J/(K · mol)
Boltzmanni konstant	$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K
Gaasi moolruumala normaaltingimustel	$0,0224$ m ³ /mol
Faraday arv	$9,65 \cdot 10^7$ C/kg-ekv
Elektroni laeng	$e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C
Elektroni seisumass	$9,11 \cdot 10^{-31}$ kg
Prootoni seisumass	$1,67 \cdot 10^{-27}$ kg
Valguse kiirus vaakumis	$c = 3 \cdot 10^8$ m/s
Plancki konstant	$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J · s
Stefan-Boltzmanni konstant	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ W/(m ² · K ⁴)
Wieni konstant	$b = 2,90 \cdot 10^{-3}$ m · K
Rydbergi konstant	$R = 1,10 \cdot 10^7$ m ⁻¹
Bohri magneton	$\mu_B = 0,927 \cdot 10^{-23}$ J/T
Bohri raadius	$a_0 = 0,529 \cdot 10^{-10}$ m
Elektriline konstant	$\epsilon_0 = 0,885 \cdot 10^{-11}$ F/m
Magnetiline konstant	$\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6}$ H/m

Mõnede ainete tihedusi

Aine	(tihedus) $\times 10^{-3}$ kg/m ³	Aine	(tihedus) $\times 10^{-3}$ kg/m ³
Alumiinium	2,7	Parafiin	0,89
Berüllium	1,85	Plaatina	21,5
Boor	2,45	Plii	11,3
Grafiit	1,6	Plutoonium	19,8
Hõbe	10,5	Puit	0,8
Indium	7,28	Raske vesi	1,1
Jää	0,9	Raud	7,8
Kaadmium	8,65	Teras	7,7
Kaalium	0,86	Tina	7,4
Koobalt	8,9	Toorium	11,7
Kork	0,2	Tsink	7,0
Kuld	19,3	Uraan	19,0
Litium	0,53	Valgevask	8,4
Magneesium	1,74	Vask	8,9
Naatrium	0,97	Vismut	9,8
Nikkel	8,9	Volfram	19,1

Röntgenikiirgust iseloomustavaid füüsikalisi suurusi

jarje- number Z	Elemendi sumbol	Neeldumise K-ääre lainepikkus Å	K-seeria ergutus- potentsiaal kV
13	Al	7,936	1,56
23	V	2,263	5,48
24	Cr	2,066	6,02
25	Mn	1,892	6,55
26	Fe	1,739	7,14
27	Co	1,604	7,73
28	Ni	1,484	8,35
29	Cu	1,377	9,00
30	Zn	1,281	9,68
42	Mo	0,6181	20,1
47	Ag	0,4845	25,6
50	Sn	0,4239	29,2
74	W	0,1782	69,6
78	Pt	0,1577	78,7
79	Au	0,1535	80,7
82	Pb	0,1405	88,3
92	U	0,1075	115,3

Andmeid mõnede nukliidide kohta

Z	Nukliid	M - A	Levik sama elemendi isotoopide hulgas %	Lagunemisliik; poolestusaeg
0	n	0,00867	-	β^- ; 11,7 min
1	^1H	0,00783	100	
	^2H	0,01410	0,015	
	^3H	0,01605	-	β^- ; 12,3 a

Z	Nukliid	M - A	Levik sama elemendi isotoopide hulgas %	Lagunemisliik; poolestusaeg
2	³ He	0,01603	1,3 · 10 ⁻⁴	
	⁴ He	0,00260	100	
3	⁶ Li	0,01513	7,52	
	⁷ Li	0,01601	92,48	
4	⁷ Be	0,01693	-	e _K ; 53 d
	⁸ Be	0,00531	-	α; 1 s
	⁹ Be	0,01219	100	
	¹⁰ Be	0,01354	-	β ⁻ ; 2,5 · 10 ⁶ a
5	¹⁰ B	0,01294	20	
	¹¹ B	0,00930	80	
6	¹¹ C	0,01143	-	β ⁺ ; 20,4 min
	¹² C	0	98,89	
	¹³ C	0,00335	1,11	
	¹⁴ C	0,00324	-	β ⁻ ; 5570 a.
7	¹³ N	0,00574	-	β ⁺ ; 10 min
	¹⁴ N	0,00307	99,63	
	¹⁵ N	0,00011	0,37	
8	¹⁶ O	-0,00509	99,76	
	¹⁷ O	-0,00087	0,037	
	¹⁸ O	-0,00084	0,204	
9	¹⁹ F	-0,00160	100	
10	²⁰ Ne	-0,00756	90,92	
	²¹ Ne	-0,00615	0,26	
	²² Ne	-0,00862	8,82	
11	²³ Na	-0,01023	100	
	²⁴ Na	-0,00903	-	β ⁻ ; 15 h
12	²⁴ Mg	-0,01496	78,60	
	²⁵ Mg	-0,01416	10,11	
	²⁶ Mg	-0,01741	11,29	
	²⁷ Mg	-0,01565	-	β ⁻ ; 9,5 min
13	²⁷ Al	-0,01847	100	
	²⁸ Al	-0,01809	-	β ⁻ ; 2,3 min

Z	Nukliid	M - A	Levik sama elemendi isotoopide hulgas %	Lagunemisliik; poolestusaeg
14	²⁸ Si	-0,02307	92,27	
	²⁹ Si	-0,02351	4,68	
	³⁰ Si	-0,02624	3,05	
	³¹ Si	-0,02465	-	β^- ; 2,65 h
15	²⁹ P	-0,01818	-	β^+ ; 4,6 s
	³⁰ P	-0,02168	-	β^+ ; 2,5 min
	³¹ P	-0,02624	100	
	³² P	-0,02609	-	β^- ; 14,3 d
16	³² S	-0,02793	95,02	
	³³ S	-0,02854	0,75	
	³⁴ S	-0,03214	4,215	
	³⁵ S	-0,03097	-	β^- ; 87 d
	17	³⁵ Cl	-0,03115	75,4
³⁶ Cl		-0,03169	-	β^- ; e_K ; 3,1 · 10 ⁵ a.
³⁷ Cl		-0,03410	24,6	
18		³⁶ Ar	-0,03245	0,34
	³⁷ Ar	-0,03323	-	e_K ; 32 d
	³⁸ Ar	-0,03728	0,063	
	³⁹ Ar	-0,03568	-	β^- ; 265 a.
	⁴⁰ Ar	-0,03762	99,60	
	19	³⁷ K	-0,02664	-
³⁸ K		-0,03091	-	β^+ ; 0,94 s
³⁹ K		-0,03629	93,08	
⁴⁰ K		-0,03599	0,012	
⁴¹ K		-0,03816	6,91	
20	⁴⁰ Ca	-0,03741	96,97	
23	⁵⁰ V	-0,05284	0,24	
	⁵¹ V	-0,05602	99,76	
24	⁵² Cr	-0,05949	83,76	
25	⁵⁵ Mn	-0,06195	100	
26	⁵⁶ Fe	-0,06507	91,68	
27	⁵⁸ Co	-0,06427	-	e_K , β^+ ; 71, 3 d
	⁵⁹ Co	-0,06681	100	

Z	Nukliid	M - A	Levik sama elemendi isotoopide hulgas %	Lagunemisliik; poolestusaeg
28	⁵⁸ Ni	-0,06466	67,76	
29	⁶³ Cu	-0,07041	69,1	
	⁶⁴ Cu	-0,07024	-	β^- , β^+ , e_K ; 12,8 h
	⁶⁵ Cu	-0,07221	30,9	
30	⁶⁴ Zn	-0,07086	48,89	
	⁶⁶ Zn	-0,07395	27,82	
	⁶⁸ Zn	-0,07514	18,5	
47	¹⁰⁷ Ag	-0,09303	51,35	
	¹⁰⁸ Ag	-0,09411	-	β^- ; 2,3 min
	¹⁰⁹ Ag	-0,09530	48,65	
	¹¹⁰ Ag	-0,09395	-	β^- ; 24 s
48	¹¹³ Cd	-0,09534	12,26	
49	¹¹³ In	-0,09572	4,23	
	¹¹⁵ In	-0,09615	95,77	
53	¹²⁷ I	-0,09565	100	
	¹²⁸ I	-0,09418	-	β^- , e_K ; 25 min
79	¹⁹⁷ Au	-0,03345	100	
	¹⁹⁸ Au	-0,03176	-	β^- ; 2,69 d
	²⁰⁶ Pb	-0,02554	23,6	
	²⁰⁷ Pb	-0,02410	22,6	
	²⁰⁸ Pb	-0,02336	52,3	
83	²⁰⁹ Bi	-0,01958	100	
	²¹⁰ Bi	-0,01589	-	α ; $2,6 \cdot 10^6$ a
84	²¹⁰ Po	-0,01713	-	α ; 138 d
	²¹² Po	-0,01114	-	α ; $2,1 \cdot 10^{-7}$ s
	²¹⁴ Po	-0,00481	-	α ; $1,6 \cdot 10^{-4}$ s
86	²²² Rn	+0,01753	-	α ; 3,8 d
88	²²⁶ Ra	+0,02536	-	α ; 1620 a
90	²³² Th	+0,03821	100	α ; $1,4 \cdot 10^{10}$ a
	²³³ Th	+0,04143	-	β^- ; 23,3 min
92	²³⁴ U	+0,04090	0,006	α ; $2,5 \cdot 10^5$ a
	²³⁵ U	+0,04393	0,71	α ; $7,1 \cdot 10^8$ a

Z	Nukliid	M - A	Levik sama elemendi isotoopide hulgas %	lagunemisliik; poolestusaeg
94	²³⁶ U	+0,04573	-	α , $2,4 \cdot 10^7$ a.
	²³⁸ U	+0,05076	99,3	α ; $4,5 \cdot 10^9$ a.
	²³⁹ U	+0,05432	-	β^- ; 23,5 min
	²³⁸ Pu	+0,04952	-	α ; 89,6 a
	²³⁹ Pu	+0,05216	-	α ; $2,4 \cdot 10^4$ a.
	²⁴⁰ Pu	+0,05397	-	α ; $6,6 \cdot 10^3$ a.

Märkus: Z on järjenumbr, A - massiarv, M - aatomi mass, mõõdetuna aatommassiühikutes (u), d - ööpäev, a - aasta.

Andmeid soojuslike neutronite (kiirus 2200 m/s) mõjul lõhustuvate tuumade kohta

Tuum	Neelamise efektiivne ristloige, b	Lõhustumise efektiivne ristloige, b	Keskmine neutronite arv lõhustumisakti kohta	
hetkelised hilinevad				
²³³ U	588	532	2,51	0,0066
²³⁵ U	694	582	2,47	0,0158
²³⁸ U	2,75	-	-	-
²³⁹ Pu	1025	738	2,91	0,0061

Röntgeni- ja γ -kiirguse nõrgenemiskoeffitsiendid

Kvandi energia MeV	Massnõrgenemiskoeffitsient cm^2/g			
	Alumiinium	Plii	Vesi	Õhk
0,02	3,48	72,0	0,789	0,764
0,04	0,558	10,5	0,264	0,245
0,06	0,270	3,55	0,204	0,186
0,08	0,198	1,66	0,183	0,166
0,1	0,169	5,46	0,171	0,155
0,2	0,122	0,942	0,137	0,123
0,4	0,0927	0,220	0,106	0,0953
0,6	0,0779	0,119	0,0896	0,0804
0,8	0,0683	0,0866	0,0786	0,0706
1,0	0,0614	0,0703	0,0706	0,0635
1,5	0,0500	0,0550	0,0590	0,0515
2,0	0,0431	0,0463	0,0493	0,0445
3,0	0,0360	0,0410	0,0390	0,0360
4,0	0,0310	0,0421	0,0339	0,0307
6,0	0,0264	0,0436	0,0275	0,0250
8,0	0,0241	0,0459	0,0240	0,0220
10,0	0,0229	0,0489	0,0219	0,0202

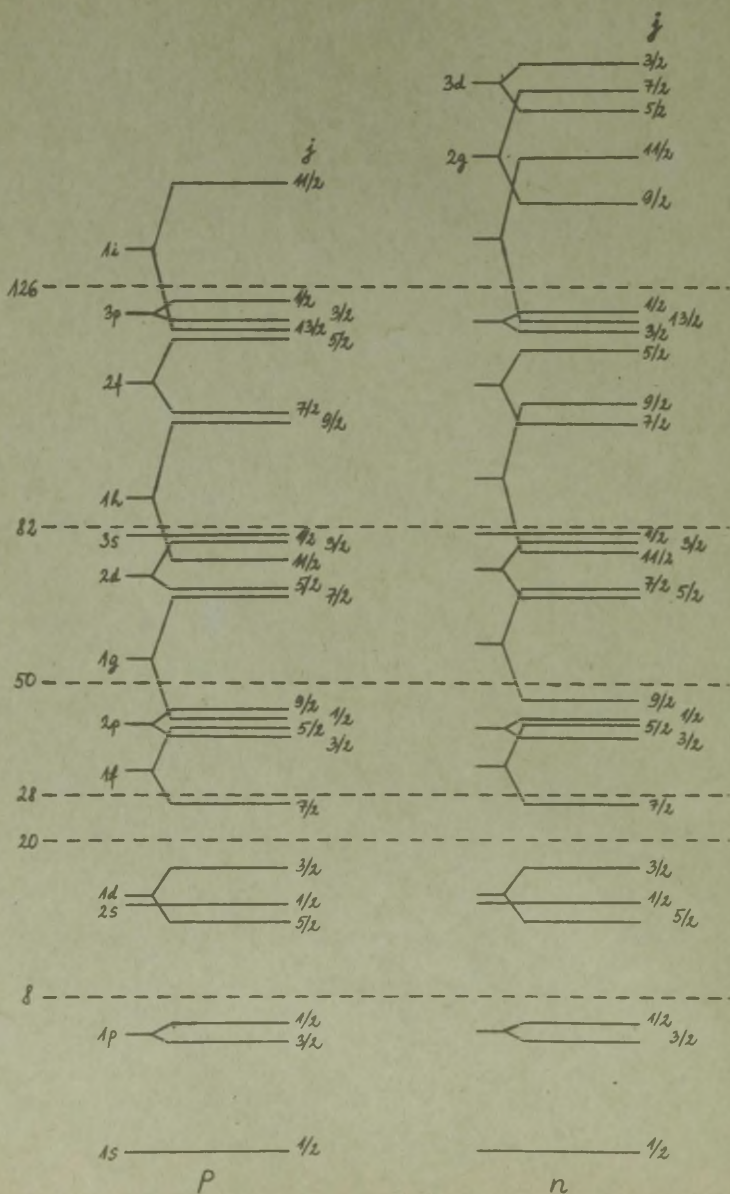
Märkus. Arvestatud on fotoefekti, Comptoni efekti ja elektroni-positronipaaride teket.

Röntgeni- ja γ -kiirguse neeldumiskoeffitsiendid

Kvandi energia MeV	Massneeldumiskoeffitsient cm^2/g			
	Alumiinium	Plii	Vesi	Õhk
0,1	0,0371	2,16	0,0253	0,0233
0,2	0,0275	0,586	0,0299	0,0269
0,4	0,0287	0,136	0,0328	0,0295
0,6	0,0286	0,0684	0,0329	0,0295
0,8	0,0278	0,0477	0,0321	0,0288
1,0	0,0269	0,0384	0,0310	0,0276
1,5	0,0246	0,0280	0,0283	0,0254
2,0	0,0227	0,0248	0,0260	0,0236
3,0	0,0201	0,0238	0,0227	0,0211
4,0	0,0188	0,0253	0,0204	0,0193
6,0	0,0174	0,0287	0,0178	0,0173
8,0	0,0169	0,0310	0,0163	0,0163
10,0	0,0167	0,0328	0,0154	0,0156

Märkus. Arvestatud on fotoefekti ja elektroni-positronipaaride teket.

Nuklonits energiatasemed kihilises mudelis



Elementaarosakeste omadusi

Osake	Osakese sümbol	Anti-osakese sümbol	Seisumass, m_e	Seisuenergia, MeV	Eluiga, s
Footon	γ	γ	0	0	∞
Elektronneutriino	ν_e	$\bar{\nu}_e$	0	0	∞
Müoonneutriino	ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$	0	0	∞
Elektron	e^-	e^+	1	0,511	∞
Müoon	μ^-	μ^+	206,77	105,66	$2,2 \cdot 10^{-6}$
π -mesonid	π^+	π^-	273,2	139,6	$2,55 \cdot 10^{-8}$
	π^0	π^0	264,2	135,0	$2 \cdot 10^{-16}$
K-mesonid	K^+	K^-	966,3	493,8	$1,23 \cdot 10^{-8}$
	K_0	\bar{K}_0	974,5	498,0	$10^{-10} - 10^{-8}$
η -meson	η	η	1074	548,8	$2,4 \cdot 10^{-19}$
Prooton	p	\bar{p}	1836,1	938,26	∞
Neutron	n	\bar{n}	1838,6	939,55	$0,9 \cdot 10^3$
Λ -hüperon	Λ^0	$\bar{\Lambda}$	2182,8	1115,4	$2,6 \cdot 10^{-10}$
Σ -hüperonid	Σ^+	$\bar{\Sigma}^-$	2328	1189,4	$0,8 \cdot 10^{-10}$
	Σ^-	$\bar{\Sigma}^+$	2342	1197	$1,6 \cdot 10^{-10}$
	Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	2333	1192	$< 10^{-14}$
Ξ -hüperonid	Ξ^-	$\bar{\Xi}^+$	2585	1321	$1,7 \cdot 10^{-10}$
	Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	2572	1314	$3 \cdot 10^{-10}$
Ω -hüperon	Ω^-	$\bar{\Omega}^+$	3278	1675	$\sim 10^{-10}$

Märkused:

- 1) m_e tähistab elektroni seisumassi.
- 2) Viimases lahtris on mõeldud keskmist eluiga taustsüsteemis, milles osake on paigal.

Kirjandus

1. Баканина Л.П., Белонучкин В.Е., Козел С.М., Колачевский Н.Н., Косоуров Г.И., Мазанько И.П. Сборник задач по физике. 2-е изд., М., 1970.
2. Гинзбург В.Л., Левин Л.М., Сивухин Д.В., Четверикова Е.С., Яковлев И.А. Сборник задач по общему курсу физики. Оптика. 4-е изд., М., 1977.
3. Иродов И.Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике. 4-е изд., М., 1966.
4. Иродов И.Е. Сборник задач по общей физике. М., 1979.
5. Скачков С.В., Константинов Л.В., Строганова Р.П., Юрова Л.Н., Топоркова Э.П. Сборник задач по ядерной физике. 2-е изд., М., 1963.

Sisukord

Eessõna

OPTIKA

I. Geomeetriline optika	3
II. Fotomeetria	17
III. Valguse interferents	21
IV. Valguse difraktsioon	26
V. Optilised riistad. Spektraalaparaadid	28
VI. Polarisatsioon	34
VII. Soojustkiirgus. Fotoefekt	41
VIII. Valguse rõhk. Doppleri efekt	43

AATOMIFÜÜSIKA

IX. Aatomi tuumad ja Bohri teooria	46
X. Osakeste lainemadused	52
XI. Aatomi elektronkatte ehitus. Spektrid	57
XII. Molekulispektrid	65

TUUMAFÜÜSIKA

XIII. Aatomituumade põhiomadused	67
XIV. Kiirguse läbimine ainetest	70
XV. Radioaktiivsus	76
XVI. Tuumareaktsioonid	82
XVII. Elementaarosakesed	90
Ülesannete vastused	94
Lisad	120
Kirjandus	136

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ. ОПТИКА. АТОМНАЯ ФИЗИКА.
Изд. 3-е, доп. и испр. Составители Ансель Х а а в,
Ори Л е м б р а. На эстонском языке. Тартуский госу-
дарственный университет. ЭССР, г.Тарту, ул.Оликооли,18.
Vastutav toimetaja R. Ratassepp. Paljundamisele antud
18.04.1980. Rotaatoripaber 30x42 1/4. Trükipoognaid 8,75.
Tingtrükipoognaid 8,14. Arvestuspoognaid 6,51. Trükiarv
1000. TRÜ trükikoda, EMSV, Tartu, Palsoni t. 14. Tell.
nr. 499. Hind 20 kop.