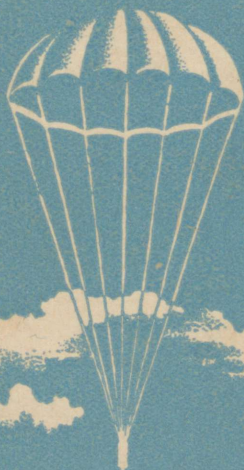


POPULAARTEADUSLIK
SARI

B.L. DZERDZEJEVSKI

ÕHUMERI



* RK „TEADUSLIK KIRJANDUS” *

B. L. DZERDZEJEVSKI

ÕHUMERI



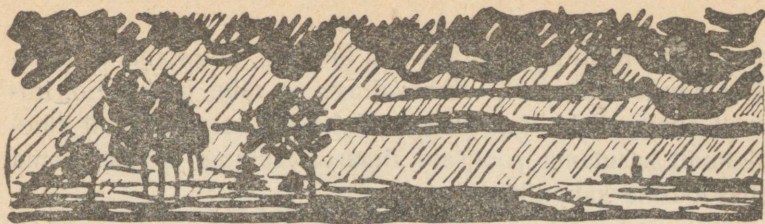
RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“
TARTU, 1947

Tõlgitud teose järgi : Б. Л. Дзержевский, Воздушный океан. Государственное Издательство Техничко-Теоретической Литературы, Москва, Ленинград, 1946.

Tõlkinud L. Kalvik



12962
A-16558



Sissejuhatus.

Ähvardavad ja võimsad loodusnähtused on juba iidsest ajast inimkonda huvitanud. Meie kauged esivanemad püüdsid mõista, miks sajab vihma, ujutades üle nende koobaselamuid, miks müristab kõu ja sähvatab välk, süüdates põlema kuiva metsa, või miks möllab tuul, kiskudes üles puid koos juurtega. Leidmata seletust neile nähtustele ja kartes nende jõudu, nähti neis mingite võimsate vaimude tahteavaldusi, kes karistasid inimest ta eksimuste või neile vähese tähelepanu osutamise pärast. Olenes ju ürgaja karjakasvataja-põllumees täielikult ilmastikust, mis määras ta jõukuse või viletsuse.

Kümneid tuhandeid aastaid on inimkond juurdlevalt jälginud ilmastikunähtusi, pidanud meeles nende järjekindlust ja kogunud lõpuks suuri teadmisi, mis võimaldasid kindlaks määrata nende nähtuste vahelist sidet ja asuda nende nähtuste põhjuste selgitamisele, s. o. teaduse rajamisele.

Teadlased on sajandeid kannatlikult uurinud inimese eluks ja heaoluks nii tähtsaid küsimusi ja nüüd on enamik neist lahendatud. Inimene, olles tohutult vähendanud oma sõltuvust ilmastikust, ei seisa enam abituna loodusjõudude ees.

On tõsi, et külviks on praegu, nagu varemaltki, vaja õigeaegset vihmasadu, soojust ja päikesepaistet; udud ja tormid häirivad praegugi meremehi ja lendureid ning aeg-ajalt takistavad vihmavalingud tänapäevalgi normaalset

transpordi. Kuid nüüd ei ähvarda ilmastik, arvestamata haruldasi hävitava orkaani, vihmavalingu ja rahe juhtumeid, inimest enam raske õnnetusega. Inimesed on õppinud täielikumalt kasutama soodsaid ilmastikunähtusi ja vähendama ebasoodsate kahjulikkust.

Põllumajanduses näiteks kindlustavad eriline maaharimine, lume kogumine, põua- ja külmakindlate seemnete külvamine, külviaegade valik ja hulk teisi vahendeid hea saagi, vaatamata ebasoodsale ilmastikule. Lendur ja meremees juhivad oma laevu ka udus ja tormis eriseadmeid kasutades õnnelikult sihtkohta.

Kuid selleks et halva ilma vastu edukalt kasutada kõiki tänapäeva võitlusvahendeid, peab teadma, kunas neid kasutada, järelikult peab teadma, milline ilm kunagi on, tuleb osata ilma ennustada. Inimesed on õppinud ka seda tegema: nüüd ennustatakse ilma mitte ainult mõni tund, vaid ka päevi ette. Veel enam, ilmaennustusi püütakse edukalt anda ka terve hooaja kohta. Teadus ilmastikust ja ilmastiku muutustest — meteoroloogia — areneb pidevalt.

Ilmaennustamine võimaldus alles pärast seda, kui oli tundma õpitud kõiki ilmastikunähtusi, nagu vihm, tuul, äike ja udu, kui olid kindlaks tehtud nende tekkimise põhjused. Kõik need meie kaugetele esivanematele arusaamatud nähtused ei sisalda midagi saladuslikku, kõik nad alluvad loodusseadustele ja tekivad selle tõttu, et Maakera ümbritseb õhk ehk, nagu teaduses öeldakse, a t m o s f ä ä r (kreeka keeles *atmós* — õhk, hingamine, aur; *sfáira* — sfäär, kera, kest).

Mida aga kujutab enesest meid ümbritsev õhumeri? Millised on selle mõõtmed ja omadused? Kuidas tekivad ilmastikunähtused?

Neile küsimustele vastamiseks ongi pühendatud käesolev raamat.

1. Õhk ja elu Maakeral.

Iga inimene teab, et meid ümbritseb õhk, kuid kõik ei ole teadlikud, kuivõrd tähtis ja hädatarvilik on õhk meile. Ilma õhuta ei oleks ega areneks Maakeral elu.

Alates sündimishetkest kuni surmani hingab inimene katkestamatult, ammutades õhust eluks tarvilikku hapnikku. Ainult ühe ööpäeva jooksul laseb inimene läbi oma kopsude 13 kantmeetrit õhku. Hingamine on hädatarvilik kõigi elusolendite eluks nii maal kui ka vees. Toites verd hapnikuga, hoitakse alal organismi normaalseisundit. Ka taimed hingavad, ammutades õhust süsihappegaasi ja eritades õhku hapnikku.

Ilma hingamiseta, järelikult ilma õhuta ei oleks elu tema praegusel, meile tuntud kujul olemas.

Nautides taevasina, punetavat õhtueha, koidueelset õrnade värvide rikkust, peame meeles pidama, et kõik need nähtused olenevad Maakera atmosfäärist. Kui Maa poleks ümbritsetud õhuga, siis näeksime Päikese pimestavat tuleketast tumedal taeval. Öö algaks ja lõpeks silmapilkselt, Päikese esimese ja viimase kiirega. Praegu on päeval valge mitte ainult Päikese paistel, vaid ka varjus või toas, kuhu ei tungi päikesekiiri. Atmosfääri puudumisel oleks pimestavalt valge ainult päikesekiirte all. Kõikjal mujal valitseks täielik öö, mida segaks vaid maapinna lähemalt valgustatud osadelt peegelduv valgus. Sama näeme Kuul, kus puudub õhk.

Olemasolev pilt Maakeral on seletatav sellega, et miljonid Maakera atmosfääri pisiosakesed pihustavad Päikeselt Maale kulgeva võimsa valgusvoolu miljoneiks peenkiirteks, mis tungivad laiali kõigis suundades. Kõige tugevamini hajuvad sealjuures Päikese valguse sinised ja helesinised kiired, mis annavadki taevale sinise värvuse.

Atmosfäär avaldab tugevat mõju ka meie kliimale. Siberis valitseb talvel mõnikord kuni -60° -ne pakane, suvel aga tõuseb sageli soojus kuni $+30^{\circ}$ -ni. Järelikult muutub temperatuur aasta kestel 90° võrra. See on suurim temperatuuri kõikumine Maakeral. Kui aga Maa ei oleks ümbritsetud õhukihiga, siis kõiguks temperatuur ööpäeva kestel enam kui 200° võrra: päeval valitseks päikese kiirte all suur kuumus (temperatuur tõuseks enam kui $+100^{\circ}$ -le), öösel aga oleks karedaim külm (temperatuur langeks alla -100°).

Õhk etendab Maakeral nagu klaaside ülesannet kasvahoones: ta laseb hästi läbi maapinda soojendavaid päikese kiiri ja peab peaaegu täielikult kinni Maakeralt maailma-ruumi kiirguva soojuse.

Lõpuks, nagu öeldud, olenevad kõik ilma mõistesse mahtuvad nähtused atmosfäärist. Pilvitus, vihm, tuul — kõik need tekivad õhkkonnas ja ilma õhuta ei oleks neid olemas. Kuivõrd mõjuvad on ilmastikunähtused, võib otsustada kas või järgmiste näidete põhjal: kogu Maakeral toimub iga päev üle 4000 äikese, üks väheldane vihmasadu annab üle 5000 pange vett ühele hektaarile, troopikas aga sajab vihmavalingutena ühe minuti jooksul kuni 20 000 pange vett hektaari kohta

Kujutlegem Maakera pilti, kui teda ei ümbritseks õhukiht. Silmipimestavalt hele Päike seisaks pilvitus, tumedas taevas ja põletaks kuivusest lõhkevat maad. Ei tilkagi vihma, ei väiksematki tuulehõngu. Öösel — kohutav külm. Ümberringi — täiesti paljas maa (niiskuse täielikul puudumisel ei saa ju olla mingit taimestikku). Maa oleks surnud kõrb.

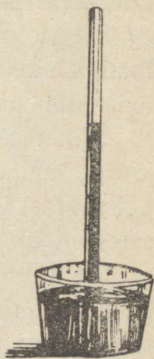
Tänu Maakera atmosfäärile ei ole see nõnda. Sellepärast on meil tähtis tunda õhkkonna omadusi ja uurida atmosfääris toimuvaid nähtusi.

2. Kui palju õhk kaalub?

Kui tahetakse tähendada mingi eseme väikest kaalu, siis öeldakse sageli: „tä on kerge nagu õhk“. See väljendus on kujukaks näiteks märkamatu ja harjumuseks saanud vigade hulgas. Juba muinas-kreeka filosoofid Platon, Aristoteles jt. oletasid, et õhk omab kaalu, kuid nad ei leidnud meetodit selle tõestamiseks, ja arvamus õhu kaalutusest püsis kuni XVII sajandini.

Pidades õhku kaalutuks, ei suutnud möödunud sajandite õpetlased mõista, miks töötab pump ja tõstab vett suurele kõrgusele. Selle seletamiseks kinnitasid nad, et loodus „kartvat tühjust“, ja kui selline tühjus tekkivat, täitvat loodus selle kohe. Juhus aitas avastada selle naljaka seletuse ekslikkust. Jutustatakse, et keegi meister olevat Firenzes ehitanud Toscana hertsogi aegade tarvis pumba, mille kolb asetsenud veepinnast üle 10 meetri kõrgemal. Kuidas ka ei katsutud pumbata, vee saamine ei õnnestunud ometi. Meister pöördunud kuulsa teadlase Galilei poole, paludes seletada ebaõnnestumise põhjust. Galilei olevat sattunud nagu segäduisse ja vastanud, et nähtavasti kartvat loodus tühjust ainult kuni teatava kõrguseni. Juhtum pani Galilei õpilast Torricelli't küsimusse tõsiselt süvenema. Ta korraldas hulga katseid ning selle tulemuseks oli 1643. aastal leiutis, mida praegu tuntakse baromeetrina. See on riist õhurõhu mõõtmiseks.

Torricelli täitis ühest otsast kinnise klaasitoru elavhõbedaga ja asetas selle lahtise otsaga elavhõbedaga täidetud nõusse. Elavhõbe langes torus allapoole, kuid ei voolanud välja (joon. 1). Sellest tegi Torricelli täiesti õige järelduse, et välisõhu raskus



Joon. 1.
Torricelli
toru.

hoiab elavhõbedat torus, rõhudes elavhõbeda lahtisele pinnale nõus sama jõuga, millega rõhub toruski sisalduv elavhõbeda hulk.

Kuid mitme aasta jooksul ei tehtud otsustavat katset, mis oleks lõplikult kinnitanud Torricelli järeldusi.

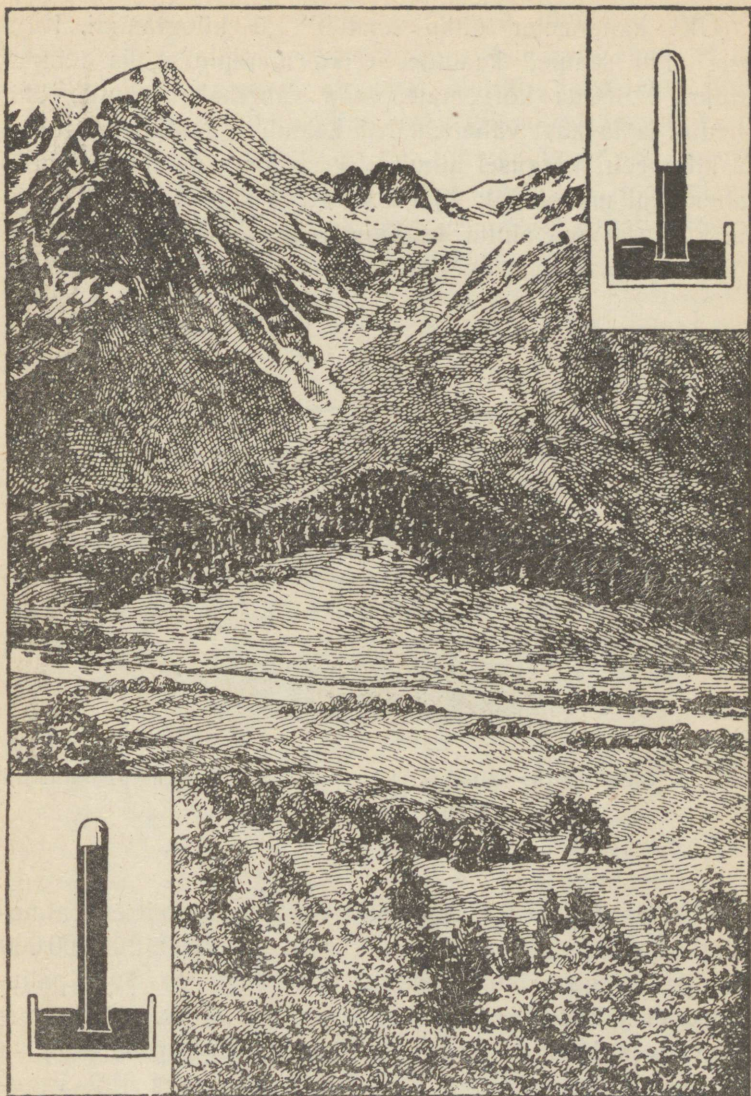
Viimaks, 1647. aastal, asus kuulus prantsuse õpetlane Pascal seda küsimust lõplikult selgitama. Ta pöördus oma sugulase Périer' poole, kes elas Clermont'i linnas Puy de Dôme'i mäe jalal, ja palus toimetada vastavaid vaatlusi. Pascali palve täideti 19. septembril 1648. aastal ja sellest kuupäevast alates on õhu kaal lõplikult kindlaks tehtud.

Périer toimis järgmiselt. Ta valmistas kaks ühesugust Torricelli toru; mõõtis mäe jalal olles elavhõbedasamba kõrguse torudes, jättis ühe toru kohale ja tõusis teisega mäe tippu. 975 meetri kõrgusel mõõtis ta uuesti elavhõbeda kõrguse torus. Selgus, et mäe tipus oli see 8 millimeetri võrra madalam kui mäe jalal. Hämmastunud saadud tulemusest, kordas Périer mitu korda oma mõõtnisi, kuni ta lõplikult oli veendunud nende õigsuses. Mäe jalale jäetud torus püsis elavhõbe kogu aja muutumatul tasemel. Samale kõrgusele jäi peatuma ka elavhõbe ülalt toodud torus.

Seega oli tõestatud, et õhk omab kaalu, mispärast ta madalamais kohtades rõhub tugevama jõuga kui ülal, kus teda jääb pea kohale vähemal hulgal (joon. 2).

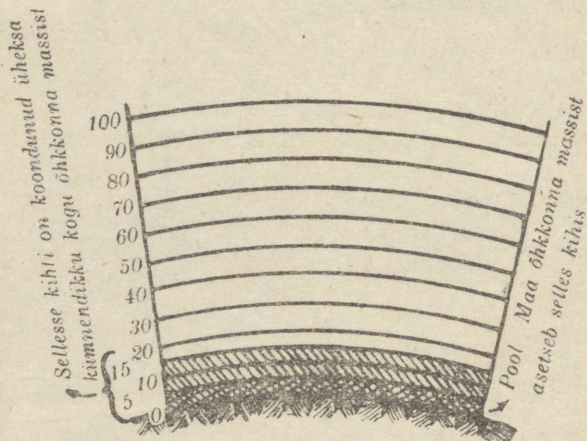
Õhk rõhub Maa pinnale ja sellel asuvatele inimestele jõuga, mis võrdub 10 meetri paksuse veekihi rõhumisega. Sellepärast ei töötanudki Toscana hertsogi pump, mis oli asetatud üle 10 meetri veepinnast kõrgemale.

Me ei märka seda suurt õhu kaalu, sest inimorganism on sellise rõhumisega kohanenud ja tunneb end normaalselt just nendes tingimustes. Tõustes märke või lennukil õhku, tunneb inimene otsekohe õhu raskuse muutumist ja talub seejuures tekkinud rõhu vähenemist ainult teatava piirini, mille ületamisel võib järgneda surm.



Joon. 2. Õhurõhumise erinevus mäe jalal (all) ja tipus (ülal).

Üks kantmeeter õhku kaalub 1,3 kilogrammi. Kuid selle arvu saame, kaaludes õhku merepinnal ja temperatuuril 0°. Mida kõrgemale, seda vähemaks muutub õhu tihedus ja ta kaal väheneb. Nii kaalub 1 kantmeeter õhku 12 kilomeetri kõrgusel ainult 319 grammi, s. o. neli korda vähem kui maapinnal; 25 km kõrgusel kaalub ta 43 g, 40 km kõrgusel aga ainult 4 g (joon. 3), s. o. 325 korda vähem kui maapinnal. Ülal on õhk tugevasti hõrenenud.



Joon. 3. Õhu tihedus erinevail kõrgustel (arvud vasakul näitavad kõrgust kilomeetrites).

Õpetlased on välja arvutanud Maakera ümbritseva atmosfääri kaalu. See osutub võrdseks 5300 000 000 000 000 tonniga. Nagu näeme, kaalub õhk väga ja väga palju. Igaüks ei suuda lugedagi seda arvu. Kui oleks näiteks tarvis vedada Maa õhkkonna raskusega võrdset kaubahulka Moskvast Leningradi ja kui rong koosneks 10 vagunist ning kogu tee kaetaks 10 tunniga, siis kuluks sellise raskuse veoks peaaegu neli miljardit aastat!

Õhurõhumise muutused etendavad ilmastikunähtustes tähtsat osa. Kuid see osa pole siiski otsustav. Seepärast on võimatu ilma ennustada ainuüksi õhurõhu mõõtmise põhjal. Tähendab, ei tule pöörata tähelepanu mõningaile baromeetritel leiduvaile pealkirjadele: „vihm“, „kuiv“ või „torm“. Need pole õiged. Sellega nõustume kohe, kui meenutame eespoolkirjeldatud Périer' katset: baromeeter näitab erinevat rõhku mitte ainult ilmastikust olenevalt, vaid ka vastavalt asukoha kõrgusele. Seda baromeetri omadust kasutatakse laialdaselt lennuasjanduses, kus õhurõhu järgi määratakse lennuki kõrgust.

3. Kuidas õpitakse õhumerd tundma?

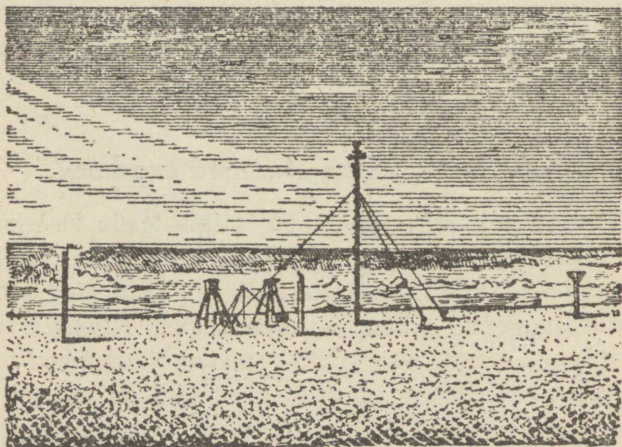
Peale õhurõhumise on väga tähtis teada ka teisi õhu omadusi iseloomustavaid näitajaid: õhu temperatuuri, niiskust, tuule jõudu ja suunda, pilvede hulka ja kuju ning sademena mahalangenud vihma ja lume kogust. Kümneid tuhandeid erijaamu (neid nimetatakse meteoroloogia-jaamadeks) jälgib kogu maakeral pidevalt ilmastikku ja märgib üles ilmade muutumisi (joon. 4). Kõik need andmed saadetakse otsekohe keskustesse ja nende põhjal järeldatakse, missugust ilma on oodata.

Algul tehti meteoroloogilisi vaatlusi vaid maapinna läheduses. Et aga õhk ulatub paljude tuhandete meetrite kõrgusele, siis on kergesti arusaadav, et need vaatlused ei suuda täielikult iseloomustada kogu õhumere seisukorda. Sellepärast püüdsid meteoroloogid juba ammu teateid saada kõrgemaist õhukihtidest. Selleks ehitati jaamu mägedesse. Mõned sellistest jaamadest asetsevad väga kõrgel. Nii asetsevad meteoroloogia-jaamad Kaukasuses Elbruse mäel ja Pamiiris Fedtšenko liustikul ligi 5000 meetri kõrgusel.

Kuid atmosfäärinähtused moonutuvad mägede mõjul. Tähendab, ka nii ei saa saavutada põhisihti, õiget kujutlust

õhumere seisukorrast. Seepärast kasutasid meteoroloogid ka veel teist teed. Nad ehisid hulga mõõteriistu, mis võimaldasid kõrgemate õhukihtide kohta tarvilike teadmiste hankimist vahenditult.

Et teada saada, milline tuul puhub mitmesugustes kõrgustes, lastakse lendu väheldane kummipall, mis on täidetud kerge gaasiga, vesinikuga, nn. pilootpall. Jälgides

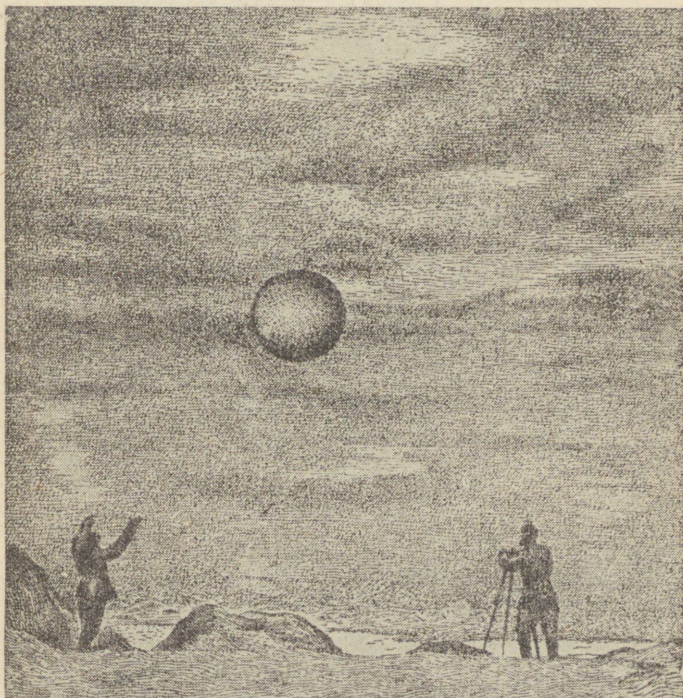


Joon. 4. Meteoroloogia-jaam. Pika posti otsa on kinnitatud tuulelipp, millega mõõdetakse tuule tugevust, kiirust ja suunda. Mesi-puudega sarnanevais kastides asetsevad termomeetrid ja teised mõõteriistad. Paremäl posti otsas olev koonus on sademete-mõõtja; viimase abil mõõdetakse, kui palju on sadanud vihma või lund.

eriliste mõõteriistadega palli liikumist, määratakse kindlaks tuule suund ja kiirus erinevais kõrgustes (joon. 5).

Et saada andmeid ka teiste atmosfäärinähtuste kohta, hakati lendu laskma pilootpallidest suuremaid, langevarjuga varustatud palle. Nende külge riputati mõõteriistad, mis märkisid üles õhu temperatuuri, niiskuse ja õhurõhu. Nii-

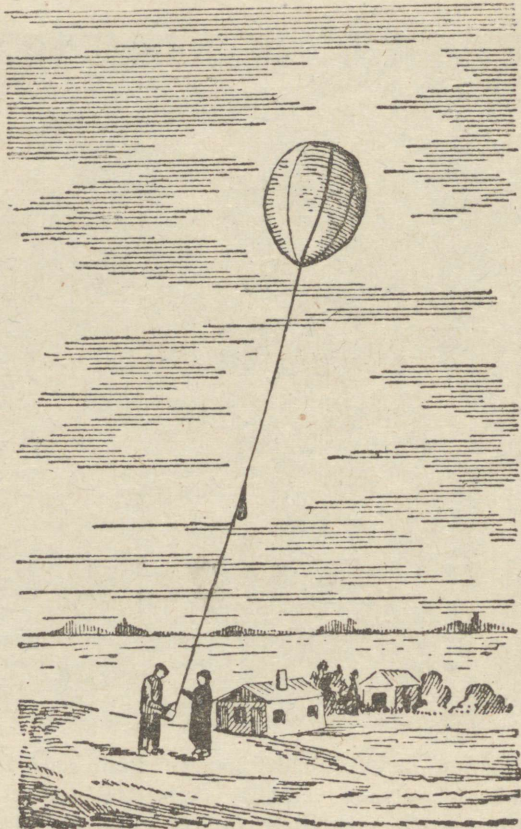
sugune õhupall, tõusnud kõrgusse, lõhkeb lõpuks ja mõõteriist langeb kahjustamatuna langevarjuga maapinnale tagasi. Niisugused nn. sondpallid võimaldavad andmete saamist kuni 40 km kõrguselt (joon. 6).



Joon. 5. Pilootpall on äsja lendu lastud. Palli seisu iga minuti järel kindlaks tehes saab vaatleja (kolmjalal asetseva mõõteriista juures) teada, missugune tuul on erinevais kõrgustes.

Kirjeldatud meetodi miinuseks on see, et mõõteriist kandub tuulega kaugemale ja langeb maa peale tagasi teadmatus, sageli väheasustatud kohas. Mõnikord võib mõõteriist ka täiesti kaduma minna või ta leitakse alles hulk

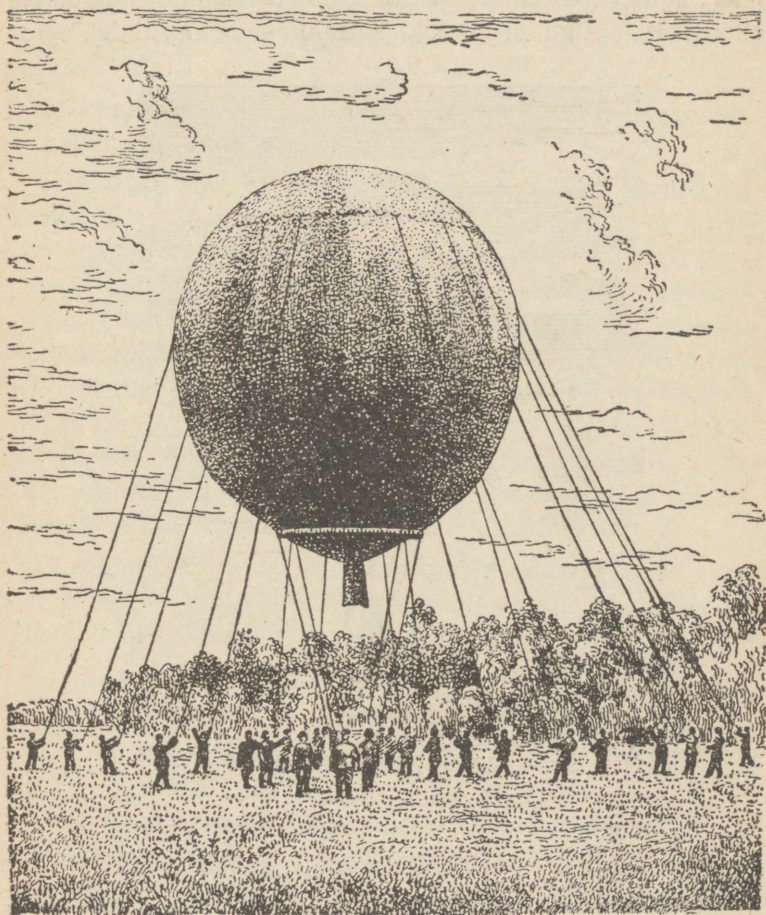
aega hiljem, rikutud üleskirjutustega. Sellest hoidumiseks võtsid teadlased abiks raadiotehnika. Sondpalli külge kinnitati väike raadiosaatja, mis pidevalt saadab signaale



Joon. 6. Sondpalli lendulaskmine.

maakerale. Sellist „raadiosondi“ kasutades saame tarvilikke teateid õhustiku seisukorra kohta otsekohe mõõteriista lennu ajal. Esmakordselt hakati raadiosonde korrapäraselt

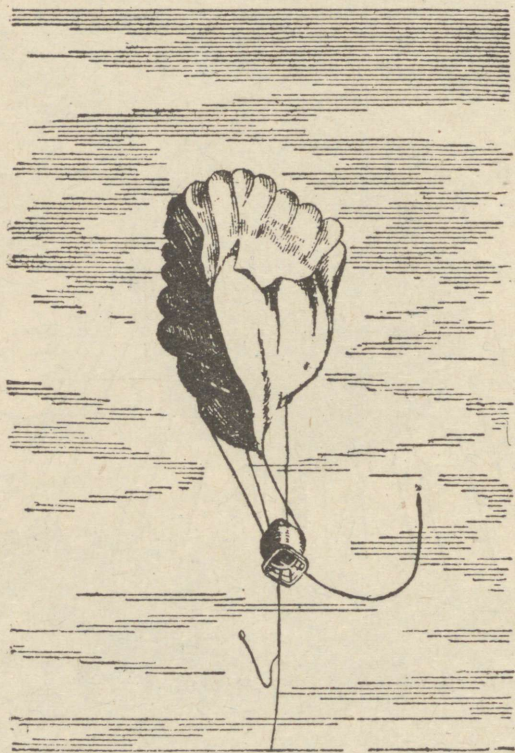
ja suuri hulgi kasutama Nõukogude Liidus käesoleva sajandi kahekümnendail aastail ja nad leidsid meil laialdase leviku.



Joon. 7. Aerostaat enne lendu.

Kõigi loetletud meetodite puuduseks on see, et vaatlusest ei võta osa inimene. Olgu mõõteriist kuidahes hea,

ta on ikkagi võimeline ainult mõningate ilmastikunähtuste mehhaaniliseks ülesmärkimiseks. Seepärast on inimene juba ammu püüdnud ise tungida võimalikult kõrgemale atmosfääri. Algul tehti neid katseid vaid õhupallidel, aero-



Joon. 8. Stratostaat lennul.

staatidel (joon. 7). Kuid lahtises korvis võib vaatleja tõusta võrdlemisi piiratud, 6—7 km kõrguseni.

Lennuasjanduse arenemine võimaldas atmosfääri uurimiseks rakendada lennukaid. Tänapäeval kasutatakse neid

kõikide meteoroloogia-keskjaamade poolt ja saadakse seega väga kiireid üksikasjalisi ja täielikke vaatlusandmeid. Kuid ka lennukil võib tõusta vaid väheldase kõrguseni — 7—8 kilomeetrit — ja ainult üksikjuhtudel küünib see 12—14 kilomeetrini.

Et tungida veelgi kõrgemale, võeti kasutusele täiendatud õhupallid, nn. stratostaadid.

Stratostaat on tohutu suur õhupall, mis on varustatud õhukindla metallist kabiiniga — gondliga (joon. 8). See ja mõningad teised tehnilised seadeldised võimaldavad stratostaadi gondlis olijal teostada vajalikke vaatlusi ilma suuremaid ebamugavusi tundmata, mis on seotud kõrgemaise õhukihtidesse tõusmisega. Suurim kõrgus — 22 066 meetrit — saavutati 11. novembril 1935. aastal Ameerika Ühendriikides A. L. Stevens'i ja O. Anderson'i poolt. See kõrgus on aga siiski võrdlemisi tagasihoidlik, olles palju väiksem sondpallide ja raadiosondide poolt saavutatud kõrgustest.

Praegu töötab teadlasi ja insenere täiuslikumate aparatuuride kallal, mis võimaldaksid inimesel tungida veel suuremate, seni uurimata õhumere kõrgusteni.

4. Millest koosneb atmosfäär?

Ex bibl. univ. T.

Õhk kujutab enesest gaasi. Kas ta on ühtlik või koosneb mitmest osisest? Teame, et inimene ammutab õhust hingamiseks hapnikku. Teame samuti, et taimed tarvitavad süsihappegaasi. Järelikult õhus leidub mõlemaid neid gaase. Kuid uurimised on näidanud, et õhus leidub ka veel mõningaid teisi gaase. Kõige rohkem on õhus lämmastikku (78%), siis hapnikku (21%). Ülejäänud ühe protsendi moodustavad teised gaasid.

Selline õhu koostis on kindlaks tehtud atmosfääri alumistes kihtides. Kas see jääb aga samaseks kogu õhumeres, igas kõrguses?

Iga gaas hoiab atmosfääris alal oma omadusi, ühine mata teistega. Et gaasid oma kaalu poolest aga erinevad (ühed on kergemad, teised raskemad), siis on see põhjustanud paljude õpetlaste arvamuse, et atmosfääri koostis tunduvalt muutub vastavalt kõrgusele. Nende arvates peavad raskemad gaasid asetsema allpool, kergemad aga kõrgemais atmosfäärikihtides. Esimeste hulka kuuluvad lämmastik ja hapnik, teiste hulka vesinik ja heelium. Nii peab meie harilik, madalaim õhukiht, mida võiksime ta koostises lämmastiku ülekaalu tõttu nimetada lämmastikuliseks, muutuma kõrgemais kihtides vesinikuliseks või mõnest muust gaasist koosnevaks.

See võiks olla õige tingimusel, kui suurtes kõrgustes puuduks tugev õhu segunemine.

Oletati, et kõrgemal kui 15—17 km ei toimu segunemist ja sellest kõrgusest algab gaaside kihinemine kaalu järgi. Kuid juba esimene stratostaadi lend lükkas sellised oletused otsustavalt ümber. Kõigis saavutatud kõrgustes (s. o. kuni 22 km) osutus õhu koostis täiesti ühtlaseks ja sarnanevaks õhu koostisega Maa pinnal. See sundis oletama, et gaaside segunemine toimub palju suurema kõrguseni. Kuid seni pole suudetud kindlaks teha õhu koostist suurtes kõrgustes (sadu ja tuhandeid kilomeetreid Maa keralt), sest sealt pole seni saadud otseseid andmeid.

Rääkides atmosfääri koostisest, pidasime seni silmas kuiva õhku. Kuid õhus leidub alati veeauru, mis satub sinna vee aurumisest ookeanide, merede, järvede ja jõgede pinnalt. Veeauru eritavad ka taimed. Veeauru hulk õhus muutub tugevasti — auru peaaegu täielikust puudumisest kuni 4% -lise hulganii õhu mahust. Sel veeauru hulga muutuvusel on otsustav mõju kõigile atmosfääris toimuvaile

ilmastikunähtustele. Nimetatud koguses leidub veeauru 10—17 km kõrgusel. Selle kihi ulatuses tekivadki udu, pilvitus ja vihm, kõik see, mis on seotud veeauru hulga ja omaduste muutumisega.

Me juba tähendasime, et päikesekiired läbistavad kergesti õhu, teda peaaegu soojendamata, ja soojendavad otsekohe maapinda. Kuid selle eest neelab õhk peaaegu täielikult maapinnalt tulevad kiired. Selgub, et nende soojuskiirte kinnipidajaks õhus on just veeaur. Tänu sellele on õhk nagu mingiks jahtumise eest kaitsvaks tekiks, millesse Maa on mähitud. Et aga peaaegu kogu veeaur, mis neelab ja hoiab kinni maapinnalt kiirguvat soojust, asetseb madalamais, 10—17 km-ni ulatuvais kihtides, siis on sellega seletatavgi, et madalamal on soojem, kõrgemale tõustes aga läheb külmemaks.

Kõrgemal, kus puudub veeaur või kus seda leidub tähtsusetul hulgal, temperatuur enam ei alane. Selle nähtuse avastas 1904. a. prantsuse õpetlane Teisserenc de Bort, kes tegi sondpallide lendulaskmisega kindlaks, et teataval kõrgusel lakkab õhu korrapärane temperatuuri alanemine ja edasi jääb see peaaegu ühtlaseks.

Nii eristati atmosfääri madalaim kiht, kus temperatuur ja veeauru hulk muutuvad, kus tekib pilvi ja toimuvad kõik teised ilmastikunähtused. Seda kihti nimetati troposfääriks (kreeka keeles *tropos* — pööre, *sfaira* — kest), kõrgemal asetsevat kihti aga stratosfääriks (ladina keeles *stratus* — kate, kiht, kihiline).

Neid kahte kihti eraldav pind asetseb pooluse ja ekvaatori kohal erineval kõrgusel; samuti erineb see kõrgus talvel ja suvel. Ekvaatori kohal saavutab troposfäär 15—17-kilomeetrise kõrguse, pooluste kohal on aga tema kõrgus 9—11 kilomeetrit.

Stratosfääri vaadeldi kaua kui kihti, kus ei esine mingisuguseid tunduvaid temperatuuri kõikumisi ja kus ei ole

tuult. Kuid viimaste aastate vaatlused on näidanud nende kujutluste ekslikkust. Edaspidine andmete kogumine ja kõrgemate kihtide tundmaõppimine muudab arvatavasti veelgi enam meie kujutlust stratosfääri kohta.

Stratosfäär ulatub umbes 80 kilomeetri kõrguseni. Veel kõrgemal algab uus kiht, mida nimetatakse ionosfääriks.

Viimase juures peatume veidi hiljem. Praegu aga peame meeles pidama, et kuigi ilmastikunähtused toimuvad troposfääris, on ilmastik seotud õhumerega kogu tema sügavuses.

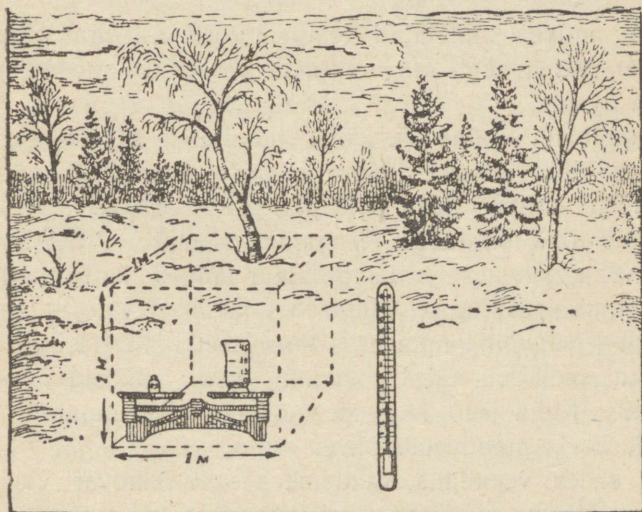
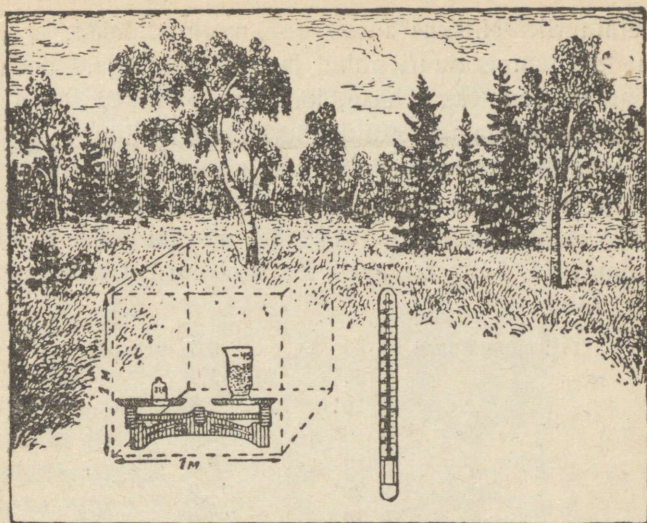
5. Kuidas tekivad pilved ja miks sajab vihma?

Kõik me teame, kuivõrd muutlik ja tujukas on ilm. Kord püsivad kuivad ja selged ilmad, kord aga sajab mõned ööpäevad järjest, ja näib, et sellele ei tulegi lõppu. Mõnikord vaheldub ilm mitu korda päevas.

Mis põhjustab kõiki selliseid ilma muutusi? Missugusel juhul sajab vihma? Kust tekivad õhku sellised suured veekogumid? Kuidas nad õhus püsivad? Proovime lendavast lennukist välja valada pange vett. Vesi ei jää õhku püsima sekundikski. Kuidas püsib siis tuhandeid pangesid vett pilvedes?

Me juba tähendasime, et õhus on alati veeauru. Kui küsida kelleltki, kas ta on näinud veeauru, siis vastatakse kõige sagedamini jaatavalt ja nimetatakse udu ja pilvi. See pole õige. Veeaur on õhus nähtamatu. See, mida me näeme uduna või pilvena, osutub üliväikesteks veepiiskadeks.

Veeaur satub õhku, nagu tähendatud, vee aurumisel merede, järvede, jõgede ja maa pinnalt ning taimestikult. See aurumine toimub mitte ainult keemisel või kõrgel



Joon. 9. Suvel on $+30^{\circ}$ -sel temperatuuril ühes kantmeetrise õhus 31 g vett (parempoolne kaalutaldrik ülemisel pildil), talvel aga, -30° -sel temperatuuril, 0,5 g vett (parempoolne kaalutaldrik alumisel pildil).

temperatuuril. Niiskus aurub ehk, nagu öeldakse, „kuivab“ ka madala temperatuuri puhul ja isegi külmaga. Seda teavad perenaised väga hästi, kui nad panevad talvel pesu külma kätte kuivama. Kuid kõrgel temperatuuril ja kuivas õhus toimub aurumine palju kiiremini. Seega, mida kõrgem on õhu temperatuur, seda suuremal hulgal võib seal püsida veeauru (joon. 9). Veeauru suurim hulk, mis jääb 1 kantmeetris õhus erinevail temperatuuridel nähtamatuks, on järgmine :

Temperatuuril	— 30°	. . . . .	0,5	grammi
”	— 20°	. . . . .	1,0	”
”	— 10°	. . . . .	2,5	”
”	— 0°	. . . . .	5,0	”
”	+ 10°	. . . . .	9,5	”
”	+ 20°	. . . . .	17,0	”
”	+ 30°	. . . . .	31,0	”

Kui mõnel nimetatud temperatuuril on õhus veeauru rohkem, siis hakkab see muutuma piiskadeks, moodustades pilvi või udu.

Kujutleme endile järgmist juhtumit: 20°-sel soojusel sisaldab õhk teatava hulga veeauru, ütleme 15 grammi kantmeetri kohta. Seda pole just palju, sest 20°-sel soojusel võib õhk sisaldada 17 grammi veeauru. Oletame, et sama õhk jahenes ja temperatuur langes kuni + 10°-ni. Mis juhtub veeauruga? Silmitsedes tabelit näeme, et temperatuuril + 10° võib kantmeetris õhus püsida ainult 9,5 grammi veeauru; meil on aga 15 grammi, s. o. 5,5 grammi võrra rohkem. Kuhu jääb siis see ülejääk? See muutub veepiiskadeks ja moodustab pilve.

Et selles veenduda, vaatleme keevat samovari või teekannu. Näeme, et otse samovari kaane või teekannu tila juures on õhk läbipaistev, „aur“ tekib valge pilvena alles veidi eemal teekannust (joon. 10). Asetame käe otse teekannu tila juurde, sinna, kus pilvekest veel ei ole. Me

tunneme otsekohe tugevat põletust ja käsi muutub niiskeks: temale laskub veepiisku.

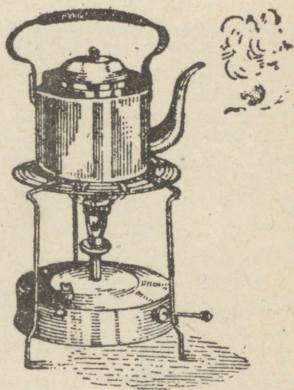
Asetame nüüd käe valge pilvekese juurde. Ka siin laskub käele veepiisku, kuid põletus on hulga nõrgem.

Mis siin siis toimus? Esimesel korral aetasime käe veeauru joasse kuumenenud õhus, s. o. sinna, kus auru hulk ei olnud piisav, et küllastada õhku, ja aur jäi nähtamatuks. Kui aga aurujuga käe tõttu jahtus, siis laskus vesi piiskadena otsekohe käele. Teekannust kaugemal on jahedam kui otse tila juures, mistõttu oli ka põletus nõrgem. Kuid see tõttu oli ka veeaur siin juba tilkadeks muutunud ja pilvekesena nähtav. Õhu jahenemise tõttu moodustuvad pilved ka looduses.

Et sellest paremini aru saada, meenutagem ilma kuumal suvepäeval. Sellisel päeval on hommikul taevast selge. Päike soojendab tugevasti ja aegamööda muutub ikka palavamaks. Keskpäeva paiku tekib taevasse üksikuid väikesi pilvi; need suurenevad järk-järgult, muutuvad tihedamaks, kuid jäävad siiski üksikuiks tükkideks, „rünkadeks“, mis pärast neid nimetatakse rünpilvedeks. Õhtu poole hakkavad pilved allapoole laskuma, laiuli valguma ja kaovad pärast Päikese loojumist täielikult: pea kohal sätendab tuhandeid tähti.

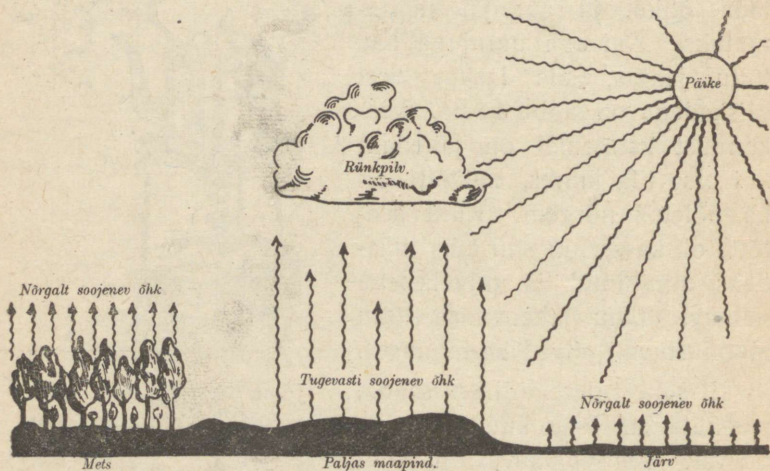
Kuid miks tekkis pilvi üksikute rünkadena ja ainult päeval ja miks nad ööseks kadusid?

Selle põhjuseks on maapinna kuumenemine Päikesest. Mitmesugused maapinna osad soojenevad erinevalt. Küntud



Joon. 10. Nähtava pilvekese tekkimine vee keemisel teekannus.

maapind kuumeneb enam kui taimestikuga kaetud maa; mets ja vesi kuumenevad vähem (joon. 11). Kui Päike soojendas väga tugevasti, siis enam kuumenenud maapinnalade kohal kuumenes ka õhk rohkem kui naaberalade kohal ja hakkas ülespoole, kõrgemale tõusma. Nii tõusevad õhusad suure kõrguseni, kaks ja enam kilomeetrit. Selles



Joon. 11. Rünkpilve tekkimine sooja suvise ilmaga.

kõrguses on õhk, nagu öeldud, tunduvalt jahedam ja kerkivad õhusad jahenevad seal tugevasti; osa neis sisalduvat veeauru koguneb ülipeenteks veepiiskadeks, mida me näeme pilvena (joon. 12). Õhtuks õhu soojenemine ja tõus lakkavad, ning all algab õhu jahenemine ööseks tugevasti jahtunud maapinna tõttu. Kõrgele tõusnud õhusad langevad allapoole ja soojenevad uuesti; sealjuures muutub vesi jällegi nähtamatuks veeauruks, pilved kaovad.

Mõnikord kuumal päeval kerkivad suured kuumenenud õhusad väga kõrgele, mitme kilomeetrini. Sel juhul tekib

kõrgeid ja tumedaid pilvi, mis katavad sageli taeva üleni. Õhk tundub siis lämmatavana, „hauduvana“. Lõpuks algab tugev vihmavaling, mis aga kiiresti möödub. Seejärel tekib pilvedesse otsekohe lõhesid, hakkab paistma sinitaevast, lõhed pilvedes suurenevad, pilved hajuvad ja kaovad õhtuks täiesti; öösel läheb jälle selgeks.

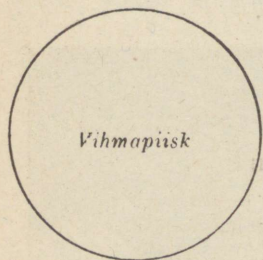


Joon. 12. Rünkpilved („ilusa ilma pilved“) sooja suvise ilmaga.

Mõlema näite puhul on nähtused ja nende põhjused samad. Esimesel juhul toimus kõik nõrgemalt, teisel juhul oli protsess tugevam.

Õeldust võib järeldada, et nii pilvi kui ka vihma põhjustasid õhu tõus kõrgemale ja sealne õhu jahenemine. Nii see ka tegelikult on. Miks aga siiski iga kord vihma ei saja, kui taevas on näha pilvi, isegi väga võimsaid ja tihedaid?

See oleneb pilvituse omadustest. Kui jahutada õhku, milles on palju, kuid täiesti puhast veeauru, siis ei põhjusta see veel pilve või udu tekkimist, vaatamata sellele, et õhk on jahutatud allapoole seda temperatuuri, milles aur peaks muutuma veepiiskadeks. Kui aga korrata seda



Vihmapiisk

Pilvepiisk



Joon. 13. Vihma- ja pilvepiisa võrdlev suurüs (tugevasti suurendatult).

katset, paisates samasse õhku peent tolmu või suitsu, siis tekib väga kiiresti pilv või udu. Asi on selles, et veepiiskade tekkimiseks veeaurust on vajalik, et õhus oleks väga peeni kõvu osakesi. Nendele kogunebki vesi. Maa atmosfääris on alati suur hulk tolmu, soola mere piiskadest, suitsu ja teisi osakesi. Iga selline osake kogub enese peale hulga vett, 20—40 korda enam kui ta enda ruumala. Ja siiski on pilvepiisk väga väike; ta on vihmapiisast mitusada korda väiksem (joon. 13).

Kuidas ja kunas tekib õhus suuri vihmapiisku, selliseid, nagu näeme neid vihmavalingu ajal? Algul arvati, et need tekivad mitme pisipiisa liitumisest. Kuid arvutamine näitas, et vihmavalingu piiskade tekkimiseks sel viisil kuluks mitu ööpäeva; me teame aga, et tegelikult möödub vihmapiilve tekkimisest kuni sajuni mitte üle kahe tunni.

Küsimuse lahendas norra õpetlane Bergeron. Ta tõestas, et vihmasadu toimub vaid siis, kui õhus on samaaegselt nii jääkristalle kui ka veepiisku, s. o. siis, kui toimub veepiiskade tekkimine sel kõrgusel, kus temperatuur on alla nulli.

Tuletame meelde, kuidas harilikult suvine vihmasadu algab. Tekib võimas rünpilv. Ta on juba kasvanud

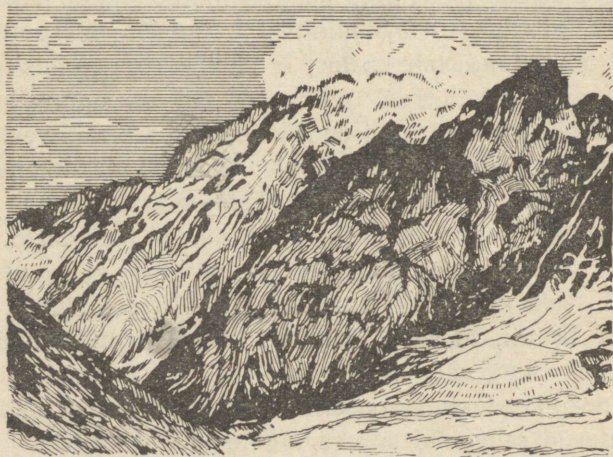
tohtu mäe taoliseks, kuid ei anna siiski veel vihma. Kuid pilve tipp tõuseb ikka kõrgemale ja kattub nagu looriga, muutub vähem teravaks. See tähendab, et pilv on saavutanud kihi, kus temperatuur on alla nulli ja pilve tipp on külmunud; seal muutuvad pilvepiisad jääkristallideks. Ja varsti pärast seda algab vihmavaling.

Veepiiskade laskumine jääkristallidele toimub ülikiiresti. Selleks piisab 10—20 minutist. Sealjuures suurenevad jääkristallid tunduvalt kaalus, ei suuda enam õhus püsida ja langevad alla. Teel põrkavad nad ettesattuvaile veepiiskadele, koguvad neid endi peale, suurenevad veel enam ja lendavad kiiremini allapoole. Kui all on temperatuur küllalt kõrge, siis tõuseb piisa temperatuur tema lange-
mise vältel ja vesi sulatab aegamööda jääkristalli. Siis langeb maapinnale tükikese jää asemel suur veepiisk. Talvel seda ei juhtu ja maapinnale langeb lund. Kuid juhtub ka nii, et suvel jäätükikesed ei suuda õhus ära sulada ja langevad maapinnale rahena. Sagedamini on rahe peenike, tekitamata erilist kahju. Kuid harukordadel saavutavad raheterad suured mõõtmed. Nii kaalusid 1926. aastal Odessas üksikud raheterad kuni 300 grammi. Selline rahe tekitab suuri kahjustusi, purustab külvi, hävitab karja ja lööb läbi katuste.

Mõnikord saadab vihmavalingut äike: sähvatab välk ja kärgatab kõu. Nende nähtuste põhjus seisneb selles, et üksikud pilvepiisad omandavad erinevad elektrilaengud, mis kogunevad mitmesugustesse pilveosadesse. Need laengud hüppavad sädemetena (välkudena) aeg-ajalt läbi õhu ühelt pilvelt teisele või pilvelt maapinnale. Me kuuleme selle läbihüppava sädeme raksatust, mis tekitab kaja ja kostab seetõttu tükk aega — „müristab“. See ongi äike. (Sellest jutustatakse I. S. Stekolnikovi raamatus „Välk ja kõu“.)

6. Miks tekivad kestvad sajud ja kuidas muutub ilm?

Jutustades sellest, kuidas tekivad pilved ja miks sajab vihma, vaatlesime suviseid, lühikesi, kiiresti mööduvaid vihmasadusid. Kuid teame, et on vihmasadusid, mis kestavad katkestamatult mitu päeva. Kuidas siis need tekivad?



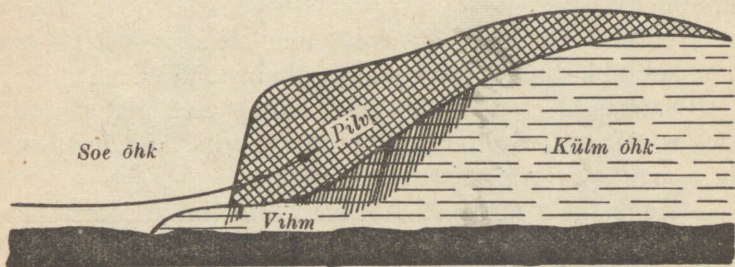
Joon. 14. Pilve tekkimine mäe kohal.

Et selles selgust saada, vaatame joonist 14, millel on kujutatud mägilastele hästi tuntud pilt, kus mäeveerul on pilv ja sajab vihma, samal ajal kui ümberkaudu on selge. Pilv on siin tekkinud sellest, et õhk tõusis mäeveeru mööda üles ja jahenes ning õhus olev veeaur tihenes pilvepiiskadeks. See õhu märke-tõus kestab väga kaua ja sel juhul on vihmasadu kestev.

Kuid miks sajab pikaajaliselt lausmaal või merel, kus pole mingeid mägesid? Näeme ju seda sageli ka tasastel kohtadel. Kas vihmasadu on tekkinud siin teisiti? Võib-olla pole siin vajalik õhu kõrgemaletõus ja jahenemine.

Ei, osutub, et ka nendes kohtades tekib vihm samuti, nagu varem seletatud. Ka siin tõuseb soe õhk üles, nagu mäe-veerugi mööda, kuid siin etendab mäe ülesannet maapinnale lähemal asetseva külma, raske ja tiheda õhu kiil. Seda kiilu mööda ülestungiv soe õhk jahtub ikka enam, veeaur muutub seal veepiiskadeks, kujunevad pilved ja lõpuks, kui õhk on tõusnud küllalt kõrgele, algab vihm sadu (joon. 15).

Rääkisime juba, et Maa erinevate osade soojenemine toimub eri viisil: kuiv maapind kuumeneb kiiremini, kuid



Joon. 15. Pilvede ja saju tekkimine külmade ja soojade õhumas-
side vahelisel pinnal.

ka jahtub kiiremini, vesi soojeneb väga aeglaselt, kuid jahtub samuti pikkamisi; mets ja stepid kuumenevad vähem kui kuiv, paljas maapind jne.

Aga maapinna soojenemine oleneb peamiselt sellest, kuidas langevad päikesekiired: mida otsemalt langeb kiir, seda tugevamini soojendab ta Maad. Keskpäeval on alati kuumem kui hommikuti ja õhtuti. Ekvaatoril, kus Päike on päeval aasta läbi pea kohal, on palju kuumem kui polaarmaades, kus Päike tõuseb vaevalt üle horisondi.

Erinevalt kuumenenud maapinnaosad soojendavad ka nende kohal olevat õhku erinevalt. Põhjas on õhk külmem, troopikas ja ekvaatoril soojem. Maismaa kohal on suvel soojem kui vee kohal, talvel aga jahedam.

Kuid maapinnalt satub õhku mitte ainult soojust. Kuiva kõrve kohal ei püsi õhk puhas temasse maapinnalt sattuva tolmu ja liiva tõttu; mere või järve kohal olevasse õhku satub veepinnalt auruv vesi. Nõnda omandavad mitmesugused atmosfääriosad, asetsedes erineva maapinna kohal, ka erinevaid omadusi. Suvel on mere kohal õhk alati puhtam ja rõskem kui väga kuumenenud maismaa kohal. Esimest nimetataksegi mereõhuks. Maismaa (kontinendi) kohal on õhk suvel kuiv ja väga tolmune. Seda õhku nimetatakse kontinentaalseks.

Selliseid üksikuid, teatavate kindlate omadustega õhu- „tükke“ ehk -osaid nimetatakse õhumassideks.

Õhumassid ei püsi alati ühel kohal, vaid liiguvad väga suures ulatuses. See on tingitud nende erinevaist omadustest ja esmajoones erinevast temperatuurist.

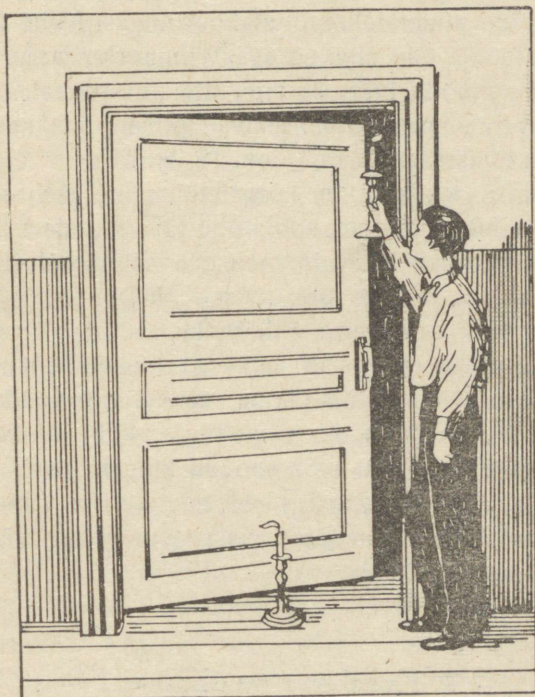
Meenutagem järgmist. Kui me talvel teeme soojast toast õue viiva ukse lahti, siis tunneme kohe, et tupp tungib välist, külma õhku. See õhk liigub põrandat mööda, kuna ukse kohalt ülalt läheb soe õhk toast välja. Selles on kerge veenduda, kui paneme ukse juurde kaks küünalt: ühe alla, ukse lävele, ja teise üles (joon. 16). All asetseva küünla leek kaldub tupp, see näitab siin külma õhu liikumist õuest toa sisemusse, ülemise küünla tuli aga kaldub toast välja: seal läheb soojenenud õhk toast õue.

Sama toimub ka maapinnal. Külma õhk kui raskem püüab alati asuda allapoole, surudes kergemat, soojemat õhku ülespoole; soe õhk on sunnitud tõusma kõrgemale ja asetuma külma õhu peale. Õhumasside liikumist maapinnal tunnemeги tuulena.

Liikuv õhumass hoiab küllalt kaua alal oma omadusi, mis muutuvad aeglaselt ja järk-järgult.

Kujutleme nüüd, et suvel asetses meie kohal mitu päeva üks õhumass. See kuumenes tugevasti, muutus tolmuseks, ja järjekult on meil kuiv, kuum, vähe läbipaistev õhk. Siis

aga eemaldus see õhumass ja selle asemele tuli uus, ütleme, meie põhjameredelt. See õhumass on läbi teinud pika teekonna külmade merede kohal ja on muutunud ise sealjuures külmaks, röskeks ja puhtaks, sest mere kohal pole



Joon. 16. Külm õhk kallutab all küünlaleegi sooja ruumi, soe õhk aga pöörab ülal leegi väljapoole.

tolmu. See muudab tugevasti ilma. Kuuma, kuiva ilma asemele saabub jahe ja niiske ilm, õhk on väga läbipaistev.

Selliseid nähtusi märkame sageli kevadel. Sel puhul öösiti tavaliselt külmetab. See näitab, et meile on saabunud põhjast külm õhk.

Tähendab, ilma ja tema seisukorra muutumine oleneb sellest, missugune õhumass parajasti meie kohal asetseb ja milline teda asendab.

Kui kohtuvad kaks õhumassi, külm ja soe, siis nad ei segune teineteisega. Nende vahele jääb kauaks ajaks terav piirjoon, mida nimetatakse õhulahu-pinnaks. Külm õhk tungib kiiluna sooja õhu alla, surudes viimase välja, ja soe õhk tõuseb kiilu mööda üles. Ja siin, õhulahu-pinnal, toimubki kõige teravam ilma muutus: tekivad pilved, hakkab sadama pikaajalist, maismaa-vihma (joon. 15, lk. 29).

Kuid miks tekitab õhu kõrgeletõusmine suvisel päeval lühiajalisi vihmavalinguid, sooja õhu tõus mööda külma õhu kiilu aga põhjustab kestvaid maismaa vihmasadusid? See oleneb kiirusest, millega õhk tõuseb ühel ja teisel juhul, ja sellest, kui suur on tõusva õhu hulk.

Kuumal päeval tõusevad väikesed ülekuumenenud õhukogused kiiresti üles ning vihma sajab ainult nendest. See pärast algab sadu äkki, on väga tugev, kuid lühike.

Kui aga külma õhu kiilu mööda kulgeb üles sooja õhu suuri masse, siis tõusevad need aeglaselt ja vihma sajab mitme tunni kestel, sest sooja massi tõus kestab väga kaua ja haarab suurt ruumala.

7. Kui sügav on õhumeri?

Äsja vaatlesime õhkkonna madalaimas kihis, troposfääris esinevaid tähtsamaid nähtusi. Nüüd asume kõrgemate kihtide, stratosfääri ja ionosfääri juurde. Need huvitavad meid mitte ainult sellepärast, et on tarvilik tundma õppida Maa õhkkonda tervikuna (muidu ei suuda me täielikult mõista kõiki temas esinevaid nähtusi), vaid ka sellepärast, et just nendes kõrgustes teostatakse juba lähemas tulevikus ülikiireid lende.

Seni on meteoroloogilised mõõteriistad ulatunud Maa õhkonnas vähese kõrguseni, ainult kuni 40 kilomeetrit, ning meie käsutuses olevad otsesed andmed atmosfääri seisukorra kohta piirduvad selle kihiga. Kuid meil on teisi meetodeid, mis võimaldavad teha mõningaid järeldusi atmosfääri kõrgemate kihtide seisukorra kohta, olgugi et need järeldused jäävad tundub osas oletusteks.

Juba ammu märgati heledaid, nn. pärlmutter-pilvi. Nende kõrgus ulatub kolmekümne kilomeetrit, s. o. nad asetsevad stratosfääris. Pärlmutter-pilvede värvirikkus ja valgusnähtused neis põhjustavad arvamust, nagu koosneksid nad ülijahutatud veepiiskadest ja jääkristallidest, s. o. nad sarnanevad oma ehituselt meie tavaliste pilvedega troposfäärist. Seega tuleb tunnistada, et veeauru tihenemine piiskadeks toimub ka sellistes suurtes kõrgustes. Kuid siit järgneb, et ka selles kõrguses toimub õhu tõus kõrgemale, nagu all troposfääriski, sest ainult sel teel võib saavutada auru jahenemist, mis oleks küllaldane veepilvede tekkimiseks.

1885. aastal saadi uusi andmeid veel kõrgemate kihtide kohta. Sel aastal nähti suures kõrguses „helkivaid ööpilvi“, väga heledaid, peeni, läbipaistvaid ja kiirelt liikuvaid pilvi. Samal aastal läks korda mõõta nende kõrgust. See oli 70—80 kilomeetrit Maa pinnast; pilvede liikumise kiirus aga ulatus kuni 100 meetrit sekundis. Samal ajal seletati ka nende tekkimise põhjust. Juba 1883. aastal toimus tugev purse Krakatau vulkaanist (Sunda väinas Jaava ja Sumatra saare vahel), millega kaasnes tugev plahvatus, paisates vulkaanilist tolmu ja veeauru suurde kõrgusse. Mitme aasta kestel pärast Krakatau tulepurset nähti maakeras suuremas osas väga heledat ja värvirikast hämarikuvalgust. Seda seletati asjaoluga, et atmosfääris leidis tol ajal vulkaanist väljapaisatud tuhka. Sama tuha olemasoluga seletati ka helkivaid pilvi.

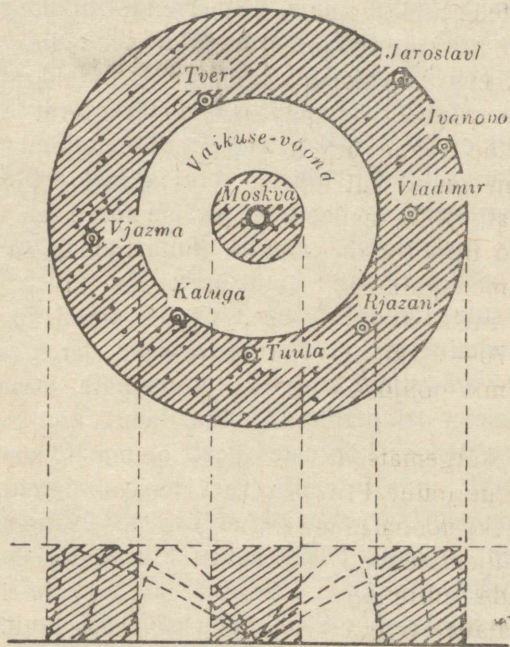
Kuid järgnevail aastail nähti veel korduvalt helkivaid

pilvi ja juba teistel tingimustel. Selliseid pilvi nähti näiteks pärast kuulsa Tunguska meteoriidi langemist 1908. aastal. Helkivate pilvede tekkimine neil juhtudel laskis oletada, et nad tekivad tänu kõige peenematele vulkaanilistele või kosmilistele (s. o. maailmaruumist meile sattuvaile) tolmu-kübemekestele, mida valgustab Päike.

Kui aga hakati öist taevast tähelepanelikumalt vaatlema, siis selgus, et helkivaid pilvi ilmub igal aastal ja sageli püsivad nad päevade kaupa taevas. Nüüd on kogunenud nende pilvede kohta suur hulk vaatlusandmeid, kuigi pole enam ammu olnud uut tugevat vulkaanilist tegevust. See pärast oletati, et ka helkivad pilved koosnevad veeaurust, nagu pilved troposfääris ja pärlmutter-pilvedki. See muudab veel enam meie kujutlust kõrgemate atmosfäärikihtide kohta. Tähendab, niiskust, kuigi tühistes kogustes, leidub atmosfääris ka 70—80 kilomeetri kõrgusel. Ka siin toimub õhuvool üles, mis põhjustab õhu jahenemist ja pilvede tekkimist.

Teiseks kõrgemate atmosfäärikihtide uurimise meetodiks on heliline uurimine. Professor V. I. Vitkevitsš uuris suur-tükiväe laskemoonaladude plahvatusi Moskvas 9. mail 1920. a. (hiljem tekitati plahvatusi just atmosfääri kõrgemate kihtide uurimise otstarbel). Ilmnes, et algul on heli kuuldav teatavas vööndis plahvatuse läheduses, edasi kaob kuu'davus ja siis muutub heli jälle hästi kuuldavaks. Moskva plahvatuse puhul märgati normaalset kuuldavust 60-kilomeetrises vööndis, edasi järgnes ligi 100 kilomeetri laiune vaikuse-vöönd ja siis ilmnis uuesti plahvatuse kuuldavus (joon. 17). Püüdes seda nähtust selétada tulid õpetlased väga huvitavaile järeldustele. Osutus, et selline heli levimine on võimalik vaid selle peegeldumisel kõrgemalt õhukihtidelt. Oletatakse, et peegeldumine (ehk täpsemalt helikiire kõverdumine allapoole) toimub 40—60 kilomeetri kõrgusel. Kuid sealjuures peab õhu temperatuur muutuma kõrgusele vas-

tavalt umbes järgmiselt: 10—25 kilomeetri kõrgusel peab olema -35° , 30 km kõrgusel -50° (seda kinnitavad vaatlused), kuid 40 km kõrgusel peab temperatuur tõusma kuni $+15^{\circ}$ -ni ja 50 km kõrgusel isegi kuni $+65^{\circ}$ -ni!



Joon. 17. Helilainete levimine suurtüki laskemoona ladude plahvatusel Moskvast 1920. a.

Kuigi nimetatud suurtel kõrgustel ei ole veel temperatuuri mõõdetud ja selle suurus on kindlaks tegemata, kuid nii või teisiti, heli peegeldus tõendab kahtlematult tiheda atmosfääri olemasolu 40—60 kilomeetri kõrgusel.

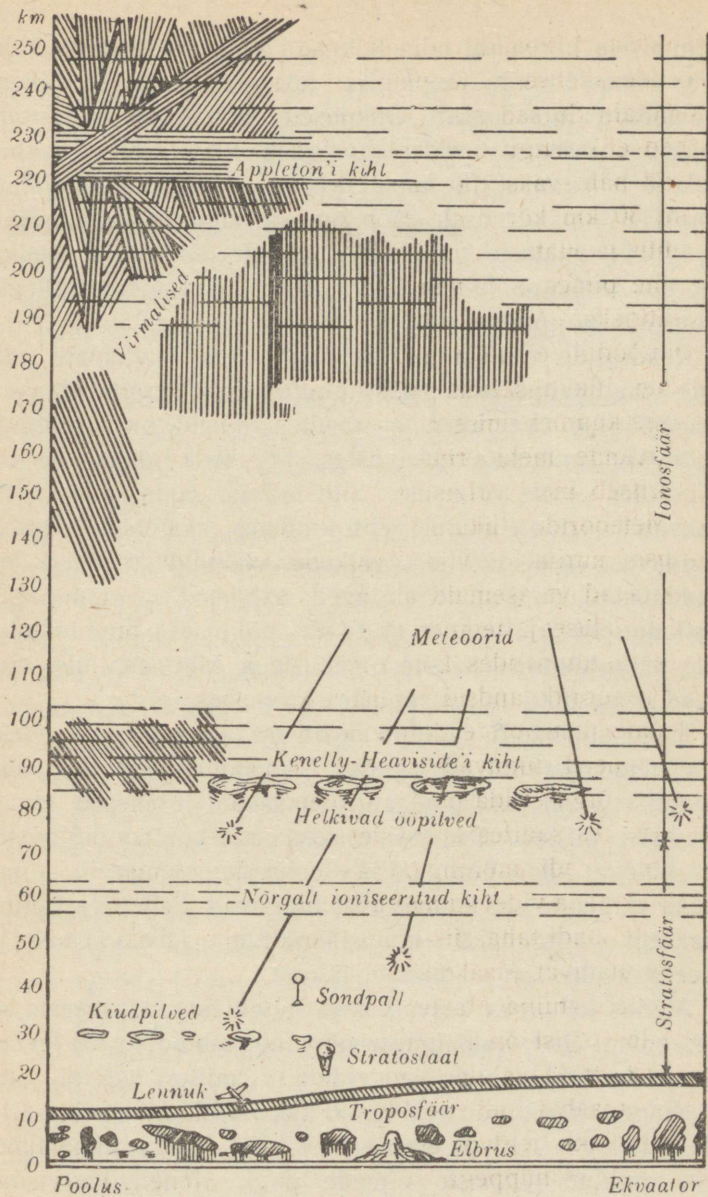
Atmosfääri omaduste ja tiheduse üle otsustamiseks suurtes kõrgustes kasutati ammu juba „lendtähti“. Need on

väheldased kehad, mis satuvad Maakera atmosfääri planeetidevahelisest ruumist ja tekitavad mõnikord terveid „lendtähtede sadusid“. Õpetlased tegid kindlaks, et lendtähed ehk, nagu neid teisiti nimetatakse, meteorid muutuvad nähtavaks 130 kuni 80 km kõrgusel ja kaovad 100 kuni 30 km kõrgusel (joon. 18). Nende liikumiskiirus on tohutu ja ulatub kuni 70 kilomeetrini sekundis. Mõnikord näeme pimestavalt heledaid „lendtähti“. Neid nimetatakse boliitideks. Meteoride suurus on iseenesest tähtsusetu: läbimõeldult ei ületa nad tavaliselt ühte millimeetrit. Kuid tohutu liikumiskiirus põhjustab õhu ja meteoori keha väga tugeva kuumenemise ning meteoor ise aurab ära. See, mida me näeme meteorina, osutub kuumenenud gaasiks, mis ümbritseb meteoori nagu „mütsiga“.

Meteoride liikumiskiiruse, nende massi ja aurumise kiiruse uurimine viis väga huvitavate järeldusteni, mis kinnitavad varasemaid andmeid kõrgemate atmosfäärikihtide tiheduse ja temperatuuri kohta. Leidis kinnitust, et õhu temperatuur nendes kõrgustes peab olema ligemale $+30^{\circ}$.

Meteorid andsid meile veel teisi andmeid. Paljude heledate meteoride poolt jäetud jälgede vaatlemine avastas, et need liiguvad edasi suure kiirusega 30—80 kilomeetri kõrgusel ida poole, kõrgemal lääne poole. Nii leiame ka sellistes suurtes kõrgustes väga tugevaid tuuli.

Veel saadi mõningaid andmeid kõrgemate atmosfäärikihtide kohta videvikunähtuse uurimisel. Kui õhtul Päike lasub horisondi taha, siis ta kiired valgustavad veel suurde kõrgusse ulatuvat Maakera atmosfääri, ja need kiired satuvad õhus hajutatuina Maale. Videviku kestuse järgi pärast Päikese loojumist on kerge arvutada Maakera atmosfääri kihi kõrgust, mida valgustavad päikesekiired. Juba XIII sajandil püüdis araabia õpetlane Alhazen nii mõõta õhukihi kõrgust. On kindlaks tehtud, et videvikuvalgus väheneb ebahühtlaselt, kolme hüppega. Esimene staadium vastab Päikese



Joon. 18. Maakera õhkkonna ehitus.

laskumisele horisoni taha 8 kraadi võrra. See annab hajutava atmosfäärikihi keskmise kõrguse üksteistkümmend kilomeetrit, mis vastab keskmisele troposfääri kõrgusele. Järgmine märgatav videvikuvalguse vähenemine saabub Päikese laskumisel 18 kraadi võrra, mis vastab hajutava atmosfäärikihi kõrgusele 80 kilomeetri ulatuses (stratosfäär). Ja lõpuks viimaste valgustuse jälgede kadumine saabub siis, kui loojunud Päike ei valgusta enam atmosfääri 200 kilomeetri kõrguseni.

Raadioside arenemine võimaldas väga huvitavate nähtuste tundmaõppimist, mis puutuvad otseselt Maakera atmosfäärisse. Veenduti, et raadiosignaalid on kuuldavad tunduvalt suuremais kaugustes, kui seda võiks oodata, arvestades nende võimsust. Siin toimub sama, mis juhtus plahvatuse lainete puhul: tehti kindlaks raadiolainete otsese kuuldavuse vööndid, siis vaikuse vööndid ja uued hea kuuldavuse vööndid. Kõik need nähtused on tänapäeval hästi uuritud ja näitasid, et nende põhjuseks on raadiolainete peegeldumine eriliste omadustega kihtides, mis asetsevad atmosfääri mitmesugustes kõrgustes.

Kogu atmosfäär sisaldab positiivse ja negatiivse elektriga laetud osakesi, nn. ioone. Madalamais kihtides suure rõhumise all ei suuda negatiivselt laetud osakesed tavaliselt kaua püsida. See-eest muutub aga suurtes kõrgustes, kus õhk on väga hõre, selliste osakeste olemasolu võimalikuks ja nende arv kasvab seal tunduvalt. Sellepärast nimetataksegi kõrgemaid atmosfäärikihte *ionosfääriks* (kreeka keeles *ion* — ekslev, liikuv).

Mõnes kõrguses kasvab negatiivselt laetud osakeste arv veel enam. See avaldab tugevat mõju raadiolainete levimisele ja tekitabki nende peegeldumise, millest äsja oli juttu.

Kõige paremini on avaldunud kaks sellist kihti: Kenelly-Heaviside'i kiht ja Appletoni kiht, mida nimetatakse neid uurinud teadlaste nimede järgi. Kenelly-Heaviside'i

kiht asetseb 80—100 kilomeetri kõrgusel (joon. 18), Appletoni kiht aga ligemale 200 kilomeetri kõrgusel. Hiljem tehti kindlaks, et Appletoni kiht jaguneb teatavatel tingimustel ja siis võib märgata alumist kihti 180—200 kilomeetri ja ülemist kihti 250—350 kilomeetri kõrgusel.

Samuti on kindlaks tehtud veel madalama kihi olemasolu kui Kenelly-Heaviside'i kiht. See asetseb 55—65 km kõrgusel, seega stratosfääris. Selle peegeldavad omadused väljenduvad nõrgemini kui Kenelly-Heaviside'i ja Appletoni kihis.

Mõnel juhul paneb raadiolainete peegeldumise arvutus oletama, et on olemas peegeldavaid kihte väga suurtes kõrgustes, kuni 1000 kilomeetrit. Kuid see järeldus pole kaugeltki veel tõestatud.

Rikkalikke tulemusi saadi virmaliste uurimisel. Virmalisi ehk, nagu neid mõnikord ekslikult nimetatakse, „põhja valgust“ nähakse sageli kõrgetel põhja- ja lõuna-poolkera laiustel. Nende kõrgus maapinnast on ammu kindlaks tehtud. See on osutunud püsivaks eri tüüpi virmaliste jaoks. Näiteks nn. „draperiid“, s. o. virmalised, mis omavad kiirtest koosneva kõikuva eesriide kuju, on märgatavad 37—370 kilomeetri kõrgusel. Teine tüüp virmalisi kujutavad ühtlasi kaari, kus üksikuid kiiri on võimatu eraldada. Sellised virmalised asetsevad tavaliselt 500—700—1000 kilomeetri kõrgusel. Nii kinnitavad ka virmalised tunduva tihedusega atmosfääri olemasolu tähendatud kõrgustel.

Arvutused näitavad, et atmosfääri kiiri-hajutav kiht, mis annab taevale sinise värvuse, ulatub kahe tuhande kilomeetri kõrguseni!

Nii näeme, et Maakera õhkkatte kõrgus, isegi selle osa oma, milles võib vaadelda nähtavaid füüsikalisi ja meteoroloogilisi nähtusi, on väga suur. Meie asume tõesti võimsa õhumere põhjas.

Lõppsõna.

Oleme lühidalt jutustanud sellest, mida kujutab enesest meid ümbritsev õhk ja millised peamised nähtused selles toimuvad. Kõik need on seletatavad füüsikaliste põhjustega. Ja õpetlased pole mitte üksnes neid nähtusi selgitanud, vaid on ka õppinud ennustama nende arengut ja ühes sellega saabuvaid ilmu. Kasutades seda, võitleb inimene nüüd edukalt halva ilma kahjulike mõjudega ja kasutab täielikumalt soodsaid võimalusi.

Kuid veel pole kaugeltki kõik õhkkatte tundmaõppimisega seotud küsimused teaduse poolt lahendatud. Paljud neist osutuvad praegugi mõistatusteks.

Vaadelge joonist 18. Te näete, kui suur on meid ümbritsev õhumeri ja kuivõrd väikese kõrguseni on sinna tunginud inimene. Täielikumalt on uuritud ainult kõige alumist atmosfäärikihti, troposfääri. Tõsi küll, see kiht on väga tähtis, sest just seal toimuvad ilmastikunähtused. Kuid sellest kõrgemal on sadu kilomeetreid vähe või peaaegu uurimata õhukihte, mis on samuti väga tähtsad. Nende kohta on andmed puudulikud ja sageli vaieldavad. Sellepärast suunavadki õpetlased nüüd kõik oma teadmised ja energia sellele, et tungida neisse uurimata õhumere kõrgustesse ja koostada selge, terviklik kujutlus Maakeri õhkkonnast.

Põhjalikum troposfääri kõrgemate kihtide tundmaõppimine võimaldab täpsemalt anda ilmaennustusi lühema ja pikema aja kohta.

Stratosfäär, troposfäärist kõrgemal asetsev kiht, on äärmiselt huvitav ka tulevaste lendude piirkonnana. Siin on suuri eeliseid, võrreldes troposfääriga, kus tujukas ilm ja suur õhu tihedus lendamise võimalusi tugevasti piiravad. Stratosfääril võivad aga lennata stratoplaanid tuhande- ja enama-kilomeetrise kiirusega ning rakett-lennuaparaadid kiirusega üle kahe tuhande kilomeetri tunnis. Selles suunas on juba palju tehtud ja stratosfäärilendude tegelik teostamine on lähema tuleviku küsimus.

Ionosfääri tundmaõppimine võimaldab raadioside parandamist ja tegevusraadiuse suurendamist.

Lõpuks võimaldab täielikum atmosfääri omaduste tundmine asuda vajaliku ilma „tegemise“ küsimuse juurde. Tänapäeva energiaallikad on selleks puudulikud. Kuid uute allikate avastamine, näiteks aatomi siseenergia kasutamine võib otsekohe olukorda muuta.

Seoses meie õhumere tundmaõppimisega tekib ka palju teisi huvitavaid ja praktiliselt tähtsaid küsimusi, eriti õhk-konna kõrgemate kihtide osas, kuid siin pole ruumi, et neid kõiki käsitleda.

Nende raskete küsimuste lahendamise kallal töötavad kõikide maade teadlased. Meie nõukogude teadlastele kuulub selles juhtiv koht.

Sisukord.

	Lk.
Sissejuhatus	3
1. Õhk ja elu Maakeral	5
2. Kui palju õhk kaalub?	7
3. Kuidas õpitakse õhumerd tundma?	11
4. Millest koosneb atmosfäär?	17
5. Kuidas tekivad pilved ja miks sajab vihma?	20
6. Miks tekivad kestvad sajud ja kuidas muutub ilm?	28
7. Kui sügav on õhumeri?	32
Lõppsõna	40



Vastutav toimetaja
G. Kusmin.

Tehniline toimetaja
H. Seletus.

Ladumisele antud 23. X 47. Trükimisele antud 23. XII 47. Paberi kaust 56X79. $\frac{1}{16}$. Trükipoognaid $2\frac{3}{4}$. Autoripoognaid 1,5. Arvestuspoognaid 2,01. MB 05935. Laotihedus trpg. 33 600. Tiraaz 5200. Trükikoja tellimus nr. 984. Trükikoda „Noor-Eesti“, Tartu. Kastani 38.

Hind rbl. 3.—

Б. Л. Дзерdzeевский, Воздушный океан.

На эстонском языке.
Эгосиздат „Научная Литература“, Tartu.

Rbl. 3.—

A-165

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00497830 2