

ENSV MINISTRITE NÕUKOGU RIIKLIK
KÕRGEMA JA KESK-ERIHARIDUSE
KOMITEE

FÜÜSIKA

Metoodilised materjalid
ettevalmistuskursustel õppijaile

TARTU 1964

ARH

A-26222

ENSV MINISTRITE NÕUKOGU RIIKLIK
KÕRGEMA JA KESK-ERIHARIDUSE
KOMITEE

FÜÜSIKA

Metoodilised materjalid
ettevalmistuskursustel õppijaile

TARTU 1964

Государственный комитет высшего и среднего
специального образования Совета Министров ЭССР

ФИЗИКА

Методические материалы для учащихся
подготовительных курсов

На эстонском языке

ARHIIVKOGU

Arh.

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

392

I. Eessõna.

Käesolev metoodiline juhend on mõeldud abiks tulevastele üliõpilastele keskkooli füüsika kursuse kordamisel.

Füüsika kujutab endast teadusharu, mis uurib kõige üldisemaid looduseadusi ning kirjeldab lihtsamaid materiaali liikumise vorme. Olles tsentraalsel kohal kõigi teiste loodusteaduste hulgas omab ta teaduslik-materialistliku maailmavaate kujunemisel suurt tähtsust.

Kaasaegse rahvamajanduse kõik valdkonnad, eriti aga tänapäeva tehnika, tuginevad füüsikalistele nähtustele ja seadustele. Nõukogude Liidu rahvamajanduse arendamise programmide koostamisel ja arutamisel NIKP kongressidel juhiti tähelepanu asjaolule, et "tehnilise progressi edasised perspektiivid tuginevad käesoleval ajal eelkõige füüsikateaduste põhiliste suundade saavutustele".

Seoses eeltooduga on kõrgemate koolide ülesandeks tunduvalt tõsta üliõpilaste ettevalmistust füüsika valdkonnas. Üliõpilane, kes ei oma füüsika-alaste teadmiste miinimumi, ei saa edukalt õppida eridistsipliine.

See omakorda seab ka sisseastujale kõrgendatud nõudmisi. Neil tuleb täielikult tunda füüsika elementaarkursust, s.t. keskkooli kursust. Seda nii teoreetiliselt kui ka praktiliselt ülesannete lahendamise oskuse näol, et tagada edasine füüsika kursuse edukas kuulamine kõrgemates koolides.

Käesolev metoodiline juhend sisaldab füüsika sisseastumiseksamite programmi, näitliku tööplaani (mõeldud kursust läbiviivale õppejõule), üldmetoodilisi näpunäiteid ning mõningate raskemaks osutunud probleemide (sisseastumiseksamite alusel) selgitusi ja lahendusi.

Metoodilised materjalid on koostanud K. Kudu, G. Peets ja K. Schults.

II. PROGRAMM.

Aluseks on 1963.a. sisseastumiseksamite programm.

M e h h a a n i k a .

1. Ühel sirgel mõjuvate jõudude liitmine. Üksteise suhtes nurga all mõjuvate jõudude liitmine (graafiliselt). Jõu lahutamine kaheks teineteise suhte; nurga all mõjuvaks komponentiks. Keha tasakaalu tingimused kaldpinnal. Jõu moment. Pöörlemistelge omava keha tasakaalu tingimused (momentide reegel). Keha raskuskeskpunkt. Ühes punktis kinnitatud kehade tasakaalu liigid. Horisontaalpinnale teetava keha tasakaalu tingimused.

2. Ühtlane sirgliikumine. Kiirus. Ühtlase sirgliikumise võrrand. Selle liikumise teepikkuse ja kiiruse graafikud. Mitteühtlane liikumine. Keskmise kiirus. Hetkkiirus, kiirendus. Alggiirust omava ühtlaselt kiireneva liikumise võrrandite tuletamine. Alggiirust omava ühtlaselt kiireneva liikumise kiiruse graafik.

3. Newtoni esimene seadus (inertsiseadus).

4. Newtoni teine seadus: jõu, massi ja kiirenduse vaheline seos. Keha kaal ja mass. Tihedus ja erikaal. CGS ja MKS ühikute süsteem. Jõuühik düün ja tema seos kaaluühikutega. Kehade vaba langemine. Vaba langemise kiirendus. Ohutakistuse mõju.

5. Newtoni kolmas seadus: mõju ja vastumõju võrdsus. Liikumishulk ja selle jäävuse seadus. Reaktiivmootor. K. E. Tšelkovski - reaktiivliikumise teooria aluste rajaja. Reaktiivmooteri ehituse ja töö põhimõtte.

6. Ülemaailmne gravitatsiooni seadus.

7. Mehhaaniline töö. Töö valem. Võimsus. Energia. Kinee-

tiline ja potentsiaalne energia. Potentsiaalse energia muundumine kineetiliseks ja vastupidi. Energia jäävuse seadus mehhaanikas.

8. Ühtlane ringliikumine. Joonkiirus. Nurkkiirus. Kesktõmbekiirendus. Kesktõmbekiirenduse valem (tuletamiseta). Näiteid tehnikast. Kaaluta olek kosmoselaevas.

V õ n k u m i s e d j a l a i n e d .

H ä ä l .

1. Võnkliikumise näiteid. Võnkeperiood. Võnkesagedus. Võnkeamplituud. Võnkeperioodi ja võnkesageduse vaheline seos. Pendli võnkeperioodi valem (ilma tuletamiseta). Mehhaaniline resonants. Rist- ja pikilained. Võnkumiste levimise kiirus. Lainepikkus, laine levimiskiiruse ja võnkeperioodi (või võnkesageduse) vaheline seos.

2. Hääleallika võnkumine. Lained õhus. Tooni kõrgus. Hääle kiirus. Hääle peegeldumine. Akustiline resonants.

V e d e l i k u d j a g a a s i d .

1. Rõhk. Pascali seadus vedelikele ja gaasidele. Hüdraulilise pressi ehituse põhimõte. Vedeliku rõhumine anuma seinetele ja põhjale. Ühendatud anumate seadus ühe vedeliku korral.

2. Atmosfääri rõhumine. Torricelli katse. Normaalse õhurõhu suurus. Tehniline atmosfäär. Elavhõbeda- ja metallbaromeeter.

3. Arhimedese seadus vedelikele ja gaasidele. Kehade ujumise tingimused.

4. Rõhk liikumas vedelikus või gaasis. Lennuki lendamise füüsikalised alused.

A i n e e h i t u s e m o l e k u l a a r - k i n e e - t i l i s e t e o o r i a a l u s e d .

Molekulaar-kineetilise teooria alused ning nendega seletatavad katsed. Browni liikumine. Difusioon gaasides, vedelikes ja tahketes kehaes. Gaaside, vedelike ja tahkete

kehade molekulide liikumine. Molekulide mass ja mõõtmel.
Molekulide vastastikune mõju.

S o o j u s .

1. Joon- ja ruumpaisumise koefitsiendid. Vee paisumise iseärasused. Gaaside paisumine. Gay-Lussac'i seadus. Boyle-Mariotte'i seadus. Selle seaduse graafik. Boyle-Mariotte'i ja Gay-Lussac'i ühendatud seadus. Absoluutse nulli mõiste. Absoluutse temperatuuri skaala.

2. Soojushulk. Soojushulga ühik. Keha soojendamiseks kuluva soojushulga arvutamise valem.

Keha erisoojuse katseline määramine. Kütteaine kütteväärtus. Soojendaja kasutegur.

3. Sulamine. Sulamissoojuse katseline määramine.

4. Aurumine ja kondensatsioon. Keemine. Keemistemperatuuri sõltuvus rõhust. Aurumissoojuse katseline määramine.

5. Küllastavad ja mitte küllastavad aaurud. Nende omadused. Küllastava auru rõhu sõltuvus temperatuurist.

6. Absoluutne niiskus. Relatiivne niiskus. Hügroomeetrid.

7. Gaaside vedeldamine.

8. M. V. Lomonosovi seisukohad soojuse olemusest. Soojuse mehhaaniline ekvivalent. Töö (kGm, džauli ja ergl) soojuslik ekvivalent. Aurumasina ja auruturbiini ehituse skeem. Sisepõlemismootor. Aurumasina ja sisepõlemismootori kasutegur.

E l e k t e r .

1. Kahte liiki elektrilaengud. Elektrilaengute vastastikune mõju. Coulombi seadus. Elektrilaengu elektrostaatiline ja praktiline ühik. Elektroskoobi ehitus. Elektrilaengu jaotumine juhi pinnal. Mõjuelekter.

2. Laengu elektriväli. Elektrivälja tugevus ja selle arvutamine punktlaengu väljas. Potentsiaali ja potentsiaalide vahe mõiste. Volt. Elektrimahtuvus. Mahtuvuse ühik. Kondensaator, tema ehitus ja otstarve.

3. Elektrivool. Voolutugevuse ühik - amper. Potentsiaalide vahe juhi otstel. Ohmi seadus vooluringi osa kohta.

Juhtide takistus. Takistuse ühik - oom. Eritakistus. Valem takistuse arvutamiseks. Takistuse sõltuvus temperatuurist. Reostaadid. Juhtide järjestik- ja paralleelühendus. Ohmi seadus kogu vooluringi kohta. Vooluallikate paralleel- ja järjestikühendus.

4. Voolu töö ja võimsus. Voolu töö ja võimsuse ühikud: volt-kulon (džaul), volt-ampere (vatt), vatt-tund, hektovatt-tund, kilovatt-tund. Elektrivoolu energia ja selle muundumine teisteks energialiikideks. Joule-Lenzi seadus.

5. Elektrolüüs. Faraday elektrolüüsi seadused. Elektrolüüsi tehnilisi rakendusi.

6. Elektrivool gaasides. Katoodkiired, nende olemus ja omadused. Elektriikaare avastamine akadeemik V. V. Petrovi poolt. Elektrikeevituse leiutaja N. G. Slavjanov.

7. Sirgivoolu ja solenoidi magnetväli. Magnetvälja toime voolusse. Magnetvälja tugevus. Magnetvoog. Raud magnetväljas. Elektromagnetiline rele. Ampermeetri ja voltmeetri ehituse põhimõtte. Mikrofon, telefon, valjuhääldaja. Elektromagnetilise induksiooni avastamine Faraday poolt. Indutseeritud elektromotoorse jõu tekkimine. Lenzi seadus. Omainduktsioon. Induktiivsus. Pooli induktiivsuse sõltuvus keerdude arvust ja raudsüdami olemasolust. Induktiivsuse ühik - henri.

8. Vahelduvvoolu saamine. Vahelduvvoolu periood, sagedus, faas. Pinge ja voolu efektiivväärtused. Takistus vahelduvvoolu korral. Vahelduvvoolu alaldamine; alalisvoolu generaator. Transformaatori ehitus ja töö põhimõtte. Transformaatori leiutamine P. N. Jablotškovi poolt. Elektrienergia ülekanne ja jaotamine. Elektrifitseerimise edusammud Nõukogude Liidus.

9. Elektronnähtused vaakuumis. Termoelektriline emissioon. Elektronlambid; diodi ja triodi ehitus ja töötamine. Diodi kasutamine vahelduvvoolu alaldamiseks.

10. Elektromagnetilised võnkumised ja lained. Vönkering. Energia muundumine vönkeringis. Vönkeperioodi sõltuvus vönkeringi induktiivsusest ja mahtuvusest (ilma matemaatilise tuletuseta). Elektriline resonants. Sumbumata vönkumiste saamine. Elektronlamp generaatorina.

Avatud võnkering. Elektromagnetiliste lainete kiirgamine. Elektromagnetiliste lainete pikkus ja levimise kiirus. Raadio leiutamine A. S. Popovi poolt. Raadiotelefon-ülekanne põhimõte (amplituud-modulatsioon). Detektorvastuvõtja ja lihtsaima lampvastuvõtja skeemid. Elektronlamp võimendajana. Elektronkiiretoru. Raadiolokatsiooni põhimõte.

O p t i k a .

1. Valgusallikad. Valguse sirgjooneline levimine. Valguse kiirus. Valguse kiiruse määramine Michelsoni meetodil.

2. Valgustustugevus. Valgustustugevuse ühik. Valgustustugevuse sõltuvus valgustatava pinna kaugusest valgusallikast ja kiirte kaldenurgast. Valgusallikate valgustugevuste võrdlemine. Valgustugevuse ühik. Fotomeetrid.

3. Valguse peegeldumisseadused. Kujutise konstrueerimine tasapeeglis. Difuusne peegeldumine. Kujutise konstrueerimine sfäärilistes peeglites. Peegli fookus. Prožektor.

4. Valguse murdumisseadused. Murdumisnäitaja. Kiirte käik prisma ja tasaparalleelses plaadis. Täielik sisepeegeldumine. Piirnurk.

5. Koondavad ja hajutavad läätsed. Läätsede valem (ilma tuletamiseta). Kujutise konstrueerimine läätses. Läätsede optiline tugevus.

6. Projektsiooniaparaat. Fotoaparaat. Luup. Mikroskoop. Teleskoop. Kiirte käik nendes riistades. Silm kui optiline riist. Prillid.

7. Valge valguse lahutamine prismaga. Spekter. Spektroskoop. Nähtamatud kiired. Kiirgus- ja neeldumisspektrid. Fraunhoferi jooned. Päikese spekter. Spektraalanalüüs. Röntgenikiirte saamine ja omadused.

8. Valguse lainelised omadused. Valguse interferents.

9. Valguse toime. Fotoelektriline efekt. A. G. Stoletovi tööd fotoelektrilise efekti alal. Kvandi mõiste. Fotorakud ja nende kasutamine.

A a t o m i e h i t u s .

1. Nähted, mis kinnitavad aatomi ehituse keerukust. Osakeste vaatlemise viisid.

2. Aatomi ehitus, elektronkest ja tuum. Energia kiirgamine ja neelamine aatomi poolt.
3. Aatomituumade koostisosad - prootonid ja neutronid.
4. Uraani aatomituumade lagunemine. Ahelreaktsioon. Energia vabanemine tuumade lagunemisel.

III. TÖÖPLAAN JA JUHEND KURSUSI LÄBIVIIVALE ÕPPEJÕULE.

Kursuse ülesandeks on keskkoolilõpetanute füüsika-alaste teadmiste taastamine ning täiendamine. Kursuste lõpetamine peab osavõtjale andma vähemalt rahuldavad teadmised kõrgema kooli vastuvõtuprogrammide ulatuses ning seega tagama vajalikud eeldused kõrgemas koolis õppimiseks.

Füüsika õpetamine ettevalmistuskursustel toimub vastuvõtuksamite programmi alusel. Kui rühm koosneb õpilastest, kes soovivad astuda samasse kõrgemasse kooli, siis on soovitatav õpetamisel arvestada vastava kõrgema kooli iseloomu.

Materjali ulatuse määravad keskkoolis kasutatavad õpikud.

Füüsika õpetamine peab olema üheks vahendiks teadusliku mõtlemise aluste ja materialistliku maailmavaate kasvatamisel. Õpilased peavad saama kujutluse maailma materiaalsusest, nähtustevahelistest seostest, looduseaduste objektiivsusest ja nende tunnetamise võimalustest teaduse abil.

Edukaks töötamiseks kõrgemas koolis nõutakse sisseastujalt füüsikas järgmisi oskusi ja teadmisi:

1. Osata täpselt formuleerida füüsika põhiseadusi, mõista nende sisu ning loogiliselt esitada neist tulenevaid järeldusi.

2. Teada peast kõiki põhivalemeid. Seejuures peab selge olema valemi füüsikaline sisu.

3. Osata graafiliselt väljendada füüsika seadusi.

4. Lahendada programmi ulatuses füüsika ülesandeid ning teostada tulemuste analüüs. Ülesannete lahendamise nõuab käesoleval ajal kolme mõõtühikute süsteemi ning nende vahelkordade tundmist (SI, CGS, MKGS).

Füüsika õpetamisel tuleb peaarõhk suunata aine sisulisele omandamisele. Seejuures peab aga silmas pidama, et füüsi-

ka põhiseadused ja nende matemaatilised väljendused, mõõtühikute definitsioonid ning füüsikalised põhisuurused oleksid täpselt formuleeritud. Viimane nõue ei viita sugugi küsimuste formaalsele omandamisele. Formaalselt on aine siis omandatud, kui täpse definitsiooni andmisel ei mõisteta tema sisu. Puuduseks tuleb ka seda lugeda, kui õpilane kuidagi-moodi, näidete varal, seletab seaduse sisu, kuid ei oska teda defineerida. Nii esimesel kui ka teisel juhul osutub raskeks füüsika-alaste küsimuste praktiline lahendamine.

Erilist rõhku tuleb panna ülesannete lahendamise oskusele. Kui õpilane oskab lahendada ülesandeid, siis on selge, et ta on omandanud füüsika nii teoreetiliselt kui ka praktiliselt.

Õpetamine ettevalmistuskursustel toimub loengute näol, mis vahelduvad harjutustega. Harjutused järgnevad vahetult läbivõetud peatükile. Harjutustundides tuleb õpilasi maksimaalselt küsida, et nad oskaksid oma teadmisi väljendada.

Tuleb silmas pidada, et kursusest osavõtjad omavad väga erinevat ettevalmistust ning mitmesuguseid erialasid. Seetõttu on vaja peatuda ka lihtsamatel küsimustel ning võimaluse korral arvestada kursantide eriala. Näiteks võib elektrikutele elektrit koondatult õpetada. Õpilaste teadmiste kontrollimiseks on vaja korraldada kontrolltöid ning õpilaste tunnis küsimist. Kontrolltöid tuleb hinnata, et õpilastel oleks ülevaade oma teadmiste tasemest.

Programmi täitmisel võib kasutada seletuskirja, mis on antud keskkooli füüsika programmi juurde.

Näitlik tööplaan.

Arvestatud on 38 õppenädalat à 4 tundi. Kokku 152 tundi. Harjutustundide maht võib moodustada ligikaudu $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{2}$ kogu tundide arvust.

Õppenädal	Nädala lõpuks peab jõudma järgmise küsimuseni
1 - 2	Mitteühtlane liikumine.
3 - 4	Newtoni III seadus.
5 - 6	Võnkumised ja lained.

Öppenädal	Nädala lõpuks peab jõudma järgmise küsimuseni
7 - 8	Atmosfääri rõhumine.
9 - 10	Soojus.
11 - 12	Sulamine.
13 - 14	Elekter.
15 - 16	Elektrivool.
17 - 18	Elektrivool gaasides.
19 - 20	Elektromagnetiline induksioon.
21 - 22	Elektronnähitud vaakuumis.
23 - 24	Avatud võnkering.
25 - 26	Valgustugevus.
27 - 28	Projektsiooniaparaat.
29 - 30	Aatomi ehitus.
31 - 32	Lõpuni.
33 - 38	Kontrolltööd ja kordamine.

Kontrolltöö sooritatakse kokkuleppel õpilastega vastavalt läbivõetud materjali järgi.

Arvestatud on 3 kontrolltööd à 2 tundi järgmistel teemadel:

1. töö - kuni võnkumised,
2. töö - kuni elekter,
3. töö - kuni optika.

Kontrolltööd sisaldavad nii ülesandeid (2-3) kui ka teoreetilisi küsimusi (3-5).

IV. ÜLDISED METOODILISED NÄPUNÄITED.

Sisseastumiseksameiks ettevalmistuja põhiliseks töövormiks on iseseisev töö.

Kogu õppeprotsess koosneb kahest põhielemendist: teoreetilise kursuse omandamine õpikute kaasabil ja ülesannete lahendamine teoreetiliste teadmiste kinnistamiseks ning praktikas rakendamiseks.

Iseseisval füüsika kursuse õppimisel on soovitatav pidada kinni alljärgnevaist põhinõudeist:

1. Füüsika kursust tuleb korrata süstemaatiliselt kogu ettevalmistusperioodi vältel. Mõnepäevane eksamieelne "tuupimine" ei anna sügavaid ning jäävaid teadmisi ja mõjutab tunduvalt eksamitulemust negatiivses suunas.

2. Õpiku lugemisel on soovitatav koostada lühikonspekt, milles tuleb kirja panna reeglid, seadused ning nende matemaatilised väljendid - valemid, füüsikaliste suuruste definitsioonid ja nende mõõtmiseks kasutatavad ühikud, teha joonised ja lahendada mõningad iseloomulikud ülesanded läbivõetud osa kohta.

3. Kuna füüsika kuulub täppisteaduste hulka ning füüsikalised uurimised on seotud vastavate suuruste mõõtmisega, kohtume me füüsika kursuses suure hulga mitmesuguste ühikutega, mis on koondatud mõõtühikute süsteemidesse. Tuleb meeles pidada, et ilma mõõtühikute süsteemi tundmata ja oskuseta neid rakendada ülesannete lahendamisel ei ole võimalik kursuse praktiline omandamine ning eksami edukas sooritamine.

V. SELGITUSI MÖNINGATE KÜSIMUSTE KOHTA.

Käesolevas punktis juhime tähelepanu üksikuile küsimustele, mis on sisseastujaile tekitanud raskusi.

1. Füüsikaliste suuruste definitsioonid.

Defineerides mingit füüsikalist suurust, tuleb ta eelnevalt endale sisuliselt selgeks teha. Seoses sellega on soovitatav loobuda definitsioonides "suhte" kasutamisest, mis on küll õige, kuid ei väljenda küllaldaselt suuruse füüsikalist sisu. Nii näiteks kiiruse definitsiooni: "Kiiruseks nimetatakse suurust, mida mõõdetakse tee ja selle läbimiseks kulunud aja suhtega" asemel on parem defineerida: "Kiiruseks nimetatakse füüsikalist suurust, mille mõõduks on ajaühikus läbitud tee pikkus. Keskmise kiirus sel teepikkusel:

$$v_k = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}.$$

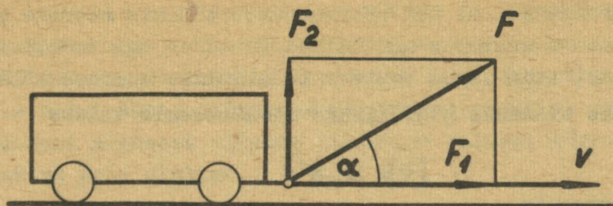
Kui me nüüd valime ajavahemiku hästi väikese, siis saame hetkelise kiiruse

$$v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}, \text{ kus } t_2 \rightarrow t_1.$$

Pealegi viitab selline definitsioon kohe mõõtühikule. Sõltub ju kiiruse ühik sellest, milliste ühikutega me aega ja läbitud teed mõõdame.

Töö defineerimisel tuleb silmas pidada asjaolu, et töö on jõu liikumissuunaline komponent. Seega nimetame tööks jõu liikumissuunalise komponendi ja tema rakenduspunkti poolt läbitud teepikkuse korrutist. Väljendades seda asjaolu valemi abil, saame

$$A = F_1 s = F s \cdot \cos \alpha.$$



Joon.1

Võtame veel ühe näite elektri valdkonnast. Defineerides elektrimahtuvust kui laengu suuruse ja potentsiaali suhet, jääb füüsikaline sisu tihti arusaamatuks. Kui me aga elektrimahtuvust defineerime kui juhi omadust, mille mõõduks on laengu suurus, mille tagajärjel potentsiaal muutub ühiku võrra, on nimetatud füüsikalise suuruse sisu lahti mõtestatud ning temaga opereerimine ülesannete lahendamisel lihtne ja arusaadav.

2. Dimensioonvalemid.

Nagu teada, jagunevad kõik füüsikalised suurused kahte rühma. Esimese rühma moodustavad põhisuurused ning teise nn. tuletatud suurused. Iga teise rühma kuuluvat füüsikalist suurust saame avaldada põhisuuruste kaudu.

Mehhaanikas tähistatakse põhisuurusi järgmiselt:

pikkus - L (longitudio - ladina keeles)
 mass - M (massa - " ")
 aeg - T (tempo - " ")

Tuletatud suuruse avaldist väljendatuna põhisuuruste kaudu nimetatakse dimensioonvalemiks. Dimensioonvalemite kirjutamisel asetatakse vastavad füüsikalised suurused nurksulgudesse. Näiteks kiiruse dimensioonvalem on

$$[v] = \frac{[s]}{[t]} = \frac{L}{T} = LT^{-1},$$

tiheduse dimensioonvalem

$$[\rho] = \frac{[m]}{[v]} = \frac{M}{L^3} = ML^{-3}, \text{ jne.}$$

On arusaadav, et kui põhisuuruste tähiste asemele paigutada vastavate suuruste mõõtühikud (need on aga tavaliselt põhiühikud), siis saame vastava füüsikalise suuruse mõõtühiku. Näiteks tiheduse mõõtühikuks SI-süsteemis tuleks

$$[\rho] = \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

ja CGS-süsteemis

$$[\rho] = \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}.$$

Keerulisema juhtumina vaatleksime laenguühikut CGS-süsteemis. Laenguühik on defineeritud sellise punktlaenguna, mis teist samasuurt laengut vaakumis ühe sentimeetri kauguselt mõjutab ühedüünilise jõuga. Siinjuures on lähtutud Coulomb'i seadusest

$$F = \frac{q_1 \cdot q_2}{\varepsilon \cdot r^2}.$$

Meie juhul $q_1 = q_2 = q$ ning $\varepsilon = 1$.

Seega

$$F = \frac{q^2}{r^2} \quad \text{ning} \quad q = \sqrt{F \cdot r^2} = r \sqrt{F}.$$

Kui nüüd saadud valemis füüsikalised suurused asendada nende mõõtühikutega ja võtta arvesse, et düün on jõud, mis ühegrammise massiga kehale annab kiirenduse üks sentimeeter sekundi ruudu kohta, siis laenguühiku dimensioon

$$[\text{lü}] = \text{cm} \sqrt{\frac{\text{g} \cdot \text{cm}}{\text{s}^2}} = \text{cm}^{\frac{3}{2}} \cdot \text{g}^{\frac{1}{2}} \cdot \text{s}^{-1}.$$

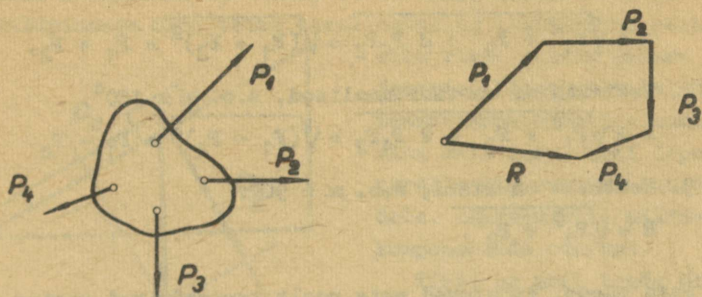
3. Vektorite liitmine ja komponentideks lahutamine.

Tehteid vektoritega ehk vektoriaalsete suurustega vaa-deldakse 8. klassi kursuses, millest tingituna käsitletakse ainult erandjuhtumeid ja neidki graafilisest seisukohast läh-tudes. Antakse nn. rõõpküliku ehk parallelogrammi reegel, mille kohaselt resultant on kahe komponendi poolt moodustatud rõõpküliku diagonaaliks.

Terve rea ülesannete juures osutub vajalikuks rohkem kui kahe vektori liitmine ning ka resultandi arvutamine, sest graafilisel määramisel võib esineda küllalt suur viga.

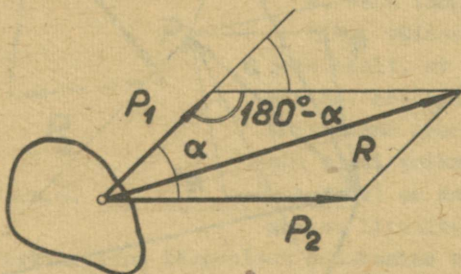
Graafilisel liitmisel on kasulik teada üldisemat juhust,

mille kohaselt resultantjõud on võrdne liidetavatest jõududest moodustatud murdjoone sulgejaga. Murdjoon saadakse, kui vektorid liidetakse üksteisele vastavalt nende suurustele ja suundadele, nagu näha joonisel. Resultandi suunaks on suund esimese vektori algusest viimase liidetava vektori lõppu. Liitmise järjekord pole oluline.



Joon.2.

Vaatleme nüüd resultandi arvutuseeskirja. Piirdume seejuures ainult kahekomponendilise süsteemiga. Jooniselt 3 on näha, et vektorid \vec{P}_1 , \vec{P}_2 ja \vec{R} moodustavad kolmnurga. Teades liidetavate vektorite vahelist nurka, võib resultandi arvutada koosinuslause abil.



Joon. 3.

$$R^2 = P_1^2 + P_2^2 - 2 P_1 P_2 \cos (180^\circ - \alpha).$$

Et $\cos (180^\circ - \alpha) = -\cos \alpha$, siis $R = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + 2 P_1 P_2 \cos \alpha}$.

Võime veenduda, et meie poolt tuletatud üldine valem sisaldab tõepoolest kõik erijuhud:

1. Vektorid on samasuunalised, s.o. $\alpha = 0$.

$$R = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + 2 P_1 P_2} = \sqrt{(P_1 + P_2)^2} = P_1 + P_2.$$

2. Vektorid on vastassuunalised, s.o. $\alpha = 180^\circ$.

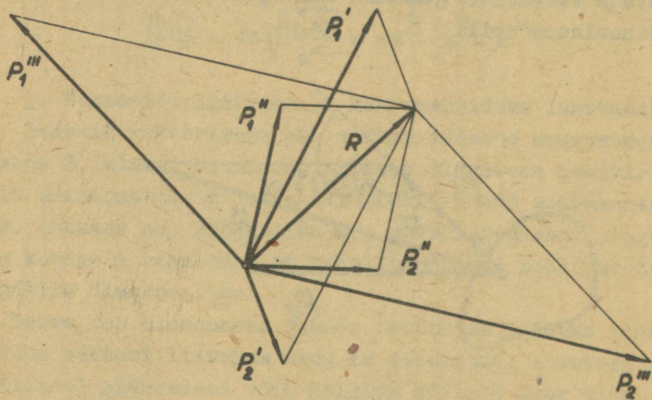
$$R = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 - 2 P_1 P_2} = \sqrt{(P_1 - P_2)^2} = P_1 - P_2.$$

3. Vektorid on risti, s.o. $\alpha = 90^\circ$.

$$R = \sqrt{P_1^2 + P_2^2}.$$

Nagu näeme, kujutavad meie poolt tundmaõpitud seaduspärasused üksikjuhte üldisemast seaduspärasusest. Füüsika kursuse omandamisel peamegi silmas pidama tingimusi, milliste korral see või teine valem või reegel kehtib.

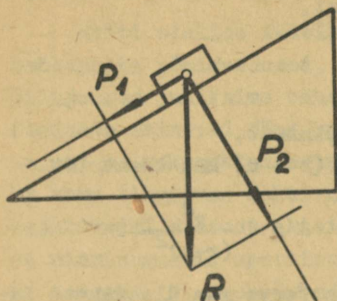
Samasuguse probleemini jõuame antud vektori lahutamisel komponentideks. Nagu jooniselt võime veenduda, saame seda



Joon.4.

teha kui tahes mitut viisi või üldiselt öeldes on meil lõpmatu arv võimalusi komponentideks lahutamiseks. Meid huvitavad aga tingimused, milliste korral lahutamine annaks ühese tulemuse.

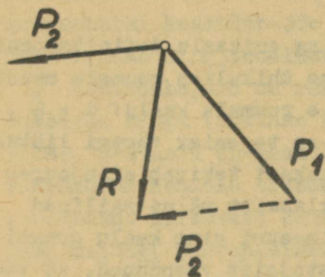
Tavaliselt lahutame komponentideks tingimusel, mil on teada lõikuvate komponentide suunad. Näiteks raskusjõu lahutamisel kaldpinnal on teada, et üks komponentidest mõjub risti kaldpinnaga ning teine paralleelselt. Lahutamisel peab



Joon.5.

siin alati silmas pidama järjekorda. Kõigepealt tuleb tõmmata komponentide suunad ning siis resultandi lõpust paralleelid valitud suundadele. Lõikepunktid määravad komponentide suuruse.

Tihti on meil teada ühe komponendi suund ning suurus. Siin on ilmne, et otsitav vektor peab olema vektorite kolmnurga sulgejaks. Teistel juhtumitel ei ole probleemi lahendus põhimõtteliselt erinev.



Joon.6.

4. Vaba langemise kiirendus.

Tihti väidetakse sisseastujate poolt, et vaba langemise või nn. raskuskiirendus on konstantne suurus. See ei pea aga alati paika, kuna käesoleval juhul on meil jällegi tegemist lisatingimustega. Ni-

melt on raskuskiirendus tõepoolest konstantne ehk jääv suurus kõigi kehade jaoks tingimusel, et nad asuvad ühes ning samas geograafilises kohas.

Leiame seose raskuskiirenduste jaoks erinevatel kaugustel Maa tsentrist. Teatavasti võime mingi keha raskuse aval-

dada kahel viisil - massi ja raskuskiirenduse korrutisena ning gravitatsioonijõuna antud keha ja Maa vahel. Seega

$$m \cdot g = \gamma \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} \text{ ning}$$

$$m \cdot g' = \gamma \cdot \frac{m \cdot M}{(r+h)^2},$$

kus m - keha mass,

g - raskuskiirendus Maa pinnal,

r - Maa raadius,

M - Maa mass,

γ - gravitatsiooni konstant,

h - keha kõrgus (kaugus) maapinnast,

g' - raskuskiirendus kaugusel $(r + h)$ Maa tsentrist.

$$\frac{g}{g'} = \frac{(r + h)^2}{r^2} \text{ ning siit } g' = g \cdot \frac{r^2}{(r+h)^2}.$$

Saadud seos osutub vajalikuks terve rea ülesannete lahendamisel ning samuti näitab, et raskuskiirendus jääb muutumatuks ainult antud kohas.

5. Erikaal ja tihedus.

Anneme kõigepealt tiheduse ning erikaalu definitsioonid:

Tiheduseks nimetame antud aine ühikulise ruumala massi:

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ ja erikaaluks tema ühikulise ruumala kaalu: } d = \frac{P}{V}.$$

Nagu definitsioonidest näha, on tegemist vägagi lihtsate ning elementaarsete mõistetega. Raskusi tekitab siinjuures aga ühikute valik ning kuendast klassist väljus säilinud "erikaaluks nimetame ühe kuupsentimeetri aine kaalu grammi-des". Seetõttu on suur osa sisseastujaist veendunud, et vee erikaal on 1. Tegelikult sõltub see mõõtühikute süsteemist, milles me teostame vastavaid mõõtmisi. CGS-süsteemis on vee tihedus võrdne ühega ($\rho = 1 \text{ g/cm}^3$). Tiheduse ja erikaalu ükskõik millises süsteemis saame nüüd arvutada, kui me teame tiheduse ning erikaalu vahelist seost. Viimane aga on lihtsalt tuletatav lähtudes definitsioonist

$$d = \frac{P}{V} = \frac{m \cdot g}{V} = \rho \cdot g.$$

Nii näiteks võime arvutada vee erikaalu CGS-süsteemis

$$d = 1 \text{ g/cm}^3 \cdot 981 \text{ cm/s}^2 = 981 \text{ dn/cm}^3,$$

kuna

$$\frac{\text{g} \cdot \text{cm}}{\text{s}^2} = \text{dn}.$$

6. Kesktõmbe- ja kesktõukejõud.

Eriti oluline füüsika kursuse õppimisel on omandada mehhaanika põhiseadused, s.o. Newtoni I, II ja III seadus. Siinjuures juhiksime tähelepanu asjaolule, et Newtoni III seaduses esinevad jõud kunagi ei tasakaalusta teineteist, kuna nad on rakendatud erinevatele kehadele. Viimasest järeldub ka sama tingimuse kehtivus kesktõmbe- ja kesktõukejõule, mis kujutavadki enesest aktsiooni ja reaktsiooni. Tihti hakatakse mingisuguseid spetsiaalseid jõude otsima. Tuleb teha endale selgeks, et kesktõmbejõuks võib olla mingi meile juba tuttav jõud. Nii näiteks Kuud orbiidil hoidvaks kesktõmbejõuks on Maa gravitatsioonijõud, maanteel sõitev jalgrattur kallutab ennast kurvi suunas, mille tagajärjel osa tema raskusest moodustabki kesktõmbejõu ning kutsudes esile kesktõmbekiirenduse muudab sirgjoonelise liikumise kõverjooneliseks, jne.

Kesktõmbejõud on rakendatud alati liikuvale kehale ning suunatud ringi (ühtlase ringjoonelise liikumise korral) tsentrisse. Seevastu on kesktõmbejõud Newtoni III seaduse kohaselt rakendatud nendele sidemetele või kehadele, millede abil rakendatakse liikuvale kehale kesktõmbejõud. Suunalt on need jõud muidugi vastupidised. Tihti arvatakse ekslikult, et need jõud on puutuja suunalised ning rakendatud mõlemad samale kehale.

7. Gaasi olekud.

Nimetatud küsimused tavaliselt erilisi raskusi ei valmista, vajalik on vaid meeles pidada, et Gay-Lussac'i ja Charles'i seaduses esinevad V_0 ja p_0 tähistavad vastavalt

ruumala ja rõhku 0°C juures, mitte aga algruumala ja -rõhku. Samuti tuleb endale selgeks teha absoluutse temperatuuri mõiste. Viimasele jõuame lähtudes Gay-Lussac'i või Charles'i seadusest. Defineerime absoluutse nullpunkti kui sellise temperatuuri, mille korral gaasi lõpprõhk saab võrdseks nulliga $p_t = 0$. Siis

$$p_t = p_0 (1 + \alpha t^{\circ}) = 0.$$

Kuna praktikast on teada, et gaasi rõhk 0°C juures kunagi null ei ole, jääb üle ainukese võimalusena, et

$$1 + \alpha t^{\circ} = 0$$

ning siit

$$t^{\circ} = -273^{\circ}\text{C}.$$

Gaasi olekutega seotud ülesandeid on soovitatav lahendada gaasi oleku üldise võrrandi abil

$$\frac{pV}{T} = \text{const.}$$

Selle võrrandi alusel omaksid Gay-Lussac'i ja Charles'i seadused vastavalt järgmist kuju:

1) kui $p = \text{const.}$, siis

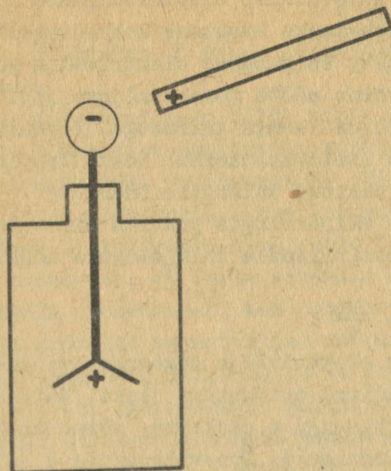
$$\frac{V}{T} = \text{const.},$$

2) kui $V = \text{const.}$, siis

$$\frac{p}{T} = \text{const.}$$

8. Elektrostaatiline induktsioon.

Senistele sisseastujaile on sageli tekitanud raskusi elektrostaatilise induktsiooni nähtuse selgitamine või nagu tihti väljendutakse - mõjuelektriga laadimine. Nähtus ise seisneb alljärgnevas. Kui me lähendame elektroskoobi metallvardale mingi laetud keha ilma neid kokkupuutesse viimata, märkame, et elektroskoobi lehekeseid lähevad laiali, s.t. nad omandavad ühenimelise laengu. Kuna keha ja elektroskoobi vahel jääb õhk, mis on teatavasti hea isolator, siis ei saa nimetatud asjaolu seletada laengute ülekandumisega laetud



Joon.7.

mis ei ole seotud ruumvõrega ja võivad aines ümber paigutada. Laetud keha lähendamisel liiguvad nad ühte juhi (elektroskoobi varda) otstest sõltuvalt kehal oleva laengu märgist. Kuna elektroskoobi varras tavalistel tingimustel on elektriliselt neutraalne, s.t. negatiivsete laengute (elektronide) ja positiivsete laengute (aatomite tuumade) hulgad on võrdsed, siis laadub üks otstest negatiivselt. Vastasots laadub aga positiivselt, kuna elektronide eemaldumisega jäävad ülekaalu tuumade positiivsed laengud. Niisiis on elektrostaatilise induktiooni nähe seletuv ainult vabade elektronide ümberpaiknemisega. Kui me räägiksime aga mõlemat liiki laengute ümberpaigutumisest, siis jõuaksime aine lagundamisele klaas- või eboniitpulga abil!

9. Elektrivälja tugevus.

Eelmisel juhul nägime, et elektroskoobile lähendatud laetud keha põhjustas laengute liikumist elektroskoobi vardas. Järelikult pidid elektroskoobi elektronidele mõjuma mingid jõud, mis olid tekitatud lähendatava keha laengu poolt. Piirkonda, kus laengut ümbritsevas ruumis valitsevad teiste-

kehalt elektroskoopi (mida kahjuks aga tihti tehakse). Tihti esineb veel teine, tõele lähemal olev, kuid samuti väär tõlgendus. Nimelt väidetakse, et elektroskoobi vardas olevad negatiivsed ning positiivsed laengud kehal olevate laengute mõjumisena liiguvad erinevais suundades, s.t. kogunevad alumisse ja ülemisse otsa.

Nagu me teame, sisaldavad metallid nn. vabu elektrone, s.o. selliseid,

le laengutele mõjuvad jõud, nimetatakse elektriväljaks.

Elektrivälja kindlakstegemiseks kasutame kokkuleppeliselt positiivset proovilaengut. Paigutades elektrivälja mingisse punkti proovilaengu, võime mõõta temale mõjuva jõu. Selgub, et see jõud on võrdeline laengu suurusega. Loomulikult peame selle tõttu välja iseloomustamisel kokku leppima laengu suuruses. Selleks on valitud ühikuline laeng.

Elektrivälja tugevuseks välja mingis punktis nimetatakse sinna punkti paigutatud positiivsele ühiklaengule mõjuvat jõudu

$$E = \frac{F}{q_0}.$$

See on kõige üldisemaks elektrivälja tugevuse avaldiseks, millest järgnevad avaldised erijuhtude jaoks. Näiteks teades välja põhjustava punktlaengu q asukohta, võime elektrivälja tugevuse arvutada järgmiselt. Proovilaengule q_0 mõjuv jõud

$$F = \frac{q q_0}{r^2}.$$

Elektrivälja tugevus

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{q}{r^2}.$$

Viimane valem on seega kehtiv ainult punktlaengu elektrivälja tugevuse jaoks. Kõige sagedamaks veaks on see, et elektrivälja tugevuse kõige üldisemaks avaldiseks peetakse $\frac{q}{r^2}$ ja et ei tehta vahet q ja q_0 vahel.

10. Magnetväli.[§]

Nagu näitavad katsed, tekib vooluga juhtme ümber magnetväli. Voolu poolt tekitatud magnetvälja iseloomustatakse magnetvälja tugevuse H abil.

Magnetvälja tugevuseks nimetatakse jõudu, mis mõjub magnetvälja jõujoontega risti paigutatud ühikulise pikkusega juhtmele, kui teda läbib ühikuline vool. Definitsiooni kohaselt magnetvälja tugevus

[§] Materjal on esitatud CGSM mõõtühikute süsteemi alusel.

$$H = \frac{F}{\mathfrak{H}} .$$

Eelduseks on siin, et magnetväli ja juhe paiknevad tühjuses.

Kui antud ruum täita mingi keskkonnaga, siis mõjutab juba olemasolev magnetväli keskkonda, mille tulemusena tekib lisamagnetväli tugevusega H' . On ju teada, et aine aatomites liiguvad elektronid. Kuna laetud osakeste liikumine kujutab endast elektrivoolu ning voolu ümber tekib magnetväli, siis on arusaadav, et igale aatomile on omane teatud sisemine magnetväli. Keskkonnas, kus puudub väline magnetväli, on üksikute aatomite magnetväljad soojusliikumise tõttu kaootiliselt orienteerunud, mille tõttu me keskkonnas magnetvälja ei tähelda. Kui aga keskkond paigutada välisesse magnetvälja, siis toimub üksikute aatomite magnetväljade orienteerumine ning keskkonnas ilmneb lisamagnetväli. Loomulikult on lisamagnetvälja tekkimine sõltuv aatomite ehitusest ja nendevahelistest mõjudest, s.t. sõltuv aine ehitusest. Vastavalt tekkivale lisaväljale jaotatakse ained kolme klassi:

1. Diamagneetikutes tekib nõrk välisvälja nõrgendav lisaväli. Diamagneetikuteks on näiteks inertsed gaasid ja vask.
2. Paramagneetikutes tekib nõrk välisvälja tugevdav lisaväli. Siia kuuluvad näiteks naatrium ja liitium.
3. Ferromagneetikutes tekib väga tugev välisvälja tugevdav lisaväli. Siia kuuluvad raud, nikkel, koobalt ning paljud sulamid. Need ained leiavad kasutamist magnetiliste materjalidena.

Keskkonnas tekkiva lisavälja ja välisvälja väljatugevuste summat nimetatakse magnetiliseks induksiooniks

$$B = H + H' .$$

Kuna H' põhjustajaks on välisväli, siis peab ka induksioon olema sõltuv välisväljast. Seda asjaolu väljendatakse seosega

$$B = \mu H ,$$

kus μ on materjali iseloomustav konstant, mida nimetatakse magnetiliseks läbitavuseks.

Välisvälja kõrvaldamisel ei pruugi lisaväli kaduda, mille tõttu materjal osutub magneedituks. Nii saame püsivmagneeteid.

Magnetvälja graafilisel kujutamisel kasutatakse tihti jõujooni. Jõujoonte arv valitakse selline, et antud kohas läbiks jõujoontega risti asetsevat ühikulist pinda induktiooni B väärtusega võrdne arv jõujooni. On arusaadav, et S korda suuremat pinda läbib jõujoonte arv

$$\phi = BS.$$

Suurust ϕ nimetatakse magnetvooks.

Magnetvälja iseloomustavate suuruste mõõtmisel kasutatakse sageli absoluutset elektromagnetilist süsteemi (CGSM). Selles süsteemis on tühjuse magnetiline läbitavus $\mu_0 = 1$, H mõõdetakse örstedides (Oe), B gaussides (Gs) ning ϕ maksvellides (Mx). μ on ühikuta suurus. Kõik mehhaanilised suurused on väljendatud CGS-süsteemi ühikuis (F - düünides, 1 - sentimeetrites, jne.). Et CGSM-süsteemi voolutugevuse ühik on võrdne 10 ampriga, voolutugevust aga mõõdetakse tavaliselt amprites, siis tuleb magnetvälja tugevuse avaldisse kordaja 0,1:

$$H = \frac{F}{0,1 \mu \pi L},$$

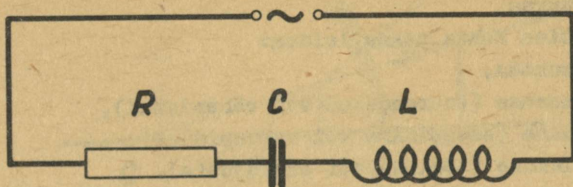
kus J on voolutugevus väljendatult amprites. See valem oli kehtiv tühjuses. Mingi keskkonna olemasolul

$$H = \frac{F}{0,1 \mu \pi L}.$$

11. Vahelduvvoolu ahela takistus.

Nimetatud probleem leiab käsitlemist A. Pjorõäkini füüsika õpikus "Vahelduvvooluringi induktiivsuse ja mahtuvuse" nime all. Kahjuks ei anta seal konkreetset valemit kogutakistuse määramiseks ning samuti ei räägita midagi ühikutest.

Nagu nimetatud punkti läbilugemisel selgub, esineb vahelduvvoolu korral kolme liiki takistusi: aktiiv-, induktiiv-, ja mahtuvustakistus. Juhul, kui vooluahelas on järjestikku ühendatud kõik kolm takistuse tüüpi, avaldub ahela kogutakistus Z järgmise valemiga



Joon.8.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2},$$

kus R on aktiivtakistus, $X_L = \omega L$ induktiivtakistus ja $X_C = \frac{1}{\omega C}$ mahtuvustakistus. $\omega = 2\pi \nu$ on vahelduvvoolu nurksagedus. Kui L avaldada henrides ja C faradites, siis väljenduvad kõik takistused oomides. Valemitest on näha, et X_L ja X_C sõltuvad sagedusest. Sageduse kasvades suureneb induktiivtakistus ja väheneb mahtuvustakistus.

12. Kujutiste konstrueerimine peeglites ja läätsedes.

Antud juhul on hea silmas pidada järgmisi üldisi printsiipe.

Kujutiste konstrueerimisel on tähtis teada ainult eseme ühe punkti (noole otsa) kujutise konstrueerimist, sest teiste eseme punktide kujutiste leidmine on analoogiline. Õpitust on teada eseme mingist punktist väljuva kolme kiire käik:

1) optilise teljega paralleelne kiir läbib pärast murdumist (peegeldumist) fookuse (kumerpeegli või nõgusläätsse korral läbib fookuse tema pikendus),

2) fookuse suunas väljunud kiir läheb pärast murdumist (peegeldumist) paralleelselt optilise teljega,

3) optilise tsentri sihis liikuv kiir murdub (peegeldub) endises sihis.

Kujutise leidmiseks piisab kahe kiire kasutamisest.

Esimest on tavaliselt teada järgmised andmed:

1) asukoht,

2) suurus.

Kujutise kohta peame leidma:

1) asukoha,

2) suuruse (suurendatud või vähendatud),

3) suuna (samapidine või vastupidine),

4) olemuse (tõeline või ebakujutis).

12. Kujutiste konstrueerimine.

Oluline on, et joonised oleksid korralikult tehtud joonestusvahendeid (sirkel, joonlaud) kasutades. Vaba käega tehtud joonistel läheb tihti valguse sirgjooneline levik kaduma ja kiired lõikuvad seal, kus nad tegelikult peaksid kaugema telneteisest. Ka täieliku sisepeegelduse juures tuleb silmas pidada murdumiseadusi, millistest nähtub, et selline olukord saab esineda ainuüksi kiire üleminekul optiliselt tihedamast keskkonnast optiliselt hõredamasse.

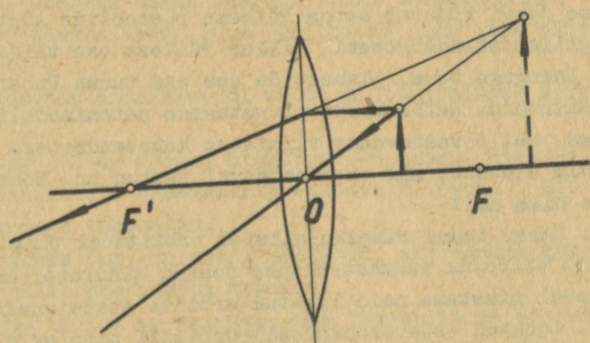
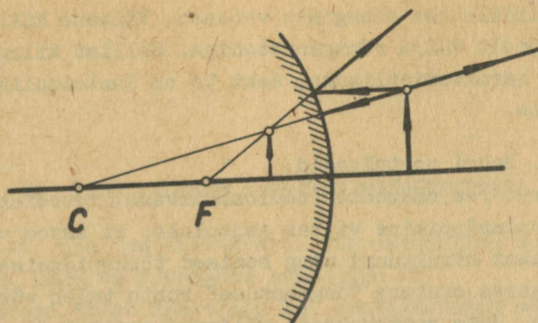
Sageli esinevaks veaks on olnud ebaõige kujutise saamine luubi abil. Sellest veast hoidumiseks tuleb jätta meelde, et luubiks nimetame sellist koondavat läätsed, millise puhul ese on asetatud läätsed ja tema fookuse vahele.

Näitena on toodud kujutise konstrueerimine luubis ja kumerpeeglis.

Siin saame mõlemal juhul ebakujutised, sest vaatlejale ainult näib, et peegeldunud või murdunud kiired lõikuvad mingis punktis. Tegelikult lõikuvad seal ainult kiirte pikendused, mis ei saa anda tõelist kujutist.

13. Röntgenikiirgus.

Röntgenikiirgust peetakse sageli ekslikult antikatoodilt peegeldunud elektronide vooks. Katoodi ja anoodi vahele rakendatud kõrge pingel pöörkuvad elektronid vastu anoodi. Vastu anoodi pöörkumisel tekib järsk elektronide pidurdumine, mis põhjustab elektromagnetilise lainetuse tekkimise. Viimane ongi röntgenikiirguseks. Et ta tekib elektronide pidurdumisel, siis nimetatakse tekkinud kiirgust pidurdus- ehk



Joon.9.

pärsskiirguseks.

Kuid samal ajal tekib röntgenikiirgus veel teisel teel. Selgub, et suure kiirusega liikuvad elektronid omavad niivõrd suurt kineetilist energiat, millest piisab antikatoodi aatomeist tuumalähedasil orbitidel olevate elektronide väljalöömiseks. Selle tagajärjel täiendab aatomi tuumalähedane orbit ennast välisorbiidil olevate elektronidega. Kuna välisorbiidil oleva elektroni energia võrreldes tuumalähedasel orbiidil oleva elektroniga on suurem, siis tema üleminekul

siseorbiidile osa energias vabaneb. Viimane kiirataksegi aatomi poolt välja röntgenkvandina. Sellist kiirgust nimetatakse karakteristiklikuks, sest ta on iseloomulik anoodi materjalile.

14. Bohri postulaadid.

Terve rea nähtuste (radioaktiivsus, fotoefekt, jne.) lähem tundmaõppimine viitas asjaolule, et aatom omab küllaltki keerukat struktuuri ning senised tõekspidamised aatomi kui elementaarse osakese "jagamatus" kohta tuleb võtta revideerimisele. Uute vaatekohtade väljakujunemisel mängisid olulist osa inglise teadlase Ernst Rutherfordi poolt tehtud katsed ja taani füüsiku Niels Bohri teoreetilised tööd. Rutherfordi arvamus järgi kujutab aatom Päikese planeetide süsteemiga analoogilist mikrosüsteemi, milles Päikese osa täidab positiivse laenguga tuum, planeetide osa aga tuuma ümber tiirlevad elektronid. Rutherfordi planetaarse aatomimudeli põhendamiseks, selle vastavusse viimiseks katseandmetega püstitas Bohr kolm oletust, mis on tänapäeval tuntud nn. Bohri postulaatide nime all:

1. Ümber tuuma ringikujulistel orbiitidel tiirlev elektron võib tiirelda tuumast üksnes teatud kindlatel kaugustel. Tänapäeval nimetame neid lubatud orbiite statsionaarseteks.
2. Lubatud (statsionaarsel) orbiidil tiirlev elektron elektromagnetilisi laineid ei tekita ja seega ka aatom energiat ei kiirga. Nimetame aatomi sellist olekut statsionaarseks.
3. Kui aatomile anda väljastpoolt energiat, siis läheb elektron tuumast kaugemal olevale orbiidile. Selles nn. ergastatud olekus viibib aatom lühikest aega. Elektroni üleminekul kaugemalt orbiidilt lähemale vabaneb energia kiirguskvandi näol.

Nagu näeme, kasutasime Bohri postulaate juba eelnevas punktis röntgenkvandi tekkimise seletamisel.

Tänapäeva füüsika aga näitab, et "postulaadid" on tuletuval üldisemast teooriast ning seega "postulaat" omab vaid ajaloolist tähendust.

VI. FÜÜSIKALISTE SUURUSTE MÕÕTÜHIKUTEST.

Käesoleval ajal on kehtestatud rahvusvaheline mõõtühikute süsteem, mida tähistatakse sümboliga SI.

SI-süsteemi tuleb käsitleda kui eesõigustatud mõõtühikute süsteemi kõigis teadusharudes, tehnikas ja rahvamajandusharudes ning ka õppetöös.

Et SI-süsteem saaks haarata kõiki teadusharusid terviklikult, on tema aluseks kuus põhiühikut ning kaks täiendavat ühikut.

Järgnevalt annakäime SI-süsteemi põhiühikute definitsioonid:

Meeter (m) on võrdne krüptooni-86 aatomi nivooade 2 P₁₀ ja 5 d₅ vahelisele üleminekule vastava kiirguse 1 650 763,73 lainepikkusega vaakuumis.

Kilogramm (kg) on massi mõõtühik, mis võrdub kilogrammi rahvusvahelise prototüübi massiga.

Sekund (s) on $\frac{1}{31\,556\,925,9747}$ troopilisest aastast 0. jaanuaril 1900. aastal kell 12 efemeriidil aja järgi.

Amper (A) on muutumatu voolutugevus, mille läbimisel kahte sirget, teineteisest 1 m kaugusel tühjuses asetsevat kaduvväikese ringikujulise ristlõikega lõpmata pikka paralleelset juhet, põhjustatakse juhtmete iga meetri kohta jõud $2 \cdot 10^{-7}$ njutonit.

Kelvini kraad (°K) on temperatuuri mõõtühik termodünaamilise temperatuuri skaala järgi, millel vee kolmikpunktile vastavaks temperatuuriks on võetud täpselt 273,16°K.

Kandela (cd)[⊗] on valgustugevus, mille puhul absoluutselt musta keha heledus plaatina hangumistemperatuuril on 60 kan-

[⊗] Nimetus kandela vastab seni kasutatud nn. uuele küünlale.

delat 1 cm^2 kohta.

Lisaks neile kuuele põhiühikule on defineeritud veel kaks täiendavat (matemaatilist) ühikut tasanurga ning ruuminurga mõõtmiseks.

Radiaan on kesknurk, millele vastav kaarepikkus võrdub ringi raadiusega.

Sterradiaan on tipuga kera tsentrisse toetuv ruuminurk, mis haarab kera pinnal raadiuse ruuduga võrdse pindala.

Definitsioonide sisuliseks mõistmiseks ning neis esinevate tundmatute mõistete selgitamiseks on kasulik tutvuda kirjanduse loetelus toodud K. Schultsi brošüüriaga.

Seni on kooli mehhaanika kursuses kasutatud kolme mõõtühikute süsteemi:

- 1) CGS (füüsikaline) süsteem, mille põhiühikuteks on sentimeeter, gramm ja sekund,
- 2) MKS (praktiline) süsteem, mille põhiühikuteks on meeter, kilogramm ja sekund,
- 3) MKGS (tehniline) süsteem, mille põhiühikuteks on meeter, jõukilogramm ja sekund.

Mõõtühikute süsteemide põhiühikute võrdlus näitab, et seni õpitud MKS-süsteem on lihtsalt üheks SI-süsteemi osaks. Allpool anname mehhaaniliste mõõtühikute kohta võrdleva tabeli.

Soojuslike, elektriliste ja teiste alade füüsikaliste suuruste mõõtühikuid siin ei vaadelda, kuna keskkooli õpikus kasutatakse neid ühikuid vähe terviklike süsteemidena.

Suuri ja väikesi arvväärtusi omavate füüsikaliste suuruste esitamisel võib kasutada mõõtühikute kümnendkordseid suurusi. Vastavad nimetused saadakse eesliite abil, mille anname alljärgnevas tabelis. Kui ühik juba sisaldab eesliidet, siis võib kordsust tähistava liite lisada ainult põhisõnale. Näiteks ühiku "kilogramm" (kg) puhul tuleb eesliide lisada sõnale "gramm", seega "gigagramm" (Gg), aga mitte "megakilogramm" (Mkg). Samuti pole lubatud kasutada eesliiteid selliste ühikute ees, mis on juba mõõtühiku kordsed. Näiteks ei tohi kasutada "millimikron" (m μ), vaid "nanomeeter" (nm).

FÜÜSIKALINE SUURUS	SI-SÜSTEEM		CGS-SÜSTEEM		MKGS-SÜSTEEM		SEOS MÕÖTÜHIKUTE VAHEL
	MÕÖTÜHIKU LÜHEND	MÕÖTÜHIKU DIMENSIOON	MÕÖTÜHIKU LÜHEND	MÕÖTÜHIKU DIMENSIOON	MÕÖTÜHIKU LÜHEND	MÕÖTÜHIKU DIMENSIOON	
1	2	3	4	5	6	7	8
PIKKUS	m	m	cm	cm	m	m	$1\text{ m} = 100\text{ cm}$
MASS	kg	kg	g	g	mtü	$\text{m}^1 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$	$1\text{ kg} = 1000\text{ g} = 0,102\text{ mtü}$
AEG	s	s	s	s	s	s	
PINDALA	m^2	m^2	cm^2	cm^2	m^2	m^2	$1\text{ m}^2 = 10^4\text{ cm}^2$
RUUMALA	m^3	m^3	cm^3	cm^3	m^3	m^3	$1\text{ m}^3 = 10^6\text{ cm}^3$
TIHEDUS	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\text{m}^{-3} \cdot \text{kg}$	$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	$\text{cm}^{-3} \cdot \text{g}$	$\frac{\text{mtü}}{\text{m}^3}$	$\text{m}^{-4} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^2$	$1\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 10^{-3}\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 0,102\frac{\text{mtü}}{\text{m}^3}$
SAGEDUS	Hz	s^{-1}	Hz	s^{-1}	Hz	s^{-1}	
KIIRUS	$\frac{\text{m}}{\text{s}}$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$\frac{\text{cm}}{\text{s}}$	$\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$	$\frac{\text{m}}{\text{s}}$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$1\frac{\text{m}}{\text{s}} = 100\frac{\text{cm}}{\text{s}}$
NURKKIIRUS	$\frac{\text{rad}}{\text{s}}$	$\text{s}^{-1} \cdot \text{rad}$	$\frac{\text{rad}}{\text{s}}$	$\text{s}^{-1} \cdot \text{rad}$	$\frac{\text{rad}}{\text{s}}$	$\text{s}^{-1} \cdot \text{rad}$	
KIIRENDUS	$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$	$\frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$	$\text{cm} \cdot \text{s}^{-2}$	$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$	$1\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 100\frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$
NURKKIIRENDUS	$\frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$	$\text{s}^{-2} \cdot \text{rad}$	$\frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$	$\text{s}^{-2} \cdot \text{rad}$	$\frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$	$\text{s}^{-2} \cdot \text{rad}$	
JÕUD	N	$\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$	dyn	$\text{cm} \cdot \text{g} \cdot \text{s}^{-2}$	KG	KG	$1\text{ N} = 10^5\text{ dyn} = 0,102\text{ KG}$
MOMENT	N·m	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$	dyn·cm	$\text{cm}^2 \cdot \text{g} \cdot \text{s}^{-2}$	KG·m	$\text{m} \cdot \text{KG}$	$1\text{ N} \cdot \text{m} = 10^7\text{ dyn} \cdot \text{cm} = 0,102\text{ KG} \cdot \text{m}$
TÖÖ, ENERGIA	J	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$	erg	$\text{cm}^2 \cdot \text{g} \cdot \text{s}^{-2}$	KG·m	$\text{m} \cdot \text{KG}$	$1\text{ J} = 10^7\text{ erg} = 0,102\text{ KG} \cdot \text{m}$
VÕIMSUS	W	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$	$\frac{\text{erg}}{\text{s}}$	$\text{cm}^2 \cdot \text{g} \cdot \text{s}^{-3}$	$\frac{\text{KG} \cdot \text{m}}{\text{s}}$	$\text{m} \cdot \text{KG} \cdot \text{s}^{-1}$	$1\text{ W} = 10^7\frac{\text{erg}}{\text{s}} = 0,102\frac{\text{KG} \cdot \text{m}}{\text{s}}$
RÕHK	$\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	$\text{m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$	$\frac{\text{dyn}}{\text{cm}^2}$	$\text{cm}^{-1} \cdot \text{g} \cdot \text{s}^{-2}$	$\frac{\text{KG}}{\text{m}^2}$	$\text{m}^{-2} \cdot \text{KG}$	$1\frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 10\frac{\text{dyn}}{\text{cm}^2} = 0,102\frac{\text{KG}}{\text{m}^2}$
ERIKAAL	$\frac{\text{N}}{\text{m}^3}$	$\text{m}^{-2} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$	$\frac{\text{dyn}}{\text{cm}^3}$	$\text{cm}^{-2} \cdot \text{g} \cdot \text{s}^{-2}$	$\frac{\text{KG}}{\text{m}^3}$	$\text{m}^{-3} \cdot \text{KG}$	$1\frac{\text{N}}{\text{m}^3} = 0,1\frac{\text{dyn}}{\text{cm}^3} = 0,102\frac{\text{KG}}{\text{m}^3}$

Eesliite nimetus	Eesliite lühend	Kordsus
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	k	10^3
hekto	h	10^2
deka	da	10
detsi	d	10^{-1}
senti	c	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
mikro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
piko	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}

Peale nn. süsteemsete ühikute on käibel veel terve rida mittersüsteemseid ühikuid. Alljärgnevalt anname neist enamtarvitatavad.

Suurus	Ühik	Tähis	Seos SI-süsteemiga
Pikkus	mikron	μ	$1 \mu = 10^{-6} \text{ m}$
	angström	Å	$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$
Mass	tonn	t	$1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg}$
	tsentner	q	$1 \text{ q} = 10^2 \text{ kg}$
Maht	liiter	l	$1 \text{ l} = 1,000028 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Jõud	jõutonn	T	$1 \text{ T} = 9,80665 \cdot 10^3 \text{ N}$
Võimsus	hobujõud	hj	$1 \text{ hj} = 75 \text{ kGm/s.m/s} = 735,499 \text{ W}$
Töö ja energia	vatt-tund	W.h	$1 \text{ W.h} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ J}$
	kilovatt-tund	kWh	$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$
Rõhk	baar	bar	$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$
	millimeeter elavhõbeda sammast	mmHg	$1 \text{ mmHg} = 133,322 \text{ N/m}^2$
	tehniline atmosfäär	at=kG/cm ²	$1 \text{ at} = 9,80665 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$

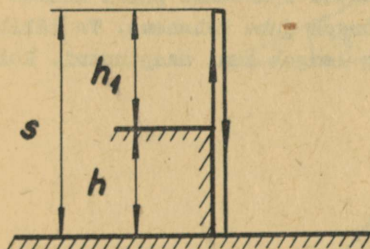
VII. ÜLESANNETE LAHENDUSNÄITEID.

1. 14,1 m kõrguselt maapinnast visati vertikaalselt üles pall. Leida palli algkiirus, kui ta viibis õhus 3 sekundit!

$$t = 3 \text{ s}$$

$$h = 14,1 \text{ m}$$

$$v_0 = ?$$



Joon.10.

list sisu. Nimelt on s avaldatav vabal langemisel läbitud tee valemi abil, $h_1 = \frac{gt_1^2}{2}$ ning otsitav algkiirus $v_0 = g t_1$.

$$\left\{ \begin{array}{l} s = h + h_1 \\ t = t_1 + t_s \end{array} \right. \left| \begin{array}{l} \frac{gt_s^2}{2} = h + h_1 \\ t_s = t - t_1 \end{array} \right. \left| \frac{g}{2} (t^2 - 2 t t_1 + t_1^2) = h + h_1 \right.$$

Siit $\frac{gt^2}{2} = g t t_1 - \frac{gt_1^2}{2} + h + h_1$ ja $\frac{gt_1^2}{2}$ ning h_1 koonduvad.

Nagu ülesande analüüs näitab, koosneb palli liikumine kahest osast - tõusmisest h_1 ja langemisest s . Nende liikumisteede läbimiseks kulutatud ajad aga annavadki kogu õhus viibimise aja. Seega tuleb meil ülesande lahendamiseks lahendada võrrandisüsteem:

$$\begin{cases} s = h + h_1 \\ t = t_1 + t_s \end{cases}$$

Süsteemi matemaatilisel lahendamisel peame silmas füüsikalisi

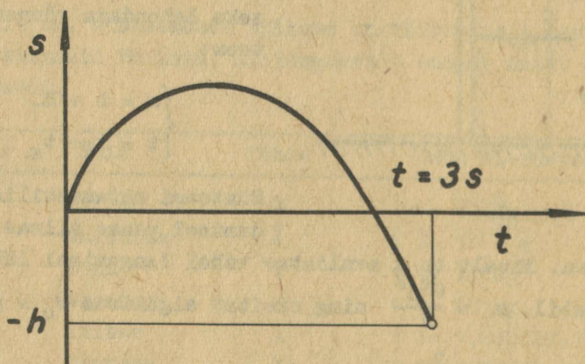
$$\frac{gt^2}{2} = v_0 t + h$$

$$v_0 = \frac{gt^2}{2} - \frac{h}{t} = \frac{9,8 \cdot 3}{2} - \frac{14,1}{3} = 10 \text{ m/s}$$

$$v_0 = 10 \text{ m/s.}$$

=====

Lahendatud ülesanne on küllaltki keeruline oma asenduste poolest. Nende n.-õ. läbinägemine eeldab kogu füüsikalise protsessi põhjalikku tunnetamist. Edasi vaatleksime sama ülesande lahendamist teisest aspektist lähtudes. Püüame luua kogu palli õhus viibimise ajast graafilise ettekujutise. 0-nivooks valime palli ülesviske kõrguse. Esialgu aja kasvamisega kaasneb ka kõrguse kasvamine. Teatud ajahetkel palli kiirus võrdub 0-ga ning edasi hakkab kõrgus juba kahanema. Ta läbib 0-nivoo (14,1 m maapinnast) ning langeb kuni maapinnani. Kok-



Joon.11.

kupuute hetkele ($t = 3 \text{ s}$) vastab läbitud tee 0-nivoost allates, milliseks on $-h$, nagu ülesande tingimustes antud. Arvestades nüüd, et ülesvisatud palli liikumist võime lugeda ühtlaselt aeglustuvaks, saame ilma pikemata kirjutada

$$v_0 t - \frac{gt^2}{2} = -h.$$

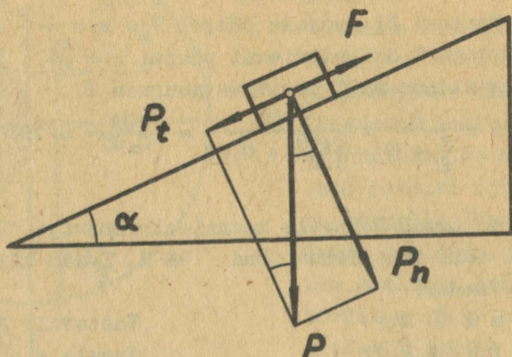
Oleme jõudnud samale tulemusele ilma võrrandisüsteemi lahendamata.

Toodud näitest selgub, kui võrd oluline on füüsika üles-

annete lahendamisel sisu õige mõistmine ning millist olulist rolli mängivad graafikud ja joonised.

2. Millise nurga all horisondiga peab olema tasapind, et temal lelav keha libiseks ühtlaselt alla iseene raskuse mõjul? Hõõrdetegur on 0,4.

$$\frac{k = 0,4}{\alpha = ?}$$



Joon.12.

Et keha liiguks ühtlaselt, peab liikumist esilekutsuv keha raskusjõu komponent (tangentsiaalne) olema võrdne hõõrdumisjõuga.

Kuna $P_t = P \cdot \sin \alpha$ ja $F = k \cdot P \cdot \cos \alpha$, sest $k = \frac{F}{P_n} = \frac{F}{P \cdot \cos \alpha}$, saame

$$P \cdot \sin \alpha = k \cdot P \cdot \cos \alpha \quad : P \cdot \cos \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha = k = 0,4$$

Siit

$$\alpha = \underline{\underline{21^{\circ}50'}}$$

3. Leida vagoneti kaal, mis 700 N suuruse jõu mõjul liigub kiirendusega 49 cm/s^2 . Hõõrdetegur on 0,02.

$$F = 700 \text{ N}$$

$$k = 0,02$$

$$a = 49 \text{ cm/s}^2 = 0,49 \text{ m/s}^2$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$P = ?$$

Vagonetti liikumapanev jõud koosneb käesoleval juhul kahest samasuunalisest komponendist - hõõrdumisejõuga võrdsest ning vastassuunalisest jõust ühtlase liikumise esilekutsumiseks ning kiirendust (liikumisoleku muutust) esilekutsuvat jõust.

$$F = F_a + F_k = P \cdot \frac{a}{g} + k \cdot P = P \left(\frac{a}{g} + k \right).$$

Newtoni II seaduse põhjal $F_a = m \cdot a = \frac{P}{g} \cdot a$ ning hõõrdeteguri definitsiooni põhjal $k = \frac{F_k}{P}$; $F_k = k \cdot P$.

Avaldame nüüd otsitava suuruse P.

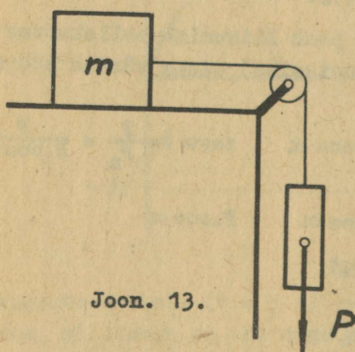
$$P = \frac{F}{\frac{a}{g} + k} = \frac{700}{\frac{0,49}{9,8} + 0,02} = \frac{700}{0,07} = 10000 \text{ N.}$$

4. Laual lebavale koormisele massiga 10 kg on liikumatu plokki abil rakendatud jõud 98 N. Leida kiirendus hõõret arvestamata!

$$m = 10 \text{ kg}$$

$$P = 98 \text{ N}$$

$$a = ?$$



Joon. 13.

Vastavalt Newtoni II seadusele $a = \frac{F}{m}$, kus F on liikumisolekut muutev jõud ning m kogu liikuva süsteemi mass. Antud konkreetsete tingimuste puhul

$$a = \frac{P}{m + \frac{P}{g}} = \frac{98}{10 + \frac{98}{9,8}} = 4,9 \text{ m/s}^2,$$

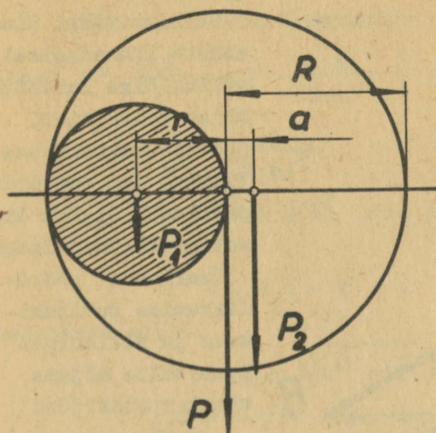
kuna liikumapanevaks jõuks on raskus P ning liikuvaks süsteemiks mõlemad kehad, sest nad on omavahel ühendatud.

5. Homogeensest ringikujulisest plaadist raadiusega 9 cm on lõigatud välja plaadi äärt puutuv ring, mille raadius on kaks korda väiksem plaadi raadiusest. Määrata saadud plaadi raskuskese.

$$R = 9 \text{ cm}$$

$$r = \frac{R}{3}$$

$$a = ?$$



Joon.14.

Meie ülesanne taandub pikkuse a määramisele, mille võrra raskuskesse nihkub paremale plaadi tsentrist viirutatud osa eemaldamisel.

Ülesande lahendamisele asudes tundub esialgu nappust andmeist. Lähedasem vaatlemine aga näitab, et esinevaid raskusi (jõude) on võimalik üksteise kaudu avaldada, s.t. ühe avaldada teise kordsena. Olgu meil 1 plaadi paksus ning 1 plaadi aine erikaal, siis

ning

$$P = \pi \cdot R^2 \cdot 1 \cdot d$$

$$P_1 = \pi \cdot r^2 \cdot 1 \cdot d$$

$$\frac{P}{P_1} = \frac{R^2}{r^2} = \frac{R^2}{\frac{R^2}{4}} = 4. \quad P = 4 P_1$$

Edasi kasutame paralleelsete jõudude liitmise eeskirja ning vastavate momentide võrdsust, kuna äravõetava ning järgi jääva osa raskused kokku peavad andma kogu plaadi raskuse

$$\begin{cases} P_1 \cdot r = P_2 \cdot a \\ P_1 + P_2 = P \end{cases} \quad \left| \quad P_2 = P - P_1 \right. \quad \left. \begin{cases} P_1 \cdot r = (P - P_1) a \\ P_1 r = 3 P_1 a \end{cases} \right| = P_1$$

$$\underline{\quad \quad \quad} \quad r = 3a$$

$$\text{Siit } a = \frac{r}{3} = \frac{R}{6} = \frac{9}{6} = 1,5 \text{ cm.}$$

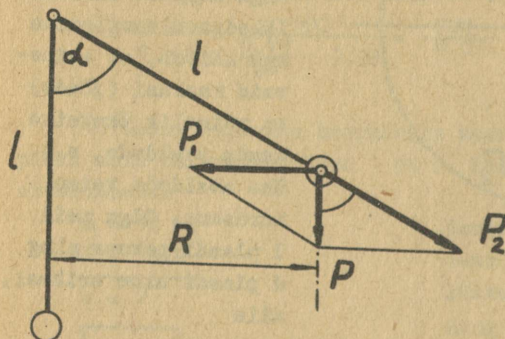
6. Kui suure nurga võrra kalduvad kõrvale tsentrifugaalregulaatori koormused, kui varda pikkus, mille otsa on kinnitatud kuulid, on 20 cm ja tsentrifugaalmasin teeb 90 pööret minutis?

$$l = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$n = 90 \text{ p/min} = 1,5 \text{ s}^{-1}$$

$$\alpha = ?$$



Joon.15.

pinge poolt ja on vardaga samasihiline.

$$\text{Järelikult } \cos \alpha = \frac{R}{4 \cdot \pi^2 \cdot n^2 \cdot l} \approx 0,556 \text{ ning siit}$$

$$\alpha = 56^{\circ}20'.$$

=====

7. Kui kõrgel Maa pinnast on keha kaal kaks korda väiksem kui Maa pinnal?

Ülesande tingimused ütlevad meile, et $P = 2 P_h$. Kuna kehade kaal ehk raskus ei ole midagi muud kui neile mõjuv Maa gravitatsioonijõud, võime kirjutada

$$P = \gamma \cdot \frac{m \cdot M}{R^2} \quad \text{ning} \quad P_h = \gamma \cdot \frac{m \cdot M}{(R+h)^2},$$

Sellist tüüpi ülesannete lahendamisel sõltub õige lahendus käigu valik tihti joonise korrektsusest. Viimane aga omakorda probleemi õigest sisulisest mõistmisest.

Kuulikesse pöördliikumise tekitamiseks ja alalhoiuks peab talle mõjuma tsentripetaaljõud $P = \frac{m \cdot v^2}{R}$, milleks on kuulikesse raskuse komponent. Teine komponent P_2 tasakaalustatakse varda

kus γ - gravitatsioonikonstant
 m - keha mass
 M - Maa mass
 R - Maa raadius
 h - keha kõrgus maapinnalt

$$\text{Seega } \gamma \cdot \frac{m \cdot M}{R^2} = 2 \gamma \cdot \frac{m \cdot M}{(R+h)^2} \quad | : \gamma \cdot m \cdot M$$

$$\frac{1}{R^2} = \frac{2}{(R+h)^2}$$

Siit $R^2 + 2Rh + h^2 = 2R^2$ ning otsitava suuruse h jaoks saame ruutvõrrandi

$$h^2 + 2Rh - R^2 = 0.$$

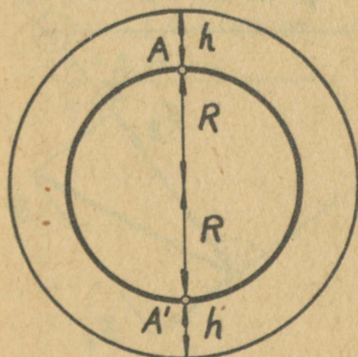
Lahendame selle.

$$h = -R \pm \sqrt{R^2 + R^2} = -R \pm R\sqrt{2}$$

$$h_1 = 0,4 R \text{ ning } h_2 = -2,4 R.$$

Nagu näeme, saame kaks lahendit. Tavaliselt väidetakse, et negatiivne vastus ei kõlba, on ebareaalne, jne. Kui aga tungida asja sisusse, selgub, et -märk tähistab vaid vastu-

pidist suunda ning kui kõrgust hakata lugema mitte punktist A, vaid Maa vastaspoolel olevast punktist A', saame keha kõrguseks (kauguseks) maapinnast teepoolest jällegi 0,4 R.



Joon.16.

8. Piirituslambil soojendati 400 g vett 16 kraadist 71 kraadini. Seejuures põletati ära 10 g piiritust kütteväärtusega 7000 cal/g. Leida piirituslambi kasutegur.

$$m_1 = 400 \text{ g}$$

$$\Delta t^{\circ} = 71 - 16 = 55 \text{ deg}^{\text{M}}$$

$$c = 1 \text{ cal/g.deg}$$

$$m_2 = 10 \text{ g}$$

$$\eta = ?$$

$$\eta = \frac{Q_{\text{kasulik}}}{Q_{\text{kulut.}}} \cdot 100\%$$

Ülesande lahendamisel lähtume kasuteguri definitsioonist ning ühikud teisendame selliselt, et nii lugejas kui ka nimetajas saaksime samad ühikud, s.t. tuleb nad jällegi viia ühte ning samasse mõõtühikute süsteemi. Edasi

$$\eta = \frac{m_1 \cdot c \cdot \Delta t^{\circ}}{m_2 \cdot q} \cdot 100\% = \frac{400 \cdot 55}{10 \cdot 7000} \cdot 100\% \approx 31,4\%$$

9. Kahe punktlaengu $q_1=64$ lü ja $q_2=-72$ lü vaheline kaugus on 10 cm. Arvutada nende laengute poolt tekitatud elektrivälja tugevus punktis, mis asub esimesest laengust 8 cm ja teisest 6 cm kaugusel.

$$q_1 = 64 \text{ lü}$$

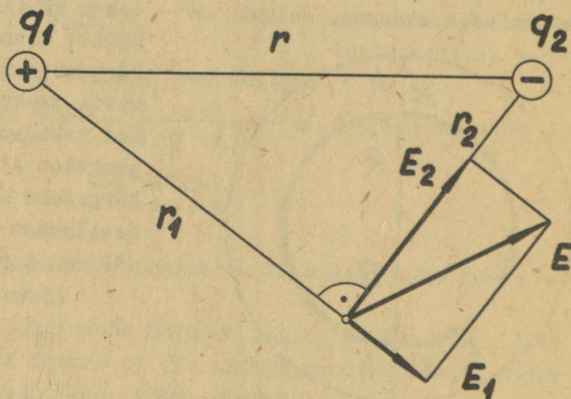
$$q_2 = -72 \text{ lü}$$

$$r = 10 \text{ cm}$$

$$r_1 = 8 \text{ cm}$$

$$r_2 = 6 \text{ cm}$$

$$E = ?$$



Joon.17.

* Antud ülesandes on kasutatud lühendit "deg". Viimast kasutame sel juhul, kui on tegemist temperatuurivahemikuga, mitte aga konkreetse temperatuuriga. Kirjanduses leiab kasutamist ka "kraad" ja "grad".

Antud ülesande lahendamisel tuleb eeskätt silmas pidada, et elektrivälja tugevus on vektoriaalne suurus, mille tõttu summaarne väljatugevus on võrdne üksikute laengute poolt tekitatud väljatugevuste vektoriaalse summaga. Positiivse laengu poolt tekitatud elektrivälja tugevus

$$E_1 = \frac{q_1}{\epsilon r_1^2} = \frac{64}{1.8^2} = 1 \frac{\text{pü}}{\text{cm}}.$$

Negatiivse laengu poolt tekitatud elektrivälja tugevus

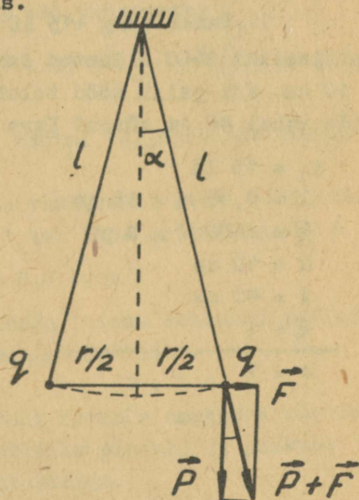
$$E_2 = \frac{q_2}{\epsilon r_2^2} = \frac{72}{1.6^2} = 2 \frac{\text{pü}}{\text{cm}}.$$

Kolmnurk, mille küljed suhtuvad nagu 10:8:6 = 5:4:3 on täisnurkne. Seega asetsevad vektorid E_1 ja E_2 risti ning summaarne väljatugevus antud punktis

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{1^2 + 2^2} = \sqrt{5} \frac{\text{pü}}{\text{cm}}.$$

10. Kaks 1 m pikkuste siidniitide otsa riputatud ühesuguselt laetud väikest 0,5 G raskust kuulikest eemaldusid tükukeses 4 cm kaugusele. Leida kummagi kuulikese laengu suurus, kui nad asetsevad vaakumis.

$$\begin{aligned} l &= 1 \text{ m} = 100 \text{ cm} \\ P &= 0,5 \text{ G} = 490 \text{ dyn} \\ r &= 4 \text{ cm} \\ \hline q &= ? \end{aligned}$$



Joon.18.

Nagu üllesande tekstist näha, on meil mõlema kuulikese puhul tegemist sama olukorraga, mistõttu võtame vaatluse alla ainult ühe. Joonise valmistamisel peame pidama silmas asjaolu, et resultantjõu $P + F$ suund on eelnevalt määratud. See asjaolu annabki melle võtme lahendamiseks, kuna tekkivate võrdsete nurkade tõttu saame, et

$$\sin \alpha = \frac{F}{2.1} \text{ ning } \operatorname{tg} \alpha = \frac{F}{P}.$$

Kuna meil niidi pikkus on 1 meeter ning kuulikese hälve ainult 2 cm, osutub tekkiv kaldenurk α õige väikeseks. Matemaatikast on aga teada, et väikeste nurkade siinuseid ning tangenseid võime lugeda võrdseiks. Füüsika seisukohalt tähendab see meie juhul, et võime jätta arvestamata kuulikese tõusu tema tasakaaluasendist väljumisel. Seega

$$\frac{F}{2.1} = \frac{F}{P} \text{ ning } F = \frac{P \cdot r}{2.1}.$$

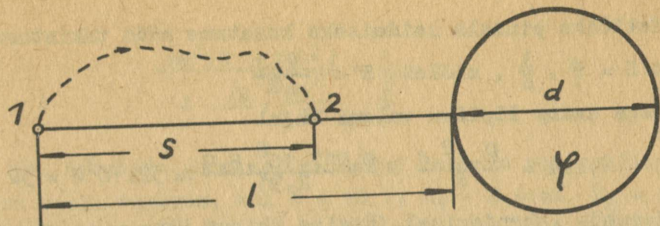
Coulomb'i seaduse põhjal $F = \frac{q^2}{r^2}$, ning siit

$$q = r \sqrt{F} = r \sqrt{\frac{P \cdot r}{2.1}} = 4 \sqrt{\frac{490.4}{2.100}} \approx 12,5 \text{ lü}$$

11. Punktlaeng +15 lü asetseb 0,45 m kaugusel potentsiaalini 2400 V laetud kera pinnast, mille diameeter on 10 cm. Kui palju tööd tuleb teha, et vähendada vahemaad nende vahel 40 cm võrra? Kera laeng on positiivne.

$$\begin{aligned} q_1 &= 15 \text{ lü} \\ l &= 0,45 \text{ m} = 45 \text{ cm} \\ \varphi &= 2400 \text{ V} = 8 \text{ pü} \\ d &= 10 \text{ cm} \\ s &= 40 \text{ cm} \\ \mathcal{E} &= 1 \end{aligned}$$

$$A = ?$$



Joon.19.

Ülesande lahendamiseks tuleb kasutada potentsiaali mõistet. Viimane muutub tööga, mida tuleb teha ühikulise laengu ümberpaigutamiseks välja antud punktist lõpmatusse. Siit

$$A = q_1 \cdot (\varphi_1 - \varphi_2).$$

Elektrivälja potentsiaal laetud kerast laenguga q kaugusel r kera tsentrist avaldub kujul $\varphi = \frac{q}{r}$. Seega

$$\varphi_1 = \frac{\frac{d}{2} \cdot \varphi}{1 + \frac{d}{2}} \quad \text{ja} \quad \varphi_2 = \frac{\frac{d}{2} \cdot \varphi}{1-s + \frac{d}{2}}, \quad \text{kuna} \quad q = C\varphi =$$

$\frac{d}{2}\varphi$, milles $C = \frac{d}{2}$ on kera mahtuvus. Asetades nüüd saadud avaldised lähtevalemissse, saame töö väärtuseks

$$A = q_1 \cdot \left(\frac{d \cdot \varphi}{2(1 + \frac{d}{2})} - \frac{d \cdot \varphi}{2(1-s + \frac{d}{2})} \right) = 15 \left(\frac{5 \cdot 8}{50} - \frac{5 \cdot 8}{10} \right) = -48 \text{ ergi.}$$

--märk näitab, et töö on tehtud väljajõudude vastu.

12. Määrata isolatsioonita vasktraadi kaal, mille takistus on 2,91 oomi ja pikkus 1 km. Vase eritakistus $\rho =$

$$= 0,017 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \quad \text{ja erikaal } d = 8,9 \text{ G/cm}^3.$$

$$\rho = 0,017 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$d = 8,9 \text{ G/cm}^3$$

$$R = 2,91 \text{ oomi}$$

$$l = 1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$$

$$P = ?$$

Kaalu leiame erikaalu definitioonist lähtudes.

$$P = V \cdot d.$$

Traadi ruumala omakorda võrdub ristlõike pindala ja pikkuse korrutisega.

Ristlõike pindala leidmiseks kasutame nüüd takistuse valemit $R = \rho \cdot \frac{l}{S}$, millest $S = \frac{\rho \cdot l}{R}$.

Seega saame lõpliku valemi kujul

$$P = V \cdot d = S \cdot l \cdot d = \frac{\rho \cdot l^2 \cdot d}{R} = \frac{0,017 \cdot 10^6 \cdot 8,9}{2,91} \approx 52 \cdot 10^3 \text{ G} = 52 \text{ kg}.$$

Ülesande lahendamisel jätsime ühikud ühte ning samasse süsteemi üle viimata, kuna nad omavahel taanduvad. Selles veendumiseks ning ülesande lahenduse õigsuse kontrolliks teostame ettenähtud tehted ühikutega.

$$\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{G}}{\text{m} \cdot \Omega \cdot \text{cm}^3} = \frac{\frac{1}{100} \text{cm}^2 \cdot 100 \text{cm} \cdot \text{G}}{\text{cm}^3} = \text{G}$$

13. Element, mille emj on 2 V ja sisetakistus 1,2 oomi, suletakse raudjuhtmega, mille ristlõike pindala on $0,2 \text{ mm}^2$. Kui pikk juhe tuleb võtta, et saada vooluringis 0,5 A tugevune vool? Rauda eritakistus on $0,12 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$.

$$E = 2 \text{ V}$$

$$R_s = 1,2 \text{ oomi}$$

$$S = 0,2 \text{ mm}^2$$

$$I = 0,5 \text{ A}$$

$$\rho = 0,12 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$I = ?$$

Lähtume Ohmi seadusest kogu vooluringi kohta.

$$I = \frac{E}{R_s + R_v}$$

$$\text{Siit } R_s + R_v = \frac{E}{I} \text{ ja}$$

$$R_v = \frac{E}{I} - R_s.$$

Teiselt poolt aga $R_v = \rho \frac{l}{S}$. Kuna meil nüüd on välistakistuse jaoks kaks avaldist, saame, et

$$\frac{E}{I} - R_s = \rho \frac{l}{S},$$

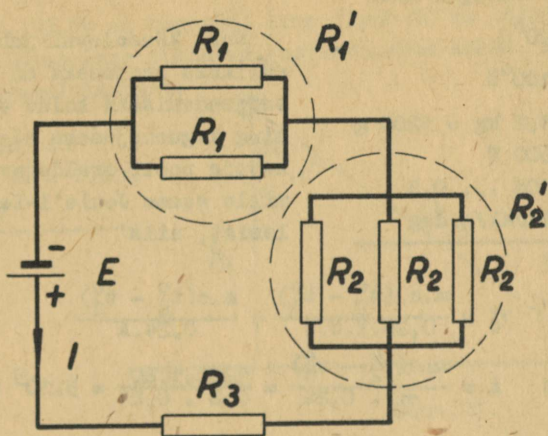
millest

$$l = \frac{S(E - IR_s)}{I \cdot \rho} = \frac{0,2(2 - 0,5 \cdot 1,2)}{0,5 \cdot 0,12} = 4,6(6) \approx 4,7 \text{ m}.$$

Ka käesoleval juhul võime jätta ühikud teisendamata, kuna

$$\frac{\text{mm}^2(V - A \cdot \Omega)}{A \cdot \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}} = \frac{1}{\frac{1}{\text{m}}} = \text{m}.$$

14. Arvutada joonisel esitatud skeemis vooluallikat läbiva voolu tugevus, kui $E = 10 \text{ V}$, $R_1 = 2 \text{ oomi}$, $R_2 = 3 \text{ oomi}$, $R_3 = 2,5 \text{ oomi}$ ja elemendi sisetakistus $R_s = 0,5 \text{ oomi}$.



Joon.20.

Segaühendusega skeemides tuleb kõigepealt arvutada omavahel paralleelselt ühendatud takistusi asendavad takistused. Nagu jooniselt näha, on antud juhul kaks sellist gruppi.

$$\frac{1}{R_1'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1 \frac{1}{\Omega}$$

$$R_1' = 1 \Omega$$

$$\frac{1}{R_2'} = \frac{3}{R_2} = 1 \frac{1}{\Omega}$$

$$R_2' = 1 \Omega$$

Nüüd moodustavad takistused R_1' , R_2' , R_3 ning R_s järjekohase vooluringi, milles voolutugevus

$$I = \frac{E}{R_V + R_S} = \frac{E}{\underbrace{R_1 + R_2 + R_3}_{R_V} + R_S} = \frac{10}{1+1+2,5+0,5} = 2 \text{ A.}$$

15. Leida elektrienergia hulk, mis kulub 1,2 liitri 20-kraadise vee keema ajamiseks keedukannus, mille võimsus on 600 W ning kasutegur 80%.

$$t_1^{\circ} = 20^{\circ}\text{C}$$

$$t_2^{\circ} = 100^{\circ}\text{C}$$

$$m = 1,2 \text{ kg} = 1200 \text{ g}$$

$$N = 600 \text{ W}$$

$$\eta = 80\% \dots 0,8$$

$$c = 1 \text{ cal/g.deg}$$

$$A = ?$$

Kuna käesoleval juhul kasulikaks soojuseks on vee soojendamiseks kuluv energia ning kogusoojuseks elektri-keetja poolt eraldatav soojus, mille saame Joule'i-Lenzi valemist, siis

$$\eta = \frac{m \cdot c \cdot (t_2^{\circ} - t_1^{\circ})}{0,24 \cdot I \cdot U \cdot t} = \frac{m \cdot c \cdot (t_2^{\circ} - t_1^{\circ})}{0,24 \cdot A}$$

$$\text{Siit } A = \frac{m \cdot c \cdot (t_2^{\circ} - t_1^{\circ})}{\eta \cdot 0,24} = \frac{1200 \cdot 1 \cdot 80}{0,8 \cdot 0,24} = 5 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

16. Keedukannul on kaks võrdse takistusega mähist, mida võib ühendada omavahel järjestikku ning paralleelselt. Millise mähiste lülituse korral eraldub rohkem soojust ja kui palju? Kannule rakendatud pinge on konstantne.

Joule'i-Lenzi seaduse kohaselt takistuses R eraldunud soojushulk

$$Q = I^2 R t = \left(\frac{U}{R}\right)^2 R t = \frac{U^2}{R} t.$$

(Siinkohal pole Joule'i-Lenzi valemisse kirjutatud tegurit $c = 0,24 \frac{\text{J}}{\text{cal}}$, kuna uues rahvusvahelises mõõtühikute süsteemis mõõdetakse ka soojushulki džaulides. Sel juhul $c = 1$.)

Järjestikühendusel on kannu takistus $R = 2R_1$, kus R_1 on ühe mähise takistus. Eraldunud soojushulk

$$Q_1 = \frac{U^2}{2R_1} t.$$

Paralleelühendusel on kannu takistus $R = \frac{R_1}{2}$ ja eraldunud soojushulk

$$Q_2 = \frac{U^2}{R_1} t = 2 \frac{U^2}{R_1} t.$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{2 \frac{U_1^2 t}{R_1}}{\frac{U^2}{2 R_1} t} = 4.$$

Seega eraldub paralleelühendusel soojust 4 korda rohkem.

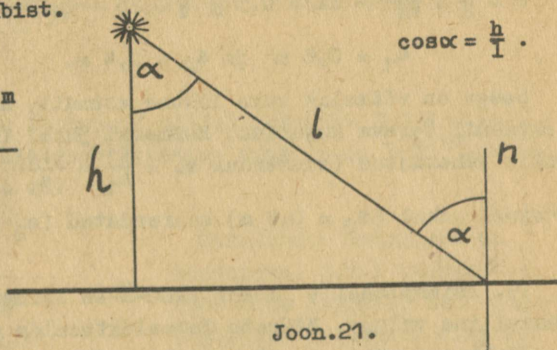
17. 35,84 cd tugevune lamp ripub 80 cm kõrgusel laua kohal. Leida laua pinna valgustustugevus kohas, mis asetseb 1 m kaugusel lambist.

$$I = 35,84 \text{ cd}$$

$$h = 80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$$

$$l = 1 \text{ m}$$

$$E = ?$$



Pinnavalgustus üldisel juhul on võrdne pinnavalgustusega kiirte langemisel pinnale risti, mis on korrutatud langemisnurga koosinusega.

$$E = E_1 \cdot \cos \alpha = \frac{I}{l^2} \cdot \frac{h}{l} = \frac{I \cdot h}{l^3} = \frac{35,84 \cdot 1}{0,8^3} = 70 \text{ lx.}$$

18. Optilisel pingil on lambi ja ekraani vaheline kaugus 1 m. Millisele kaugusele lambist tuleb paigutada 24-cm-se fookuskaugusega koondav lääts, et saada ekraanil lambi terav kujutis?

$$l = 1 \text{ m}$$

$$f = 24 \text{ cm} = 0,24 \text{ m}$$

$$a = ?$$

Ülesande andmeil võime kirjutada kaks võrrandit, milles esineb kaks tundmatut: eseme kaugus a ja kujutise kaugus k läätsest.

$$\begin{cases} 1 = a + k \\ \frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{k} \text{ (lääitse valem).} \end{cases}$$

Avaldades esimesest võrrandist $k = 1 - a$ ja paigutades ta teise, saame

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{1-a} = \frac{1}{a(1-a)},$$

$$a^2 - a + f = 0, \text{ millest}$$

$$a = \frac{1}{2} \pm \sqrt{\frac{1}{4} - f} = 0,5 \pm \sqrt{0,25 - 0,24} = (0,5 \pm 0,1) \text{ m}$$

$$a_1 = 0,6 \text{ m ja } a_2 = 0,4 \text{ m.}$$

Seega on võimalik kaks lääitse asendit, mille puhul saame ekraanil terava kujutise. Esimesel juhul ($a_1 = 0,6 \text{ m}$) on kujutis vähendatud (suurendus $s_1 = \frac{k_1}{a_1} = \frac{1-a_1}{a_1} = \frac{0,4}{0,6} = 0,67$) ja teisel juhul ($a_2 = 0,4 \text{ m}$) suurendatud ($s_2 = \frac{k_2}{a_2} = \frac{0,6}{0,4} = 1,5$).

19. Tsinkplaadile langeb 2200-Å-se lainepikkusega monokromaatiline valgus. Määrata fotoelektronide maksimaalne kiirus. Elektroni väljumistöö tsiingist on 4 eV.

$$\lambda = 2200 \text{ Å} = 2,2 \cdot 10^{-7} \text{ m} \quad (1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m})$$

$$A = 4 \text{ eV} = 6,4 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad (1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}).$$

$$v_{\text{max}} = ?$$

Fotoefekti kohta kehtib Einsteini poolt antud seadus, mille kohaselt footoni energia $h\nu = h \frac{c}{\lambda}$ kulub elektroni väljalöömiseks metallist (väljumistöö) ning elektronile kineetilise energia andmiseks. Kui energiakadusid mitte arvestada, siis saab elektron antud tingimustes maksimaalse kiiruse. Seega

$$h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}, \text{ millest}$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2(h \frac{c}{\lambda} - A)}{m}}.$$

Plancki konstant $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J.s, elektroni mass
 $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg ja valguse kiirus tühjuses $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.
 Seega

$$v_{\max} = \frac{2(6,62 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{2,2 \cdot 10^{-7}} - 6,4 \cdot 10^{-19})}{9,1 \cdot 10^{-31}} =$$

$$= \frac{2 \cdot 2,63 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}} = 0,58 \cdot 10^{12} = 7,6 \cdot 10^5 \frac{m}{s}.$$

20. Kui palju footoneid väljub sekundis 100 W pirni
 hõõgniidist, kui kiirguse keskmine sagedus on $3 \cdot 10^{14}$ Hz ja
 pirni kasutegur on 4%?

$$N = 100 \text{ W}$$

$$t = 1 \text{ s}$$

$$\nu = 3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\eta = 4\% \dots 0,04$$

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$n = ?$$

Kasulikaks energiaks on
 käesoleval juhul kiirguvate
 footonite energia, kuna kogu-
 energiaks kulutatud elektri-
 energia. Seega

$$\eta = \frac{h \cdot \nu \cdot n}{N \cdot t} \quad \text{ja}$$

$$n = \frac{Nt}{h\nu} = \frac{0,04 \cdot 10^2 \cdot 1}{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{14}} = 2 \cdot 10^{19}$$

VIII. ÜLESANDEID ISESEISVAKS LAHENDAMISEKS.

Mehhaanika.

1. Lennuk sõidab põhja suunas kiirusega 360 km/t. 900 km pikkusel teel oleks lennuk idatuule mõjul kaldunud 45 km kõrvale. Kui suur on tuule kiirus?
2. Kaks keha liiguvad vastamisi nii, et nende vahekaugus väheneb 16 m iga 10 sekundiga. Kui mõlemad kehad liiguvad samas suunas, siis nende vahekaugus suureneks 3 m iga 5 sekundiga. Millise kiirusega liiguvad kehad?
3. Jõe järak kallas on 2,5 m veepinnast kõrgemal. Kui kaugel kaldast langeb hüppaja vette, kui ta hüppab kaldalt ära horisontaalsihis kiirusega 3 m/s?
4. Rong hakkab peatusest liikuma ühtlaselt kiirenevalt. 40 s pärast kiirendus lakkab. Kui suure kiiruse saavutas rong, kui 5 minutiga läbis ta 2,24 km?
5. Millise algkiirusega peab hüppaja liikuma üles, et ületada 2 m kõrgusel asetsevat latti?
6. Keha visatakse vertikaalselt üles algkiirusega 15 m/s. Millal on keha 10 m kõrgusel viskekohast?
7. Kaks keha hakkavad vabalt langema võrdselt kõrguselt, üks 0,5 s enne teist. Mitme sekundi pärast on kehade vahekaugus 13 m?
8. Keha langeb 4000 m kõrguselt. Millise ajaga läbib ta viimased 500 m?
9. Raske keha lükatakse kaevu, milles veepind asetseb 200 m sügavusel. Millal kuulatakse sulpsatust? Hääle kiirus on 340 m/s.

10. Kaks 3 kg massiga keha ripuvad võrdsele kõrgusele tasakaalus üle seisva ploki oleva nööri otstes. Ühele kehale lisati koormus 2 kg. Mitme sekundi pärast on kehade vahekaugus 3 m?
11. Eelmine ülesanne, kuid küsimus:
Kui suur on kehade vahekaugus 2 s pärast liikumise algust?
12. Eelmine ülesanne, kuid küsimus:
Mitu meetrit on langenud lisakoormusega keha 2 s pärast?
13. Kosmoselaeva mootorid arendavad vertikaalsel tõusul jõudu, millele vastav kiirendus on võrdne neljakordse Maa raskuskiirendusega. Mitu korda on sel momendil raketi kaal suurem kui stardi algul?
14. Rakett, mille mass on 1200 kg, lastakse vertikaalselt üles, kusjuures raketile mõjuv jõud on 1300 kg. Leida raketi kiirendus.
15. Momendil, millal vertikaalselt tõusev sputnik on saavutanud kiiruse 5 km/h, eraldub konteiner kanderaketist. Millise kiirusega jätkab lendu konteiner, kui kanderaketi ja konteineri massid on võrdsed ja kanderakett hakkab langema Maa poole?
16. Rakett, mille kaal Maa peal on 10 tonni, laskub taevakehale jääva kiirusega. Kui suur pidurdav jõud tonnides mõjub raketile, kui raskuskiirendus sel taevakehal on 30 m/s^2 ?
17. Rakett massiga 2,4 t tõuseb vertikaalselt kiirendusega 6 m/s^2 . Leida gaaside reaktiivjõud.
18. Tõstuk hakkab vertikaalselt laskuma kiirendusega ning läbib nelja sekundi jooksul 24 meetrit. Kui suure jõuga rõhub sel ajal tõstuki põhjale 200 kg suurune koormis?
19. 50 kg koormus on tõstetud kõie abil 2 sekundiga püstsuunas 10 m kõrgusele. Määrata kõie pingsus, kui koormu-

- se liikumine oli ühtlaselt kiirenev.
20. Keha kaaluga 4 kG langes kõrguselt h maapinnale, kusjuures langemine vältas 3 s. Määrata keha potentsiaalne energia kõrgusel h.
 21. 8 kG suurune jõud, mõjudes kehasse 5 minuti vältel, annab sellele kiiruse 200 km/h. Leida keha mass ja nende viie minuti vältel läbitud tee pikkus.
 22. Sportlane tõstab 30 kG pommi 2 sekundi jooksul 2,5 m kõrgusele. Kui suur on sportlase võimsus hobujõududes ja kilovattides?
 23. Rong liikus 500 m pärast pidurdamist. Kui kaua kestis pidurdamine, kui rongi algkiirus oli 60 km/h?
 24. Rong, mille mass on 1200 tonni ja mis liigub kiirusega 35 km/h, pidurdatakse 4 km pikkusel teelõigul. Eeldades, et pidurdav jõud on kogu aeg konstantne, leida selle jõu suurus.
 25. Kahurist, mis kaalub 10 tonni, lendab välja kiirusega 900 m/s mürsk, mille kinetiline energia on 10^6 kGm. Leida kahuri tagasipõrke kiirus.
 26. Kui palju tööd tuleb teha, et toimetada vajalikule kõrgusele kivid 7 m kõrguse ümmarguse silotorni ehitamiseks? Torn ristlõike pindala on $4,5 \text{ m}^2$ ning sein pakus 0,3 m. Ehituskivide erikaal - $2,6 \text{ G/cm}^3$.
 27. Kuu tihedus on 0,62 Maa tihedusest ja raadius 0,27 Maa raadiusest. Teades raskuskiirendust Maa peal, arvutada raskuskiirendus Kuu pinnal.
 28. Uks, mille kõrgus on 2 m, laius 1 m ja kaal 32 kG, on kinnitatud kahe hingega, millest üks asub ülemisest ja teine alumisest ukseäärest 20 cm kaugusel. Millise jõuga tõmbab üks ülemist hinge horisontaalsuunas?
 29. Kui kaugel ühtlase kangi otsast, mille pikkus on 2 m ja raskus 30 kG, peaks asetsema toetuspunkt, et kang tasekaalustaks oma raskusega kangi tema rippuva 100 kG koorimise?

30. Puitklots asetseb kaldpinnal. Millise jõuga on vaja suruda klotsi kaldpinna vastu, et ta ei hakkaks liikuma? Klotsi kaal on 2 kg. Kaldpinna pikkus on 1 m ja kõrgus 60 cm. Hõõrdetegur $k = 0,4$.
31. Missuguse kiirusega liigub punkt ekvaatoril ja geograafilisel laiusel $\varphi = 60^\circ$ Maa pöörlemisel ümber oma telje? ($R \approx 6400$ km).
32. Jalgratta ratta läbimõõt on 70 cm. Jalgrattur sõidab kiirusega 18 km/h. Millise nurkkiirusega pöörlevad rattad?
33. Leida sputniku kiirus, mis liigub 630 km kõrgusel maapinnast ringorbiidil. Maa raadius ≈ 6400 km.
34. Elektron tiirleb ümber tuuma mööda ringorbiiti raadiusega $0,53 \cdot 10^{-8}$ cm. Leida elektronile mõjuv tsentripetaaljõud, kui tiirlemise sagedus on $6,4 \cdot 10^{15}$ Hz. Elektroni mass on $9,1 \cdot 10^{-28}$ g.
35. Kui suur on minimaalne nurkkiirus, millega tuleb tiirutada vertikaaltasandis 1,2 m pikkuse nõõri otsas anumad veega, et vesi anuma kummulasendis sealt välja ei voolaks?
36. Määrata maksimaalne kiirus, millega mootorrattur võib läbida kurvi kõverusraadiusega 15 m, kui maksimaalne lubatud kaldenurk vertikaalist on 30° .
37. Auto sõidab üle kumera silla kiirusega 50 km/h. Kui suur on silla kõverusraadius, kui auto rõhumine sillale moodustab 60% tema kaalust?
38. Lainete levimiskiirus on 1200 km/h. Määrata vónkeperiood, kui lainepikkus on 30 cm.
39. Sekundpendel on toimetatud Kuule. Kui pikk on 1 tund (3600 vónget) selle kella järgi Kuul? (Kuul on raskuskiiendus 6 korda väiksem kui Maakeral.)
40. Korgitükk kaalub 50 G. Millist jõudu on tarvis korgitüki "uputamiseks" vees? petrooleumis?
Korgi $e = 0,2$ G/cm³? Petrooleumi $e = 0,8$ G/cm³.
41. Keha kaalub õhus 2 korda rohkem kui vees. Kui suur on

keha erikaal?

42. Keha kaalub õhus 20 G, vees 17,5 G. Kas ta vajub elavhõbedas põhja või ujub pinnal? Kui jääb ujuma, siis milline osa tema ruumalast vajub elavhõbedasse? Elavhõbeda erikaal on $13,6 \text{ G/cm}^3$.

Molekulaarfüüsika.

43. Gaasi ruumala 745 mmHg ja 20°C juures on 164 cm^3 . Leida tema ruumala normaaltingimustel.
44. Leida 200 g hapniku ruumala 2 at rõhu juures, temperatuuril 27°C . Hapniku tihedus normaaltingimustel on $0,0014 \text{ g/cm}^3$.
45. 3-liitrise mahuga kolvis on 5 kg õhku temperatuuril -20°C . Leida õhurõhk kolvis.
46. Gaasi ruumala 0°C juures on 1 l . Missuguse temperatuuri juures on selle gaasi ruumala kaks korda suurem, kui paisumisel rõhk ei ole muutunud?
47. Normaaltingimustel on 1 cm^3 gaasis $2,7 \cdot 10^{19}$ molekuli. Kui suur on molekulidevaheline keskmine kaugus, kui eeldada, et molekulid jaotuvad ühtlaselt?
48. Seatinatüki ruumala 20° temperatuuril on 100 cm^3 ja 120°C temperatuuril $100,87 \text{ cm}^3$. Leida seatina joonpaisumiskoeffitsient.
49. Kui suur on vase temperatuur, kui tema tihedus sel temperatuuril on $8,83 \text{ g/cm}^3$ ja 0° juures $8,9 \text{ g/cm}^3$? Vase joonpaisumiskoeffitsient on $0,000017 \text{ deg}^{-1}$.
50. Raudtee siinidevahelise pilu laius on 0°C juures $0,6 \text{ cm}$. Missuguse temperatuurini peavad siinid soojenema, et pilu kaoks. Siini pikkus on 10 m . Terasse joonpaisumiskoeffitsient on $0,000012 \text{ deg}^{-1}$.
51. Puurattale, mille raadius on 60 cm , tõmmatakse peale raudrehv. Rehvi raadius on ratta raadiusest 3 mm võrra väiksem. Mitme kraadi võrra tuleb kuumutada rehvi, et seda rattale peale tõmmata. Rauda joonpaisumiskoeffitsient

- on $0,000012 \text{ deg}^{-1}$.
52. Klaaskolvi maht 0°C juures on täpselt 400 cm^3 . Selle temperatuuri juures täideti kolb elavhõbedaga ning kuumutati 100° -ni. Kuumutamise tagajärjel voolas kolvist välja $6,12 \text{ cm}^3$ elavhõbedat. Määrata elavhõbeda ruumpaisumiskoeffitsient. Klaasi joonpaisumiskoeffitsient on $0,000009 \text{ deg}^{-1}$.
 53. 3,5-kilogrammise raudtriikraua jahtumisel vähenes tema siseenergia 160 kJ võrra. Leida triikraua lõpptemperatuur, kui algtemperatuur oli 170°C . Rauda erisoojus on $0,11 \text{ cal/g.deg}$.
 54. Anumasse, milles on $2,5$ liitrit vett 20°C juures, paigutatakse rauatükk massiga 3 kg ning temperatuuriga 460°C . Vesi soojeneb 60° -ni ning osa temast aurustub. Leida aurustunud vee hulk. Rauda erisoojus on $0,11 \text{ cal/g.deg}$.
 55. Kui palju jääd algtemperatuuriga -12°C võib ära sulatada, seejärel ajada keema ning lõpuks muuta auruks, kui kulutada 1300 kcal soojust? Jää erisoojus on $0,5 \text{ cal/g.kr}$.
 56. Leida kivisõe kulu, mis on vajalik selleks, et sulatada sulatusahjus 15 t malmi, mille algtemperatuur on 0°C . Sulatusahju kasutegur on 60% . Malmi sulamistäpp on 1100°C , erisoojus - $0,13 \text{ kcal/kg.deg}$, sulamissoojus - 23 kcal/kg . Kivisõe kütteväärtus on 7000 kcal/kg .
 57. 2 kg jääd, mille temperatuur on -10°C , sulatatakse ja seejärel soojendatakse kuni 50°C priimusel kasuteguriga 40% . Kui palju kulub selleks petrooleumi? Jää erisoojus on $0,5 \text{ cal/g.deg}$. Petrooleumi kütteväärtus on 11000 kal/g .
 58. Tullisesse alumiiniumnõusse, mille mass on 729 g (erisoojus $0,21 \text{ cal/g.deg}$), valatakse $0,5$ liitrit petrooleumi, mille temperatuur on 20°C (erisoojus $0,5 \text{ cal/g.deg}$). Petrooleumi temperatuur tõuseb 50° -ni. Kui suur on alumiiniumnõu algtemperatuur?
 59. Idntraktor C-80 arendab nimivõimsust 80 hj ja kulutab selleks keskmiselt 18 kg diiselkütust tunnis. Määrata traktori kasutegur. Diiselkütuse kütteväärtus on 11000 kcal/kg .

60. Kui suur on 85 hj sise põlemismootori kasutegur, kui ta kulutab tunnis 25 kg kütteainet, mille kütteväärtus on 11 000 kcal/kg?
61. Mootorveduri T3 -3 võimsus on 4000 hj ja kasutegur 25%. Kui palju naftat ta hoiab kokku 10 tunni jooksul võrreldes kahe auruveduriga, millede kasutegur on kummalgi 8%, kui nad koos arendavad sama võimsust, mis mootorvedurigi? Nafta kütteväärtus on 11 000 kcal/kg.
62. Kui suur on aurumasina võimsus, kui keskmine auru rõhk tema silindris on 16 kg/cm^2 , kolvi pindala - 750 cm^2 , kolvi käik - 40 cm ning pöörete arv minutis - 240?
63. Kiirusega 60 km/h sõitev rong massiga 3000 tonni peatatakse pidurite abil. Kui palju soojust eraldub pidurites, eelades, et rongi kogu kineetiline energia muutub soojuseks?
64. 10-grammine püssikuul läbis ukse, mille tagajärjel tema kiirus vähenes 500 m/s kuni 400 m/s. Kui suur on seejuures vabanev soojushulk?
65. Rauakillul, langedes 500 m kõrguselt, on kiirus maapinnal 50 m/s. Mitme kraadi võrra tõusis killu temperatuur, kui oletada, et kogu töö õhutakistuse ületamisel läks killu soojendamiseks? Rauda erisoojus on 0,11 cal/g.deg.
66. Öhtul oli õhu relatiivne niiskus 16°C juures 55%. Kas tekib hommikul kaste, kui õhu temperatuur langeb kuni 8°C ? Küllastatud veeauru rõhk 16°C juures on 13,6 mmHg ja 8° juures - 8,0 mmHg.

Elekter.

67. Milline näeb välja Coulomb'i seaduse valem MKSA süsteemis?
68. Kaks jäigalt kinnitatud punktlaengut 4 e ja e asetsevad teineteisest 30 cm kaugusel. Kuhu tuleks asetada kolmas punktlaeng q, et ta oleks tasakaalus?
69. Kaks punktlaengut +90 lü ja +360 lü asetsevad vabalt teineteisest 12 cm kaugusel. Missugune punktlaeng ja kuhu tuleks see paigutada, et kogu süsteem oleks tasakaalus?

70. On kaks ühesugust kera, kumbki massiga 10 g. Kui suur laeng tuleb kummalegi kerale anda, et nende elektrostaatiline vastastikune mõju tasakaalustaks gravitatsioonilise vastastikuse mõju? Keradevaheline kaugus on küllalt suur võrreldes raadiustega.
71. Kaks laengut mõjutavad teineteist õhus 6 cm kauguselt 12-düünilise jõuga, eetris aga 10 cm kaugusel jõuga 1 düün. Määrata eetri dielektriline konstant.
72. Kahe küllalt väikesel ühesugusel metallkeral on vastavalt laengud +5 lü ja +20 lü ning nad asetsevad teineteisest 10 cm kaugusel. Kuidas muutub keradevaheline vastastikune mõju pärast seda, kui nad on lühikeseks ajaks ühendatud metalljuhtmega? Missugused on laengud keradel pärast sellist menetlust?
73. Kaugus kahe ühesuguse, erinevate ja erinimeliste laengutega laetud kera vahel $l = 2$ cm. Kerade raadiused on tunduvalt väiksemad kui l . Kerad tõmbuvad jõuga $F_1 = 4$ dn. Pärast seda, kui kerad olid ühendatud lühikeseks ajaks metalljuhtmega, hakkasid kerad tõukuma jõuga $F_2 = 2,25$ dn. Määrata kerade esialgsed laengud.
74. Väike kuulike kaaluga 0,3 G on riputatud peenikese niidi otsa. Kuulikesel on laeng -30 lü. Missugusele kaugusele tuleb temale alt lähendada teist kuulikest laenguga -49 lü, et niidi pingsus väheneks kaks korda?
75. Kaks laengut +50 lü ja +100 lü asetsuvad teineteisest 100 cm kaugusel. Kui palju on vaja teha tööd, et lähendada neid teineteisest 20 cm kaugusele?
76. Kui suure energia omandab elektron, läbides potentsiaalide vahe 10 V?
77. Kondensaator mahtuvusega 3 μ F on laetud pingeni 300 V, kondensaator 2 μ F - pingeni 200 V. Kondensaatorid ühendatakse paralleelselt. Milliseks kujuneb pinge kondensaatoril pärast ühendamist?

78. Kera diameetriga 20 cm on laetud potentsiaalini 200 V. Arvutada väljatugevus ja potentsiaal punktis, mis on 10 cm kera pinnast eemal.
79. Laetud metallkera raadius on 10 cm, tema potentsiaal 942 V. Missuguse tihedusega jaotub laeng kera pinnal?
80. 0,1 cm raadiusega elavhõbeda tilgakestele on antud ühesugused laengud $e = 2 \cdot 10^{-4}$ lü. Kümme sellist tilgakest moodustavad ühinedes suurema kerakujulise tilga. Missugune on selle tilga potentsiaal?
81. Kaks ühesugust õhkdielektrikuga kondensaatorit on ühendatud paralleelselt ning laetud pingeni U. Kui ühe kondensaatori plaatide vahemik täideti paberikihiga, teist kondensaatorit aga ei muudetud, siis vähenes ühendatud kondensaatoritel pinge 1,5 korda. Kui suur on paberi dielektriline konstant?
82. Kera diameetriga 20 cm on laetud potentsiaalini 3000 V. Kui palju tuleb teha tööd, et paigutada 10 lü suurune laeng kera pinnast 55 cm kaugusel olevast punktist kera pinnast 15 cm kaugusel asetsevasse punkti?
83. Kallutatavad plaadid elektronkiirte torus moodustavad plaatkondensaatori. Plaatidevaheline kaugus $d = 10$ mm, plaatide pikkus $l = 5$ cm. Plaatidele antakse alalispinge 50 V. 5 mm kaugusel alumisest plaadist lendab kondensaatorisse paralleelsihis plaatide suhtes elektron kiirusega $v = 20\,000$ km/s. Millise kauguse h võrra on elektron kõrvalle kaldunud esialgsest liikumissuunast kondensaatorist väljalendamise hetkel?
84. 5 cm raadiusega keral A on laeng $q_1 = +20$ lü ja 10 cm raadiusega keral B sama suur laeng $q_2 = +20$ lü. Kerad ühendatakse juhtmega. Millises suunas hakkavad laengud liikuma juhtmes? Kui suur laeng läheb üle ühelt keralt teisele? Missugune on ühine potentsiaal ja millised on kerade laengud pärast ühendamist? Kerad on küllalt kaugel üksteisest ning juhtme mahtuvuse võib lugeda nulliks.

85. 50 cm raadiusega kera on laetud potentsiaalini 600 V. Kui palju soojust vabaneb juhtmes, mille abil see kera maandatakse?
86. Kui palju elektrone peaks kogunema 1 pF kondensatori plaadile, et plaatidevaheline pinge tõuseks 1 voldini?
87. Mitu elektroni läbib 0,0001 s jooksul juhi ristlõikepindala 1 mm² suurust osa, kui on teada, et vool läbi juhtme on 0,1 μ A ja juhtme diameeter 2 mm?
88. 100 cm³-st platinasulandist eritakistusega 0,1 Ω mm²/m valmistati traati, mille kogutakistuseks saadi 1000 oomi. Millise ristlõikepindalaga ning pikkusega traat valmistati?
89. Mitu kg vaske vajatakse 5 km pikkuseks kahejuhtmeliseks liiniks, mille takistus peab olema 5 oomi? Vase erikaal on 8,5 g/cm³ ja eritakistus 0,017 Ω mm²/m.
90. Leida ampermeetri sisetakistus, kui ilma šundita ampermeeter näitab voolu 20 A, šundiga, mille takistus on 0,1 oomi, aga 1 A. Leida pingelangus šundiga ja šundita ampermeetril.
91. Ampermeetri takistus on 0,02 oomi ning selle skaala on arvestatud 1,2 A jaoks. Kui suure takistusega šunt tuleb lisada ampermeetrile, et oleks võimalik mõõta voolu tugevusega kuni 6 A?
92. Galvanomeetri skaalal on 100 jaotist, igale jaotisele vastav voolutugevus on 10⁻³ A ja sisetakistus $R_g = 200$ oomi. Galvanomeetrist ehitatakse a) ampermeeter mõõdupiirkonnaga 150 A. Leida šundi takistus; b) voltmeeter mõõdupiirkonnaga 200 V. Leida eeltakistus.
93. Takisti takistuse määramiseks mõõdetakse sellel pingelangust voltmeetriga, mille sisetakistus on 5000 oomi ja eeltakistus 45000 oomi. Voltmeeter näitab pinget 5 V. Järjestikku on vooluringi lülitatud milliampermeeter sisetakistusega 5 oomi ja šundiga 0,01 oomi. Milliampermeeter näitab voolu 100 mA. Leida takisti takistus oomides.

94. Lõuna valgustusvõrku on lülitatud järjestikku elektripliit, takistusega 24 oomi, reostaat takistusega 10 oomi ja ampermeeter takistusega 0,2 oomi. Leida pingelangus igaühes neist, kui ampermeeter näitab 6,4 A.
95. Vool, mille tugevus on 12 A, haruneb kolmeks. Leida voolutugevus igas harus, kui harude juhtmed erinevad ainult läbimõõdu poolest, mis on vastavalt 1 mm, 0,4 mm ja 0,2 mm.
96. Galvaani element, mille emj on 1,1 V ja sisetakistus 1 oom, on lülitatud vooluringis galvanomeetriga, mille takistus on 1200 oomi. Kui tugev vool läbib galvanomeetri, kui sellega on ühendatud šunt, mille takistus on 3 oomi?
97. Vooluallika sisetakistus on 1 oom, voolutugevus vooluringis on 2,5 A. Välistakistuse kolmekordistamisel on aga voolutugevus 0,9 A. Leida vooluallika elektromotoorne jõud.
98. Mitu elementi elektromotoorse jõuga 1,3 V ja sisetakistusega 0,5 oomi tuleb ühendada järjestikku, et saada 20 Ω välistakistuse puhul voolutugevus 1,5 A?
99. Vooluring koosneb kahest paralleelselt ühendatud takistist R_1 ja R_2 ja nendega järjestikku ühendatud takistist R_3 . Vooluringi toidavad kaks paralleelselt ühendatud elementi. Ühe elemendi klemmipinge on 1,4 V, vool ringis on 1 A, takisti $R_1 = 2$ oomi, $R_3 = 1,0$ oomi. Leida takisti R_2 suurus.
100. Alalisvoolugeneraator toidab magistraaljuhtme kaudu paralleelselt lülitatud tarbijaid, mille takistused on 15 oomi, 30 oomi ja 40 oomi. Magistraaljuhtme takistus on 1,8 oomi, generaatori mähiste takistus 0,2 oomi. Milline on generaatori poolt tekitatav elektromotoorne jõud voltides, kui magistraaljuhtmes on voolutugevus 22 A?
101. Kaks ühesugust akumulaatorit on ühendatud järjestikku ja annavad voolutugevuse 1,74 A, kui välistakistus on 1,9 oomi. Paralleelselt ühendatuna annavad needsamad aku-

mulaatorid sama välistakistuse puhul voolutugevuse 1 A. Määrata nende akumulaatorite elektromotoorne jõud ja sisetakistus.

102. Kui elemendi välisahelas on takistus 2 oomi, siis elemendist võetava voolu tugevus on 0,5 A. Kui aga lülitada välistakistusele paralleelselt takistus 0,66 oomi, siis kasvab voolutugevus kahekordseks. Kui suur on elemendi elektromotoorne jõud ja sisetakistus?
103. Vooluring koosneb 50 järjestikku ühendatud elemendist ja välistakistusest 36 oomi. Iga elemendi sisetakistus on 0,2 oomi. Kui suur takistus tuleb lülitada paralleelselt välistakistusega, et vool kogu ringis suureneks 2 korda.
104. Element, mille elektromotoorne jõud on 1,1 V ja sisetakistus 1 oom, on ühendatud välisahelaga, mille takistus on 9 oomi. Leida: 1) vool ahelas; 2) potentsiaali langus välisahelas, 3) potentsiaali langus elemendi sees; 4) millise kasuteguriga element töötab.
105. Kuidas tuleb lülitada (paralleelselt või järjestikku) kaks ühesugust elementi, millede elektromotoorne jõud on 2 V ja sisetakistus 0,3 oomi, et saada maksimaalset voolu: 1) kui välisahela takistus on 0,2 oomi, 2) kui välisahela takistus on 16 oomi? Leida voolu tugevused kõikidel juhtudel.
106. Kui pikka kroonnikkeltraati (eritakistus $1 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$), mille ristlõikepindala on $0,2 \text{ mm}^2$, on tarvis, et valmistada spiraal 220-voldisele elektripliidile võimsusega 880 W?
107. Vooluallikaga on ühendatud paralleelselt 3 takistit. Voolu võimsus on neis vastavalt 800 W, 1000 W ja 250 W. Esimeses neist on voolutugevus 8 A. Leida takistite takistused oomides.
108. Normaalselt helenduva taskulambi pirnikese hõõgniidi takistus 3,5-voldise toitepinge puhul on 12,5 oomi. Pirnike lülitati järjestikku suurema hõõglambi vooluringi

- ning viimasega koos 220 V elektrivõrku, mille tagajärjel hakkas pirnike normaalselt helendama. Missuguse võimsusega oli suurem hõõglamp?
109. 36 hj võimsusega generaator toidab 300 paralleelselt ühendatud hõõglampi. Iga lambi takistus 600 oomi. Leida generaatori klemmipinge.
 110. Kui palju paralleelselt lülitatud elektrilampe, mis on arvestatud pingele 100 V, võivad põleda normaalselt, kui neid toidetakse akumulaatorpatareist elektromotoorse jõuga $E = 120$ V ja sisetakistusega $r = 10$ oomi? Iga lambi võimsus on 50 W.
 111. 220 V ja 60 W hõõglambi hõõguva volframniidi temperatuur on 3100°K . Mitu korda väheneb hõõgniidi takistus jahtumisel toatemperatuurini (20°C)? Volframi takistuse temperatuurikoefitsient on $0,0046 \text{ deg}^{-1}$.
 112. Kaks elektrilampi on lülitatud võrku paralleelselt. Esimese lambi takistus on 360 oomi, teisel 240 oomi. Milline lamp tarvitab suuremat võimsust ja mitu korda?
 113. Kui suur peab olema hõõglambi võimsus, et teda saaks kasutada eeltakistina 1 kW võimsusega elektripliidi lülitamisel 110 V pingega võrku. Elektripliidi normaalne tööpinge on 100 V. Leida ka elektripliidi takistus.
 114. Kui palju maksab elektriradiaatori kasutamine kuu aja jooksul (30 päeva), kui radiaatori võimsus on 0,5 kW ja ta on lülitatud võrku 3 tundi päevas? (1 kWh maksab 4 kop.)
 115. Juhti takistusega 100 oomi läbis 4 minuti jooksul 100 kulonit elektrit. Kui palju eraldus juhisis soojust?
 116. Leida soojenduskeha kasutegur, kui on teada, et vool 20 A soojendas 50 kg vett 20° võrra 1 tunni jooksul. Küttekeha takistus on 5 oomi.
 117. Kõrteri elektrisiseseade koosneb 5 lambist à 100 vatti, 3 lambist à 40 vatti ja 2 lambist à 25 vatti ning elektripliidist 600 vatti. Kui palju tuleb tasuda kuus elekt-

ri eest, kui lampe tarvitatakse keskmiselt 6 tundi päeva kohta ja elektripliiti 2 tundi päevas? 1 kWh maksab 4 kop.

118. Kui suure takistusega spiraali läheb vaja elektripliidi-le, mis annaks 4,8 kcal/min, kui pinge on 100 V?
119. Määrata küttekeha traadi eritakistus, kui 0,5 mm² rist-lõikega ning 12 m pikkuses traadis eraldub 60 V teite-pinge puhul 2,16 kcal soojust minutis.
120. Elektrikeetjas, kasuteguriga 70%, on 0,5 kg jääd tempe-ratuuriga 0°C. Kui palju maksab selle jää sulatamine ja saadud vee aurustamine, kui 1 kWh maksab 4 kop.?
121. Kui elektripliidi küttekeha normaalset pikkust 10% võr-ra vähendada, siis kasvaks minutis eralduv soojushulk 660 cal võrra. Milline on normaalse pikkusega küttekeha võimsus?
122. 600 W võimsusega elektripliidil aetakse keema 1,5 l 10-kraadist vett 45 min. kestel. Kui palju vett seejuu-res aurustus, kui elektripliidi kasutegur on 45%?
123. Leida vee hulk anumal, mida soojendab elektrivool, kui on teada, et see vesi soojeneb 20°C kuni 30°C kaks korda kiiremini kui soojenes 10 kg vett 0°C kuni 100°C sel juhul, kui vool läbi anuma soojendusspiraali oleks 2 korda nõrgem. Soojenduskeha kasutegur on mõlemal juhul võetud võrdseks 100%-ga.
124. Metallisulatusahju takistus on 0,0005 oomi ja pinge 6 V. Leida voolutugevus, võimsus ja ühes tunnis eraldunud soo-juse hulk kcal-tes.
125. Mitu džauli tööd teeb vool taskulambis, kui see põleb 5 minutit pingega 4 V ja voolutugevusega 0,25 A? Kui palju soojust seejuures eraldub?
126. Elektrikeetjal on 2 küttekeha. Ühe keha sisselülitamisel hakkab vesi keetjas keema 10 min., teise keha sisselüli-misel 20 min. pärast. Millise aja pärast hakkab vesi keetjas keema mõlema küttekeha üheaegsel sisselülitamisel:

a) järjestikku, b) paralleelselt? (Pinge, kasutegur, vee hulk ja selle algtemperatuur on samad kõikidel juhtudel.)

127. Väik lüü piksevardasse, mille takistus on 0,1 oomi. 0,001 s kestel läbivoolanud elektri hulk oli 100 kulo-nit. Kui palju soojust (kcal) tekitab väik piksevardas?
128. Kui suur võib olla koormustakisti, et patarei elektro-motoorse jõuga 12 V ja sisetakistusega 0,1 oomi annaks koormustakistil ära võimsuse 110 W. Kui suur on pingelangus patareil?
129. Lift kaaluga 1 tonn tõuseb ühtlaselt 10 m kõrgusele 20 sekundiga. Lifti mootor töötab pingel 220 V. Milline on mootori poolt tarvitata-voolutugevus, kui lifti kasu-tegur on 90%?
130. Kui kaugale elektrivõrgu alajaamast võib paigutada 1000W elektrilise võimsusega elektrimootori, et pinge elektri-mootoril ei langeks alla 200 volti, kui alajaama pinge on 220 volti ja elektriliinide takistus $2 \cdot 10^{-3}$ oomi meet-ri kohta?
131. Kui suur oli kondensaatori laeng, kui ta tühjenedes läbi vasevitrioli lahuse eraldas lahusest 0,00066 mg vaske? ($k = 0,33 \text{ mg/C}$). Leida kondensaatori mahtuvus, kui on teada, et pinge tema klemmidel oli 1 kV.
132. Kui palju vaske saab elektrolüüsil eraldada vasevitrioli-lahusest, kasutades vooluallikana patareid mahtuvusega 0,5 ampertundi?
133. Vooluringi on järjestikku ühendatud ampermeeter ja elekt-rolüüt. Ampermeeter näitab voolu 1,5 A. Millise paran-duse peame tegema ampermeetri lugemile, kui elektrolüü-dist on 10 min. jooksul eraldunud 0,316 g vaske ($k = 0,33 \text{ mg/C}$)?
134. Kui suur on transformatori sekundaarvooluringi takistus, kui voolutugevus selles on 100 A, primaarmähhi-ses aga 1 A? Transformaator on lülitatud 110-voldilisse

vooluvõrku. (Transformaatori kasutegur lugeda $\approx 100\%$.)

135. Leida võnkeringi resonantssagedus, kui tema induktiivsus 10 H ja mahtuvus 1 μF . Kui palju tuleb vähendada mahtuvust, et resonantssagedus suureneks 2 korda? (Induktiivsus ei muutu.)
136. Võnkeringi moodustab induksioonipool induktiivsusega 0,05 H ning kolm paralleelselt ühendatud kondensaaterit mahtuvustega 0,2, 0,3 ja 0,5 μF . Milline on võnkeringi resonantssagedus?
137. Võnkering on häälestatud sagedusele 1000 Hz. Võnkeringi mahtuvus on 2 μF . Millise mahtuvusega kondensaator tuleb lisada võnkeringi, et võnkeringi resonantssagedus suureneks kuni 2000 Hz-ni? Kuidas tuleb kondensaator võnkeringi lülitada? Leida samuti võnkeringi induktiivsus.

Valgus ja aatomi ehitus.

138. Milline peab olema vertikaalse tasapeegli minimaalne kõrgus, et inimene näeks selle abil oma kujutist täispikkuses?
139. Teemandi ja klaasi murdumisnäitajad on vastavalt 2,42 ja 1,5. Milline peab olema nende ainete paksuste suhe, et valguse levimise aeg nendes oleks ühesugune?
140. Piirituse täieliku sisepeegelduse piirnurk on $47^{\circ}25'$. Arvutada piirituse murdumisnäitaja.
141. Klaasplaadile murdumisnäitajaga 1,5 langeb valguskiir, mis keskkondade lahuspiiril osaliselt murdub, osaliselt aga peegeldub. Milline on kiire langemisnurk, kui murdunud ja peegeldunud kiire vaheline nurk on 90° ?
142. Veekogusse paigutatakse esialgu violetse valguse allikas, siis aga sama sügavale punase valguse allikas. Vee murdumisnäitaja punaste ja violetsete kiirte jaoks on vastavalt 1,328 ja 1,335. Arvutada ringide raadiuste suhe, mille piires on võimalik punaste ja violetsete kiirte veest väljumine.

143. Anumasse on valatud vett ja sellele kiht bensooli. Valguskiir tungib bensoolist vette täieliku sisepeegeldumise piirnurga all, mis on 61° . Määrata bensooli murdumisnäitaja eeldusel, et bensooli ja vee segunemist kokkupuutepinnal ei ole toimunud.
144. 5 cm paksusele tasaparalleelsele klaasplaadile langeb nurga all 30° kitsas valge valguse kiirte kimp. Määrata plaadi teiselt tahult väljuva kiirtekimbu äärmiste punaste ja violetsete kiirte vaheline kaugus, kui klaasi murdumisnäitajad nende kiirte jaoks on vastavalt $n_p = 1,51$ ja $n_v = 1,53$.
145. Eseme kõrgus on 10 cm, tema kujutis läätses 5,6 m kaugusel asuval ekraanil on 2,5 m kõrge. Kui suur on läätses fookuskaugus?
146. Künala leegi kõrgus on 4 cm. Läätses abil saadakse temast ekraanil terav kujutis, mille kõrgus on 12 cm. Jättes läätses paigale, nihutati küünal 2 cm lähemale. Siis, et saada unesti teravat kujutist, nihutati ekraani, millel saadi nüüd 20 cm kõrgune leegi kujutis. Leida läätses fookuskaugus.
147. Läätses abil, mille fookuskaugus on 50 cm, on võimalik saada 20-kordset suurendust. Arvutada selle suurenduse saamiseks vajalikud eseme ja kujutise kaugused läätses.
148. Leida konstrueerimise teel nõgusläätses ning selle peafookuste asukohad, kui on teada, et läätses ees asetseva neole AB pikkus on 10 cm ning selle kujutise pikkus $A'B' = 5$ cm; optilisel peateljel olevate punktide B ja B' vaheline kaugus on 4 cm. Saadud tulemust kontrollid arvutuste abil.
149. Konstrueerida koondavale (hajutavale) läätsesle mis tahes suunas langeva kiire käik, kui on teada läätses fookuskaugus.
150. Punktvalgusallikas asetseb koondava läätses kahekordses fookuses. Kui kaugemale läätses taha risti peateljega tuleb paigutada tasapeegel, et sellelt peegelduvad ning läätses

teistkordselt läbivad kiired väljuksid läätsest paralleelsete kiirte kimbuna?

151. Kaksikkumerlääts, mille optiline tegevus on 1 dioptria koondab paralleelsete kiirte kimbu. Kui kaugele läätse taha tuleb asetada nõguspeegel, et valgus peegelduks sellelt paralleelsete kiirte kimbuna? Peegli kõverusraadius on 4 m.
152. Hajutavale läätsele, mille fookuskaugus on F_1 , langeb paralleelsete kiirte kimp. Millisele kaugusele läätse tsentrist tuleks paigutada koondav lääts, et kiired väljuksid sellest samuti paralleelse kimbuna? Koondava läätse fookuskaugus $F_2 = 2 F_1$.
153. Kerapinnal raadiusega 5 dm on piiratud 1 m^2 suurune pinniosa. Leida ruuminurk, mille tipp asub kera keskpunktis ning toetub kirjeldatud pinnale.
154. 25-küünlane lamp asetseb 40 cm kõrgusel laua kohal. Leida laua pinna valgustustugevus 50 cm kaugusel lambist.
155. 100-küünlane lamp on 1,5 m kaugusel raamatust. Raamatu pinnavalgustus on 20 lx. Kui suure nurga all langeb valgus raamatule? Kui kõrgel lauast asetseb lamp?
156. Hõõglamp asetseb 60 cm kõrgusel laua kohal. Laua pinna valgustustugevus on lambist 1 m kaugusel asetsevas punktis 50 lx. Leida valgusallika valgustugevus.
157. Kaks lampi valgustugevustega $I_1 = 50 \text{ cd}$ ja $I_2 = 100 \text{ cd}$ asetsevad teineteisest 200 cm kaugusel. Kuhu tuleb paigutada nende vahele fotomeetri ekraan, et ta valgustustugevus valgusallika I_2 poolt oleks 4 korda suurem kui valgusallika I_1 poolt?
158. Nelja meetri kõrgusel ripub kaks lampi valgustugevustega 300 cd. Määrata maapinna valgustus kummagi lambi all, kui lampidevaheline kaugus on 6 m.
159. Projektsiooniparasaadi objektiiv fookuskaugus $f = 5 \text{ cm}$. Objektiivist 5,1 cm kaugusel asetsev ruudukujuline diapositiiv pindalaga $S = 10 \text{ cm}^2$ laseb läbi valgusvoo $F =$

- = 10 lm. Määrata diapositiivi kujutise valgustus ekraanil oletusel, et valgusvoog ei haju.
160. Koondava läätsel optilisel peateljel, 25 cm kaugusel läätsesest asetseb punktvalgusallikas. Teisele poole läätsel paigutatakse ekraan kord 27 cm, teinekord 48 cm kaugusele läätsesest. Ekraani valgustus osutus mõlemal juhul ühesuguseks. Määrata läätsel fookuskaugus.
 161. Kummalgi pool punktikujulist valgusallikat 1 m kaugusel asetsevad paralleelselt ekraan ning ideaalne tasapeegel. Milline on ekraani valgustus valgusallikat läbival rist-sirgel, kui valgusallika valgustugevus on 2 cd?
 162. Kui pikk on laine, kui talle vastav kvant kannab energiat 10^{-11} ergi? Millisesse spektri ossa kuulub see lainepikkus?
 163. Naatriumi hõõgav aur kiirgab valgust lainepikkusega 0,589 μ . Mitu vastava suurusega kvanti moodustavad summaarse energia 1 erg?
 164. Kui palju footoneid väljub sekundis 100-watise pirni hõõgniidist, kui kiirguse keskmine sagedus on $3 \cdot 10^{14}$ Hz ja pirni kasutegur on 4%?
 165. Arvutada footoni energia elektronvoltides, kui temale vastab lainepikkus 200 nm!
 166. Leida fotoelektroni kineetiline energia (elektronvoltides), kui elektron paisatakse välja volframiikihi kiiritamisel valgusega, mille lainepikkus on 1800 Å. Elektronil väljumistöö on 5,5 eV.
 167. Leida vesinikuatomi põhitaseme ja esimese ergastatud taseme energiatega vahe elektronvoltides, kui ergastamiseks vajaliku kiirguse lainepikkus on 1215 Å.
 168. Vastu berülliumi tuuma pörkab α -osake ja tungib temasse, lüües välja neutroni. Kirjutada tuumareaktsioon.

169. Kuidas muutub tuumalaeng ja massiarv järgmistes tuuma-reaktsioonides:
- neeldub neutron, kiirgub α -osake;
 - neeldub prooton, kiirgub γ -kvant;
 - neeldub α -osake, kiirgub prooton.
170. 1 g uraani U^{238} kiirgab $1,24 \cdot 10^4$ α -osakest sekundis. Missuguse aja jooksul lagunevad pooled U^{238} tuumadest?
171. Kui palju energiat (kilokalorites) eraldub 1 grammaatomi uraani U^{235} lõhestumisel, kui ühes lõhestumisaktis vabaneb ligikaudu 200 MeV energiat.
172. Kui suur on uraani U^{235} ööpäevane kulu 5000 kW võimsusega ja 17%-lise kasuteguriga aatomielektrijaamas, kui ühe grammaatomi U^{235} lõhestumisel vabaneb $4,5 \cdot 10^3$ kcal energiat?

Vastused¹¹

1. 5 m/s.
2. 1,1 ja 0,5 m/s.
3. 2,2 m.
4. 28,8 km/h.
5. 6,3 m/s.
6. $t_1 = 1$ s; $t_2 = 2$ s.
7. 2,9 s.
8. 1,85 s.
9. 7 s.
10. 1,11 s.
11. 9,8 m.
12. 4,9 m.
13. 3.
14. $0,817 \text{ m/s}^2$.
15. 10 km/h.
16. 30,6 T.
17. 3,9 T.
18. 139 kG.
19. 75,5 kG.
20. 1,73 kJ.
21. 424 kg, 8,3 km.
22. 0,5 hj = 0,368 kW.
23. 1 min.
24. 1450 kG.
25. 2,18 m/s.
26. $\approx 3 \cdot 10^6$ J.
27. $1,64 \text{ m/s}^2$.
28. 10 kG.
29. 23 cm.
30. 1,4 kG.

¹¹ g väärtuseks ülesannete lahendamisel võib võtta kas $9,8 \text{ m/s}^2$ või 10 m/s^2 .

31. 464 m/s, 232 m/s.
32. 14,2 rad/s.
33. 7,55 km/s.
34. 0,008 dn.
35. 2,86 rad/s.
36. 9,2 m/s.
37. 49 m.
38. 0,0009 s.
39. 2,41 t.
40. 200 G; 150 G.
41. 2 G/cm³.
42. ujub, 0,59.
43. 150 cm³.
44. 81 dm³.
45. 1188 atm.
48. 0,000029 deg⁻¹.
49. 155°C.
50. 50°C.
51. 419°C.
52. 0,00018 deg⁻¹.
53. 70°C.
54. 35 g.
55. 1,8 kg.
56. 0,59 t.
57. 61 g.
58. 89,2°C.
59. 25,5%.
60. 19,5%.
61. 19,5 t.
62. 512 hj.
63. 10⁵ kcal.
64. 108 cal.
65. 8 deg.
66. ei teki.
68. 10 cm kaugusele väiksemast.
69. -40 lü; 4 cm kaugusel väiksemast.

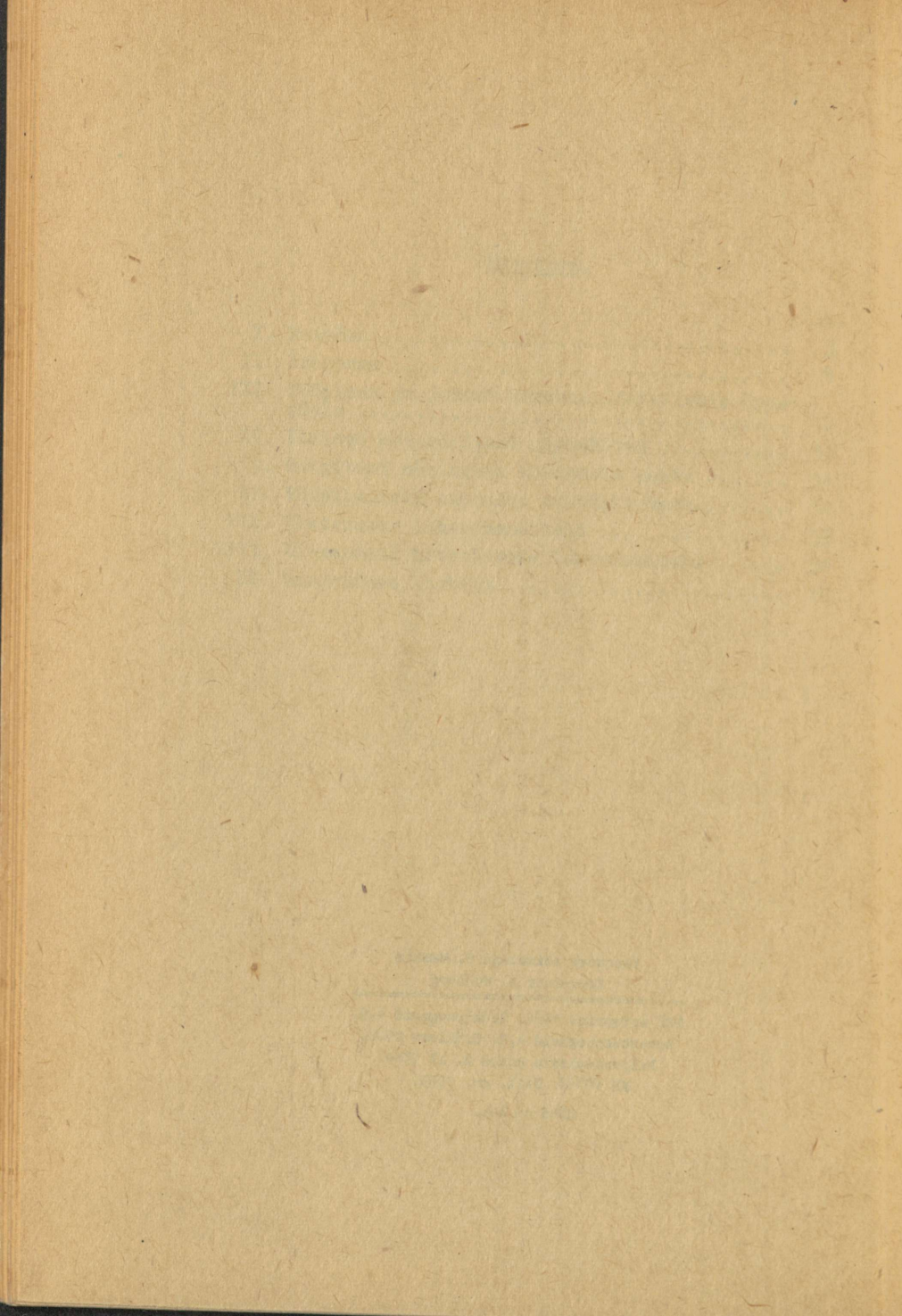
70. $2,6 \cdot 10^{-3}$ lü.
71. 4,32.
72. $F_1 = 1$ dn, $F_2 = 1,6$ dn, $q_1 = q_2 = 12,5$ lü.
73. $q_1 = 8$ lü, $q_2 = -2$ lü.
74. 3,2 cm.
75. 200 ergi.
76. $1,6 \cdot 10^{-11}$ ergi.
77. 260 V; 100 V.
78. $E = 0,017$ CGSE, $U = 102$ V.
79. $0,025$ lü/cm².
80. 2,7 V.
81. 2.
82. 24,6 ergi.
83. 2,8 mm.
84. A → B; 7 lü; 2,6 pü; 13 lü; 27 lü.
85. $2,4 \cdot 10^{-6}$ cal.
86. $6,25 \cdot 10^6$.
87. $2 \cdot 10^7$.
88. $0,1$ mm²; 1 km.
89. 2890 kG.
90. 1,9 oomi; 1,9 V; 38 V.
91. 0,005 oomi.
92. 0,133 oomi; 1800 oomi.
93. 1 oom.
94. 153,6 V; 64 V; 1,28 V.
95. 10 A; 1,6 A; 0,4 A.
96. 0,7 mA.
97. 22,5 V.
98. 55.
99. 0,5 oomi.
100. 220 V.
101. 2 V; 0,2 oomi.
102. 1,5 V; 1 oom.
103. 20,3 oomi.
104. 0,11 A; 0,99 V; 0,11 V; 0,9.
105. p: 5,7 A; j: 5 A.
p: 0,124 A; j: 0,24 A.

106. 11 m.
107. 12,5 oomi; 10 oomi; 40 oomi.
108. ~ 60 W.
109. 230 V.
110. 4 lampi.
111. 13,9 korda.
112. 1,5 korda.
113. 100 W; 10 oomi.
114. 1,8 rubla.
115. 1 kcal.
116. 58%.
117. 6 rbl. 26 kop.
118. 30 oomi.
119. $1 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$.
120. 2,4 kop.
121. 412 W.
122. 74 G.
123. 200 kg.
124. 12 000 A; 72 kW; 62 200 kcal.
125. 300 J; 72 cal.
126. 30 min.; 6 min. 40 s.
127. 240 kcal.
128. 1) 1/110 oomi; 11 V.
2) 1,1 oomi; 1 V.
129. 24,7 A.
130. 1 km.
131. 0,002 G; 2 mikrofaradit.
132. ~ 0,6 g.
133. +0,1 A (I = 1,6 A).
134. 0,011 oomi.
135. 50 Hz; 4 korda.
136. ~ 710 Hz.
137. 0,67 mikrofaradit järjestikku; 0,0177 H.
139. 1,62.
140. 1,36.
141. ~ 56°.

142. 1,02.
143. 1,50.
144. 0,3 mm.
145. 21,5 cm.
146. 15 cm.
147. 0,53 m; 10,6 m.
148. $a_1 = f = 8$ cm.
150. 1,5 F.
151. 3 m.
152. $l = F_1$.
153. 4 sterradiaani.
154. 80 lx.
155. 63° ; 67,5 cm.
156. 83 cd.
157. $r_2 = 0,8$ m.
158. 21,5 lx.
159. 4 lx.
160. 15 cm.
161. 2,2 lx.
162. 200 m μ - ultraviolett.
163. $\sim 3 \cdot 10^{11}$ kvanti.
164. $\sim 2 \cdot 10^{19}$ footonit.
165. 6 eV.
166. 1,5 eV.
167. 10 eV.
170. $4,5 \cdot 10^9$ a.
171. $4,5 \cdot 10^9$ a.
172. 31,4 g.

IX. KIRJANDUSE LOETELU.

1. Denkevitsš, V., Füüsika küsimuste ja ülesannete kogu, Tallinn 1963,
2. Lang, J. jt., Füüsika üldkursus I ja II, Tallinn 1959, 1961.
3. Lang, J., Küsimusi ja ülesandeid füüsikast.
4. Pjorõškin, A. jt., Füüsika VI-XI klassile, Tallinn 1960-62.
5. Schults, K., Mõõtühikud füüsikaliste suuruste mõõtmiseks, Tallinn 1963.
6. Бурдун, Г.Д., Единицы физических величин, Стандартгиз, 1962 .
7. Элементарный учебник физики, том I, II и III. Под ред. акад. Г.С. Ландсберга, Физматгиз, 1958.
8. Зубов, В.Г. и Шальнов, В.П., Задачи по физике, Физматгиз, 1959.
9. Хендел, А., Основные законы физики, Физматгиз, 1959.
10. Кошкин, Н.Н. и Ширкевич, М.Г., Справочник по элементарной физике, Физматгиз, 1962.
11. Соболев, Л.В., Краткое пособие по физике для поступающих в вузы, Изд. Московского Университета, 1960
12. Чертов, А.Г., Единицы измерения физических величин, Изд. "Высшая школа", 1960.
13. ГОСТ-7664-61 - механические единицы.
14. ГОСТ-9867-61 - международная система единиц.



Hind 15 kop