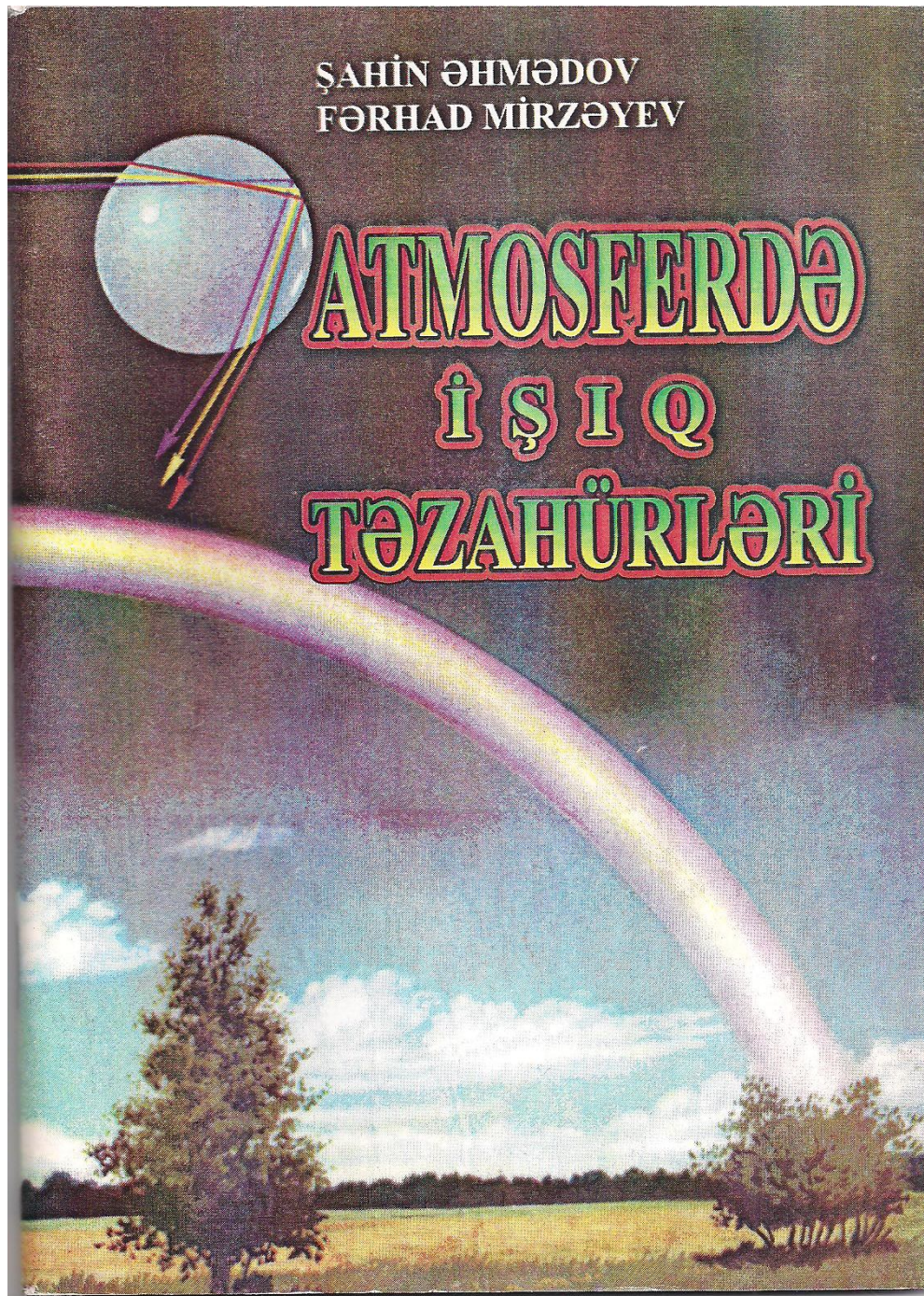


ŞAHİN ƏHMƏDOV
FƏRHAD MİRZƏYEV

ATMOSFERDƏ

İŞİQ

TƏZAHÜRLƏRİ



ŞAHİN ƏHMƏDOV
FƏRHAD MİRZƏYEV

Elmi redaktor: Ə. M. Şeytəyev

Elmi-tədqiqat elmləri doktoru
Professor H. Şeytəyev

GİRİŞ

ATMOSFERDƏ İŞIQ TƏZAHÜRLƏRİ

Elmi-kütləvi ədəbiyyat

İşıq cümləri kainatın əsas quruluşu. Müxtəlif dərəcəli cümlərlərin fiziki və kimyəvi tərkibi, astrofizika, astrokimya, geofizika, meteorologiya, riyaziyyat və digər elmlərlə bağlı problemlərin həlli. Bu kitabın əsas məqsədi, işıq cümlərinin fiziki və kimyəvi tərkibini, onların atmosferdəki davranışını və onların insanlara və digər canlılara təsirini tədqiq etməkdir.

Kitabın əsas məqsədi, işıq cümlərinin fiziki və kimyəvi tərkibini, onların atmosferdəki davranışını və onların insanlara və digər canlılara təsirini tədqiq etməkdir. Kitabın əsas məqsədi, işıq cümlərinin fiziki və kimyəvi tərkibini, onların atmosferdəki davranışını və onların insanlara və digər canlılara təsirini tədqiq etməkdir.

Kitabın əsas məqsədi, işıq cümlərinin fiziki və kimyəvi tərkibini, onların atmosferdəki davranışını və onların insanlara və digər canlılara təsirini tədqiq etməkdir. Kitabın əsas məqsədi, işıq cümlərinin fiziki və kimyəvi tərkibini, onların atmosferdəki davranışını və onların insanlara və digər canlılara təsirini tədqiq etməkdir.

B a k ı — 2002

Elmi redaktor: biologiya elmləri namizədi M.Şəfiyev

Rəyçi: fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor H.Seyidli

Ş.Əhmədov, F.Mirzəyev. «Atmosferdə işıq təzahürləri». -
Bakı, 2002. — 88 səh.

Kitabda atmosfer təzahürlərindən olan göy qurşağı, qalo, qütb parıltıları, miraj və sairə bu kimi maraqlı işıq təzahürlərinin sadə izahı verilmişdir.

Kitab geniş oxucu kütləsi üçün nəzərdə tutulmuşdur.

© «Grant», 2002

GİRİŞ

Biz heç də həmişə ətrafımızda baş verən fiziki təzahürlərə fikir vermirik. Halbuki təbiətin «laboratoriyası» həddindən artıq geniş və müxtəlif, orada baş verən proseslər isə maraqlı, mürekkəb və müəmmalıdır.

Günəş şüası bizim hava okeanında, yə'ni atmosferdə baş verən müxtəlif və rəngarəng təzahürlərin yaradıcısıdır. Əməli cəhətdən onların bə'zilərini eyni dərəcədə bizim üçün vacib olmamasına baxmayaraq, bütün bu baş verən təzahürlərə olan maraq heç də azalmır.

Təbiətdə baş verən və bizi əhatə edən bütün rəngarəng təzahürlər havanın və işığın bir-biri ilə qarşılıqlı tə'siri nəticəsində yaranır. Günəşin şüası atmosferdə həm səpələnərək, həm sınaraq və həm də əks olunaraq, saysız-hesabsız rəngarəng effektlər yaradır.

Lakin alimləri bu təzahürlərin təkcə xarici gözəlliyi cəlb etmir. Kainatın müxtəlif obyektlərindən gələn elektromaqnit dalğaları, o cümlədən işıq şüası kainatda baş verən hadisələrin xəbərçisidir.

İşıq şüaları kainatın ana dilidir. Müasir dəqiq elmlərdən fizikanın, kimyanın, astronomiya, astrofizika, geofizikanın, coğrafiyanın və riyaziyyatın inkişafı ilə əlaqədar olaraq artıq biz bu dili başa düşə bilirik.

Günəşdən gələn işıq şüası Yerin hava okeanının quruluşu və xassələri haqqında bizə çoxlu «söhbətlər» açır.

Oxuyacağınız kiçik həcmli bu kitab atmosfer təzahürlərindən olan göy qurşağı, qalo, qütb parıltıları, miraj və sairə bu kimi maraqlı işıq təzahürlərinin sadə izahını vermək üçün yazılmışdır.

Kitab işığın tarix boyu öyrənilməsindən, insan həyatında əsas rolundan və əsas xassələrindən bəhs edən fəsil ilə başlanır.

İkinci fəsilə Yer in hava okeanı olan atmosfer haqqında söhbət açılır, onun əmələ gəlməsi və inkişafı, qaz tərkibi və quruluşu verilir.

Üçüncü fəsil Günəş şüalarının atmosferdəki dəyişikliklərinə həsr edilmişdir.

İnsanın gündüz və gecə görməsi, eşyaları parlaqlığına və rənginə görə fərqləndirməsi, ümumiyyətlə, gözün qəbuledici cihaz kimi formalaşması dördüncü fəsilə çox maraqla oxunur.

Kitabın əsasını təşkil edən beşinci fəsilə atmosferdə baş verən işıq təzahürlərinin sadə izahı verilmiş və bu təzahürlərin nə qədər rəngarəng, müxtəlif və maraqlı olmaları göstərilmişdir.

Altıncı fəsil səmanın gecə vaxtı işıqlanmasının səbəbləri və onların atmosfer proseslərində oynadığı roldan bəhs edir.

Sonuncu fəsil havanın aerokosmik üsullarla tədqiqindən ibarətdir.

İ fəsil. İŞIQ

İşıq... Bizim gündəlik həyatımızda onun rolu olduqca böyükdür. Həyatı işıqsız təsəvvür etmək çox çətindir. Axı, bütün canlıların yaranması və inkişaf etməsində işıq və istilik müstəsna əhəmiyyət kəsb edir.

Yarandığı ilk vaxtlardan insanın bütün fəaliyyəti (yemək əldə etməsi, düşmənlərdən qorunması, ov və s.) gündüz işığı ilə bağlı olmuşdur.

Görmə orqanı olan insan gözü işığa həssas olduğu üçün dünyanın dərk edilməsində işıq əsas vasitədir. Görmə orqanlarımız başqa hiss üzvlərimizə nisbətən ətraf aləm haqqında daha çox məlumat verir. Belə ki, göy cisimlərindən gələn işıq Günəşin, ulduzların, planetlərin, Ay və başqa peyklərin hərəkətlərini və vəziyyətlərini təyin etməyə imkan verir. Günəş işığı insan orqanizminin xəstəliklərə qarşı müqavimətini artırır. İnsanın əhval-ruhiyyəsini yaxşılaşdırır.

İşıq təzahürləri olduqca mürekkəb və müxtəlifdir. İşıq şüaları həm əks olunur, həm sınır, onlar bir-birini gücləndirir və zəiflədir, cisimləri qızdırır, elektrik cərəyanı əmələ gətirir, kimyəvi təsirlərə malik olur və xəstəlikləri sağaldır.

İşığın bütün bu qərribə təzahürləri yüz illər boyu öyrənilmişdir.

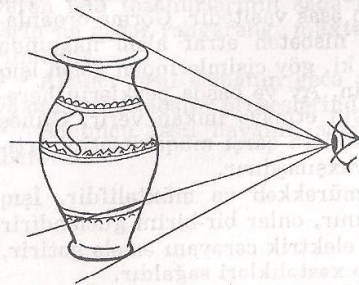
1.1. İşıq haqqında

İşıq nədir? Onun xassələri necədir? İnsan hər hansı bir əşyanı gördükdə xarici aləmdə nə baş verir? Hələ qədim yunan alimləri bu suallara cavab vermək üçün çox çalışmışlar.

Tarix boyu işığın öyrənilməsi məsələsində dörd nəhəng addımı xüsusilə qeyd etmək lazımdır. İlk addım yunanlar tərəfindən atılmış və işığı öyrənən bu sahəyə katoptika (yunanca güzgü deməkdir) adı verilmişdir. Lakin işıq elminin bu sahəsi özünün ciddi inkişafına XVII əsrin əvvəllərində başlamışdır. İkinci addımın atılması sınıma qanunlarının öyrənilməsi ilə bağlıdır. İşığın sınıması onun bir mühitdən digərinə, məsələn, havadan suya və ya şüşəyə (və əksinə) keçdikdə öz istiqamətini dəyişməsi ilə əlaqədardır. İşığı öyrənən bu sahəni uzun müddət dioptika adlandırıdılar. Üçüncü böyük tarixi addım XIX əsrin əvvəllərində edilən kəşf idi. Bu kəşf ondan ibarət idi ki, işıq şüa şəklində deyil, dalğa şəklində yayılır. Nəhayət,

XX əsrin əvvəllərində işığın məşhur kvant nəzəriyyəsi meydana gəldi. Bu nəzəriyyə işığın atomlarla qarşılıqlı əlaqələrini izah etməyə imkan vermişdir.

İşığın müasir nəzəriyyəsinə yaxın olan ilk fikri (b.e.ə. 540-cı il) yunan filosofu Pifaqor vermişdir. O, göstərirdi ki, cisimlər özlərindən hissəciklər buraxdığına görə, görünən olur. Gözə düşdükdə bu hissəciklər görünən təsvir əmələ gətirir. Yüz ildən sonra (b.e.ə. 444-cü il) Empedokl, qərribə də olsa, təsdiq edirdi ki, görmə hər hansı müşahidəçinin gözünün buraxdığı görünməz şüaların olması ilə bağlıdır. Bu şüalar gözə çıxdıqda obyektə xəbərdar edir (şəkil 1).



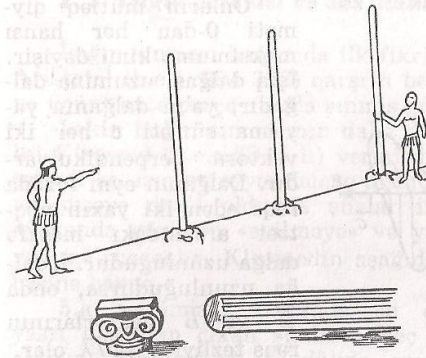
Şəkil 1

İşığın ilk əsas optik qaydası kəşf olundu: işıq düz xətt boyunca yayılır, işığın düşmə bucağı qayıtma bucağına bərabərdir.

Platonun işıq haqqında yuxarıdakı baxışına Aristotel (b.e.ə. 350-ci il) zidd çıxdı. O nəyin isə gözə düşmə şüalanması fikrini rədd etdi. Əksinə Aristotel göstərdi ki, işıq obyekt ilə göz arasındakı mühitin həyəcanlanmasıdır. Bu mühiti o «pollusid» (şəffaf) adlandırdı. Onun fikrincə, obyektin bu mühit vasitəsi ilə gözə verdiyi həyəcanlanma işıqdır.

Bundan əlavə, Aristotel atmosfer optikasının bəzi maraqlı təzahürlərini də (məsələn, göy qurşağı və qalo) nəzərindən qaçırmadı. Sadəcə olaraq o göstərirdi ki, göy qurşağı Günəş şüalarının yağış damcılarında əks olunması nəticəsində yaranır.

İşığın əsas xassələrindən biri onun düz xətt boyunca yayılmasıdır. İşığın bu qanunundan qədim misirlilər sütun və divarları hörərkən istifadə edirdilər. Onlar sütunları elə yerləşdirirdilər ki, gözə yaxın sütundan baxdıqda digər sütunlar görünməsin (şəkil 2).



Şəkil 2

İşıqın düz xətt boyunca yayılması alimləri qəti fikrə kətib çıxardı. Onların fikrincə işıq, işıq mənbəyinin buraxdığı və bircins maddədə düz xətləli və bərabərsür'ətli hərəkət edən kiçik zərrəciklər (korpuskullar) selindən ibarətdir. Gözə düşdükdə zərrəciklər işıq tə'siri yaradır.

İşıqın təbiətinə olan bu baxış korpuskulyar nəzəriyyə adlandı. Onun əsas tərəfdarlarından biri də məşhur ingilis fiziki və riyaziyyatçısı İ.Nyuton idi (1643-1727). Optikanın inkişaf tarixində onun rolu misilsizdir. Lakin elə işıq təzahürləri var idi ki, onu korpuskulyar nəzəriyyə ilə izah etmək qeyri-mümkün idi. Buna misal olaraq, işıq şüalarının kəsişərkən bir-birinə mane olmamasını göstərmək olar. Bu çətinliyi aradan götürmək üçün holland fiziki H.Hügens (1629-1695) işığın dalğa nəzəriyyəsini yaratdı.

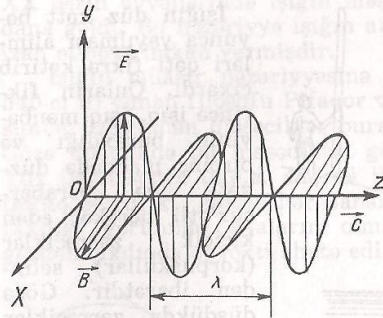
Hügensin fikrincə, Kainat nazik, mütəhərrik və yüngül bir mühitlə — dünya efiri ilə dolmuşdur. Əgər efinin hər hansı bir yerində hissəcik rəqs edərsə (məsələn, işıq mənbəyinin tə'siri ilə), onda bu rəqs bütün qonşu hissəciklərə ötürülür və fəzada mərkəzi ilk hissəcikdə olan böyük sür'ətli efir dalğası yayılır. Gözə düşdükdə bu dalğa görmə tə'sirini oyadır.

Hügensin bu nəzəriyyəsi işığın interferensiya və difraksiya hadisələrinin əsasını təşkil edirdi.

1865-ci ildə ingilis C. Maksvel (1831-1879) işığın elektromaqnit nəzəriyyəsini yaratdı. Bu nəzəriyyəyə əsasən işıq dalğalarına müəyyən enerjiyə malik elektromaqnit dalğaları kimi baxılırdı.

İşıq dalğası ixtiyarı elektromaqnit dalğası kimi iki vektorun rəqsi ilə xarakterizə olunur. Bunlardan biri elektrik gərginliyi $\vec{E}$, digəri isə isə maqnit induksiya $\vec{B}$ vektorudur.

Hər iki vektor qarşılıqlı perpendikulyar YOZ və XOZ müstəvilərində eyni faza ilə rəqs edir (şəkil 3).



Şəkil 3

Hər şeydən əvvəl qeyd etmək lazımdır ki, öyrənəcəyimiz atmosfer təzahürləri görünən işıqla bağlıdır.

Görünən işığın elektromagnit dalğalarının uzunluğu 400 nanometrdən, 700 nanometrə kimi məhdudlaşır. Dalğa uzunluğu 700 nanometrdən böyük olan şüalar infraqırmızı şüalar, 400 nanometrdən kiçik olan şüalar isə ultrabənövşəyi şüalar adlanır ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ mm}$ və ya $1 \text{ mm} = 10^6 \text{ nm}$).

XX əsrin əvvəllərində fiziklər belə nəticəyə gəldilər ki, Nyuton mexanikası və Maksvel elektrodinamikası prinsipial dəyişikliklərsiz atom proseslərinə tətbiq oluna bilməzlər. Bu sahədəki yeni fikirləri alman fiziki M.Plank (1858-1947) irəli sürdü.

Onun nəzəriyyəsinə əsasən, elektromagnit şüalanmasının enerjisi kəsilməz olmayıb, diskret, yəni ayrı-ayrı porsiyalarla buraxılır və udulur. Plank bunlara kvant adı vermişdir.

Kvant nəzəriyyəsi çoxlu sayda təcrübələrlə təsdiq olundu. Bu nəzəriyyənin köməkliyi ilə işığın təsiri altında kimyəvi dəyişmələri, fotoeffekt və lüminessensiya hadisələrini izah etmək mümkün idi. Lakin işığın dalğa nəzəriyyəsi ilə təsvir olunan interferensiya və difraksiya hadisələrini kvant nəzəriyyəsi izah edə bilmirdi.

Beləliklə, işığın bu xassələri bir-birinə ziddir, yəni işıq ikili xassəyə malikdir. Bir tərəfdən bu, arası kəsilməz elektromagnit dalğaları, digər tərəfdən isə arası kəsilən hissəcik selidir.

1. 2. Işığın sınması və əks olunması

Işığın sınması haqqında ilk fikri irəli sürmüş yunan alimi Aristotel (b.e.ə. 384-322) qarşıya belə bir sual qoymuşdur ki, nə üçün taxta parçası suda sınmış görünür (şəkil 4).

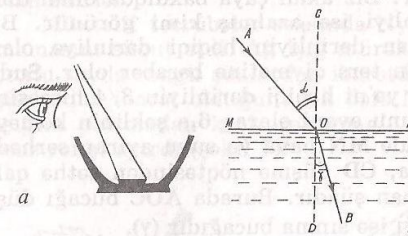
Lakin işığın sınmasının daha dəqiq təsvirini Kleomed (b.e.ə.50-ci il) vermişdir. O göstərir ki, işıq müəyyən bucaq altında suya və ya şüşəyə daxil olduqda şüalar iki sərhəd ayrıcında görünən «əyilməyə» və ya «sınma» məruz qalır. Kleomedin aşağıdakı təcrübəsinə baxaq.

5,a şəklindəki fincanda su olmadıqda yastı halqadan çıxan şüaların heç biri gözə çatmır. Fincana su tökdükdə çıxan şüalar suyun səthində sınaraq gözə düşür (şəkil 5,b).

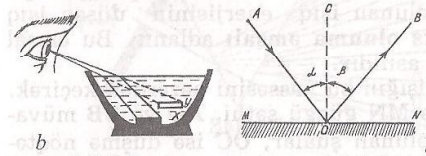
Fincanın dibi ilə bil qalxmış və halqa X vəziyyətindən U vəziyyətinə yerini dəyişmişdir. Kleomed hələ o vaxt qeyd edirdi ki, işıq şüasının atmosferdə bu cür sınması Günəşin üfüqdən aşağıda olmasına baxmayaraq onu görməyə imkan verir. Sınma nəti-



Şəkil 4



a



b

Şəkil 5

Şəkil 6

Işıq təzahürlərini tədqiq edən alimlər arasında məşhur İsgəndəriyyəli astronom Ptolomeyi də (b.e. 90-160) qeyd etmək lazımdır. Ptolomey ona

qədər mə'lum olan optik bilikləri və özünün əlavə etdiyi tədqiqatları yığb 130-cu ildə «Optika» adlı traktatını nəşr etdirdi. Bu kitabda görmə nəzəriyyəsinə, işığın əks olunmasına, yastı və sferik güzgülər nəzəriyyəsinə, işığın sınmasına baxılırdı.

Ptolomey düşmə və ona uyğun sınma bucaqlarını ölçərək lazımı qədər qiymətlər aldı, lakin işığın sınma qanununu kəşf edə bilmədi. O, səhv olaraq təsdiq edirdi ki, işıq şüasının sınma bucağı düşmə bucağına mütənasibdir.

XI əsrdə yaşamış ərəb Əlxəzan işığın sınmasını tədqiq edərək Ptolomeyin əksinə olaraq göstərdi ki, düşmə və sınma bucaqları mütənasib deyildir. Bu da öz növbəsində sınma qanununun tapılmasına bir təkan idi.

1621-ci ildə Holland riyaziyyatçısı V.Snellius sınma qanununun düzgün ifadəsini tapdı. O, kəşf etdi ki, hər hansı bucaq altında (düşmə bucağı) sındırıcı səthə düşən işıq müəyyən bucaq altında (sınma bucağı) sınır. Özü də düşmə bucağının sinusunun sınma bucağının sinusuna olan nisbəti sabit kəmiyyətdir. Bu nisbətin qiyməti materialdan asılı olub, sındırma əmsalı adlanır.

Su üçün bu əmsal 1,33-ə, şüşə üçün 1,5-ə və almaz kristalı üçün 2,4-ə bərabərdir. Biz axan çaya baxdıqda onun dibi bir qədər qalxmış, dərinliyi isə azalmış kimi görünür. Bu azalma elədir ki, görünən dərinliyin həqiqi dərinliyə olan nisbəti sındırma əmsalının tərs qiymətinə bərabər olur. Suda dərinlik 1,33 dəfə azalır, yəni həqiqi dərinliyin 3/4 hissəsini təşkil edir. Sınma qanununu əyani olaraq 6,a şəklinin köməyi ilə izah etmək olar. Şəkildə MN hava və suyu ayıran sərhəd, AO bu sərhədə düşən şüa, CD düşmə nöqtəsindən səthə qaldırılmış şaqul, OB isə sınan şüadır. Burada AOC bucağı düşmə bucağı (α), DOB bucağı isə sınma bucağıdır (γ).

İşığın xassələrindən biri də onun əks olunmasıdır. İki şəffaf mühit sərhədində işıq müəyyən qədər udulur, müəyyən qədər də əks olunur. Əks olunan işıq enerjisinin düşən işıq enerjisinə olan nisbəti **əks olunma əmsalı** adlanır. Bu əmsal şüanın düşmə bucağından asılıdır.

Yenə də əyani olaraq işığın bu xassəsini nəzərdən keçirək. Fərz edək ki, 6,b şəklində MN güzgü səthi, AO və OB müvafiq olaraq düşən və əks olunan şüalar, OC isə düşmə nöqtəsindən güzgü səthinə qaldırılan şaquldur. AO şüası ilə OC şaqulunun əmələ gətirdiyi AOC bucağı düşmə bucağı (α), əks olunan OB şüası ilə OC şaqulunun əmələ gətirdiyi COV bucağı isə (β) qayıtma (əks olunma) bucağıdır.

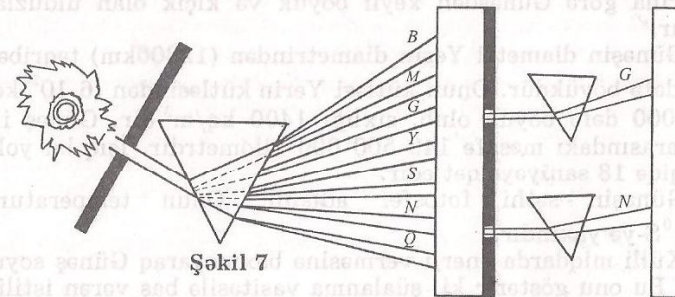
Müşahidələr və ölçülər göstərir ki, düşmə bucağının istənilən qiymətlərində düşmə və qayıtma bucaqları bir-birinə bərabər olur, yəni $\angle AOC = \angle COV$.

Hamar olmayan hər bir səth üzərinə düşən paralel işıq şüalarını bütün istiqamətlərdə əks etdirir (səpələyir). Bu onunla izah olunur ki, bu cür səth bir-birinə nəzərən müxtəlif bucaqlar altında nizamsız yerləşmiş çoxlu sayda kiçik müstəvi səthlərdən ibarətdir. Hər bir kiçik müstəvi səth ayrı-ayrılıqda üzərinə düşən şüanı qayıtma (əks olunma) qanununa görə müəyyən istiqamətdə əks etdirir. Lakin bütövlükdə isə onlar əks olunan şüaları müxtəlif istiqamətlərdə səpələyir.

1.3. Ağ işığın rənglərə ayrılması

XVII əsrin 60-cı illərini Nyutonun məşhur kəşfinə, işığın rəngli şüalarının müxtəlif bucaq altında sınmasına (dispersiya) aid etmək olar. Hələ Nyutondan çox-çox əvvəl mə'lum idi ki, ağ işıq seli şüşə prizmadan keçdikdə ekranda rəngli zolaq (spektr) yaradır. İşığın bu xassəsi Leonardo da Vinçiyə, Qalileyə və başqa digər alimlərə mə'lum idi. Onlar bunu şüşənin nə yol ilə işığa tə'sir edib, onun rəngini dəyişməsi ilə izah edirlər.

Müxtəlif təcrübələr əsasında Nyuton bu fikrin düzgün olmasını sübut etdi. Ağ işıq mürəkkəb quruluşa malikdir. O, çoxlu sayda rəngli şualardan ibarətdir. Gündüz işığının rəngli şualardan ibarət olduğunu ilk dəfə Nyuton göstərdi. O, günəş işığını prizmadan keçirərək rəngli zolaq (spektr) alıb, yeddi əsas rəngi ayırdı (şəkil 7).



Şəkil 7

Prizma ağ işığı sadə hissələrinə ayırır. Özü də müxtəlif rəngli şüalar prizmadan keçdikdə müxtəlif bucaq altında sınır

və ekranda spektr əmələ gəlir. Ən az sınaq qırmızı, ən çox sınaq isə bənövşəyi şüalardır.

Diafraqma vasitəsilə rəngli şüaları ayıraraq prizma üzərinə yönəldən Nyuton əmin oldu ki, belə şüalar artıq sadə hissələrə ayrılır. Bu cür şüaları o monoxromatik (yunanca «eyni rəngli») şüalar adlandırdı.

Monoxromatik şüalanmada işıq dalğası özünə məxsus müəyyən tezliklə rəqs edir. Digər tərəfdən Nyuton müəyyən etdi ki, hər bir monoxromatik şüanın özünə məxsus bir xarakteristikası vardır ki, o da onun sındırma əmsəlidir. Nyuton ağ işığın mürəkkəb olmasını axıra kimi sübut etmək üçün monoxromatik şüaların qarışığından ağ işığı aldı.

Ümumiyyətlə, sındırma əmsalı işığın və maddənin keyfiyyətindən asılı olan çox mürəkkəb xarakteristikadır. Buna biz sonrakı fəsilərdə bir daha əmin olacağıq.

1.4. Yer üzərində həyat mənbəyi

İnsanın istifadə etdiyi işıq mənbələrindən ən güclüsü Günəşdir. Onun səthinin parıltısı elektrik qüvvəsinin ən parlaq yerindən belə 10 dəfə böyükdür. Bədirilmiş Ay ilə müqayisədə Günəş təqribən 500 min dəfə parlaqdır.

Günəş kosmosa fasiləsiz olaraq çoxlu istilik miqdarı və işıq şüalandıran nəhəng enerji mənbəyidir. Yerə isə bu enerjinin çox cüz'i hissəsi gəlib çatır. Lakin bu cüz'i enerji hesabına Yerdə həyat mövcuddur. Günəş əsas təbiətinə görə adi ulduzlardan biridir. İndi məlumdur ki, ölçü, kütlə və parlaqlıqlarına görə Günəşdən xeyli böyük və kiçik olan ulduzlar vardır.

Günəşin diametri Yerin diametrindən (12800km) təqribən 109 dəfə böyükdür. Onun kütləsi Yer kütləsindən ($6 \cdot 10^{24}$ kq) 330 000 dəfə böyük olub, sıxlığı 1400 kq/m³-dir. Günəş ilə Yer arasındakı məsafə 149 500 000 kilometrdir. Işıq bu yolu 8 dəqiqə 18 saniyəyə qət edir.

Günəşin səthi fotosfer adlanır. Onun temperaturu 6000°S-yə yaxındır.

Külli miqdarda enerji verməsinə baxmayaraq Günəş soyumur. Bu onu göstərir ki, şüalanma vasitəsilə baş verən istilik itkisi həmişə hər hansı bir mənbə tərəfindən dolur. Belə bir mənbə ancaq və ancaq nüvə reaksiyaları ola bilər.

Nüvə reaksiyaları nəinki yüngül kimyəvi elementlərin nüvələrinin ağır elementlərin nüvələrinə çevrilməsinə, hətta əsas elementlərin izotoplarının yaranmasına da səbəb olur.

Günəşin nüvəsində temperatur 20 milyon dərəcəyə çatır. Buna görə buradakı protonlar lazımı qədər böyük kinetik enerjiyə malik olur. Onlar elektrik itələmə qüvvəsini dəf edərək, ağır kimyəvi elementlərin nüvəsinə keçir.

Günəş əsasən hidrogendən ibarət olduğu üçün onun nüvəsində yüksək enerjili sərbəst protonların sayı çoxdur. Başqa elementlərin nüvələri ilə toqquşaraq onların çevrilmələrinə səbəb olur. Dəqiq hesablamalar və həmçinin laboratoriya şəraitində təbii yolla alınan reaksiyaların müqayisəsi Günəşdəki atom enerjisinin dörd hidrogen atomunun bir helium atomuna çevrilməsi nəticəsində ayrıldığını sübut edir.

Bu nüvə çevrilmələri nəticəsində külli miqdarda nüvə enerjisi ayrılaraq onun səthinə keçir və oradan da dünya fəzasına şüalanır. Bu enerjinin ancaq çox cüz'i hissəsi Yerə gəlir. Günəş şüaları vasitəsilə Yerə gələn istilik demək olar ki, əsas enerji mənbəyidir. Qabarmalar, vulkanik hadisələr və meteoritlərin düşməsindən başqa Yerdəki bütün başqa hərəkətlər Günəş şüaları nəticəsində yaranır.

II fəsil. ATMOSFER

Min illər boyu insanlar elə düşünürdülər ki, atmosfer (daha doğrusu, hava) maddənin vahid və bəsit formasıdır. Maddənin bu forması element adlanan ilkin maddələr sırasına daxil edilmişdir. Hesab edilir ki, od, su və torpaq ilə birgə hava təbiətdəki bütün maddələri əmələ gətirir. Lakin fizika elminin böyük nailiyyətləri hesabına havanın qaz qarışıqlarından ibarət olması bizə məlumdur. Bu qaz qarışığında nəinki ayrı-ayrı kimyəvi elementlər, hətta bu elementlərin birləşmələri də iştirak edir. Digər tərəfdən havada asılı vəziyyətdə müxtəlif bərk və maye hissəcikləri də mövcuddur. Bunlara misal olaraq su damcılarını, su buxarını, buz kristallarını və s. göstərmək olar. Atmosferi təşkil edən qazlar təbii və sən'i mənşəli ola bilər. Ən nəhayət, vulkan püskürmələri nəticəsində və eyni zamanda kosmosdan da atmosfərə toz hissəcikləri daxil olur.

Bu maddələrin atmosfərə daxil olması müxtəlif yollarla baş verir. Özünün müasir tərkib və xassələrinə malik olmamışdan əvvəl atmosfer uzun və müxtəlif inkişaf mərhələləri keçmişdir.

2.1. Atmosferin əmələ gəlməsi və inkişafı

Müasir Yer atmosferi öz inkişafına 3-4 milyard il bundan əvvəl, yəni Yer kürəsinin yarandığı ilk dövrlərdən başlamışdır.

«Atmosfer» sözü qədim yunan sözü olub, «atmos» - buxar və «sfera» kimi iki sözün birləşməsindən əmələ gəlmişdir.

Görəsən, Yer kürəsi ətrafında atmosferin yaranmasına nə səbəb olmuş və ilkin atmosferin tərkibinə hansı qazlar daxil imiş? Ümumiyyətlə bizim planetdə əvvəllər heç bir atmosfer olmamışdır. Ehtimal ki, qaz molekulları planetin istilik təsiri nəticəsində kosmosa uçmuşlar. Yer özünün get-gedə müəyyən formasını aldıqca atmosfer qazları əmələ gəlməyə başladı. Bu qazlar ilk dəfə Yer səthinin üstündə və altında olan dağ süxurlarının tərkibindən ayrılırdı.

İlk vaxtlar Yer kürəsində çoxlu sayda fəaliyyətdə olan vulkanlar mövcud idi. Onların püskürməsi zamanı atmosfərə xeyli miqdarda su buxarı, toz, karbon qazı və kükürd tüstüsü atılırdı.

Lakin bu zaman planetin səthi hələ o qədər isti idi ki, bu qazlar bir yerə cəmləşə bilmirdi. Planetin temperaturu azaldıqca atmosferdə artıq su nəinki qaz halında, hətta maye halında da əmələ gəlməyə başladı. Sonrakı soyuma nəticəsində isə artıq güclü yağışlar yağdı.

Hələ də isti olan yer səthinə düşmüş yağış, qaynayaq buxar halında atmosfərə qayıdırdı. Bu cür proses Yer səthinin soyumasını daha da gücləndirdi. Atmosferdən gələn suyun çox hissəsi təzəcə formalaşmağa başlayan okeanlara tez bir zamanda yol tapırdı. Buna baxmayaraq vulkan püskürmələri atmosferi su buxarı ilə təmin etməkdə davam edirdi. Suda asanlıqla həll olunan karbon qazının çox hissəsi yağışlar vasitəsilə atmosferdən yuyulub aparılır və Yerdəki bioloji proseslərdə iştirak etməyə başlayırdı.

1920-ci ildə ingilis biologu və nəzəriyyəçisi İ.Helden müəyyən etdi ki, ilkin atmosferin tərkibi karbon qazından, su buxarından və ammiakdan (azot birləşməsi) ibarət idi. Bu maddələr Yerdəki dəniz və su hövzələrində ilk üzvi birləşmələrin yaranmasının əsasını təşkil etmişdir. Bütün bu maddələri mürəkkəb molekul şəklində birləşdirən kimyəvi reaksiyalara sərf olunan enerjini Günəşdən gələn ultrabənövşəyi şüalar yaradırdı.

Sovet alimi A.İ.Oparin İ.Heldenin bu nəticələrini tədqiq edərək belə bir fikrə gəlmişdir ki, ilkin atmosferin tərkibi azacıq da olsa bu tərkibdən fərqlənir. O, belə hesab edir ki, ilkin atmosferin əsas qaz komponentləri hidrogen, su buxarı, ammiak və metan (karbon birləşməsi, bataqlıq qazının eyni) olmuşdur.

Yerdəki həyat üçün vacib olan əsas qazlardan biri də oksigendir. Oksigenin əmələ gəlməsi haqqında bir çox fərziyyələr vardır. Bəzi alimlər qeyd edirlər ki, oksigen Günəş işığının su molekulları ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində yaranmışdır. Bu təsir nəticəsində su molekulları hidrogen və oksigen molekullarına parçalanır. Digər tədqiqatçılar isə sübut edirlər ki, oksigen Yer səthindəki bitki örtüyünün maddələr mübadiləsi nəticəsində, yəni fotosintez nəticəsində əmələ gəlmişdir.

Beləliklə, atmosfer özünün indiki və yaxşı öyrənilmiş müasir vəziyyətinə (cədvəl 1) heç də birdən-birə nail olmamışdır. O, dörd əsas, bir neçə ikinci dərəcəli qazlardan və çoxlu sayda müxtəlif dəyişən qaz qarışıqlarından ibarətdir.

Bu qaz qarışıqlarına su buxarı, ozon, hidrogen, ammiak, dəm qazı, kükürd qazı, toz, müxtəlif duzlar və s. aiddir. Ay-

dın görünür ki, müasir atmosferin qaz tərkibi ilkin atmosferin qaz tərkibindən əsaslı surətdə fərqlənir.

Cədvəl 1

Atmosfer qazları

Atmosferi təşkil edən qazlar	Həcm, %-lə
Azot	78,084
Oksigen	20,945
Arqon	0,934
Karbon qazı	0,033
Neon	0,000018
Helium	0,00000524
Metan	0,000002
Kripton	0,00000114
Hidrogen	0,0000005
Azot oksidləri	0,0000005
Ksenon	0,000000087

2.2. Atmosferin tərkibi

Təxminən iki yüz il bundan əvvəl alimlər müəyyən etmişlər ki, atmosferdə nəfəs almağa yaramayan və alov törətməyən bir qaz var. Atmosferin təqribən 4/5 hissəsi bu qazdan ibarətdir. Yeni tapılan qazı «azot» adlandırdılar. Yunan dilində «azot» - «həyat üçün yararsız» deməkdir. Laboratoriya şəraitində azot başqa elementlərlə birləşmirdi. Tezliklə mə'lum oldu ki, təbiətdə müxtəlif elementlərin tərkibində azota rast gəlmək olur. Kənd təsərrüfatında tarlalarda gübrə kimi istifadə edilən şora insanlara çoxdan mə'lumdur. Latin dilində azotun adı da elə «nitrogenium», yə'ni «şora törədən» deməkdir.

Bəs necə olur ki, atmosferdə azot başqa elementlərlə birləşir? Əvvəla, tufan zamanı. İldırım bir anlığa havanın temperaturunu elə yüksəldir ki, həmin yerdə azotun molekulları sür'ətlə hidrogen, oksigen və s. elementlərin molekulları ilə birləşir. Bu birləşmələr yağış suyunda həll olunur və torpağa keçir. Ən başlıcası isə torpaqda olan bə'zi bakteriyalar bitkilərdən və heyvanlardan fərqli olaraq, azotu elə havadan udur. Azot həmin bakteriyaların orqanizmində başqa maddələrlə birləşir. Beləliklə, torpaqda azot ehtiyatları yaranır.

Həcmcə bu qaz atmosferdə 78% təşkil edir. Azot zülalların tərkibinə daxil olan maddələrdən biridir. Zülallar isə,

bildiyiniz kimi, bütün canlıların - bakteriyaların da, bitkilələrin də, heyvanların da, insanların da həyatının əsasıdır. Deməli azotsuz Yer üzərində həyat ola bilməz. Bitkilər torpaqdan tərkibində azot olan müxtəlif birləşmələri alır və Günəş şüalarının köməyiylə bu birləşmələrdən yeni hüceyrələr əmələ gətirir.

Otyeyən heyvanlar otları, yarpaqları yeyir və beləliklə, həyat üçün zəruri olan azotu alırlar. Vəhşi heyvanlar otyeyən heyvanları ovlayır, onların ətinə yeyir və azot da bu yolla onların orqanizminə daxil olur. Hər dəfə heyvanlar və bitkilər məhv olarkən, azot yenə də torpağa qaydır və hər şey yenidən başlayır. İnsanların mühərriklərdə, ocaqlarda yandırdıqları müxtəlif növ yanacaq isə öz tərkibindəki azotu torpağa deyil, bir başa atmosfərə qaytarır. Beləliklə, azot təbiətdə daim dövr edir. Lakin azot birləşmələri təkcə gübrə kimi faydalı deyildir. Tərkibində azot olan birləşmələrdən sün'i liflərin, dərmanların, partlayıcı maddələrin, rənglərin, lakların və bir çox başqa şeylərin istehsalında istifadə edilir.

Bioloji nöqtəyi nəzərinçə, atmosferdəki ən aktiv qaz oksigendir. Bu qazın miqdarı sabit qalaraq 21%-ə yaxındır. Bu, canlıların fasiləsiz olaraq oksigendən istifadə etməsi, bitkilərin bu qazı xaricə verməsi ilə tarazlanır. Canlı aləm nəfəsalma zamanı oksigeni udur. Bitkilər isə fotosintez reaksiyasının məhsulu olaraq oksigeni xaricə verir.

Atmosferi təşkil edən əsas qazlardan biri də karbon qazıdır. Bu qazın həcmcə 0,03% olmasına baxmayaraq, onun miqdarının dəyişməsi hava və iqlimə möhkəm tə'sir göstərə bilər. Məsələn, karbon qazının həcmcə 2 dəfə artması Yer kürəsindəki orta temperaturu 3°S artırır. Belə baxanda artım heç də çox deyildir. Lakin bu, bütün Yer kürəsinin iqliminin kökündən dəyişməsinə səbəb olardı.

Atmosferdə elə qazlar vardır ki, onlar heç bir bioloji proseslərdə iştirak etmir. Lakin onlardan bə'ziləri enerji köçürməsinə əsas rol oynayır. Bunlardan arqonu, neonu, heliumu, hidrogeni, ksenonu, ozonu misal göstərmək olar.

Yuxarıda saydığımız qazlardan başqa atmosferdə çoxlu sayda bərk və maye halında olan başqa maddələr də vardır. Məsələn, atmosfərə müxtəlif tipli toz (insanın istehsal fəaliyyəti nəticəsində), vulkan püskürmələri ilə əlaqədar olaraq su buxarı və kükürd qazı daxil olur. Atmosferdə mikroorqanizmlər də rast gəlmək olar. Dəniz suyunun köpükcükləri ilə birgə atmosfərə duz kristalları da atılır.

1883-cü ildə Krakatau vulkanının püskürməsi nəticəsində atmosfərə tüstü və kül atılmışdır. Atmosfərə daxil olan kül şimal yarımkürəsində Yərə gələn Günəş radiasiyasına 3 il ərzində böyük tə'sir göstərmişdir.

Müxtəlif qazlar və bərk hissəciklər atmosfərə düşərək iqlim şəraitinə müxtəlif cür tə'sir edir.

Yer atmosferində son dərəcə kiçik və submikroskopik hissəcik şəklində olan külli miqdarda müxtəlif maddələr yayılmışdır. Belə hissəciklər aerosol adlanır. Onlar üfqi və şaquli hava axınları vasitəsi ilə atmosfərə daxil olub, müxtəlif fiziki-kimyəvi proseslərdə iştirak edir. Bu hissəciklərin atmosferdə ümumi kütləsi min tonlarla hesablanır. Oturacağı 1sm^2 olan troposfer sütununda ($0\text{-}10$ kilometr) $10^8\text{-}10^9$ -a kimi aerosol hissəciyi toplanmışdır. Atmosferin müxtəlif qatlarının bir çox fiziki xassələri aerosol hissəciklərinin mövcudluğu ilə müəyyən olunur.

Əmələ gəlmələrinə, fiziki-kimyəvi xassələrinə və ölçülərinə görə aerosollar müxtəlif olur. Tədqiqat məsələlərindən asılı olaraq onları bu və ya digər əlamətlərinə görə siniflərə və ya qruplara ayırırlar.

Əmələ gəlməsindən asılı olaraq aerosollar kosmik və Yer mənşəli olur. Troposfer aerosollarının çox hissəsi Yer mənşəlidir. Onları da öz növbəsində əmələ gəlmə mənbələrinə və ya proseslərinə görə də ayırmaq olar. Əmələ gəlmə proseslərinə uyğun olaraq aerosolun üç qrupunu fərqləndirirlər: parçalanmış (əsasən bərk hissəciklər), kondensasiya nəticəsində əmələ gələn (sənaye tüstüsü, bulud elementləri), qarışıq. Digər tərəfdən çoxlu sayda hissəciklər üzvü təbiətə malikdir (mikro-orqanizmlər, bitkilərin tozları, üzvü maddələrin parçalanma məhsulları).

Atmosfer aerosollarının ölçüləri 5 nanometrdən 10^5 nanometrə kimi dəyişir. Aerosolları iki sinfə ayırırlar: hissəciklərin radiusu 100 nanometrdən böyük olan iri və ya kobud ölçülü aerosollar, radiusları 100 nanometrdən kiçik olan xırda ölçülü aerosollar.

Toz hissəciklərinin kimyəvi tərkibi bütünlüklə onun parçalandığı materialın təbiətindən asılıdır. Adətən, bu, qeyri-aktiv, Günəş radiasiyasını az miqdarda udan və atmosfərə cüz'i tə'sir göstərən maddədir.

Aerosol nəyə və nə cür tə'sir edir? Çox güman ki, hər şey hissəciyin kimyəvi tərkibindən asılıdır. Burada aerosolları əmələ gətirən maddələrin dörd qrupunu göstərmək olar:

sulfatlar (orta hesabla 30%), su (orta hesabla 30%), üzvü birləşmələr (orta hesabla 30%), his (orta hesabla 10%).

Sulfatlar aerosolun kimyəvi cəhətdən ən aktiv komponentidir. Onlar havadakı rütubəti udaraq məhlul damcılarını əmələ gətirir. Havanın nəmliyi $60\text{-}70\%$ -ə çatanda onların artımı başlayır və havanın tutqunluğu yaranır. Bu cür aerosol tutqunluğu Yerdən kosmosa əks olunan Günəş enerjisinin müəyyən itkisinə səbəb olur.

Ümumiyyətlə, sonrakı fəsilərdə görəcəyik ki, atmosferdəki optik təzahürlərin yaranmasında aerosollar çox böyük rol oynayır.

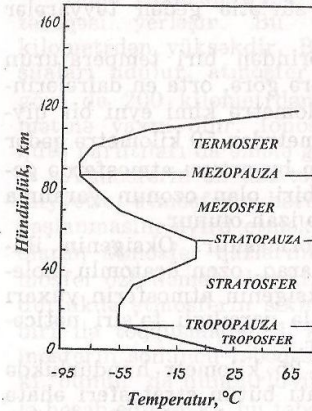
2.3. Atmosferin quruluşu

X əsrin başlanğıcına kimi tədqiqatçılar elə hesab edirdilər ki, atmosfer az-çox bircinsdir. Hətta onlar atmosferdə hava temperaturunun hündürlük boyunca bərabər olaraq azalmasına əmin idilər. Ancaq XX əsrin əvvəllərində atmosferin təbəqəli quruluşa malik olması təsdiq olundu. Şəkil 8-də atmosferin şaquli quruluşu göstərilmişdir.

Mə'lumdur ki, hündürlük artdıqca atmosferin bəzi fiziki və kimyəvi xassələri kökündən dəyişir. İlk tədqiqatlar göstərdi ki, ən çox dəyişən havanın temperaturudur. Lakin sonralar müəyyən olundu ki, temperatur atmosferin bütün təbəqələrində eyni cür dəyişmir (şəkil 8).

Troposfer. İnsan üçün atmosferin ən aşağı təbəqəsi — troposfer daha zəruridir. Bu məfhum «dönüş sferası» mənasını daşıyır və təbəqənin turbulent xassələri ilə bağlıdır.

Troposfer havası Yer üzərində yaşayışı təmin edir. Onu «hava mətbəxi» də adlandırırlar. Müxtəlif enerji çevrilmələri ilk növbədə troposferdə baş verir. Atmosferin bu təbəqəsi Yer səthi ilə təmasda olduğundan və kosmosdan bu təbəqəyə daim enerji verildiyindən o hərəkətə gəlir. Təbəqənin yuxarı sərhədi



Şəkil 8

enerji verildiyindən o hərəkətə gəlir. Təbəqənin yuxarı sərhədi

temperatur azalmasının temperatur artması ilə əvəz olunduğu hündürlükdə yerləşir. Bu hündürlük ekvator üzərində 15-17 kilometrə, qütblərdə isə 7-8 kilometrə bərabərdir.

Yer səthindən troposferin yuxarı sərhədinə kimi havanın temperaturu azalır. Ekvator üzərində havanın ən minimal temperaturu -62°S , qütblər üzərində isə -45°S -dir. Lakin ölçü məntəqəsindən asılı olaraq bu temperaturun qiyməti başqa da ola bilər. Məsələn, Yava adası üzərində troposferin yuxarı sərhədində havanın temperaturu rekord -95°S qiymətinə çatır.

Troposferin yuxarı sərhədi tropopauza adlanır. Orta en dairələrində atmosfer kütləsinin 75%-dən çoxu tropopauzadan aşağıda yerləşir. Tropiklərdə isə troposfer boyunca atmosfer kütləsinin 90%-i cəmlənmişdir.

Tropopauza 1899-cu ildə qeydə alınmışdır. Bu zaman hər hansı bir hündürlükdə temperaturun minimumu, sonra isə artdığı müəyyən olunmuşdur. Bu cür temperatur artımının başlanğıc nöqtəsi atmosferin başqa bir təbəqəsinə, yəni stratosferə keçidi göstərir.

Stratosfer. Atmosferin ikinci təbəqəsi olan stratosferin yuxarı sərhədi 50-55 kilometr hündürlüyə çatır. Burada hava seyrəlik, səmanın rəngi isə tünd-bənövşəyi, az qala lap qara olur. Su buxarı az olduğundan buludlar əmələ gəlmir. Stratosferin aşağı təbəqələrində səsdən sür'ətlə gedən təyyarələr uçuş.

Stratosferin əsas xüsusiyyətlərindən biri temperaturun birdən-birə artmasıdır. Son nəticələrə görə, orta en dairələrində stratosferin temperaturu 25 kilometrə kimi eyni bir qiymətə -55°S -yə bərabər olur. 25 kilometrədən 50 kilometrə qədər isə 0°S -yə kimi artır. Temperaturun bu artımı atmosferdə gedən əsas kimyəvi reaksiyalardan biri olan ozonun yaranma reaksiyası (fotokimyəvi reaksiya) ilə izah olunur.

Ozon oksigenin xüsusi bir formasıdır. Oksigenin iki-atomlu molekulundan (O_2) fərqli olaraq, ozon üçatomlu molekuldan (O_3) ibarətdir. Ozon, adi oksigenin atmosferin yuxarı qatlarına daxil olan şüa enerjisi ilə qarşılıqlı tə'siri nəticəsində (fotokimyəvi reaksiya) yaranır.

Ozonun əsas kütləsi təxminən 25 kilometr hündürlükdə yerləşir. Lakin bütövlükdə ozon qatı bütün stratosferi əhatə edən bir örtük kimi hündürlük boyu yayılmışdır. Bu örtüyə ozonosfer də deyilir. Ozonosferdə ultrabənövşəyi şüalar daha tez-tez atmosfer oksigeni ilə tə'sirdə olur. Şüa enerjisi adi ikiatomlu oksigen molekulunun ayrı-ayrı atomlara parçalan-

masına səbəb olur. Öz növbəsində oksigen atomu yenidən ikiatomlu molekularla birləşib ozon molekullarını əmələ gətirir. Atmosferdə ozon olmasaydı, onda Yer üzərində yaşayış olmazdı. Ozon yeganə qazdır ki, Günəşdən gələn 280-320 nanometr dalğa uzunluğunda öldürücü ultrabənövşəyi şüaların qarşısını alır. Buna görə də ozonosferi Yeri kosmik amillərdən qoruyan zireh, örtük adlandırırlar. Yağış və qar yağanda atmosferin aşağı təbəqələrində ozonun miqdarı çoxaldığına görə adamların nəfəs alması yaxşılaşır.

Ümumiyyətlə ozonosfer atmosferdən keçən şüa enerjisinin müəyyən hissəsini udur. Nəticədə ozonosferdə şaquli istiqamətdə temperatur gradienti yaranır ki, bu da təqribən hər 100 metr üçün $0,62^{\circ}\text{S}$ -dir. Yəni temperatur hündürlükdən asılı olaraq stratosferin yuxarı sərhədi olan stratopauzaya kimi (50 kilometr) artır.

50 kilometrədən 80 kilometrə qədər olan hündürlükdə atmosferin m e z o s f e r adlanan təbəqəsi yerləşir. «Mezosfer» sözü «aralıq sfera» deməkdir. Burada isə havanın temperaturu hündürlükdən asılı olaraq yenidən azalmağa başlayır. Bu hadisə təbəqədə ozonun miqdarının azalması ilə izah olunur. Atmosferin bu təbəqəsində bə'zən parlaq gümüşü buludlar əmələ gəlir.

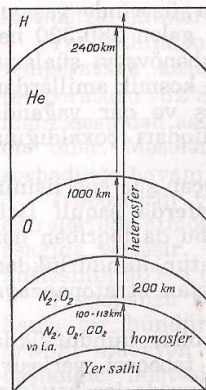
Daha yuxarıda t e r m o s f e r yaxud i o n o s f e r təbəqəsi yerləşir. Bu təbəqənin yuxarı sərhədi 80-100 kilometrədən yüksəkdir. Bu təbəqədə, Günəşin ultrabənövşəyi şüaları udulur, atmosfer qızır və ionlaşma baş verir. Buna görə də 200 kilometrədən yüksəkdə temperatur 1000°S qiymətinə yaxın olur. İonosferdə hava çox seyrəkdir. Burada qütb parıltıları da əmələ gəlir.

Atmosferin ən üst təbəqəsi e k z o s f e r d i r. Ümumiyyətlə, atmosferin harada qurtarması və kosmosun harada başlanmasını ayırd etmək çətindir. Çünki hündürlükdən asılı olaraq atmosfer qazlarının sıxlığı yavaş-yavaş azalır və atmosfer özü demək olar ki, boşluğa çevrilir. 320 kilometr hündürlükdə atmosferin sıxlığı o qədər azdır ki, molekular bir-biri ilə toqquşmadan 1 kilometr yol gedə bilər. Demək, atmosferin sonuncu təbəqəsi onun üçün yuxarı sərhəd ola bilər ki, bunun da hündürlüyü 2000-3000 kilometrdir. Alimlər belə hesab edirlər ki, bu təbəqədə istilik 2000°S -yə çatır.

Atmosferi qaz tərkibinin dəyişməsinə görə də təbəqələrə ayırmaq olar. Bu, onunla əlaqədardır ki, Yerin cazibə qüvvəsi yüngül qazlara nisbətən ağır qazların atom və molekullarını

Yer səthinə daha yaxın saxlayır.

H o m o s f e r . 80 kilometr hündürlüyə kimi atmosferin tərkibi nisbətən bircinsdir. Atmosferin bu hissəsi «homosfer» adlanır («homo» - eyni deməkdir).



Şəkil 9

H e t e r o s f e r . Homosfer üzərində ikiatomlu azot molekulundan (N_2) və bir qədər də oksigendən (O_2) ibarət olan təbəqə yerləşir. Bu təbəqə 240 kilometrə kimi uzanır. Bundan sonra 960 kilometrə qədər yüksələn təbəqədə atomar oksigen yerləşir.

Daha yüksəkdə, yəni atomar oksigen təbəqəsi üzərində helium (He) təbəqəsi 2400 kilometrə qədər uzanır. Nəhayət, bu təbəqədən də yuxarıda hidrogen (H) təbəqəsi müşahidə olunur. Bütün bu təbəqələr birlikdə «heterosfer» adlanır (şəkil 9).

2.4. Atmosferin ümumi xassələri

Troposferdə baş verən atmosfer hərəkətlərinin enerji mənbəyi udulan Günəş radiasiyasıdır. Bunu aydın başa düşmək üçün atmosferin gələn radiasiyaya göstərdiyi təsiri baxaq. Atmosferi nəhəng istilik maşını kimi təsəvvür etmək olar ki, bunu da Günəşdən Yərə doğru gələn şüa enerjisi hərəkətə gətirir. Atmosfer heç vaxt sakit olmur. Günəşin istisindən qızmış hava yüngüləşir və tədricən Yer səthindən hündürə qalxır, onun yerini isə soyuq hava tutur. Yer kürəsinin ayrı-ayrı sahələri eyni dərəcədə qızmadığı üçün, onlar arasında atmosferin təzyiqlər fərqi yaranır. Bu təzyiqlər fərqi hava kütləsinin bir rayondan digər rayona hərəkət etməsində əsas rol oynayır ki, bununla da küləklərin və fırtınaların yaranmasına, son nəticədə isə planetimizdəki atmosferin ümumi sirkulyasiyasına böyük təsir etmiş olur.

Atmosfer başqa qazlar kimi temperatur, təzyiq və həcm dəyişmələrinə həssasdır. Bu səbəbdən də onu tədqiq edərkən fizikadan məlum olan ümumi qaz qanunlarından istifadə olunur.

Atmosferi və onun tərkibinə daxil olan bütün qaz qarışıqlarını Yərə yaxın saxlayan ağırlıq qüvvəsidir.

Havanın çəkisi Yer cazibəsi ilə əlaqədardır. Yəni bu cazibə planetin səthində atmosfer təzyiqini yaradır.

Atmosferin tam çəkisi təqribən 5000000000 milyon ton olduğundan, o Yer səthinin hər bir kvadrat santimetrinə 1 kiloqrama yaxın qüvvə ilə təsir edir (Yer səthinin ümumi sahəsi 510 milyon kvadrat metrdir).

III fəsil. GÜNƏŞ ŞÜASI VƏ ATMOSFER

Günəşin, atmosferin, su və quru səthlərinin qarşılıqlı təsiri nəticəsində havada temperaturlar fərqi yaranır. Bu temperaturlar fərqi hava kütləsinin hərəkətinə səbəb olur.

Bu, onunla izah olunur ki, müxtəlif coğrafi rayonlara düşən şüa enerjisi müxtəlifdir. Quru səthdən fərqli olaraq su hövzələrində enerjini daha dərin qatlar udur. Lakin buna baxmayaraq quru səth su səthinə nisbətən də tez soyuyur.

Hava molekullarının istilik hərəkəti və onların öz aralarında toqquşması özünü təzyiq şəklində büruzə verir ki, bu da hava kütləsini xarakterizə edən termik halın bir başqa nəticəsidir.

İstilik udulması baş verdikdə molekullar daha sürətlə hərəkət etməyə başlayır və havanın həcmi böyüyür. Bu vaxt onun sıxlığı azalır, yəni vahid həcmdəki molekulların sayı az olur. Qızmış havanın sıxlığı soyuq havanın sıxlığından az olduğuna görə o, yuxarı qalxmağa başlayır. Yuxarı qalxan hava özündən sonra atmosfer təzyiqi az olan bir sahə qoyur. Bu sahəyə soyuq hava kütləsi daxil olaraq təzyiqi artırır. Qızmış hava kütləsi ilə soyuq hava kütləsinin bu cür yerdaışmasına konveksiya deyilir.

3.1. Şüa enerjisi və ilin fəsilləri

Yer kürəsinin bu və ya digər rayonlarının aldıkları Günəş radiasiyasının miqdarı Yerin Günəşə nəzərən vəziyyətindən asılıdır.

Yerin fırlanma oxu onun Günəş ətrafında hərəkət orbiti müstəvisinə meyilli olduğundan və bu ox il ərzində öz-özünə paralel qaldığından ilin fəsilləri eyni qaydada təkrarlanır. Ümumiyyətlə Yerdə fəsillərin təkrarlanması üç ayrılmaz səbəbin nəticəsində baş verir. Yer Günəşin ətrafında sabit (illik) periodla dolanır. Yerin fırlanma oxu orbit müstəvisinə meyillidir və bu ox fəzada öz istiqamətini il ərzində saxlayır. Qışda Yer kürəsi (şimal yarımkürəsi) yaydakına nisbətən Günəşə daha yaxın olub, 7%-ə qədər artıq Günəş enerjisi alır. Bu səbəbdən də Yerin şimal yarımkürəsində cənub yarımkürəsinə nisbətən qış bir qədər mülayim, yay isə nisbətən sərin olur. Əlbəttə quru və okeanların paylanması və başqa amillər də təsir edir.

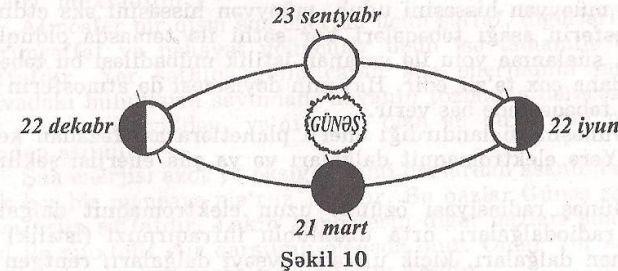
Su hövzələrinin səthinə nisbətən quru səth daha tez qızır və soyuyur. Dünya xəritəsinə nəzər salsaq görürük ki, qurunun çox hissəsi şimal yarımkürəsində, su səthinin çox hissəsi isə cənub yarımkürəsində yerləşmişdir.

Günəşə nəzərən Yerin vəziyyətinin dəyişməsi nəticəsində il ərzində günorta vaxtı Günəşin üfüqdən olan hündürlüyü dəyişir. Bu dəyişmə Yerin Günəş ətrafında fırlanması və onun fırlanma oxunun mailliyinin bilavasitə nəticəsidir.

Şimal tropik en dairəsi üzərində 22 iyunda Günəş günorta vaxtı zenitdə yerləşir. İlin bu günündə şimal yarımkürəsində yay başlanır. 22 dekabrda isə Cənub tropik en dairəsində Günəş zenitdə olur. Bu vaxt şimal yarımkürəsində qış başlanır. Beləliklə, şimal yarımkürəsində qış 22 dekabr, yəni Yerin fırlanma oxunun şimal ucu Günəşin əksi istiqamətinə yönəlmiş olduqda, yay isə 22 iyunda, yəni Yerin fırlanma oxunun şimal ucu Günəşə tərəf yönəldikdə başlanır.

23 sentyabrda və 21 martda ekvator üzərində Günəş düz zenitdə yerləşir. Bu iki tarix müvafiq olaraq payızın və baharın gəlişini göstərir.

Günəş şüaları Yerə müəyyən bucaq altında düşür. Yerin fırlanma oxunun mailliyi nəticəsində bu bucaq il ərzində dəyişir. Sütkada gündüzün davam etmə müddəti və həmin bu bucaq bilavasitə atmosfer vəziyyətinin fəsil dəyişkenliklərini müəyyən edir (şəkil 10).



Yerin fırlanma oxunun mailliyi ilə yanaşı qeyd etmək lazımdır ki, yuxarıda göstərdiyimiz kimi, Yer kürəsi atmosfer ilə əhatə olunmuşdur. Yer səthinə gəlib çatması üçün Günəşdən gələn enerji seli ilin müxtəlif fəsillərində müxtəlif qalınlıqlı hava qatından keçməlidir. Qış fəsilində Günəş şüalarının düşmə bucağı kiçik olduğuna görə yay fəsilindəki nisbətən qalın atmosfer qatından keçmiş olur. Bu, Günəşdən

gələn enerji selini hiss olunacaq dərəcədə zəiflədir və enerjinin Yerə gəlib çatan miqdarını azaldır. Yay fəslində isə Günəş üfüqdən çox hündürdə olduğuna görə onun şüaları atmosferdə daha az yol keçərək qış fəslinə nisbətən az zəifləyir.

Beləliklə, Yerin fırlanma oxunun maili olması üç əsas amilin yaranmasına səbəb olur ki, bu da öz növbəsində ilin fəsilələrinin dəyişməsinə gətirib çıxarır. Günəş şüalarının düşmə bucağının kiçik olmasına görə qış fəslində yay fəslinə nisbətən Günəş enerjisinin intensivliyi az olur. Yay vaxtı günlər gecələrə nisbətən çox uzun olur. Bu səbəbdən gündüz vaxtı gələn Günəş enerjisi, gecə vaxtı itirilən bu enerjiden çox olur. Ən nəhayət, qış fəslində Günəş şüalarının zəifləməsi, yay fəslindəki nisbətən güclüdür. Çünki yuxarıda göstərdiyimiz kimi, birinci halda şüalar atmosferdə daha uzun yol keçir.

3.2. Günəş radiasiyası atmosferdə

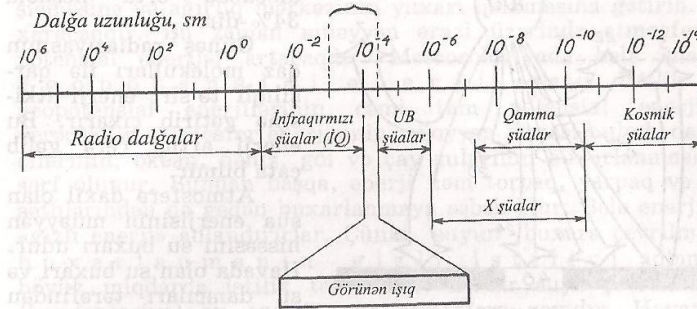
Günəş radiasiyası Yerə çatmadan əvvəl onun atmosferindən keçir. Radiasiyanın müəyyən hissəsi atmosferlə qarşılıqlı əlaqəyə girib, orada bir çox müxtəlif proseslər emalə gətirir ki, bu da son nəticədə atmosferin təbəqələrə ayrılmasına səbəb olur (bax 2.3). Radiasiyanın əsas hissəsi (təxminən 80%) isə maneəsiz atmosferdən keçərək Yer səthinə çatır. Yer səthi isə onun müəyyən hissəsini udub, müəyyən hissəsini əks etdirir. Atmosferin aşağı təbəqələri Yer səthi ilə təmasda olduqları üçün, şüalanma yolu ilə yaranan istilik mübadiləsi bu təbəqələrə daha çox təsir edir. Havanın dəyişməsi də atmosferin elə aşağı təbəqəsində baş verir.

Günəşin şüalandırdığı enerji planetlərarası fəzadan keçərək, Yerə elektromaqnit dalğaları və ya şüa enerjisi şəklində gəlir.

Günəş radiasiyası özündə uzun elektromaqnit dalğaları olan radiodalğaları, orta uzunluqlu infraqırmızı (istilik) və görünən dalğaları, kiçik ultrabənövşəyi dalğaları, rentgen və qamma şüalarını cəmləyir. Bundan başqa Günəş Yerə kosmik şüalar da göndərir (şəkil 11).

Günəşin şüalandırdığı enerji əsasən spektrin kiçik və orta dalğa hissəsinə düşür. Günəş spektrinin görünən hissəsindəki rənglər işıq ayrı-ayrı dalğalarıdır. Görünən spektrin sərhədi olan qırmızı rəng ən uzun görünən dalğa, bənövşəyi rəng isə ən kiçik görünən dalğadır.

Yerə gələn Günəş radiasiyası



Şəkil 11

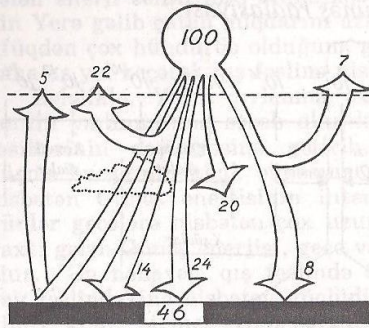
Yer səthi əsasən Günəş radiasiyasının kiçik dalğalı hissəsini udur. Bu zaman səth qızır və sonra özü mütləq qara cisim kimi enerji şüalandırır. Yer səthinin şüalandırdığı enerji spektrin uzun dalğalı hissəsində yerləşir. Kiçik dalğalı radiasiya, uzun dalğalı radiasiyaya nisbətən böyük nüfuz etmə qabiliyyətinə malikdir. Digər tərəfdən göstərmək lazımdır ki, Yer şüalanması ilə Günəş radiasiyasının atmosfer ilə qarşılıqlı təsiri müxtəlifdir.

Atmosfer bir qism şüa enerjisi üçün şəffaf, digərləri üçün yarımsəffaf və nəhayət üçüncülər üçün isə tamamilə qeyrişəffafdır. Yer səthinə gəlib çatan şüa enerjisinin miqdarı havadakı buludların sayından, havanın tozlanma dərəcəsindən və onun nəmliyindən, yəni onda olan su buxarının miqdarından asılıdır.

Şüa enerjisi azot və oksigen kimi qazlardan asanlıqla keçərək heç bir maneəyə məruz qalmır. Bu qazlar Günəş radiasiyası üçün şəffafdır. Lakin atmosferin digər qazları şüa enerjisi ilə müxtəlif cür qarşılıqlı əlaqədə olur. Onlar Yer səthinə gəlib çatacaq bu enerjinin miqdarını azaldır.

Atmosfer onun yuxarı sərhədinə düşən Günəş radiasiyasının təqribən 20%-ni udur. Radiasiyanın 34%-i Yer səthi, atmosfer, buludlar və atmosferdə olan kiçik toz hissəcikləri tərəfindən əks olunur. Qalan 46% Yer səthi tərəfindən udulur (şəkil 12).

C i s m i n a l b e d o s u ondan əks olunan şüa enerjisinin düşən şüa enerjisine nisbətidir. Bütün Yer kürəsinin



Şəkil 12

nan xüsusi şüalanma çox intensiv gedir. Məsələn, buludlar radiasiyanın 75-80%-ni əks edə bilər. Səpələnən radiasiyanın bir hissəsi Yerə tərəf istiqamətlənir və bu səbəbdən də onun üçün itmiş hesab edilir. Bundan əlavə buludlar özləri də Yer səthinə doğru uzundalğalı radiasiya şüalandırır.

Atmosferdə olan toz nəinki Günəş radiasiyasını əks etdirir, hətta su buxarı ilə birgə şüa enerjisini «qoruyub» saxlayır. Su buxarı və toz tərəfindən tutulub saxlanılan enerji, ətraf havanın temperaturunun artmasına gətirib çıxarır.

Yerin xarici fəzadan, başlıcası isə Günəşdən aldığı tam enerji, dəqiqliklə bütün Yer kürəsinin kosmosa verdiyi enerjiyə bərabərdir.

Atmosfer fasiləsiz hərəkətdədir. Ona hətta mikroskop altında və ya Yerın sün'i peykindən baxdıqda belə o, hərəkət edir. Havanın necə hərəkət etməsindən asılı olaraq o, istilik, rütubət və hərəkət miqdarını bir yerdən başqa yerə köçürür.

Yer səthinin və ona yaxın atmosfer təbəqəsinin Günəş tərəfindən qeyri-bərabər qızması küləklərin yaranmasına səbəb olur.

Müxtəlif en dairələrində, dənizdə və quruda qeyri-bərabər udulan Günəş enerjisinin, atmosferi necə hərəkətə gətirməsinə baxmamışdan əvvəl, atmosfer enerjisinin müxtəlif növlərindən və bir növ enerjinin digərinə keçməsindən söhbət açaq. Çox güman ki, Günəşin istilik enerjisinin ilk tə'siri nəticəsində atmosferin, qurunun və dənizin temperaturu artmalıdır. Bu zaman Günəş enerjisinin müəyyən hissəsi havanın daxili enerjisinə çevriləcəkdir. Yə'ni bizə istilik məfhumu altında

onun atmosferi ilə birgə albedosu orta hesabla 34%-dir.

Günəş radiasiyasının qaz molekulları ilə qarşılıqlı tə'siri enerji itkisinə gətirib çıxarır. Bu enerji artıq Yerə gəlib çata bilmir.

Atmosferə daxil olan şüa enerjisinin müəyyən hissəsini su buxarı udur. Havada olan su buxarı və su damcıları tərəfindən udulan və sonradan yaran

mə'lum olan molekulların hərəkətinə səbəb olacaqdır. Sonradan havanın qızması onun genişlənməsinə, hava sütununun şişməsinə və ağırlıq mərkəzinin yuxarı qalxmasına gətirib çıxaracaqdır. Bu zaman müəyyən ərazi üzərində atmosferin potensial enerjisi artacaqdır. Meteorologiyada belə enerji *geopotensial enerji* adlanır. İstilik və geopotensial enerjilərinin cəmi tam potensial enerjini verəcəkdir. Atmosfer enerjisinin müəyyən hissəsi bulud damcılarının, okean, dəniz, göl və çay sularının buxarlanmasına sərf olunur. Bundan başqa, enerji nəm torpaq, yarpaq və ot səthlərindən də gedən buxarlanmaya səbəb olur. Belə enerjini «gizli enerji» adlandırırlar. Çünki suyun buxara çevrilməsi buxarlanmanın gizli istiliyi adlanan böyük miqdarda istilik tələb edir. Buxar suya çevrildikdə (kondensasiya) bu enerji yenə atmosfərə qayıdır. Havanın hərəkəti kinetik enerjidir.

Atmosfer adətən bir növ enerjini digər növ enerjiyə çevirir. Lakin həmişə tam enerji sabit qalır. Atmosferin daxili və geopotensial enerjisi gələn radiasiya axınından asılıdır. Enerjinin bir qismi küləklərin kinetik enerjisinin yaranmasına, digər qismi isə «gizli enerji»yə sərf olunur. Sonuncu iki növ enerji yenidən istiliyə çevrilə bilər: kinetik enerji hava axınlarının öz aralarında sürtünməsi nəticəsində, gizli enerji isə su buxarının atmosferdə kondensasiyası nəticəsində. Hər iki enerji şüa enerjisinin udulması kimi atmosferi qızdırır, yə'ni onun daxili və geopotensial enerjisini artırır.

Atmosfer enerjisinin çox böyük hissəsini daxili və geopotensial enerji təşkil edir. Kinetik və «gizli enerji» onun çox kiçik hissəsini təşkil edir. Atmosferin kinetik enerjisinin tam miqdarı sabit qaldığı üçün belə nəticəyə gəlmək olar ki, o, nə sür'ətlə yaranırsa, həmin sür'ətlə də səpələnir. Atmosferin kinetik enerji miqdarı 2 coul/m^2 -dir. Bu qiymət atmosfərə gələn Günəş enerjisinin 0,57%-ni təşkil edir.

Ümumiyyətlə, küləyin kinetik enerjisi Yer səthinin müxtəlif sahələrində müxtəlif sür'ətlə səpələnir. Səthi kələ-kötür (meşələr, şəhərlər) və güclü küləkləri olan rayonlarda küləyin kinetik enerjisi daha tez istiliyə keçir. Lakin səthi hamar olan rayonlarda isə (dənizlər, qütb buzlaqları) bu keçidin sür'əti azalır.

Yer üzərindəki temperatura «istixana» effekti adlanan istilik effekti tə'sir edir. Buna atmosfer səbəb olur. Günəşdən gələn qısa dalğalı şüalar atmosferi maneəsiz keçərək Yer

səthini qızdırır. Qızmış Yer səthi uzun dalğalı şüalar buraxır. Atmosferdə olan qazlar isə (xüsusilə karbon qazı) bu şüaların dünya fəzasına yayılmasına mane olur. Bu səbəbdən Yer səthi kəskin temperatur dəyişmələrinə məruz qalır.

Belə effekt atmosferi olmayan göy cisimlərində müşahidə olunmur. Məsələn, hamıya məlumdur ki, Ayda atmosfer yoxdur. Onun işıqlanmış səthinin temperaturu 125°S -yə yaxın olur. Gecələr isə bu temperatur kəskin dəyişərək -125°S -yə çatır.

Yerdəki temperaturun cüz'i dəyişməsinin başqa bir səbəbi də atmosfərə daxil olan Günəş radiasiyasının müəyyən hissəsinin molekullarla gedən reaksiyaya sərf olunması, su buxarı, toz və atmosferdə olan başqa hissəciklər tərəfindən udulmasıdır.

Yer səthini atmosferdən keçən və udulmayan şüalar qızdırır. Bu, əsasən mavi, yaşıl və sarı şüalardır. Nisbətən kiçik olan bu dalğalar atmosferdən maneəsiz keçir.

Yerin şüalandırdığı uzundalğalı radiasiyanın müəyyən hissəsini atmosferdə olan su buxarı udur. Beləliklə, Yerdə gecə və qışda onun temperaturu heç də kəskin olaraq azalmır. Eyni zamanda gündüz və ya yay vaxtı Yer səthinin temperaturu kəskin artmır. Çünki göstərdiyimiz kimi, Günəşdən gələn radiasiyanın müəyyən hissəsi atmosfer tərəfindən udulur.

Atmosferi öyrənmək üçün çoxlu sayda ölçü cihazları yaradılmışdır. Müxtəlif hava təzahürlərinin necə tez-tez təkrar olunmasını bilməkdən ötrü müxtəlif meteoroloji cədvəllər və xəritələr tərtib edirlər. Hal-hazırda əksər məsələlər bu cür cədvəl və xəritələrin köməyi ilə həll olunur.

Meteoroloji cihazların zəruri məlumatları vermələri üçün raketlərdən, peyklərdən, hava şarlarından və həmçinin yerüstü stansiyalardan istifadə edirlər.

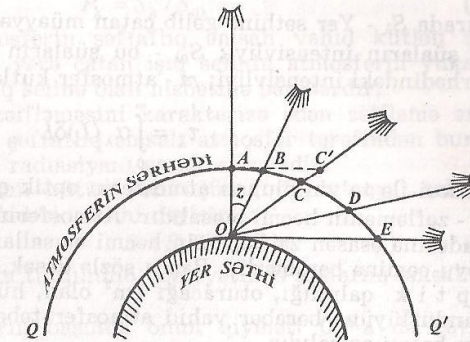
Sadə meteoroloji stansiyalar müşahidəni meteoroloji budkalarda yerləşən cihazlar vasitəsilə aparır. Belə budkalar ölçü cihazlarını birbaşa gələn günəş şüalarından qoruduqları üçün havanın temperaturunu çox dəqiq ölçməyə imkan verir.

3.3. Günəş şüalarının atmosferdə zəifləməsi

Günəş şüalarının seli Yer atmosferindən keçərkən müəyyən qədər səpələnir və müəyyən qədər udulur. Son nəticədə

Yer səthinə zəifləmiş halda gəlib çatır. Günəş üfüqə yaxınlaşdıqca onun şüaları daha da zəifləyir (şəkil 13).

Şəkilə müşahidəçi Yer üzərindəki O nöqtəsində yerləşmişdir. Əgər Günəş zenitdə, yəni şaquli istiqamətdə başımız üzərində yerləşmişsə, onun şüaları atmosferdə AO yolunu keçəcəkdir. Günəş AOB zenit bucağı qədər yerini dəyişmişdir. Günəşin zenit məsafəsini Z



Şəkil 13

ilə işarə edək. Bu zaman onun şüaları daha uzun BO yolunu qət edəcəklər. Günəş üfüqə doğru meyl etdikcə şüaların keçdiyi yol artacaq (BO , CO , DO) və nəhayət Günəş üfüqdə olanda onlar ən böyük yolu (EO) qət edəcəklər. Yol böyük olduqca şüalar bir o qədər çox enerji itirəcəkdir.

Günəş şüalarının atmosferdə zəifləməsi iki yolla, səpəlmə və udulma yolu ilə baş verir. Udulmuş günəş radiasiyası enerjinin başqa növlərinə, əsasən istiliyə çevrilir. Bu istilik havanın qızmasına sərf olunur. Günəş radiasiyasının atmosfer qazları tərəfindən udulması seçici xarakter daşıyır. Yəni müəyyən dalğa uzunluqları və ya dalğa uzunluqlarının müəyyən hissəsi udulur. Günəş radiasiyasını udan əsas qazlar ozon, su buxarı və karbon qazıdır. Əsas udulma Günəş spektrinin ultrabənövşəyi və infraqırmızı sahələrində baş verir. Spektrin görünən sahəsində udulma səpəlməyə nəzərən cüz'i rol oynayır. Bu səbəbdən də səpəlmə nəticəsində günəş şüalarının əsas zəifləməsi baş verir. Müxtəlif işıq təzahürlərinin baş verməsi, elə işıq şüalarının atmosferdə səpəlməsinin nəticəsidir.

İşıq şüalarının səpəlməsi də dalğa uzunluğundan asılıdır. Bu səbəbdən müxtəlif dalğa uzunluqlu şüalar atmosferdən keçdikdə müxtəlif cür zəifləyir. Zəifləmə qanununu ilk dəfə XVIII əsrdə fransız fiziki Pyer Buqer vermişdir. Bu qanun müəyyən dalğa uzunluğu üçün aşağıdakı kimi yazılır:

$$S_{\lambda} = S_{0\lambda} e^{-\tau_{\lambda} m} \quad (1)$$

burada S_{λ} - Yer səthinə gələn müəyyən λ dalğa uzunluqlu şüaların intensivliyi; $S_{0\lambda}$ - bu şüaların atmosferin yuxarı sərhədindəki intensivliyi; m - atmosfer kütləsi;

$$\tau_{\lambda} = \int_0^{\infty} \alpha_{\lambda}(L) \delta L \quad (2)$$

ifadəsi ilə təyin olunan atmosferin optik qalınlığıdır. Burada α_{λ} - zəifləmənin həcmi əmsalıdır. Atmosferin optik qalınlığı (2) ifadəsinə əsasən zəifləmənin həcmi əmsalların bütün atmosfer boyu cəminə bərabərdir. Başqa sözlə desək, atmosferin optik qalınlığı, oturacağı 1 m^2 olan, hündürlüyü atmosfer hündürlüyünə bərabər vahid atmosfer təbəqəsinin zəifləməsinin həcmi əmsalıdır.

Atmosfer kütləsi m , günəş şüalarının z günəş məsafəsindən keçdikləri andakı optik qalınlığın, şüaların zenitdən ($z=0^\circ$) keçdiyi andakı optik qalınlığına olan nisbətidir.

60° -dən kiçik olan zenit bucaqları üçün şəkildən görünüyü kimi atmosfer kütləsi aşağıdakı ifadə ilə hesablanır.

$$m = \sec z \quad (3)$$

Böyük zenit bucaqları üçün Bemparadın mürekkəb ifadələrindən istifadə edilir. Müxtəlif zenit məsafələrində m aşağıdakı qiymətləri alır:

Z	60°	80°	85°	90°
m	2,0	5,6	10,4	35,4

Məsələn, Günəşin 60° -lik zenit bucağında (Günəşin hündürlüyü 30°) atmosfer kütləsi 2-yə bərabərdir. Bu onu göstərir ki, günəş şüaları şüalar zenitdə olduğu andakından 2 dəfə çox atmosfer külesini keçir. Günəş üfəqdə olduqda isə ($z=90^\circ$) bu fərq 35 dəfə olur.

Atmosferin optik qalınlığı sadə şəkildə atmosfer zəifləməsinin digər xarakteristikası, şəffaflıq əmsalı R ilə bağlıdır:

$$P_{\lambda} = e^{-\tau_{\lambda}} \quad (4)$$

Buradan P -nin qiymətini (1) ifadəsində yerinə yazsaq alarıq:

$$S_{\lambda} = S_{0\lambda} P_{\lambda}^m \quad (5)$$

Əgər $m=1$ olarsa

$$P_{\lambda} = S_{\lambda} / S_{0\lambda} \quad (6)$$

Beləliklə, atmosferin şəffaflıq əmsalı vahid kütləli atmosferdən keçərək yerə çatan işıq selinin atmosferin yuxarı sərhədində düşən işıq selinə olan nisbətinə bərabərdir.

Radiasiyanın zəifləməsinə xarakterizə edən zəifləmə əmsalı və atmosferin şəffaflıq əmsalı atmosfer tərəfindən buraxılan və yerə çatan radiasiyanı xarakterizə edir.

Günəş şüalarının bütün seli üçün (onu integral sel də adlandırırlar) (1) ifadəsi şəklini dəyişir:

$$S = S_0 P^m \quad (7)$$

Atmosferin orta tutqunluq vəziyyətində şəffaflıq əmsalı P təqribən 0,8 olur.

Hündür dağların başında onun qiyməti 0,9-a da çatır. Atmosferin tutqunluğu artdıqda (duman, çən və s.) şəffaflıq əmsalı azalır 0,6 qiymətini alır. Günəşin qabağını bulud tutduqda Günəşdən bir başa gələn (səpəlməyən) şüalar üçün şəffaflıq əmsalı 0-a bərabər olur.

3.4. Aerosol səpəlməsi

Aerözollarda baş verən səpəlmə molekulyar səpəlmədən fərqlənir və başqa qanunauyğunluqlara tabe olur. Bu iki səpəlməni bir-birindən ayırmaq üçün göstərəcəyimiz şərti qəbul edirlər. Əgər səpəlayici hissəciklərin ölçüləri düşən dalğa uzunluğunun $1/10$ -ni aşarsa, səpəlməni aerosol səpəlməsi hesab edirlər. Bu səpəlməni həmçinin Mi səpəlməsi və ya iri hissəciklərdə səpəlmə adlandırırlar. Bu, 1908-ci ildə ixtiyarı ölçülü və xassəli (sındırma əmsalı) sferik izotrop hissəciklərdə elektromagnit dalğalarının səpəlməsinin riyazi nəzəriyyəsini verən alman alimi Q. Minin şərifinə belə adlandırılmışdır.

Görək aerosol səpəlməsi nə cür baş verir? Onun molekulyar səpəlmədən fərqi nədədir?

İri hissəcik düşən dalğanın dəyişən elektromagnit sahəsinə daxil olduqda onun hər bir molekul və ya atomu molekulyar səpəlmədəki kimi dipola çevrilir. Lakin səpəlmə prosesi burada daha güclü gedir. Düşən dalğanın sahəsi altında hissəcik polyarlaşır. Bu hissəciyə nəinki, düşən dalğanın sahəsi, hətta onu təşkil edən elementlərin çoxlu sayda sahələri təsir edir. İri hissəciyin molekul və atomarı bir-birinə yaxın yerləş-

dikləri üçün onları bir-birindən asılı olmayan dipollar kimi fərz etmək olmaz. Hər bir molekulun səpələdiyi işığın faza və polarizasiya halı ilə fərqləndiyini nəzərə alsaq, dalğaların interferensiyasından istifadə etmək olar. Məsələn: uzunluğu 500 nm (yaşıl işıq) olan işıq dalğası radiusu 10^4 nm olan bulud damcısı üzərinə düşür. Belə radius üzərində 40 ədəd yaşıl işığın dalğa uzunluğu «yerləşəcəkdir». Bu səbəbdən iri hissəciklərdən səpələnmə baş verdikdə sonsuz sayda səpələnən işığın ikinci tərtibli dalğaları həyəcanlanır. Belə dalğaların amplitudu səpələyici hissəciklərin ölçülərindən asılıdır.

Mi teoreminin son nəticəsində iri hissəciklərdən səpələnən işıq yavaş yığılan sonsuz sıranın cəmindən ibarətdir. Hissəciciyin ölçüsü kiçik olduqca, sıranın yığılmasında da bir o qədər az toplananı nəzərə almaq lazımdır. Əgər hissəciklərin ölçüsü dalğa uzunluğunun 1/10-dən azdırsa, onda *Mi* nəzəriyyəsi Reley nəzəriyyəsinə çevrilir. Beləliklə, molekulyar səpələnmə nəzəriyyəsi *Mi* nəzəriyyəsinə xüsusi bir hal kimi çıxır.

Hər bir ixtiyarı elektromagnit şüalanması kimi, səpələnən işığın kəmiyyət xarakteristikaları aşağıdakılardır: 1) integral tərkib, 2) səpələnən işığın ümumi parlaqlığı və ya intensivliyi və bucaq paylanması, 3) səpələnən şüada polarizasiya hadisəsi.

Molekulyar və aerosol səpələnmələrinin spektral tərkiblərini müqayisə edək, hər iki səpələnmədə parlaqlığın və ya intensivliyin ən sadə miqdarı xarakteristikası səpələnmənin həcmi əmsalıdır. Bu əmsal vahid həcmə bütün istiqamətlərdə səpələdiyi işıq selinin onun üzərinə düşən işıq selinə olan nisbətidir.

Molekulyar səpələnmənin həcmi əmsalı Reley düsturu ilə ifadə olunur:

$$\sigma_M = \text{const} \frac{(n-1)^2}{N\lambda^4} \quad (8)$$

burada λ - düşən işığın dalğa uzunluğu, N - havanın vahid həcmindəki səpələyici hissəciklərin sayı, n - havanın sındırma əmsalı; const - sabitdir.

Üç dalğa uzunluğu üçün səpələnən işığın intensivliyini müqayisə edək. 1) 500 nm dalğa uzunluqlu görünən işıq (yaşıl işıq), 2) dalğa uzunluğu 50 nm olan ultrabənövşəyi şüa və 3) $5,10^3$ nm dalğa uzunluqlu infraqırmızı şüa. (8) ifadəsindən görüldüyü kimi ultrabənövşəyi şüalar görünən şualardan 10000 dəfə güclü, infraqırmızı şüalar isə 10000 dəfə zəif

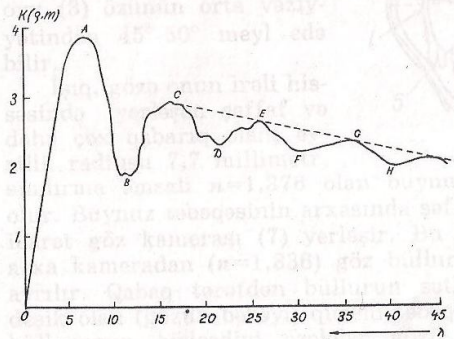
səpələncəkdir. Səpələnmə nəticəsində havadakı dumanın parlaqlığı ultrabənövşəyi şüalar üçün daha güclü, görünən şüalar üçün bir az zəif, infraqırmızı şüalar üçün isə daha zəif olacaqdır. Bu səbəbdən də uçan təyyarədən uzaq cisimləri infraqırmızı şüada müşahidə etmək və onların şəklini çəkmək əlverişli olur. Çünki görünmə uzaqlığı infraqırmızı şüalar üçün çox olur.

Təbiidir ki, səpələyici hissəciklərin sayı N çox olduqca səpələnən şüanın parlaqlığı da çox olmalıdır. Lakin (8) ifadəsindən isə ilk baxışda qəribə nəticə çıxır. Səpələnmənin həcmi əmsalı N ilə tərs mütənasibdir. Burada heç bir qəribəlik yoxdur. Məsələ ondadır ki, ifadənin sürətindəki n sındırma əmsalı öz növbəsində N ilə düz mütənasibdir. Özü də n kvadrat şəklində ifadəyə daxil olduğu üçün son nəticədə σ_M əmsalı N ilə düz mütənasib olur.

Molekulyar səpələnmədən fərqli olaraq iri hissəciklər üçün *Mi* səpələnməsində intensivlik dalğa uzunluğundan zəif asılıdır. Havanın vahid həcmində yerləşən α radiuslu iri hissəciklər üçün aerosol səpələnməsinin həcmi əmsalı aşağıdakı ifadə ilə verilir.

$$\sigma_\alpha = \pi\alpha^2 K(\rho, m)N, \quad (9)$$

burada $K(\rho, m)$ - ρ ($\rho = 2\pi\alpha/\lambda$) parametridən və hissəciciyin kompleks sındırma əmsalından (m) müəkkəb şəkildə asılı olan səpələnmə funksiyasıdır. Su damcıları üçün $K(\rho, m)$ funksiyası 14-cü şəkildə göstərilmişdir.



Şəkil 14

$K(\rho, m)$ funksiyasının görünüşünü təhlil edərək biz buludların nə üçün ağ olduğu sualına cavab verə bilərik. Şəkildən görüldüyü kimi

$K(\rho, m)$ funksiyasının tədricən sönən bir neçə maksimum və minimumu vardır. ρ -nün böyük qiymətlərində funksiya

sabit qiymətə (2-yə) yaxınlaşır. Bu bitərəf səpələnmə sahəsidir ki, bütün dalğa uzunluqları eyni dərəcədə səpələnir: şəkildən görünür ki, bu sahə $\rho \approx 45$ qiymətindən başlanır. Orta radiusu 10 mkm olan bulud damcısı üçün ρ -nun qiymətini hesablayaq. Qırmızı şüalar (800 nm) üçün $\rho = 156$, bənövşəyi şüalar üçün (400 nm) isə $\rho = 78$ -dir. Demək buludlar üçün bitərəf səpələnmə mövcuddur. Bununla da onların ağ rəngdə olması izah olunur.

IV fəsil. İNSANIN GÖRMƏ QABİLİYYƏTİ

4.1. Göz qəbul edici kimi

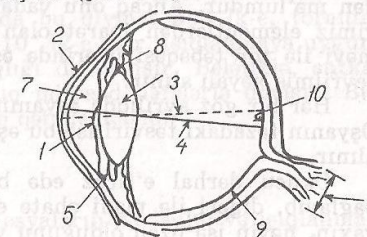
Biz işıq aləmində yaşayırıq. Yerdə bizi əhatə edən əşyalar-dan, günəşdən, Aydan, ulduzlardan və digər işıq mənbələrin-dən gələn işıq selləri bu əşyalar haqqında, onların qarşılıqlı vəziyyəti və hərəkəti haqqında məlumat verir.

Bizi əhatə edən aləmin sonsuz müxtəlifliyinə, təbiətdə rast gələn və insan tərəfindən yaradılan rənglərin zəngin-liyinə baxıb həzz alırıq. Bütün bunların hamısını biz görmə üzvümüz olan gözün vasitəsilə görür və qavrayırıq. İnsan gözü öz mükəmməlliyinə görə qərribə üzvdür. Belə hesab edir-lər ki, yer şəraitində xarici aləm haqqındakı bütün məlu-matın 80-90%-ni insan göz vasitəsilə alır. Kosmosda bu rəqəm 90-95%-ə çatır. Aldığı məlumatın həcm və müxtəlifliyinə görə göz ilə insanın yaratdığı işıq qəbuledicilərinin (fotoele-mentlər, fotolövhələr və s.) heç biri müqayisə edilə bilməz.

Bəs göz necə işləyir? Buna görə əvvəlcə qısa da olsa gözün quruluşu ilə tanış olaq. Göz almacağı diametri 24 millimetrə yaxın olan şarabənzər şəkildə olub, xarici tərəfdən bərk və qeyri-şəffaf təbəqə ilə örtülmüşdür (şəkil 15).

O, əzələlərin (8) köməyi ilə həm üfüqi, həm də şaquli müstəvidə dönmək imkanına malikdir. Bu zaman görmə oxu (3) özünün orta vəziy-yətindən 45° - 50° meyl edə bilər.

İşıq, gözə onun irəli his-səsində yerləşən şəffaf və daha çox qabarıq olan, əy-rilik radiusu 7,7 millimetr, sındırma əmsali $n=1,376$ olan buynuz təbəqədən (2) daxil olur. Buynuz təbəqəsinin arxasında şəffaf mayedən ($n=1,336$) ibarət göz kamerası (7) yerləşir. Bu kamera şüşəyə bənzər arxa kameradan ($n=1,336$) göz bülluru ($n=1,386$) vasitəsilə ayrılır. Qabaq tərəfdən büllurun səthi mərkəzində dairəvi dəşik olan (gözün bəbəyi) qüzehi təbəqə ilə örtülmüşdür. Göz büllurunun birləşdiyi əzələlər gözü fokuslaşdıraraq onun daxilində baxdığımız əşyanın aydın təsvirini yaradır. Digər



Şəkil 15

əzələlər isə işıqlı və qaranlıq olmasından asılı olaraq göz bəbəyinin (1) diametrini uyğun olaraq kiçildir və böyüdür.

Əşyanın təsviri göz almacığının daxilində yerləşən tor təbəqədə alınır. Tor təbəqəsi mürəkkəb quruluşa malik olub 10 təbəqədən ibarətdir. Bu təbəqələrin axırıncıdan əvvəlkində işığa həssas elementlər - çubuqcular və kolbacıqlar yerləşir. İşığa daha həssas olan çubuqcular rəngsiz görməni təmin edir. Daha çox işıq selinə məruz qalan kolbacıqlar isə gündüz vaxtı əşyaların rəngini ayırd etməyə imkan verir.

Biz ətraf aləmə baxırıq. Görünüş sahəsindəki hər bir əşyadan və hətta əşyanın hər bir nöqtəsindən müxtəlif işıq selləri çıxır. Tor təbəqəsinə düşərək onlar işıq duyğusu yaradır. Gözə eyni vaxtda müxtəlif xassəli çoxlu sayda işıq seli düşür. Göz bunları çeşidləməli və nəhayət baxılan əşyaların bütün həndəsi və optik xüsusiyyətləri ilə birgə eyni ilə təsvirini yaratmalıdır.

Bes müxtəlif əşyalardan gələn işıq selləri nə ilə fərqlənir? Əşyanın özləri kimi onlardan çıxan işıq selləri də ən əvvəl həndəsi parametrlərlə fərqlənir. Həqiqətdə gözə şüaların əşyaya baxdığımız istiqaməti verilir. Daha sonra sellər parlaqlıq və ya intensivlik və spektral tərkiblə xarakterizə olunur. Bundan başqa onlar polarizasiya dərəcəsi ilə xarakterizə edilir.

Məsələnin birinci və həndəsi hissəsi hamıya orta məktəbdən məlumdur. Ancaq onu yada salaq ki, yuxarıda göstərdiyimiz elementlərdən ibarət olan gözün optik sisteminin köməyi ilə tor təbəqəsi üzərində əşyanın həqiqi, kiçildilmiş və çevrilmiş xəyalı alınır.

Hər bir göz ayrılıqda əşyanın müstəvidəki təsvirini verir. Əşyanın fəzadakı təsviri isə bu əşyaya hər iki gözlə baxıldıqda alınır.

Oxucu dərhal e'tiraz edə bilər. Bax mən bir gözümü bağlayıb, digəri ilə məni əhatə edən əşyalara baxır və nəyin yaxın, nəyin isə uzaq olduğunu yaxşı görürəm. Doğrudan da, bir gözlə baxdıqda biz əşyalara qədər olan məsafə haqqında bəzi təsəvvürlər əldə edirik. Bu, əsasən tanış əşyalara iki gözlə baxmaq adətindən irəli gəlir. Daha uzaqda olan əşyaları örtən atmosfer tutqunluğu da burada böyük rol oynayır.

Belə bir sadə təcrübə edin. Bir gözünüzü bağlayaraq oturun. Əllərinizi irəli uzadıb iki qələmin uclarını bir-birinə birləşdirməyə çalışın. Özü də həmişə hamıya bu nəşib olmur. Doğrudur, bəzən biz iki gözlə də baxdıqda əşyaların ölçüləri və onlara qədər olan məsafə haqqında rəy verdikdə də səhv edirik. Belə optik aldanmaya Günəşin Ayın və başqa əşyaların

üfüqdə olarkən zahiri böyüməsini misal göstərmək olar. Bu haqda 5-ci fəsildə danışılacaqdır.

4.2. Gündüz və gecə vaxtı görmə

Yuxarıda biz gözün əsas elementlərindən olan kolbacıqları və çubuqcuları göstərdik. Kolbacıqlar əsasən tor təbəqəsinin mərkəzində yerləşir. Kənarlara getdikcə onun miqdarı sür'ətlə azalır. Çubuqcular isə əksinə daha çox qışanın kənarlarında toplanır. Kolbacıqların sayı 7 milyona yaxın, çubuqcularınkı isə 130 milyona yaxındır.

Hər bir əşyanın gözün tor təbəqəsində yaranan təsviri mozaik şəkil kimi külli miqdarda ayrı-ayrı nöqtələrin təsvirindən ibarətdir.

Gözdə olan bu iki elementə və onların tor təbəqəsində yerləşməsinə uyğun olaraq gündüz (mərkəzi) və gecə (periferik) görmələrini fərqləndirirlər.

İki cür görmənin vacibliyi ondan irəli gəlir ki, gündüz gecə ilə, gecə isə gündüzlə əvəz olunduqda yer səthinin işıqlanması və Yerdəki əşyaların parlaqlığı çox geniş sərhəddə dəyişir. Həç bir müşahidə cihazı bunu təmin edə bilmir. Rəqəmlərə müraciət edək.

Yayda günorta vaxtı günəş yüksəkdə olduqda işıqlanmanın qiyməti 10^4 və hətta 10^5 lk olur. Toran (bu haqda 5-ci fəsildə danışılacaq) başlananda bu qiymət 500 lk-e, toranın sonunda aysız gecədə isə 10^{-4} - 10^{-5} lk-e enir. İşıqlanmaya uyğun olaraq ətraf əşyaların parlaqlığı da dəyişir. Beləliklə, sutka ərzində işıqlanma və parlaqlıq milyard dəfələrlə dəyişir. Bu cəhətdən insan gözü nadir işıq qəbuledicisidir.

4.3. Uyğunlaşma

İnsan gözünün ətrafdakı əşyaların parlaqlıq və işıqlanmasının bu cür sərhəddə dəyişməsinə alışmasına uyğunlaşma deyilir. Keçid istiqamətindən asılı olaraq uyğunlaşmanın iki növünü fərqləndirirlər: işıqlı və qaranlıq. Gündüz gecə ilə növbələşəndə qaranlıq uyğunlaşma, əksinə olduqda isə işıqlı uyğunlaşma baş verir. Uyğunlaşma gözdə baş verən bir çox proseslər nəticəsində həyata keçir. Onlardan bəzilərinə qeyd edək. İşıqlanma dərəcəsi dəyişdikdə işıq selini gözə buraxan göz bəbəyinin sahəsi dəyişir. Məsələn, biz çox güclü işıqlanmış otaqdan qaranlıq otağa daxil oluruz. Bu zaman qaranlıqda bir şey görmək üçün nə edirik? Gözlərimizi geniş açırıq. Bəbəyin

diametri 4-5 dəfə, sahəsi isə 15-20 dəfə artır. Əksinə qaranlıq otaqdan parlaq günəş işığına çıxdıqda biz gözümüzü qıyırıq. Bununla biz bəbəyi kiçildir və gözə daxil olan işıq selini azaltmış olur.

Kiçik işıqlanmanın çox sür'ətlə böyük işıqlanma ilə əvəz edilməsi çubuqcuqların güclü işıq qıcıqlanmasına səbəb olur. Günəşə, projektora və s. baxdıqda kolbacıqların da belə qıcıqlanması baş verir. Çubuqcuq və kolbacıqları bu qıcıqlanmadan qorumaq üçün tor qışasının dərinliyindən çubuqcuq və kolbacıqları örtən, demək olar ki, qeyri-şəffaf xüsusi qara damalar üzə çıxır.

Uyğunlaşma prosesi ani surətdə deyil, müəyyən zaman ərzində baş verir. Işıqlı uyğunlaşma bir neçə dəqiqə ərzində yaranır. Məsələn, gündüz siz işıqlanma çox cüz'i olan kino-teatrda olmusunuz. Seans qurtaran kimi siz günəş işığına çıxırsınız. İlk anda siz heç nə «görmürsünüz», gözünüzü qıyırırsınız, gözünüzdən yaş gəlir, lakin 2-4 dəqiqədən sonra siz artıq günəş işığına alışırsınız.

Qaranlıq uyğunlaşma müəyyən qədər gec keçir. Gözlərin tamamilə qaranlığa uyğunlaşması üçün qaranlıq otaqda azı yarım saat olmaq lazımdır. Yer və hava nəqliyyatlarının bütün sürücüləri yaxşı bilirlər ki, qəza və fəlakət baş verməsin deyə gözlərin parlaq işıqla qəfil işıqlanmasından qorunmaq lazımdır. Çünki, gözün qaranlıq uyğunlaşması pozulur və sürücü müəyyən müddət ətraf əşyaları yaxşı görmür. Xüsusən şose yollarda avtomobillər qarşından gələn avtobillərin sürücülərinin gözlərini qamaşdırmamaq üçün fənərləri söndürməlidirlər.

1945-ci ilin mayında Berlində gedən döyüşlərin birində bizim döyüşçülər tərəfindən uyğunlaşma xüsusiyyətləri istifadə olundu. Gecə hücumuna hazırlıq vaxtı komandanlıq 200 güclü projektordan istifadə etməyi qərara aldı. Qaranlığın düşməsi ilə yüzlərlə projektorun işığı Hitler əsgərlərinin gözlərini «atəşə» tutdu. Onlar irəlidə heç nə görmür, sovet əsgərləri isə onları və onların texnikasını əla görüb onları məhv edirdilər. Beləliklə, bu taktiki üsul minlərlə Sovet əsgərinin həyatını xilas etdi.

4.4. Rəngli görmə

Kolbacıq və çubuqcuqların bizim həyat üçün vacib olan daha bir fərqi baxaq. Kolbacıqlar rəngləri qavramaq qabiliyyəti

yətinə malikdir. Təbiətdə olan rənglərin bütün zənginliklərini, bir rəngdən digərinə keçilməsini biz kolbacıqların göməkliyi ilə göstərə bilirik.

Bəs göz neçə rəngi ayırd edə bilər? Hələ uşaqlıqdan hamımıza məlumdur ki, görünən spektrdə yeddi rəng vardır. Həqiqətdə isə görünən diapazonda (0,40-0,76 mkm) sonsuz sayda çalarlar mövcuddur. Burada bir rəng tədricən digərinə keçir. Ayırı-ayrı adamlarda rəngləri fərqləndirmək üzrə fərdi xüsusiyyətlər ola bilər. Lakin normal görən adam 350-400 rəng və çalarları fərqləndirə bilər.

Çubuqcuqlar rəngli görünmədə heç bir rol oynamır. Çubuqcuqlar vasitəsilə biz əşyaları eyni tonda görürük. Onların köməkliyi ilə nəyin işıqlı və nəyin qaranlıq olduğunu söyləyə bilirik. Gecə biz heç bir rəngi ayırd edə bilmirik.

Maraqlıdır ki, gündüz heyvanların (toyuqlar, göyərçinlər) gözlərinin tor təbəqəsində ancaq kolbacıqlar vardır. Bu səbəbdən onlar gündüz vaxtı aydın görür, toranda və gecə vaxtı isə heç nə görə bilmirlər. Gecə quşlarında (bayquşlar, yarasalar) təkcə çubuqcuqlar olduğuna görə, onlar demək olar ki, gündüz görmürlər.

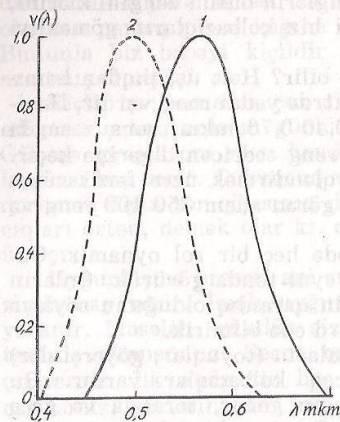
İnsan gözünün tor təbəqəsində həm çubuqcuqların həm də kolbacıqların olması, ona əsrarəngiz aləmdə yaşamağa imkan verir. Lakin heç də hamı rəngləri mükəmməl seçə bilmir. Dünya statistikasına görə, yer kürəsində 130 milyona yaxın adam bu rəng nasazlığına məruz qalmışdır. Bu çox vaxt kişilərdə müşahidə olunur. Təqribən 2% kişi və 0,5% qadın rəngləri mükəmməl ayırd edə bilmir. Ən çox, yayılmış qırmızı yaşıl korluqdur və ya daltonizmdir. «Daltonizm» sözü məşhur kimyaçı və fizik olan Daltonun familiyasından yaranmışdır. O özü bu xəstəliyə mübtəla olmuş və onu tədqiq etmişdir.

Dəmiryol nəqliyyatında dəfələrlə baş verən qəzalar çox vaxt maşinistin «daltonizm» xəstəliyi səbəbindən yaranır.

4.5. Purkinje effekti

16-cı şəkildə gündüz toranda və gecə vaxtı üçün insan gözünün spektral həssaslıq ayrılırları $V(\lambda)$ göstərilmişdir. $V(\lambda)$ funksiyası nisbi vahidlərlə ölçülür. İnsan gözünün daha həssas olduğu və dalğa uzunluğu 556 nm olan sarı-yaşıl şüalar üçün bu funksiyanın qiyməti 1-dir.

Şəkildən görüldüyü kimi gündüz əyrisi (əyri 1) $V(\lambda)$ funksiyasının 556 nm dalğa uzunluğunda yerləşən maksimum-



Şəkil 16

mə əyrisini belə başa düşmək lazımdır: görünən spektrin bütün rəngli şüalarının eyni intensivliyində göz üçün ən parlağı, yə'ni ən işıqlı yaşıl şüa olacaqdır. Lakin rəngli şüaların parlaqlığı spektrin hər iki sonuna doğru sıfıra qədər azalacaqdır. Uzun dalğalar tərəfdən spektr çəhrayı rəngdə kəsilir. Qırmızı rəng isə görünmə əyrisinin sərhədlərindən kənarda yerləşir, yə'ni göz buna həssas deyildir.

İşıqlanmanın toran və gecə vaxtı azalması ilə əlaqədar olaraq gözün spektral həssaslıq əyrisinin bu cür dəyişməsi ilk dəfə çex alimi Purkinye tərəfində öyrənilmiş və Purkinye effekti adını almışdır. İlk baxışda adama elə gəlir ki, 2 əyrisinin 1 əyrisinə nisbətən yerinin dəyişməsi çox azdır, 50 nm-ə yaxındır və buna çox da fikir vermək lazım deyil. Lakin bu belə deyildir. Işıq diapazonu çox dar olduğundan (onun bütün «uzunluğu» 36 nm-ə yaxındır) 2 görünmə əyrisinin yerdəyişməsi ümumi işıq diapazonunun təxminən 14%-ni təşkil edir.

Purkinye effekti ilə biz gündəlik həyatımızda çox rastlaşırıq. Belə bir misalə baxaq. Yay vaxtı aydın günəşli gündə siz iki çiçəyə baxırsınız: qırmızı lələ və göy peyğəmbərçiçəyi. Hər bir çiçək doymuş rəngə malikdir, lələ hətta daha parlaq görünür. İndi isə yadınıza salın ki, bu çiçəklər toranda və gecə vaxtı necə görünür. Lələ digər başqa qırmızı çiçəklər kimi qara rəngdə, peyğəmbər çiçəyi isə açıq-boz rəngdə görünür. Bəs nə üçün çiçəklərin rəngi belə dəyişdi? Bu onunla

izah olunur ki, qırmızı rəng 2 əyrisindən kənarda (şəkil 16) yerləşir, yə'ni görünmə əyrisinə daxil deyildir. Bu səbəbdən qırmızı lələ də qara rəngdə görünür. Peyğəmbərçiçəyinin açıq-boz rəngdə görünməsinə səbəb isə toran və gecə vaxtı görünmənin axromatik olmasıdır. Görək bəs nə üçün gözün spektral həssaslığı gündüzdən gecəyə və əksinə keçdikdə dəyişir. 16-cı şəkildəki 1 və 2 əyrilərinin forması, spektral həssaslığın gündüz və gecə sərhədləri nə ilə əlaqədardır? Tədqiqatlar nəticəsində aydın olmuşdur ki, bunun səbəbi yer səthini işıqlandıran mənbələrin gündüz və gecə vaxtı dəyişməsidir.

Maksimumu sarı-yaşıl (556 nm) işığa uyğun gələn görünmə əyrisinin forması (əyri 1) yaşıl bitki örtüyünün əks etdirdiyi günəş işığı enerjisinin orta paylanma əyrisini təkrar edir. Aysız gecədə yer səthi əsasən atmosferin özünün və ulduzların şüalanması ilə işıqlanır. Enerjinin paylanma əyrisinin maksimumu 507-510 nm dalğa uzunluqlarına düşür. Bu səbəbdən də görünmə əyrisi (əyri 2) öz yerini dəyişir.

4.6. Əşyaların parlaqlıq və rəng fərqləri

Yer üzərində bizi əhatə edən əşyaların çox hissəsini ona görə görürük ki, onlar üzərlərinə düşən işığı əks etdirir. Belə əşyaları özünü işıqlandırmayan əşyalar adlandırırlar. Əşyaların əks etmə qabiliyyəti müxtəlif olduğuna görə, onlar müxtəlif cür görünür.

Məsələn, qarlı örtülmüş çöl ağdır. Çünki qar üzərinə düşən işıq selinin demək olar ki, hamısını əks etdirir. Təzə şumlanmış çöl isə tamamilə qaradır. Belə səthin əks etmə qabiliyyəti çox-çox azdır. O, üzərinə düşən şüaların çox hissəsini udur. Yaşıl bitki örtüyü başlıca olaraq sarı-yaşıl şüaları, qırmızı kərpic və ya qırmızımtıl qum isə qırmızı şüaları əks etdirdikləri üçün uyğun olaraq yaşıl və qırmızı görünür.

Lakin əşyanı görmək üçün, əks olunan şüanın müəyyən hissəsinin gözə düşməsi kifayət deyildir. Bizdən ixtiyarı məsafədə olan istənilən əşyanın qavranılması üçün gözə bu əşyalardan gələn şüalarla yanaşı, həmin əşyanı əhatə edən digər əşyalardan gələn, parlaqlıq və rəngləri ilə fərqlənən şüalar da düşməlidir.

Yer üzərində mövcud olan müxtəlif əşyalar bir-birindən parlaqlıq və rənglərinə görə fərqlənir. Bu onların təbiətdədir. İnsan gözü isə uzun təkamül prosesində bu təzadları qavramağa uyğunlaşmışdır.

İxtiyari əşyaları parlaqlıq və rəng təzadları nəticəsində görə bildiyimizə əmin olmaq üçün ətrafınıza baxın. Harada olmağınızdan asılı olmayaraq, ixtiyari əşyaların qavranması onların parlaqlıq və rənglərinin başqa əşyalara nisbətən müxtəlif olmasındadır.

4.7. Parlaqlıq təzadı və gözün təzad həssaslığının həddi

Müşahidə olunan əşyanın parlaqlığını B_o , ətrafındakı mühitin (fonun) parlaqlığı isə B_f ilə işarə etsək, parlaqlıq təzadını (K) aşağıdakı kimi ifadə edə bilərik:

$$K = \frac{B_o - B_f}{B_o} \quad (10)$$

Beləliklə, gözümüz parlaqlıq təzadını, yə'ni ixtiyari əşyaların müşahidəsi zamanı parlaqlığın nisbi dəyişməsinə ayırd etməlidir. Bu qabiliyyət görmənin əsas psixofiziki qanunu olan Veber-Rehner qanunu ilə öyrənilir.

Əgər əşya fondan tündürsə, yə'ni $B_o > B_f$, onda parlaqlıq təzadı (10) ifadəsi ilə, əgər əşya fona nəzərən açıqdırsa, yə'ni $B_o < B_f$, onda

$$K = \frac{B_f - B_o}{B_f} \quad (11)$$

Ağ fonda qara əşya üçün məsələn, qara örtülmüş ətraf sahənin fonunda şumlanmış torpaq üçün:

$B_o = 0$ və $K = 1$ (1 və ya 100%).

Əgər əşya və fonun parlaqlıqları eynidirsə, yə'ni $B_o = B_f$, onda $K = 0$ (və ya 0%). Beləliklə parlaqlıq təzadı K , 0-100% sərhədlərində dəyişir. K nə qədər böyük olarsa, əşya bir o qədər aydın görünər.

Parlaqlıqlarını yaxınlaşdırmaqla əşya ilə fon arasındakı parlaqlıq təzadını kiçildək. Əvvəlcə biz qara əşyanı ağ fonda gördükdə onun parlaqlıq təzadı 100% idi. Sonra həmin şəraitdə müşahidə aparmağımıza baxmayaraq əşya tünd-boz rəngini, sonra boz rəngini, daha sonra açıq boz rəngini və i.ə. aldı. Bəs nə vaxt biz bu əşyanı görmərik, yə'ni onu fondan ayıra bilmərik? Mə'lum olmuşdur ki, bu hal əşya ilə fonun parlaqlığının bərabər olmasından bir qədər əvvəl, yə'ni təzadın hələ sıfırdan böyük olduğu vaxta baş verəcəkdir. Əşyanı

fondan hələ ayırd edə biləcəyimiz şəraitdəki minimal parlaqlıq təzadına gözün təzad həssaslığının həddi deyilir (ϵ):

$$\epsilon = \min \frac{\Delta B}{B}$$

burada B - ən böyük parlaqlıq (istər əşyanın, istərsə də fonun), $\Delta B = B_o - B_f$ fərqlinin mütləq qiymətidir.

Beləliklə, bizi əhatə edən əşyalardan ancaq parlaqlıq təzadı gözün təzad həssaslığı həddindən böyük olanları görürük.

V f ə s i l . İŞIQ TƏZAHÜRLƏRİ

5.1. Gündüz işıqlanması

Hamıya mə'lumdur ki, gündüz vaxtı işıq Günəşdən gəlir. Lakin heç də hamı təsəvvürünə gətirmir ki, niyə bəs gündüz Günəş sıx buludların arxasında olduqda belə hava işıqlı olur.

Çox güman ki, gündüz işıqlanmasını ya bilavasitə Günəşdən gələn, ya da bulud və səmədan səpələnən şüalar yaradır. Odur ki, həyatda çox şey bizim işıqlanma qanunlarını bilməyimizdən asılıdır. Məsələn, işıqlı otaqları olan binaların layihəsi, şəhərlərin planlaşdırılması, fotoşəkilçəkmə incəsənəti, bizi əhatə edən cisimləri görmə qabiliyyətimiz və s.

Günəşdən gələn gündüz işığının bəzilərinin təsəvvür edə bilmədiyini başqa bir rol da vardır. Əgər atmosfer tamamilə təmiz olmayıb, azacıq da olsa dumanla örtülmüşsə, onda duman damcıları da Günəş tərəfindən işıqlanır. Özü də işıqlanma nə qədər güclü olarsa, duman bir o qədər ağımtıl görünəcəkdir. Onun arxasında olan və pis işıqlanan uzaq cisimləri isə müşahidə etmək çətinləşəcəkdir. Bu onu subut edir ki, uzaq cisimlərin görünməsi təkcə onların ölçülərindən və bizim görmə qabiliyyətimizdən asılı olmayıb, eyni zamanda həmin cisimlərlə müşahidəçi arasındakı havanın işıqlanmasından da asılıdır. İlk baxışda müxtəlif olan bu iki təzahür (görünmə və işıqlanma), həqiqətdə bir-birindən sıx asılıdır.

İşıq şüası Günəşdən bizə qədər olan təqribən 150000000 kilometr məsafəni 8 dəqiqə 18 saniyəyə keçib, Yer atmosferinə daxil olur. Əvvəl o, seyrək olan ən yuxarı qatlara düşür. Burada az miqdarda hissəciklər, hava qazlarının atom və molekulları sərbəst hərəkət edir. Onlar arasındakı məsafə o qədər böyükdür ki, təsadüfi hallarda bir-biri ilə toqquşur. Atmosferin aşağı qatlarına keçdikcə işıq şüası daha sıx havaya rast gəlir və burada yoluna tez-tez oksigen, azot və başqa qazların molekulları çıxır. Bu cür görüşlər işıq şüasının dəyişməsinə səbəb olur.

Fərz edək ki, gölün sakit səthində balaca taxta gəmicik üzür. Haradasa yaxınlıqda suya daş atırlar: daşın düşdüyü yerdən su boyunca dalğalar yayılmağa başlayır. Dalğa taxta gəmiciyə çatdıqda onu hərəkətə gətirəcəkdir: bu vaxt yuxarı və aşağı hərəkət edən gəmicik özü yeni dalğaların mənbəyi

olacaqdır. Hər tərəfə yayılan bu dalğaların rəqsi ilk dalğalar ilə görüşəcəkdir.

İşıq şüası öz qarşısında qaz molekullarına, duman damcılarına və toz hissəciklərinə rast gəldikdə eyni ilə yuxarıdakı hadisə baş verir.

İşıq şüası hava molekulu və ya toz hissəciyi üzərinə düşdükdə hissəcik yuxarıdakı misalda göstərdiyimiz taxta parçası kimi rəqs edərək, özü ilə hər tərəfə işıq buraxmağa başlayır. Hər bir hissəcik üzərinə düşən işıq şüasını bütün istiqamətdə səpələyir.

Əgər işıq çox kiçik molekullar üzərinə və yaxud da bulud və dumanı yaradan su damcıları üzərinə düşərsə, səpələnmə müxtəlif şəkildə baş verəcəkdir.

Havanın əsasını təşkil edən qaz molekulları (azot və oksigen) öz ölçülərinə görə çox kiçikdir. Onların diametri təqribən 0,3 nanometrdir. İşıq dalğası ilə müqayisədə belə molekulların diametri Günəşdən gələn görünən ən qısa işıq dalğalarının uzunluğundan belə 1000 dəfələrlə kiçikdir. Buna görə də işıq dalğası bu hissəcikləri rəqsə gətirir.

Təqribən 100 il bundan əvvəl ingilis fiziki Reley bu cür kiçik hissəciklərin işığı necə səpələmələrini nəzəri yolla hesablamışdı. O göstərdi ki, hissəciyin hər tərəfə səpələdiyini işıq şüasının dalğa uzunluğu onun üzərinə düşən işığın dalğa uzunluğu ilə eyni olmalıdır (eyni rəngdə). Səpələnən işığın digər ikinci xassəsi daha maraqlıdır. Əgər hissəciyin üzərinə eyni miqdarda qırmızı və göy şüalar düşərsə, onda, o, qırmızı şüalara nisbətən göy şüaları daha çox (təqribən 8 dəfə) səpələyəcəkdir. 1-ci fəsildən bildiyimiz kimi, Günəşdən gələn şüa yeddi rəngin (qırmızı, narıncı, sarı, yaşıl, göy, mavi, bənövşəyi) qarışığından ibarətdir. Bunlardan Reley qanununa görə, hər sonra gələn şüa özündən əvvəlkinə nisbətən səpələnməyə çox mə'ruz qalır. Nəticədə Günəş şüaları ilə işıqlanan səma kənardan baxana mavi görünəcəkdir. Hava molekullarının müxtəlif istiqamətdə səpələdikləri işıqda qırmızı şüalar çox az, əksinə mavi və göy şüalar isə daha çoxdur.

Səmanın mavi rəngdə olması bununla izah olunur. Günəş qürüb edən zaman səmanın mavi rəngi yox olur. Səmanın mavi rəngdə olmasını izah etmək üçün alimlər bir neçə əsr öz aralarında mübahisə aparmışlar.

XVI əsrin məşhur rəssamı Leonardo da Vinçi yazırdı: «Açıq tündün fonunda mavi görünür». O belə hesab edirdi ki, səmanın rəngi, bizim görmə qabiliyyətimizin xüsusiyyətidir ki, qaranlıq kainatın fonunda işıqlanmış hava mavi rəngə ça-

lır.

Bir çox alimlər belə hesab edirdilər ki, adi mavi rəng məhlulu kimi səmanın öz rəngi də mavidir.

Səmanın mavi rəngdə olmasını izah etmək üçün digər başqa fərziyyələr də irəli sürülmüşdür ki, biz burada onlar haqqında söhbət açmayacağıq. Artıq bilirik ki, buna səbəb işığın səpələnməsidir. Lakin səpələnmə həmişə eyni cür olmur.

Əgər biz uca dağın zirvəsinə qalxsaq, asanlıqla müşahidə edərik ki, səma zenitdə, yəni başımız üzərində daha dərin və göy görünür. Təyyarə və stratostatlarda (hava şarlarında) hündürlüklərə qalxan aeronavtlar həmişə qeyd etmişlər ki, 15-20 kilometr hündürlükdən səma bənövşəyi-göy rəngə çalır. 1934-cü ildə səmaya buraxılan «Osoaviaksim-I» stratostatının müşahidə qeydlərində göstərilir ki, 21600 metr hündürlükdə səma artıq qara-göy və ya boz rəngdədir.

Bu cür böyük yüksəkliklərdə müşahidəçinin başı üzərində havanın kütləsi çox az olduğuna görə o işığı çox zəif səpələyəcək və səmanın mavi rəngi demək olar ki, qaranlığa çevriləcəkdir.

Havanın səpələdiyi mavi işığı səmaya baxmadan da görmək olar. Uzaq dağlara baxın və sizə elə gələcək ki, onlar mavi tutqunluq arxasından görünür.

Uzaqda yerləşən açıq cisimlərə, məsələn, zirvəsi qarlı dağlara baxdıqda məsələ tamamilə başqa cür olur. Uzaqdakı parlaq zirvələrdən əks olunub gələn ağ işıq şüası da atmosferdə səpilməyə məruz qalır. Əgər kənarlara daha çox mavi və bənövşəyi şüalar səpilirsə, aydındır ki, düz istiqamətdə gələn şüada sarı və çəhrayı şüalar daha çox olacaqdır. Buna görə də zirvəsi qarlı dağlar uzaqdan sarımtıl görünür.

Əgər siz dumanlı gecədə küçə fənərlərinə diqqətlə baxsanız, onda uzaq fənərlərdən gələn işıq şüası sizə çəhrayı, daha uzaq fənərlərdən yayılan şüalar isə qırmızı rəngdə görünəcəkdir. Yaşıl və mavi şüalar öz yollarında səpələnmə nəticəsində itir.

Təxminən 180 il bundan əvvəl İsveçrə meteoroloqu və tədqiqatçısı Sosyur səmanın mavilik dərəcəsinə təyin etmək üçün bir cihaz düzəltdi. O, bu cihazı tsionometr adlandırdı. Yunanca «tsionos» mavi deməkdir. Sosyurun düzəltdiyi bu cihazın şkalası ağ rəngdən zil qara rəngə kimi müxtəlif rənglərə boyanmış 51 kağız zolaqdan ibarət idi.

Sosyurun müşahidələrinin ən maraqlısı bu idi ki, o həmin cihaz vasitəsilə səmanın zenitdəki və üfüqdəki rənglərini müqayisə etdi. O, 1788-ci il 15 iyulda Monblan yaxınlığında

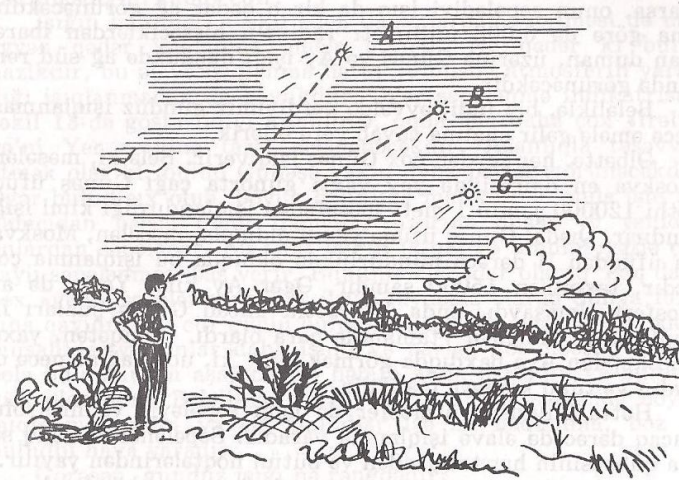
səmanı müşahidə edərkən müəyyən etdi ki, üfüqdə səmanın mavilik dərəcəsi 11, üfüqdən 10 dərəcə hündürlükdə 20, 40 dərəcə hündürlükdə və zenitə kimi isə 37-dir. Beləliklə, cihaz səmanın üfüqdə ağımtıl rəngə, zenitdə isə tünd mavi rəngə malik olmasını göstərərək, əvvəllər aparılan müşahidələri təsdiq etdi.

Bəs nə üçün zenitdə səpələnen işıq mavi, üfüqdə isə ağdır? Görünür, zenitdə və üfüqdə müşahidə etdiyimiz səpələyən hissəciklər eyni miqdarda, eyni təbiətli deyil.

Görəsən, iri toz hissəcikləri və yaxud da su damcıları işığı necə səpələməlidir? Radiusları mikroskop altında ölçülən və təqribən $5 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^4$ nanometr olan duman damcıları bu vaxt nə kimi rol oynayacaqdır? Aydınır ki, bu damcılar qaz molekullarından bir neçə min dəfə böyükdür.

İlk dəfə bu cür səpələnmənin nəzəriyyəsini akademik V.V.Şuleykin dəniz üçün işləmiş və onu sonradan səma üçün tətbiq etmişdir.

İlk növbədə müəyyən olundu ki, iri hissəciklər işığı irəli və geri eyni cür səpələmir. 17-ci şəkildə siz bu təzahürün diaqram təsvirini görürsünüz. Belə diaqram təsvir **səpilmə indikatrisası** adlanır. Fərz edək ki, A hissəciyi üzərinə Günəş



Şəkil 17

şüası düşür. Onda uzun və kiçik ölçülü ox vasitəsilə hissəciyin bu və ya digər istiqamətdə səpələdiyi işıq selini çox və yaxud az təsvir etmək olar. Diaqram belə alınır. Əgər radiusu 0,008 millimetr olan damcı üçün diaqram qurulsa, onda görürük ki, belə hissəcik işığı geriye nisbətən şüanın yayılma istiqamətində 17 dəfə çox səpələyir.

Müşahidəçi açıq yerdə dayanmış, Günəş şüaları isə oxlarla göstəriləndiyi kimi sağdan düşür. Havada *A*, *B*, *C* damcıları hərəkət edir (hər biri üçün indikatrissa göstərilmişdir). Onda Günəşə yaxın *B* damcısı müşahidəçiyə daha parlaq görünəcəkdir (ona doğru indikatrissanın uzun şüası istiqamətlənmişdi). Əgər o hər bir damcını ayrılıqda görməsə də, Günəşin ətrafında çoxlu sayda bu cür damcılardan səpələnmiş işıq halqası (qalo) görünəcəkdir. Başqa sözlə, Günəşin yaxınlığında atmosfer tutqunluğu daha çox işıqlı və parlaq olacaqdır. Əksinə, Günəşdən kənarda görünən *A* və *C* damcıları müşahidəçiyə daha az işıqlı görünəcək və səmanın bu yerində hava nisbətən tünd rəngə çalacaqdır.

Yuxarıda biz göstərdik ki, niyə kiçik hissəciklər səmanın rəngini mavi edir. Daha iri hissəciklər isə Günəş spektrinin bütün rənglərini bərabər səpələyir. Damcı nə qədər böyük olarsa, onun səpələdiyi işıq da bir o qədər ağ görünəcəkdir. Ona görə də 0,008 millimetr radiuslu hissəciklərdən ibarət olan duman, üzərinə Günəş və Ay işığı düşdükdə ağ süd rəngində görünəcəkdir.

Beləliklə, biz indi, əvvəldə verdiyimiz gündüz işıqlanması necə əmələ gəlir sualına cavab verə bilərik.

Əlbəttə, hər şeydən çox Günəş işıq verir. Belə ki, məsələn, Moskva en dairəsində yay vaxtı günorta çağında Günəş üfüqi səthi 120000 şamın 1 metr məsafədən işıqlandırdığı kimi işıqlandırır. Qışda, Günəş üfüqə yaxın olduqda, məsələn, Moskvada üfüqdən II dərəcə hündürlükdə olduqda bu işıqlanma çox azdır, təxminən 15000 şamdır. Əgər Ay kimi Yerində atmosferi olmasaydı, onda Yer səthi ancaq Günəş şüaları ilə işıqlanardı. Kölgələr tamamilə qara olardı. Həqiqətən, yaxşı teleskopdan Aya baxdıqda görmək olur ki, uca dağlar necə də aydın və tünd kölgəyə malikdir,

Hətta buludsuz atmosfer də işığı səpələyir və hiss olunancaq dərəcədə əlavə işıqlanma yaradır. Səpələnən bu işıq səma qübbəsinin hər tərəfindən və bütün nöqtələrindən yayılır.

Yayda günorta vaxtı səpələnən işığın yaratdığı işıqlanma 15000 şama çatır. Axsama yaxın, Günəş üfüqə doğru hərəkət

edəndə atmosfer başımız üzərində günortaya nisbətən zəif işıqlanır və bu səbəbdən az miqdarda işıq səpələyir. Günəş üfüqdən 10° hündürlükdə olduqda, buludsuz səmanın işıqlanması 5000 şama kimi azalır. 5°-lik hündürlükdə isə bu, 2500 şama kimi azalır. Səpələnən işığın axşam vaxtı azalması, Günəşdən birbaşa gələn işığa nisbətən zəifdir. Kölgələrin işıqlanması da az olur. Onlar nisbətən açığa çalır və öz aydınlığını itirir.

Qış vaxtı qar örtüyü işıqlanmanı artırır. Parlaq ağ qar xeyli miqdarda işıq əks etdirərək, əlavə işıq ilə atmosferi işıqlandırır. Atmosferin molekulları isə daha çox işıq səpələyərək Yer səthinə doğru göndərir. Hamı bilir ki, payız vaxtı ilk qar yağanda hava necə də işıqlı olur. Bu təzahürü müşahidə etmək, səma alçaq və sıx buludlarla örtülü olduqda da asan olur. Qış vaxtı aydın görmək olar ki, qar yağmış sahələrə nisbətən, meşələr üzərində səma daha tünd, boz və ya göyümtül olur. Bəzən hətta belə hesab edirlər ki, meşə üzərindəki tünd ləkələr yaxınlaşmaqda olan isti havanın əlamətidir. Daha doğrusu, onların əmələ gəlməsi buludların aşağı düşməsinə göstərir. Qış vaxtı isə buludların aşağı düşməsi həqiqətən, əksər hallarda daha nəm və isti hava axınının yaxınlaşdığını sübut edir.

İşığın buludları təşkil edən damcılardan səpilməsi də müəyyən qədər işıqlanma əmələ gətirir. Nə qədər ki bulud nazikdir, bu əlavə işıqlanma hətta buludsuz atmosferin yaratdığı işıqlanmadan da böyükdür. Əgər səpələnən indikatrissası şəkil 13-də göstəriləndiyi kimdirsə, onda işıq daha çox «irəli», yəni Yer səthinə tərəf səpələnəcəkdir. Asanlıqla təəvvür etmək olar ki, bulud Günəşə yaxın daha parlaq görünəcəkdir. Əgər bulud sıx olub, böyük qalınlığa malikdirsə, onda işıq bir damcıdan başqa digər damcılar üzərinə düşər və yenidən onlardan səpələnər. Bu vaxt işığın ikinci və ümumiyyətlə çox saylı səpələnəsi baş verir. Bununla əlaqədar olaraq işıq daha çox «geri» səpələnir və Yer üçün faydasız olaraq dünya fəzasına qaydır. Bu cür güclü buludlar üzərində uçan təyyarədəki müşahidəçiyə, onlar daha işıqlı və parlaq görünəcək, əksinə, belə buludlardan aşağıda isə həmin anda qaranlıq və buludlu gün olacaqdır. Beləliklə, nazik buludlar Yer səthində böyük işıqlanma, qalın və sıx buludlar isə az işıqlanma, boz və buludlu hava yaradır.

Görəsən, gündüz işığı nə rəngdədir?

Bu sual, demək olar ki, heç də tez-tez verilmir. Lakin gündüz işığı ilə adi elektrik lampası işığının ən sadə müqayisə

yisəsi bizi əmin edir ki, gündüz işığı mavi, elektrik işığı isə sarımtıldır. Əgər siz aydın qış günü təmiz qar səthi üzərinə hər hansı cisimlərdən düşən kölgələrə diqqət yetirərsiniz görərsiniz ki, bu kölgələr mavi rəngdədir. Bu, Günəş işığına nəzərən mavi olan səmanın işığıdır.

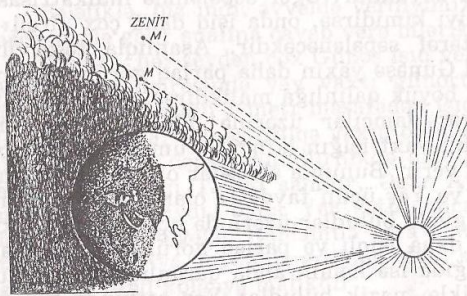
Axşam vaxtı Günəş üfüqə yaxınlaşanda səma şəfəqin al rənglərinə boyanır. Bu rənglər Günəş şüasının atmosferdə nə qədər yol keçməsindən asılıdır. Bu şüa nə qədər böyük hava kütləsindən keçirsə, bir o qədər çox səpələnir, yəni mavi və bənövşəyi şüalar itir və hava qırmızımtıl rəng alır. Bu hadisə daha çox atmosferdə kiçik hissəciklər olanda baş verir. Bu hissəciklər o qədər kiçik olur ki, (diametri 0,0001 millimetr) onlar işığı qaz molekulları kimi səpələyir.

Günəşin «rənglənmiş» bu şüası üfüq altından atmosferin yuxarı təbəqələrini işıqlandıranda səmada şəfəqin al rəngləri görünən olur.

Əgər atmosfer daha iri toz hissəcikləri və ya duman damcılarla (diametri 0,002 millimetr) tutqunlaşmışsa, onda o ağımtıl və boz rəngə çalır. Şəfəqin al rəngləri tutqunlaşır və onları ayırd etmək mümkün olmur.

Axşam, Günəş qürub edəndə, uzun müddət hava nisbətən işıqlı olur. Buna *t o r a n* deyilir.

Fərz edək ki, biz Yerdə *O* nöqtəsində dayanmışıq (şəkil 18).



Şəkil 18

Üfüqdən aşağıda olan Günəş öz şüası ilə başımız üzərindəki atmosfer təbəqəsini işıqlandırır. Daha aşağı qatlarda, məsələn, *M* nöqtəsində, atmosfer artıq müəyyən hissəsi havanın daha sıx qatlarından keçən şüalarla işıqlanmışdır. Daha yuxarı qatlar (*M*, nöqtəsində) heç bir şey tərəfindən zəifləmədən parlaq Günəş işığı ilə işıqlanmışdır. Əgər Günəş üfüqdən çox aşağı düşərsə, onda atmosfer *M* nöqtəsində qalmaqda başlayacaqdır. Ancaq hava qatının seyrək olan daha

yuxarı hissəsi isə, yəni *M*, nöqtəsi isə işıqlı qalacaqdır. Günəş üfüqdən nə qədər aşağıda olsa, başımız üzərindəki seyrək hava qatının nazik təbəqəsi bir o qədər işıqlanacaq, toran işığı isə bir o qədər zəif olacaqdır. Atmosferin 70 kilometrden yuxarı olan təbəqələri artıq demək olar ki, işığı səpələmir, işıqlanma yaratmır. Nə qədər ki Günəş üfüqdən 8 dərəcə aşağı enməmişdir, siz istədiyiniz kitabı elektrik lampasız oxuya bilərsiniz. Belə vaxt **vətəndaş toranı** adlanır. Vətəndaş toranı qurtarıqda səma get-gedə qaranlıqlaşır və bu cür vaxt **astronomik toran** adlanır. Günəş təxminən 18 dərəcə üfüqdən aşağı endikdə və ən zəif ulduzlar belə, göründükdə astronomik toran sona yetir. Gecə düşür. Aydındır ki, Günəş üfüqdən çıxmamışdan əvvəl də toran müşahidə olunur. Ulduzlar zəifləyir, sönür və səma Günəşin çıxmasına xeyli qalmış işıqlanır. Adətən **səhər toranı** axşam toranından uzun olur. Çünki axşam toranına nisbətən, Günəş üfüqdən bir xeyli aşağı olduqda gözümüz zəif səpələnən işığı artıq hiss edir. Çox güman ki, bu gözümüzün gecə vaxtı qaranlığa uyğunlaşaraq daha həssas olması ilə bağlıdır.

Vətəndaş toranı cənubda şimala nisbətən qısadır: yayda bu toran Buxarada 38 dəqiqə, Xarkovda 51 dəqiqə, Leninqradda isə 1 saat 50 dəqiqə davam edir.

Yayın ortalarında Leninqradda bəyaz gecələrini müşahidə etmək olar. Bu vaxt axşam şəfəqi səhər şəfəqi ilə görüşür və səma gecə vaxtı qaralmağa imkan tapmır.

5.2. Görünmə uzaqlığı

Nə qədər uzaq görmək olar? Görünmə uzaqlığı nədən asılıdır?

Bu sualı bir neçə yoldaşınıza verin və siz, ilk baxışda bir-birinə uyğun olmayan cavablar alacaqsınız.

Bəziləri cavab verəcək ki, görünmə uzaqlığı görmə itiliyindən asılıdır. Lakin onlar unudacaqlar ki, bizlərdən iti görən hər bir kəs dumanlı havada adi normal görmə qabiliyyətinə malik insan kimi eyni cür, yəni pis görəcəkdir.

Bir başqası deyəcək ki, görünmə işıqlanmadan asılıdır. Onun cavabı həqiqətə yaxın olacaqdır. Lakin o, yenə də, bəs niyə işığı əks etdirməyən tünd cisimlər uzaq məsafədən daha yaxşı görünəcək, sualına cavab verə bilməyəcəkdir.

Üçüncü fərz edəcək ki, hava nə qədər şəffaf və təmiz olsa, görünmə uzaqlığı da bir o qədər böyük olacaqdır. Onun cavabı

daha düzgün olacaqdır. Lakin hər üç cavabın dəqiq olmamasına baxmayaraq, onların hər üçü diqqətə layiqdir.

Gündüz biz uzaq məsafədən ancaq rəngləri və ətrafdakılardan öz parlaqlığı ilə fərqlənən cisimləri görürük. Işıqlı səmanın fonunda tünd ağaclar yaxşı görünür. Lakin həmin ağaclar eyni rəngli bitkirlərlə örtülmüş uzaq dağ və yamacların fonunda çətinliklə seçiləcəkdir. Boz rəngli ev qış vaxtı yarpaqsız meşə fonunda pis görünür. Əgər ev bir qədər işıqlıdırsa, yəni onunla fonun parlaqlığı arasında müəyyən qədər fərq (hər hansı bir təzad) varsa, onda bizim gözüümüz diqqətini həmin bu fərqi (təzadə) yönəldəcəkdir. Bu səbəbdən biz uzaq evi seçə bilərik.

Əgər ev ilə meşənin parlaqlığı arasındakı təzad böyükdürsə, biz evi görə bilərik. Yox, əgər bu təzad azdırsa, onda müşahidəçinin görmə qabiliyyətinin iti, işıqlanmanın yaxşı və hətta evin böyük olmasına baxmayaraq, onu nəzərlərimizdən itirərik. Normal göz üçün parlaqlıq təzadının 1/70 qiyməti kifayətdir. Başqa sözlə, bizim cismi görməyimiz üçün onun və fonun parlaqlığı bir-birində 1,5 faizdən az olmamaq şərti ilə fərqlənməlidir. Bu «hiss etmə həddi» iti baxışlarda bir qədər azdır. Ümumiyyətlə, bu qiymət gündüz vaxtı əksər adamlar üçün eynidir.

İşıqlanma görünmədə böyük rol oynayır. Lakin bu ilk baxışda heç də sadə təsəvvür edilməməlidir. Əlbəttə, parlaq Günəş işığına nisbətən toranda və qaranlıqda biz pis görürük. Lakin gündüz vaxtı görünmə heç də bizim baxdığımız evin, meşənin və dağın işıqlanmasından asılı olmayıb, ancaq bu şüalar ilə bizim gözüümüz arasındakı havanın işıqlanmasından asılıdır.

Fərz edək ki, biz uzaq məsafədən böyük ağ ekran üzərinə çəkilmiş qara kvadrata baxırıq. Bizim ilə ekran arasında Günəş tərəfindən işıqlanmış hava yerləşir. O, bizim ilə ekran arasında işıqlı zəif duman əmələ gətirir. Belə zəif duman havanın qalınlığı nə qədər çox olarsa, yəni nə qədər ekran bizdən uzaq olarsa, bir o qədər parlaq olur. Biz ekranın ağ və qara hissələrini işıqlı zəif dumandan görürük. Nəticədə biz ekranın ağ və qara hissələri arasındakı təzadı deyil, ekranın ağ hissəsindən gələn şüanın zəifləmiş parlaqlığı, ekranın qara hissəsinin qarşısındakı zəif dumanın parlaqlığı və havadakı zəif dumanın parlaqlıqları cəmi arasındakı təzadı görürük.

Asanlıqla fikirləşmək olar ki, ekran nə qədər uzaq olarsa, onun göndərdiyi ağ işıq bizə gəlib çatınca daha çox zəifləyəcək və ekran ilə bizim aramızdakı zəif dumanın parlaqlığı bir o

qədər çox olacaqdır. Əgər ekran get-gedə uzaqlaşarsa, onda iki parlaqlıq arasındakı təzad zəifləməyə başlayacaq və nəhayət, insan gözünün seçdiyi təzaddan da kiçik olacaqdır. Bu vaxt biz artıq qara kvadratı görməyəcəyik. Bu, **görünmə uzaqlığı** adlanan bir məsafədə baş verəcəkdir.

Görünmənin mürəkkəb riyazi düsturların köməyi ilə deyil, bir neçə sözlə ifadə olunmuş nəzəriyyəsi bundan ibarətdir.

İndi sizə artıq aydın oldu ki, niyə təmiz atmosfərə nisbətən tutqun atmosferdə görünmə uzaqlığı kiçikdir. Bu, atmosferin az işıq buraxması ilə deyil, özünün daha artıq işıq əlavə etməsi ilə izah olunur. Tozlu havada uzaq əşyalar pis görünür. Onlar elə bil ki, zəif dumanlı havada əriyib yox olur. Gündüz vaxtı qara əşyanın görünmə uzaqlığı atmosferin tutqunluq dərəcəsi ilə tərs mütənasibdir. Bu tutqunluğu duman və toz buludları yaradır.

Qışda Moskvada görünmə adətən pis olur. Alçaq buludların altındakı duman üfüqü əhatə etdiyindən görünmə uzaqlığı 1-2 kilometrə kimi azalır. Baharda isə hava qış dumanlarından təmizləndiyi, lakin yayın tozu ilə tutqunlaşmadığı vaxt uzaq, xüsusən aydın görünür.

Yay vaxtı Krımın qərb sahilində yerləşən Yevpatoriyadan, aralarındakı məsafənin 120 kilometr olmasına baxmayaraq, Krım yaylasının dağları çox nadir halda görünür. Krımın tozlu havası bunun üçün çox tutqundur. Payızda isə Krıma uzaq şimaldan gələn şəffaf soyuq hava kütlələri daxil olduqda üfүqdə bu dağlar çox aydın görünür.

Bəs görünmə həddi necədir? Ümumiyyətlə, bu hədd varmı və ya ideal şəffaf havada sonsuz olaraq uzağı görmək olarmı? Belə hədd, əlbəttə, vardır. Bu həddi bizə atmosfer özü təyin edir.

Nəzəri olaraq asanlıqla isbat etmək olar ki, azca da olsa, duman və toz olmayan mütləq təmiz atmosferdə ixtiyari əşyanı 260 kilometrə kimi görmək olar. Qalınlığı 360 kilometr olan və Günəş şüaları ilə işıqlanan hava təbəqəsi artıq elə parlaq hava dumanını yaradır ki, göstərilən məsafədən uzaqda yerləşən əşyaların cizgiləri seçilmir.

Bəs nə etmək lazımdır ki, göz uzaq dağları, buludları və ya dənizdə üzən gəmiləri seçə bilsin? Görəsən, texnika bir şey ilə bizə kömək edə bilərmi?

İlk baxışda qəribə də görünərsə, adi baxıcı borunun və ya binoklun bizə köməyi çox az dəyər. Onlar yalnız ölçülərinin kiçikliyinə görə gözlə görünməyən əşyaların yaxşı görünməsinə imkan yaradır.

Məsələn, 10 kilometr uzaqlıqda olan və gözlə seçilməyən insan fiqurunu binokl ilə yaxşı görmək olar. Lakin ən yaxşı binokl belə havada zəif duman olduqda bizə kömək edə bilməz. Heç bir optik cihaz bu dumanı aradan götürə bilməz.

Lakin əgər biz 50 kilometr məsafədə yerləşən yaxın dağ silsiləsini görürüksə, onda doğrudan da elə bir imkan olmazmı ki, biz daha uzaq dağları görək? Yaxud qatı duman bizim görməyimizə mane olursa, hər hansı bir cihaz gözə bu dumanı yarıb keçməkdə kömək edə bilərmə?

Fiziklər 20 il ərzində bu suallar ətrafında xeyli fikirləşib, 70-ci illərin sonunda belə nəticəyə gəldilər ki, ilk sualın cavabını müəyyən dərəcədə həll etmək mümkündür. Görək bu nə yolla olur.

Biz yuxarıda qeyd etmişdik ki, hava molekulları mavi şüaları daha çox, qırmızı şüaları isə daha az səpələyir.

Demək, havadakı zəif dumanın yaratdığı işıqda daha çox mavi, daha az isə qırmızı şüalar vardır. Bizim gözümüz onları seçə bilmir. Fotoaparat isə bunu bacarır.

Əgər hər hansı bir mənzərəni qırmızı filtrlə çəksək, onda o, zəif dumanın mavi və yaşıl şüalarını buraxmaz və bununla da onun parlaqlığını xeyli azaltmış olar. Şəkildə gözlə seçilməyən təfəsilatlar görünəcəkdir. Lakin qırmızı filtrlə səma, demək olar ki, qara rəngdə görünəcək və uzaq tünd əşyalar belə fonda pis seçiləcəkdir. Belə şəkildə hər şeydən yaxşı uzaq qarlı dağlar, buludlar və işıqlı tikintilər görünəcəkdir.

Gördüyümüz kimi, müəyyən qədər olsa da belə vəziyyətdən çıxış yolu vardır. Qatı dumanda vəziyyət çətinləşir. Çünki onu təşkil edən iri damcılar spektrin bütün şüalarını (qırmızı, sarı, mavi və s.) eyni dərəcədə səpələyir. Buna görə də qatı duman bizə ağ rəngdə görünür. Əgər belədirsə, demək, elə bir görünən şüa seçmək olmazmı ki, o dumandan keçə bilsin, yəni başqa şüalara nisbətən az səpilsin.

Dumanda maneəsiz ancaq radiodalğalar keçə bilir. Əgər dumanlı havada heç nə görmək olmursa, onda radiodalğaların köməkliliyi ilə duman arxasında gizlənən əşyaları hiss etmək olur.

5.3. Göy qurşağı (Qövs-qüzeh)

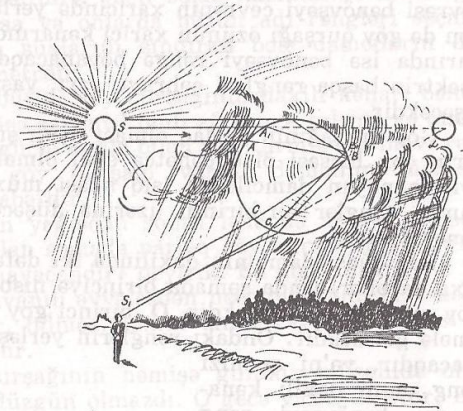
Göy qurşağı hər birimizə uşaqlıqdan tanış olan bir təzahürdür. Parlaq, «göy qurşağının bütün rəngləri ilə» bərq vuran hava körpüsü bizim təsəvvürümüzdə həmişə yağış və Gənəşlə bağlıdır.

Gözəl səma təzahürü kimi göy qurşağı həmişə insan diqqətini cəlb etmişdir.

Əvvəllər, hələ insanların ətraf aləm haqqında az təsəvvürləri olduğu bir vaxtda göy qurşağını «səma bayrağı» hesab edirdilər. Belə ki, qədim yunanlar göy qurşağını İrida ilahəsinin təbəssümü hesab edirdilər. Ümumiyyətlə, qədim insanlar fikir verirdilər ki, göy qurşağı Günəş şüalarının vasitəsilə yağış damcılarında yaranır və həmişə Gənəşə əks olan tərəfdə görünür.

Bəs havadan asılmış yağış damcısı üzərinə Gənəş şüası düşdükdə nə baş verir? İlk dəfə 1637-ci ildə R.Dekart tərəfindən göy qurşağının nəzəriyyəsi verilmişdir. O, göy qurşağını işığın yağış damcılarında sınması və əks olunması ilə bağlı olan bir təzahür kimi izah etdi. Gəlin bunu 19-cu şəklın köməyi ilə araşdıraq.

SA işıq şüası su damcısı üzərindəki A nöqtəsinə düşmüşdür. Bu vaxt işığın müəyyən hissəsi damcının səthi üzərindən əks oluna bilər. Lakin onun çox hissəsi damcıya daxil olarkən sınır, daxilindəki B nöqtəsindən əks olunur. C nöqtəsində sınaraq yəni havaya çıxır. Hər dəfə sınaraq və əks olunaraq, şüa müəyyən bucaq qədər öz istiqamətindən kənara çıxır. Bizim şəkildə bu istiqamət sağ tərəfə dəyişmişdir. Ümumiyyətlə, şüa böyük bucaq qədər dönəcəkdir. Əgər biz düşən və çıxan şüaların istiqamətlərini onların kəsişdiyi nöqtəyə qədər uzatsaq, dönmə bucağını təyin etmiş olarıq. Tam dönmə bucağını α adlandıraq. Damcının başqa nöqtələri üzərinə, məsələn, A, nöqtəsi üzərinə düşən şüaları da təsəvvür etmək olar. Işıq şüasının suda sınma qanununu bilməklə hər bir şüa üçün α bucağını



Şəkil 19

hesablamaq olar, yə'ni damcıdan çıxan şüaların hara yönəldiyini bilmək olar. Belə hesablama nəticəsində biz aşağıdakı nəticəyə gələ bilərik: çıxan şüaların çox hissəsi C, S_1 istiqamətində (və ya ona yaxın istiqamətdə) çıxacaqdır. Özü də C, S_1 şüası elə şüadır ki, bütün şüalardan fərqli olaraq onun dönmə bucağı α ən kiçikdir. Az miqdarda şüanın damcıdan çıxarkən yayıldığı istiqamət C, S_1 şüasının istiqamətindən «yuxarıda» olacaqdır. Aydın ki, əgər S_1 nöqtəsində C_1 istiqamətində baxan müşahidəçi yerləşmişsə, onda damcının parlaqlığını görəcekdir. Başqa istiqamətlərdə baxdıqda o, bu cür heç bir damcı görməyəcəkdir.

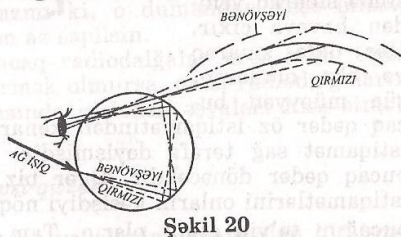
Parlaq damcılar ancaq Günəş şüalarına nəzərən müəyyən bucaq altında görünür. Bənövşəyi şüalara nisbətən qırmızı şüalar suda az sındığı üçün qırmızı şüaların tam dönmə bucağı α az, bənövşəyi şüalarınkı isə çox olacaqdır. Bizim şəkildən görünür ki, gözümüzə qırmızı şüalar göndərən damcılarının çevrəsi bənövşəyi çevrənin xaricində yerləşəcəkdir. Bu səbəbdən də göy qurşağı özünün xarici kənarında qırmızı, daxili kənarında isə bənövşəyi rəngə boyanacaqdır. Ara zonada isə spektrin başqa rəngləri çəhrayı, sarı, yaşıl, göy, mavi növbələşəcəkdir.

Göy qurşağının parlaq olması üçün şüanı sındıran damcılarının çox hissəsi ölçü cəhətcə eyni olmalıdır. Ölçüsünə görə eyni olmayan damcılarda işıq şüası müxtəlif cür sınırlar. Bu zaman rənglər bir-birinin üzərinə düşəcək, göy qurşağı isə sönəcəkdir.

İşıq şüası damcının daxilində iki dəfə əks olub damcıdan çıxmağa başlayır. Onda səmada birinciye nisbətən zəif olan ikinci göy qurşağı görünəcəkdir. O, birinci göy qurşağının üzərində əmələ gələcekdir. Onda rənglərin yerləşməsi birincinin əksi olacaqdır, yə'ni qırmızı rəng onun daxili kənarında, bənövşəyi rəng isə xarici kənarında yerləşəcəkdir (şəkil 20).

Bu cür ikili göy qurşağı tez-tez yaranır. Lakin çox az hallarda səmada üç, dörd və hətta beş göy qurşağına təsadüf olunmuşdur.

Göy qurşağının sadə nəzəriyyəsi bundan ibarətdir. Əslində



Şəkil 20

isə bu təzahür daha mürəkkəbdir.

Şüaları sındıran damcılar nə qədər kiçik olarsa, əsas göy qurşağındakı hər bir rəng də o qədər enli zolağa malik olacaqdır. Bütün qövs boyu bu rənglər bir-birinin üzərinə düşür. Bu vaxt göy qurşağı ağımtıl rəngə boyanır. Onun ancaq daxili kənarı sarımtıl, xarici kənarı isə göyümtül rəngə çalır. Belə göy qurşağı dumanda və ya yağışsız buludlarda olur. Bu gözəl səma təzahürü bizə onu hansı damcıların əmələ gətirdiyini söyləyir.

Əgər göy qurşağının rəngləri, xüsusən, qırmızı, yaşıl və bənövşəyi rənglər (göy və mavi rənglər az nəzərə çarpır) təmiz və parlaqdırsa, ikinci göy qurşağında çəhrayı-bənövşəyi və yaşılmtıl-mavi rənglər nəzərə çarpırsa, onda damcının diametri 1-2 millimetrdən yaxındır.

Əgər rənglər lazımı qədər parlaqdırsa (ancaq qırmızı digərlərinə nisbətən zəifdir), yaşıl zolaq nazıkdırsa, ikinci göy qurşaqları aydındırsa və onlarda bütün adi rəngləri seçmək mümkündürsə, işıq şüalarını sındıran belə damcılarının diametri 0,2-0,3 millimetrdir.

Nəhayət, əgər bütün göy qurşağının daxili kənarı bənövşəyi, xarici kənarı isə sarımtıl olub ağ rəngə çalırsa və ondan müəyyən məsafədə güclə seçilə bilən zəif qırmızı və mavi rəng çalarlarına malik göy qurşağı varsa, damcının diametri 0,05 millimetrdən bərabərdir.

Hər dəfə leysan yağışdan sonra hələ də müəyyən qədər buludlarla örtülü olan səmada parlaq göy qurşağını gördükdə biz «artıq yağış olmayacaqdır» deyirik. Bu doğrudurmu?

Göy qurşağı havanın əvvəlcədən necə olacağını bizə xəbər verə bilərmi? Xeyr, bilməz. Lakin onun yağışın kəsməsi ilə olan əlaqəsi doğrudur.

Heç də göy qurşağının həmişə gündüz müşahidə olunmasını düşünmək düzgün olmazdı. O gecə vaxtı da olur. Belə göy qurşağını gecə yağışından sonra buludlar arasından ay boylananda görmək olur. Beləliklə, ay işığı da göy qurşağı yaradır. Lakin o min dəfələrlə Günəşin yaratdığı göy qurşağından zəifdir.

Orta en dairələrində, məsələn, Moskvada, həmçinin Uralda və Qərbi Sibirdə ildə 5-6 dəfə səmada göy qurşağı müşahidə olunur. Bu təzahürə yayın iyun, iyul, avqust aylarında daha tez-tez, may və sentyabrda isə daha az təsadüf olunur. Qışda yağışlar bizdə az olduğuna görə, ilin bu fəslində bizim səmada göy qurşağına demək olar ki, təsadüf olunmur.

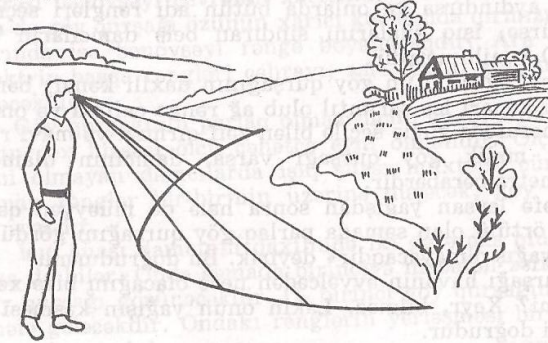
Axşam Günəş batmamışdan qabaq səmada qırmızı göy qurşağı müşahidə olunur. Günəşin qürubundan əvvəl son beş və ya on dəqiqə ərzində göy qurşağının qırmızıdan başqa bütün rəngləri itir, o daha parlaq olub Günəşin qürubundan on dəqiqə sonra da müşahidə olunur.

Göy qurşağı nəinki Günəşin birbaşa şüaları vasitəsilə, hətta dənizlərdən və göllərdən əks olunan şüalar vasitəsilə də yaranır.

Sün'i göy qurşağını çox sadə olaraq müşahidə etmək olar.

Arxanız Günəşə olmaqla fəvvarədən qalxan su sırtlarına baxın. Siz eyni zamanda bir neçə göy qurşağının müəyyən hissələrini görə bilərsiniz. Bildiyiniz kimi, bütün damcılardan ölçüləri eyni olduqda onların rəngi daha parlaq olur.

Şəh düşən zaman əmələ gələn göy qurşağı da əsrarəngiz gözəlliyə malikdir. Onu Günəşin üfüqdən boylandığı vaxt üzəri şəhlə örtülü olan ot üstündə müşahidə etmək mümkündür. Belə göy qurşağı hiperbola formasında olur. (şəkil 21).



Şəkil 21

5.4. Miraj

İngiltərə ilə Fransanı ayıran Pade-Kale körfəzinin ən minimal eni 32 kilometrdir. Çox vaxt Fransa sahilindən İngiltərə və yaxud da İngiltərə sahilindən Fransa görünür. Lakin müəyyən vaxtlarda və şəraitdə əks sahiləki mənzərə çox aydın görünür.

Məşhur qütb tədqiqatçısı Vilhelm Skorebi 1820-ci il iyunun 18-də Qrelandiya dənizində olarkən teleskop vasitəsilə 70

kilometr məsafədə yerləşən Qrelandiyanın şərq sahilini görmüş və onun şəklini çəkməmişdir.

Yakov Sannikov 1811-ci ildə Novosibir adalarında ov edərkən adaların şimal qurtaracağında, okeanda namə'lum bir ada «görür». Lakin nə qədər gedirsə, o adaya çatıb bilmir. Sannikov ovdan qayıdan kimi çar hökumətinə yeni adanın kəşfi haqqında xəbər verir. 1900-cü ildə məşhur şimal tədqiqatçısı Eduard Tol Novosibir adalarını və Sannikovun gördüyü torpağı tapıb tədqiq etmək məqsədilə ekspedisiya təşkil edir və yola düşür.

Tol özü də bu adanı «görür» və hətta onun şəklini də çəkir. Lakin o, işini axıra çatdırıb bilmir, ekspedisiya ilə birlikdə 1902-ci ildə həlak olur.

Yuxarıda söylədiyimiz hər bir parçada «görünmə» atmosferdəki ən maraqlı təzahürlərdən biri olan mirajla (ilgımla) bağlıdır.

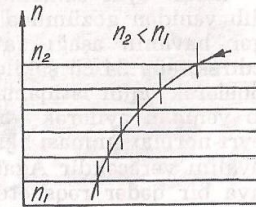
Miraj (fransız mirage sözündən əmələ gəlib, mənası aldadıcı görünmədir), Yer üzündə mövcud olan cisimlərin böyümüş və təhrif olunmuş xəyalıdır. Onun şəklini çəkmək və kinolentinə almaq mümkündür.

Bəs bunlar nə səbəbdən baş verir və niyə mirajları həmişə eyni bir yerdə görmək mümkün olmur?

Fizikadan mə'lumdur ki, işıq şüası havadan su səthinə düşdükdə sınaraq suya daxil olub şaquli xəttə yaxınlaşır. Əvvəlki fəsilərdən birində gördüyümüz kimi, şüa daha sıx mühitə keçdikdə istiqamətini şaquli xəttə doğru dəyişir.

Fərz edək ki, sındırma əmsalı aşağıdan yuxarı dəyişən bir mühit vardır. Bu mühiti fikrən nazik üfüqi təbəqələrə ayırıq. Işığın hər təbəqədən keçdikdə sınmasını nəzərə alsaq, görürük ki, belə mühitdə işıq şüası tədricən öz istiqamətini dəyişir (şəkil 22).

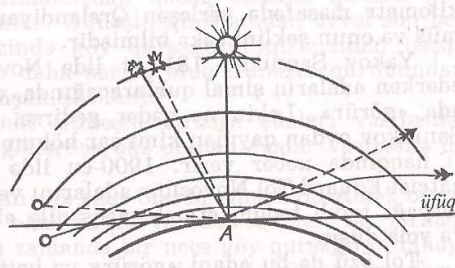
Əvvəldə göstərdiyimiz kimi, atmosferin Yer səthinə yaxın təbəqəsi daha sıxdır. Yer səthindən uzaqlaşdıqca o, seyrəkləşir və sıxlığı azalır. Bu səbəbdən atmosferdə də işıq şüası yuxarıda göstərdiyimiz dəyişikliyə məruz qalır. Buna **atmosfer refraksiyası** deyilir. (şəkil 23).



Şəkil 22

Refraksiya hadisəsinə görə səhər tezdən Günəş hələ üfüqdən aşağıda olduqda belə öz şəfəqləri ilə bizi işıqlandırır. Demək, işıq şüasının havada sınması nəticəsində gün bir qədər uzun olur.

Mə'lumdur ki, bənövşəyi şüalar havada və suda yaşıl şüalara, yaşıl şüalar isə qırmızı şüalara nisbətən daha çox sınır. Biz əgər üfüqdə Günəşi müşahidə edirikse, onda atmosferin aşağı tutqun təbəqəsində tamamilə udulmuş bənövşəyi və mavi şualardan söhbət açə bilmərik. Işığın sınmağı nəticəsində Günəşin yaşıl şüa dəstəsi, qırmızı dəstəyə nisbətən daha çox əyiləcək və bizə sonuncuya nisbətən bir qədər yuxarıda görünəcəkdir. Günəş qürub edən zaman qırmızı şüalar bir qədər tez yox olacaqdır və son anda üfük üzərində Günəş diskinin ancaq yaşıl kənarı qalacaqdır. Onda 1-2 saniyə müddətinə yaşıl şüa alınacaqdır. Bu «müəmmalı» yaşıl şüaya J.Vern bütöv bir roman həsr etmişdir.

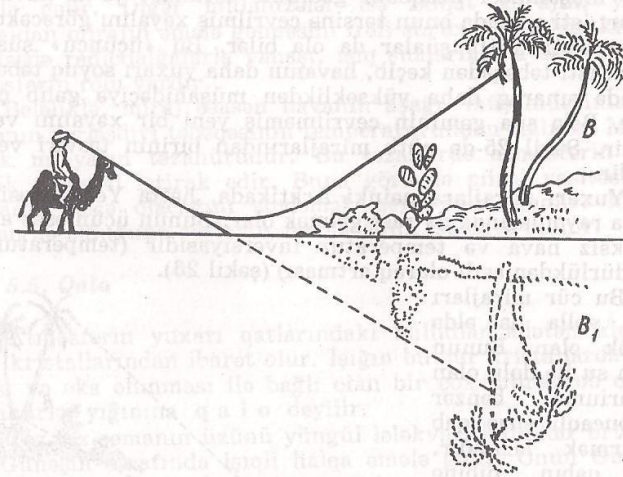


Şəkil 23

Adətən mirajları üç sinfə ayırırlar. Birinci sinfə geniş yayılmış aşağı mirajlar aiddir. İkinci sinfə mənsub olan mirajları yuxarı mirajlar adlandırılır. Daha mürəkkəb mirajlar (ifrat uzaq görmə) isə üçüncü sinfə daxildir. Bu mirajları ayrı-ayrılıqda nəzərdən keçirək.

Fərz edək ki, biz uzaqda yerləşən hər hansı bir əşyanı, məsələn, ağacı B istiqamətində normal vəziyyətdə görürük (şəkil 24).

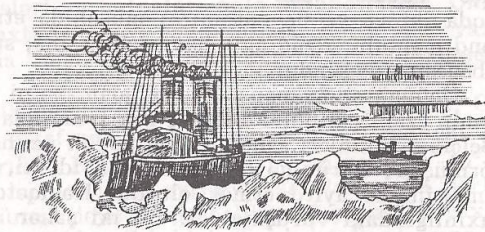
Lakin eyni zamanda ağacdən çıxıb aşağıya doğru meyl edib yenidən gözümüzdə düşən şüalar da ola bilər. Həqiqətən əgər havanın aşağı qatı daha isti və yüngül olub sıxlığı azdırsa, şüa 24-cü şəkildə göstəriləndiyi kimi əyiləcəkdir. Aşağı yönəldikdə onun istiqaməti üfqi istiqamətə yaxınlaşır. Sonra isə yenidən əyilərək yuxarıya doğru yönəlir. Işığın bu cür qeyri-normal sınması ağacın B₁ istiqamətində tərsinə çevrilmiş xəyalını verəcəkdir Ağac sanki suda əks olunmuşdur. Qızmış hava bir qədər rəqs etdikdə, yəni bir balaca külək əsəndə adama elə gələcəkdir ki, ağacın xəyalı dalğalanan suda əks olunmuşdur. Müşahidəçiyə elə gəlir ki, onun qarşısındakı böyük bir göldür. Ona yaxınlaşdıqda miraj yox olur. Əslində bu göl səmanın Yer səthində əks olunan xəyalıdır. Belə mirajlar səhradakı səyahətçiləri aldadır.



Şəkil 24

Yuxarı mirajlarla vəziyyət bir qədər mürəkkəbdir. Bu vaxt xəyal şüanın üzərində alınır. Bu cür mirajlar o vaxt yaranır ki, atmosferdə havanın soyuq təbəqəsi üzərindən isti təbəqə keçmiş olsun. Belə hallarda yayda Arktikadakı dənizlərdə hələ də səthi soyuq olan buz qatları üzəndə və dənizin üzərində isti cənub və ya cənub-qərb küləyi əsəndə rast gəlmək olur (şəkil 25).

Fərz edək ki, gəmidəki müşahidəçi digər uzaq gəmiyə baxır. Onun gözüne həm düzünə gələn şüalar, həm də müəyyən qədər isti təbəqədən keçib əyilən şüalar düşə bilər. Vəziyyət yuxarıda göstərdiyimiz kimi olacaqdır. Lakin fərq ondan ibarətdir ki, havanın isti təbəqəsi müşahidəçinin ayaqları altında deyil, başı üzərində olacaqdır. Bu



Şəkil 25

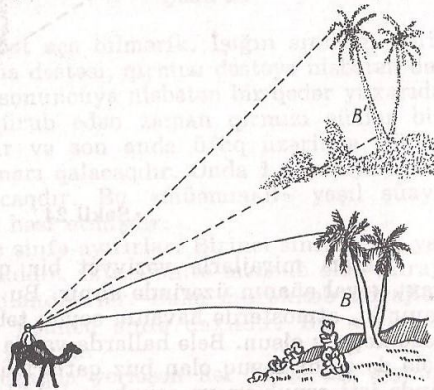
vaxt müşahidəçi uzaqdakı gəminin üstündə, yə'ni havanın yuxarı isti qatında onun tərsinə çevrilmiş xəyalını görəcekdir. Lakin üçüncü tip şüalar da ola bilər. Bu «üçüncü» şüalar bütün isti təbəqədən keçib, havanın daha yuxarı soyuq təbəqələrində sınaraq daha yüksəklikdən müşahidəçiyə gəlib çata bilər. Belə şüa gəminin çevrilməmiş yeni bir xəyalını verəcəkdir. Şəkil 25-də qütb mirajlarından birinin təsviri verilmişdir.

Yuxarı mirajlara nəinki Arktikada, hətta Yer kürəsinin başqa rayonlarında da rast gəlmək olar. Bunun üçün əsas amil küləksiz hava və temperatur inversiyasıdır (temperaturun hündürlükdən asılı olaraq artması) (şəkil 26).

Bu cür mirajları süni yolla da əldə etmək olar. Bunun üçün su ilə dolu olan akvariuma bənzər düzbucaqlı şüşə qab götürmək lazımdır. Bu qabın dibinə endirilmiş şüşə bəzə vasitəsilə çox ehtiyatla içərisinə qənd məhlulu əlavə edək. Qənd məhlulu qabın bütün dibinə yayılmalıdır. Hər hansı bir əşyaya bu cür şüşə qabdan baxdıqda iki və ya üç qat miraj müşahidə etmək olar. Burada qənd məhlulu soyuq ağır hava təbəqəsinə, su isə yüngül hava təbəqəsinə uyğundur.

Üçüncü sinfə mənsub mirajların, yə'ni ifrat uzaq görünmənin izahı çətinidir. 1815-ci ilin iyununda Vervye şəhərinin (Belçika) sakinləri şəhər təzədən göyün üzündə hərbi süvarilər görmüşlər. Görünmə o qədər aydın idi ki, hətta onların geyimlərini də ayırd etmək olurdu. Həqiqətdə isə bu Vaterlo yaxınlığındakı vuruşma idi. Bu iki şəhər arasındakı məsafə 105 kilometrə bərabərdir.

Görəsən işığın atmosferdə keçdiyi yol nə cürdür ki, bu qədər uzaq məsafələrdə cisimlərin çox aydın təsviri alınır? Bu sualın dəqiq cavabı hələ yoxdur.



Şəkil 26

Bə'zi mülahizələrə görə, atmosferdə nəhəng hava linzaları əmələ gəlir. Digər mülahizələr isə ikiqat mirajın, yə'ni mirajdan mirajın əmələ gəlməsini irəli sürür. Ola bilsin ki, bu hadisədə radiodalğalarla yanaşı, işıq şüalarını da əks etdirən ionosferin rolu vardır.

Beləliklə, miraj əsasən havanın aşağı, müşahidəçinin və əşyanın yerləşdiyi təbəqəsinin temperaturundan asılıdır. Miraj kiçik miqyasın təzahürüdür. Bu təzahürdə atmosferin çox nazik təbəqəsi iştirak edir. Buna görə də miraj vasitəsi ilə havanın necə olacağını söyləmək qeyri-mümkündür. Miraj ancaq nə olduğunu söyləyir, nə olacağını isə deyə bilmir.

5.5. Qalo

Atmosferin yuxarı qatlarındakı buludlar adətən kiçik buz kristallarından ibarət olur. Işıq bu cür kristallarda sınması və əks olunması ilə bağlı olan bir çox mürəkkəb optik təzahürlər yığınınə **qalo** deyilir.

Tez-tez səmanın üzünü yüngül lələkvari buludlar örtəndə Günəşin ətrafında işıqlı halqa əmələ gəlir. Onun Günəşə yönəlmiş daxili kənarı qırmızımtıl rəngə boyanaraq daha aydın görünür. Günəşdən uzaq olan xarici kənar daha bozumtul olub səmanın fonunda zəif mavi rəngə çalır.

Az-az hallarda Günəşi bir deyil, iki belə dairə əhatə edir. Hər dəfə işıqlı zolaq üfüqə paralel olmaqla Günəşdən keçir. Bu vaxt Günəşdən sağda və solda iki parlaq ləkə, yalançı günəşlər əmələ gəlir. Çox az hallarda rəngli qövsələr və səmada sanki nəhəng pərgarlarla çəkilmiş və bir-biri ilə kəsişən çevrələr görünür.

Bu işıqlı qövsələri və halqaları qalo adlandırırlar. Onlar nəinki gündüz vaxtı Günəşin yaxınlığında, hətta gecə vaxtı Ayın ətrafında da əmələ gəlir. Bu vaxt onlar daha qəşəng olur.

Çox vaxt kiçik ölçülü qalolar müşahidə olunur. Bu, Günəşin və ya Ayın ətrafında əmələ gələn və bucaq radiusu 22° olan işıq halqalarıdır. Böyük qaloların bucaq radiusu 46° -yə yaxındır. Bə'zən bu qaloların ayrı-ayrı sahələri daha parlaq olub, yalançı Günəş deyilən parheliləri («para» - yaxın, «helios» - Günəş) yaradır. Səbəbi işığın kristallarda sınması ilə bağlı olan bu qalolar azacıq da olsa həmişə göy qurşağının rəng çalarlarına malik olur ki, bu da işığın dispersiyası ilə (bax: 1 fəsil) izah olunur.

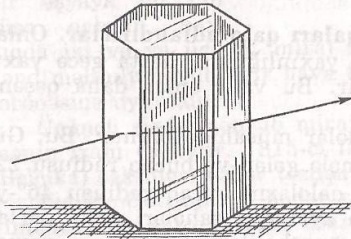
Çox ehtimal ki, səmadakı ən gözəl təzəhürlərdən biz daha tez-tez qalonu müşahidə edirik. Lakin ona çox az diqqət veririk. Əslində isə onun səmada görünməsi bizə çox şey deyə bilər. Əgər göy qurşağı bizə atmosferdəki su damcılarının haqqında nə isə söyləyə bilirdisə, onda qalo bizə qarı, yağışı və dolunu əmələ gətirən buz kristalları haqqında çox şey söyləyə bilər.

Qalo bizə nə deyə bilər?

Damcılarda yaranan göy qurşağı kimi qalo da kristallarda yaranır. Lakin bütün damcılar qovuqucu kimi eyni formaya malikdir. Atmosferdə üzən buz kristalları isə forma və ölçü cəhətcə çox müxtəlifdir. Bundan başqa hər bir kristal müxtəlif vəziyyətlərdə ola bilər.

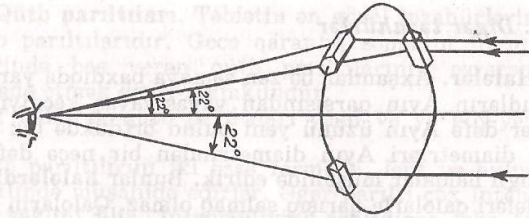
Atmosferdə buz istənilən müxtəlif formada, məsələn, çox kiçik buz iynəciklərindən tutmuş, qəşəng qar dənəciyinə kimi müşahidə oluna bilər. Çox vaxt bu kristallar yastı ulduz lövhəcikləri, altıbucaqlı və təsadüfi hallarda üçbucaqlı lövhəciklər şəklində olur. Bu qar dənəciklərini asanlıqla müşahidə edə bilərik. Qışda qar vaxtı onları geydiyimiz paltonun üzərində görmək olar. Prizma və ya iynə şəkilli buz kristalları isə çox kiçik olduqları üçün onları yalnız mikroskopla görmək mümkündür. Siz artıq bilirsiniz ki, belə kiçik buz kristalları atmosferin yuxarı qatlarında əmələ gəlir. Onlar 7-10 kilometr hündürlükdə yerləşən lələkvəri buludların yaranmasına səbəb olur. Belə buz iynəciklərinin altı tərəfi olur.

Bu cür mikroskopik kristal ehmalca aşağı düşə-düşə uzun müddət atmosferdə üzə bilər. Üzə-üzə o, özünün yan tərəfi və ya oturacağı istiqamətdə Günəşə doğru dönə bilər.



Şəkil 27

Onda müşahidəçinin gözüne düşən şüalar elə təsəvvür yaradır ki, güya onlar işıqlanan cismin ətrafında 22°-lik bucaq altında yerləşmiş halqa əmələ gətirən bir neçə mənbədən çıxır.



Şəkil 28

Əgər kristallar yastı düzgün oturacağı malikdirsə, onda şüa oturacağı düşərək, sımb 46°-lik bucaq altında çıxacaqdır. Bu vaxt qalonun ikinci, böyük halqası yaranacaqdır.

Günəş ətrafında yaranan iki konsentrik halqa (böyüyü 46°, kiçiyi 22°), yəni bu iki qalo digərlərinə nisbətən tez-tez müşahidə olunur. Bu onu göstərir ki, buz kristalları atmosferdə nizamsız, həm şaquli istiqamətdə, həm də maili istiqamətdə hərəkət edir.



Şəkil 29

Mə'lum olan böyük ölçülü qalolardan, tez-tez təkrar olunan məşhur «Brohen görünməsi» misal göstərmək olar (şəkil 29).

Bu qalo, Günəş ətrafında əmələ gələn nəhəng işıq halqalarından ibarətdir. Bu vaxt səmanın dumanlı fonunda müşahidəçilərin siluətləri get-gedə böyüyərək onların bütün hərəkətlərini əks etdirir.

5.6. Digər təzahürlər

a) **Halələr.** Axşamlar bə'zən səmaya baxdıqda yarımsəffaf ağ buludların Ayın qarşısından yavaş-yavaş keçdiyini görürük. Hər dəfə Ayın üzünü yeni bulud örtükdə biz Ayın ətrafında diametrləri Ayın diametrindən bir neçə dəfə böyük olan rəngli halqalar müşahidə edirik. Bunlar **halələrdir**.

Halələri qalolarla qarışıq salmaq olmaz. Qaloların diametri 22° və 46° olduğu halda, halələrin diametrləri xeyli kiçikdir ($1^\circ-6^\circ$).

Bu cür təbiət təzahürlərinin izahını işığın difraksiyasında axtarmaq lazımdır. Mə'lumdur ki, buludlar su damcılarının ibarətdir. Bu damcılardan keçərkən işıq difraksiyaya məruz qalır. Bu vaxt şüaların ətrafa yayılması damcıların ölçülərindən asılı olur. Damcıların çoxluğu isə hadisənin gedişatını dəyişməyib, onu ancaq gücləndirir.

Halənin eni damcının ölçüsündən asılıdır. Damcı nə qədər kiçik olsa, halə bir o qədər enli olur.

b) **Sübh və axşam şəfəqləri havanın əlamətləri kimi.** Hələ qədim zamanlardan insanlar havanın necə olacağını əvvəlcədən xəbər vermək üçün sübh və axşam şəfəqlərinin müşahidəsindən istifadə edirdilər.

Yamaclarda və dəniz sahillərində yaşayan əksər xalqlar atmosferin bir çox əlamətlərini şəfəqin müşahidəsi ilə müqayisə etməklə havanın necə olacağını xəbər verə bildirdilər. Qeyd etmək lazımdır ki, hava Avropada qərbdən şərqə yerini dəyişir. Buna görə axşam şəfəqləri sübh şəfəqlərindən daha çox göstəriciyə malik olur. Günəş qürub etdikdə əgər şəfəq qırmızıdırsa, bu onu göstərir ki, qərbdə hava təmizdir və sabah yaxşı hava gözlənilir. Əgər qərbdən siklon yaxınlaşırsa, onda qara buludların kölgəsi çox böyük sahəni əhatə edir və axşam vaxtı səma boz-sarımtıl rəngə çalır, eyni zamanda qərb küləyi əsirsə, onda səhəri gün və ya bir neçə gündən sonra yağış gözləmək olar.

Sübh şəfəqində üfüq qırmızıya çalarsa, demək bizdən şərqə doğru göy üzündə bulud yığını yoxdur. Başımız üzərində lələkvari buludlar görünərsə, sübh şəfəqində səmanın qırmızı rəngi daha da güclənəcəkdir. Bu isə atmosfer təzyiqinin aşağı düşəcəyini xəbər verir.

Havada çoxlu miqdarda toz və ya su damcıları olarsa, üfüqdəki üfüqi zolaqlar parlaq qırmızı rəngdə olacaqdır.

v) **Qütb parıltıları.** Təbiətin ən gözəl təzahürlərindən biri də qütb parıltılarıdır. Gecə qaranlıq səmanın fonunda qütb enliklərində baş verən qütb parıltılarının əsrarəngizliyini sözlə ifadə etmək qeyri-mümkündür.

Çox hallarda qütb parıltıları yaşıl və ya göy-yaşıl rəngə çalır.

Qütb parıltılarını iki əsas formada, lent və buludabənzər ləkə şəklində müşahidə edirlər. Əgər parıltı çox intensivdirsə, o, lent şəklini alır. Intensivliyini azaldıqca ləkə formasına keçməmiş itir. Lentlər sanki səmanın qaranlıq fəzasında şərqdən qərbə 1000 kilometrə kimi uzanan asılmış nəhəng pərdə təəvvürünü verir. Pərdənin uzunluğu bir neçə min kilometr, qalınlığı isə bir neçə metrdir. Özü də pərdə elə zəif, elə şəffafdır ki, arxasındakı ulduzlar belə görünür.

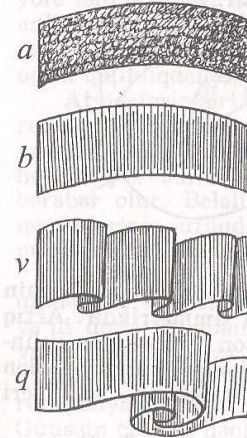
Qütb parıltılarının dörd növü vardır: bircinsli qövs – işıqlanan zolaq ön sadə və sakit formaya malikdir. O, aşağı hissədən daha çox parlaq olub, yuxarı getdikcə tədricən parlaqlığını itirir (şəkil 30, a); oxvari qövs – lent bir qədər daha aktiv və müthərrik olur. O xırda qatlar və şırnaqlar əmələ gətirir (şəkil 30, b); oxvari zolaq – aktivliyinin artması ilə iri qatlar xırda qatların üzərinə toplanır (şəkil 30, v); aktivliyin artması nəticəsində qatlar və ilgəhlər böyük ölçülərə kimi (yüz kilometrə kimi) genişlənir, lentin aşağı hissəsi çəhrayı rəngdə olur (şəkil 30, q). Aktivlik azaldıqda qatlar itir və lent özünün əvvəlki bircinsli formasına qaydır (şəkil 30).

Parlaqlığa görə qütb parıltılarını bir-birindən bir tərtib (yəni 10 dəfə) fərqlənməklə dörd sinfə ayırırlar.

Birinci sinfə çox zəif görünən Kəhkəşanın parlaqlığına bərabər olan qütb parıltılarını aid edirlər. Dördüncü sinfə mənsub olan parıltılar isə Yeri bədirlənmiş Ay kimi işıqlandırır.

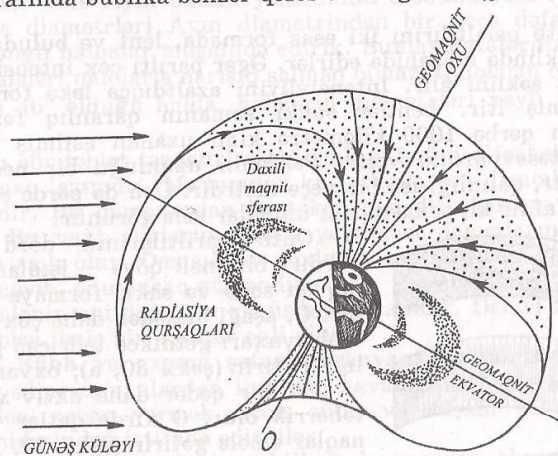
Bəs qütb parıltıları necə yaranır?

Yer kürəsi böyük bir maqnitdir. Bu maqnitin cənub qütbü coğrafi şimal qütbə yaxın (71° ş.e. və 96° q. u.), şimal qütbü



Şəkil 30

isə coğrafi cənub qütbə yaxındır (173° c. e. və 156° ş. u.). Geomaqnit xətləri adlanan Yerin maqnit sahəsinin qüvvə xətləri maqnitin şimal qütbündən çıxıb Yer kürəsini əhatə edərək, maqnitin cənub qütbündən Yərə daxil olur. Bu xətlər Yer ətrafında bublikə bənzər qəfəs əmələ gətirir (şəkil 31).



Şəkil 31

Uzun müddət fərz edirdilər ki, maqnit qüvvə xətlərinin yerləşməsi Yerin fırlanma oxuna nəzərən simmetrikdir. Artıq aydındır ki, Günəşin şüalandırdığı, proton və elektron selindən ibarət olan «Günəş küləyi» 20000 kilometr hündürlükdən Yerin geomaqnit örtüyünə doğru hərəkət edərək onu geri itələyir.

Elektron və ya proton Yerin maqnit sahəsinə daxil olduqda spiral boyu hərəkət edir. Bu vaxt atmosfer qazlarının həyəcanlanmış atomlarının şüalandırıcıları işığı müşahidəçi qütb parıltıları kimi qəbul edir.

Beləliklə, şimal və cənub yarımkürələrində müşahidə olunan qütb parıltıları atmosfer qazlarının ionlaşması nəticəsində əmələ gələn işıq təzahürləridir.

q) **Günəşin çıxma və batma anlarında əmələ gələn işıq təzahürləri.** Yer kürəsinin istənilən nöqtəsində və ilin istənilən günündə Günəşin çıxma və batma vaxtı bir dəqiqə dəqiqliyi ilə astronomik düsturlarla hesablanır. Bu qiymətlər xü-

susi astronomik məlumat kitablarında, adi təqvimlərdə və yerli qəzetlərdə çap edilir. Görəsən, Günəşin təqvimdə göstərilən çıxma və batma vaxtını saatla yoxlayan olubmu? Əgər bu bir neçə dəfə təkrar edilsə, çıxma və batma vaxtının hesablanan qiyməti çox zaman həqiqi qiymətə uyğun gəlməyəcəkdir. Bəs buna səbəb nədir? Bəlkə astronomik düsturlar dəqiq deyildir? Düsturların kifayət qədər dəqiq olmasına şübhə yoxdur. Buna səbəb ancaq və ancaq bizim atmosferdir. Əgər atmosfer olmasaydı, hər hansı ixtiyarı işıq mənbəyinin (Günəş, Ay, ulduz) çıxma və batma vaxtının əvvəlcədən xəbər verilməsi özünü böyük dəqiqliklə doğrultmuş olardı.

Hesablamalar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, işıq şüaları atmosferdə nə qədər uzun yol keçərsə, bir o qədər güclü refraksiyaya məruz qalacaqdır. Atmosferdə şüalar ən uzun yolu işıq mənbəyi üfüqdə olduqda, yəni onun çıxma və batma anlarına yaxın vaxtda keçir. Belə halda atmosferin optik qalınlığı həmin şüaların atmosfərə şaquli düşərkən keçdikləri optik qalınlıqdan 35 dəfə böyük olur.

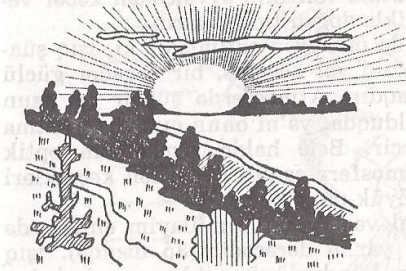
Atmosferin orta normal vəziyyətində mülayim enliklərdə refraksiya bucağı təqribən yarım dərəcədir (35 dəqiqə). Işıq mənbəyinin üfüqdən olan hündürlüyü artdıqca refraksiya bucağı çox sürətlə kiçilir və mənbə zenitdə olduqda sıfıra bərabər olur. Beləliklə, refraksiya nəticəsində səmadaki işıq mənbələrinin üfüqdən olan hündürlükləri artır və bu artım mənbələr üfüqdə olduqda daha böyük qiymət alır.

Göstərmək lazımdır ki, refraksiya bucağı havanın təzyiqindən və temperaturundan da asılıdır. Günəş qürub edəndə, yəni diski üfüqdən aşağı endikdə, refraksiya onu bir qədər yuxarı qaldırır və gün davam edir. Günəş çıxanda da bu hadisə baş verir. Günəş hələ üfüqdən aşağıda olduqda belə refraksiyanın köməkliyi ilə biz onu artıq görürük, yəni günün Günəşin çıxdığı həqiqi vaxtdan tez başlanır.

Günün uzunluğunun artması digər tərəfdən Yer in dairəsindən və Günəşin meyindən asılıdır. Orta en dairələrində (Moskva, Leningrad) refraksiya nəticəsində gün adətən 8-12 dəqiqə uzanır. Əgər Yer kürəsinin qütblərinə doğru irəliləsək, günün uzanması daha da artacaqdır. Məsələn, astronomik refraksiya bucağının orta qiymətinin $0,5$ dərəcə yaz və payız bərabərliyi günlərində (21 mart və 22 sentyabr) günün uzanma müddəti 88° -ci en dairəsində 2 saat 18 dəqiqəyə, 89° -cu en dairəsində 5 saat 42 dəqiqəyə, $89^{\circ}08'$ -ci en dairəsində isə 8 saat 06 dəqiqəyə çatacaqdır. Qış vaxtı qütb

rayonlarında müşahidə olunan refraksiya bucağının böyük qiymətlərində günün uzanması daha çox ola bilər. Qütb günü isə bir neçə gün uzanır. Bu səbəbdən Yer kürəsinin qütb nöqtələrində qütb günü qütb gecəsindən 14 gün uzun olur.

Günəşin çıxdığı və batdığı zaman şüaların refraksiyası ilə əlaqədar daha bir neçə təzahür yaranır. Hər şeydən əvvəl, çıxma və batma zamanı Günəşin diski təhrif olunur. Adətən, dairə şəklində olan Günəş diski üfucə yaxınlaşdıqca üfucə paralel olaraq yumurta formasını alır (şəkil 32).

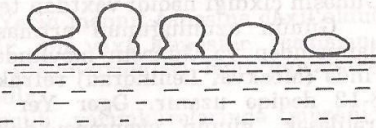


Şəkil 32

Bu onunla izah olunur ki, Günəş diskinin aşağı kənarı üfucə toxunaraq, üfucdən 32 dəqiqə (Günəşin bucaq diametri 32 dəqiqədir) hündürlərdə olan yuxarı kənarına nisbətən daha çox refraksiyaya məruz qalır. Buna görə orta atmosfer şəraitində Günəşin aşağı kənarı refraksiya nəticəsində 35 dəqiqə, yuxarı kənarı isə 28 dəqiqəyə qədər qalxmış olur. Nəticədə Günəş diski elə bil hər iki tərəfdən basılmış olur. Yer səthinin çox aşağı temperaturlarında refraksiya bucağı artdığına görə Günəş diskinin batıqlığı daha da güclü ola bilər.

Əgər havanın sıxlığı hündürlükdən asılı olaraq qeyri-bərabər azalrsa, məsələn, temperatur inversiyası (temperaturun hündürlükdən asılı olaraq artması) mövcuddursa, Günəş diskinin təhrifi müxtəlif formalarda baş verir. Bəle təhriflər 33-cü şəkildə göstərilmişdir.

Günəş şüalarının atmosferdəki refraksiyası ilə eyni zamanda onların dispersiyası da (ağ işığın rənglərə ayrılması) baş verir. Dalğa uzunluğu nə qədər kiçik olarsa, şüalar bir o qədər çox sınır və güclü refraksiyaya məruz qalır. Dalğa uzunluğu 0,0004 millimetr olan bənövşəyi şüalar, dalğa uzunluğu 0,0008 millimetr olan qırmızı şüalardan fərqli olaraq daha çox sınır. Günəş diskinin nöqtələrindən çıxan rəngli şüaların bir-birinin üzərinə çökməsi nəticəsində Günəş



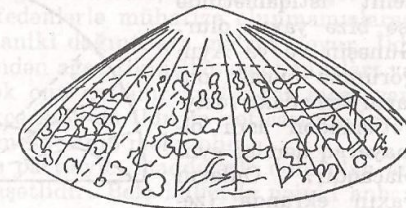
Şəkil 33

şin yuxarı kənarı mavi-yaşıl, aşağı kənarı isə narıncı-qırmızı rəngə boyanacaqdır.

Daha aydın şəkildə Günəş şüalarının dispersiyası Günəşin batdığı son anda, yəni üfuc üzərində onun yuxarı segmenti göründükdə yaranır. Batan Günəşin son şüası rəngli şüaların «yelpiyini» əmələ gətirir. Görünən spektrin kənarlarındakı bənövşəyi və qırmızı şüaların aralarındakı bucaq 38 saniyədir. Günəş üfucdən aşağı endikdə göy, mavi və bənövşəyi şüalar atmosferdə uzun yol keçdiklərindən onlar güclü səpilməyə məruz qalır və bununla da Yer səthinə gəlib çata bilmir. Bundan başqa spektrin bu şüalarına qarşı insan gözü az həssasdır. Bu səbəbdən Günəşin batdığı son anda qırmızıdan yaşıla kimi rəng növbələşməsi baş verir. Batan Günəşin son şüası zümrüd rənginə çalır. Bu təzahür yaşıl şüa adını almışdır.

Günəş çıxdıqda rəng növbələşməsi əksinə baş verir. Çıxan Günəşin ilk yaşıl şüası növbə ilə sarı, narıncı şüalarla əvəz olunur və nəhayət, üfucün arxasından Günəşin qırmızı kənarı görünür. Hava hədsiz dərəcədə şəffaf olduqda son şüa yaşıl-mavi və hətta mavi də ola bilər. Lakin bu çox təsadüfi hallarda baş verir.

İndi də işığın refraksiyası ilə heç bir əlaqəsi olmayan başqa bir təzahürə baxaq. Çoxunuz fikir vermisiniz ki, Ay üfucün üzərinə qalxdıqda çox böyük, səmanın yüksək bir nöqtəsində isə kiçik, yəni üfucdəkindən təqribən 2-3 dəfə balaca görünür. Eyni ilə bu cür təzahür Günəşlə də baş verir. Günün günorta vaxtı və ya günün başqa vaxtlarında səmanın yüksək nöqtəsində yerləşdikdə Günəş balaca, üfucdə isə buna nisbətən 3-4 dəfə böyük ölçüyə malik olur. Günəşin, Ayın və başqa səma cisimlərinin ölçülərinin bu cür böyüməsi əsil optik xülyadır. Əgər ixtiyarı bucaqölçən cihazla Günəşin və ya Ayın səmadakı hər hansı bir vəziyyətində bucaq diametrini ölçsək, alınan qiymətin həmişə eyni olub 32 dəqiqəyə bərabər olduğunu görürük. Bu

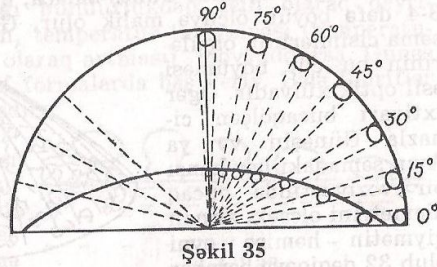


Şəkil 34

optik xülya hər şeydən əvvəl göy qübbəsinin qeyri-adi forması ilə izah olunur. Səma heç də düzgün yarımsfer olmayıb, çevrilmiş nəlbəkiyə bənzəyir (şəkil 34).

Başımız üzerindəki hündürlük üfüqə qədər olan məsafədən xeyli kiçikdir. Bunu çox sadə yolla yoxlaya bilərsiniz. Açıq bir yerdə nəzərlərinizi zenitdən üfüqə qədər gəzdirin və fikrən səmanın zenitdən üfüqə qədər olan qövsünü təxminən yarı bölən bir nöqtə tapın. Sonra ixtiyarı bucaq ölçən cihazla (bunun üçün transportirli adı pərgar da yarayar) bu nöqtənin hündürlüyünü ölçün. Əgər səma yarım sfera olsaydı, onda nöqtənin hündürlüyü 45° -yə bərabər olardı. Həqiqətdə isə onun hündürlüyü 18° -dən 30° -yə kimi dəyişir. Orta qiyməti 22° -yə yaxındır. Gündüz vaxtı işıqlanma çox olduqda bu bucaq 20° - 22° , toranda və gecə vaxtı isə 30° -yə kimi artır. Səmanın bu cür forması bir neçə başqa optik xülyaların əmələ gəlməsinə də səbəb olur. Üfüqdə yerləşən Günəşin, Ayın və digər başqa səma cisimlərinin nəinki ölçüləri, hətta onların üfüq üzərindəki hündürlükləri də təhrif olunur. Yayda Leninqradda günorta vaxtı Günəşin üfüqdən olan hündürlüyü 60° -dən artıq deyildir. Lakin adama elə gəlir ki, o zenitdə yerləşmişdir. Hətta qışda günorta vaxtı Günəşin hündürlüyü 15° -ni aşdıqda belə adamda elə təəvvür oyanır ki, o istənilən qədər hündürdədir.

Bu xülyaların necə əmələ gəlməsini 35-ci şəklın köməyi ilə izah etməyə çalışaq. Baxmaqla biz Günəşin Aya nisbətən və yaxud bəzi ulduzların digər ulduzlara nisbətən bizdən uzaq olduğunu hiss etmirik. Biz səmada nə görürüksə, hər bir şeyi sanki bir ekran kimi onun üzərinə proyeksiyalandırırıq. Bu ekran üfüq istiqamətində bizdən uzaq, zenit istiqamətində isə bizə yaxın olur. Günəşin və ya Ayın görünmə bucağı onların səmadakı vəziyyətlərindən asılı olmayaraq həmişə eyni olacaqdır. Onların yaxın ekranda (zenitdə) proyeksiyalarını aldıqda xətti ölçüləri kiçik, uzaq ekranda isə (üfüqdə) böyük görünəcəkdir. Belə optik xülyanın əmələ gəlməsinin başqa bir səbəbi də vardır. Bu bizim görmə orqanımıza xas olan psixi fizioloji cəhətdir. Belə bir misala baxaq. Bizdən 75 metr kənarda dayanmış adam bizə böyük görünür. Lakin 75



Şəkil 35

metr hündürlüyü olan paraşüt vıskasında həmin adam bizim nəzərlərimizdə kiçilir.

d) **İldırım.** Məlum olan atmosfer təzahürlərindən biri də ildırımdır. O, tufan vaxtı əmələ gəlir. İldırım atmosferin elektrik sahəsində əmələ gələn nəhəng qığılcımlı boşalmadır. Belə boşalma bulud ilə yer arasında, iki bulud arasında və ya da eyni bir buludun daxilində baş verir. Əmələ gələn qığılcımın uzunluğu çox vaxt 2-3 kilometr, diametri isə orta hesabla 17 santimetr olur. Tropik en dairələrində buludlar arasında əmələ gələn ildırımın uzunluğu 30 kilometrə də çatır.

İldırım vaxtı müəyyən miqdarda (10-15 kulon) elektrik yükü yayılır. Lakin hər bir ildırımın davam etmə müddəti çox azdır; adətən bütün boşalma səviyyəsinin mində və ya milyonda bir hissəsi qədər, bəzi hallarda isə onda biri qədər davam edir. Buna görə ildırım boşalması zamanı ani bir müddətdə güclü elektrik cərəyanı əmələ gəlir (qiyməti on min və ya yüz min amperə çatır). Özünün qısa müddətliyinə baxmayaraq, belə cərəyan qarşısına çıxan hər bir şeyi yandırmağa, partlatmağa, dağıtmağa və öldürməyə qadirdir.

Yüksək gərginlikli ötürmə xətlərinin üzərinə düşən ildırım on metrlerle naqili əridib, buxarlandıra bilər. İldırım hətta ötürmə xətlərinin və ya dayaq dirəklərinin üzərinə deyil, onlardan müəyyən qədər aralıda baş verdikdə belə, xətlərdə bir neçə milyon voltluq gərginlik yaranır. Belə gərginliklərə heç bir izolyator tab gətirmir. Bu halda ötürmə xətləri sıradan çıxır və elektrik enerjisinin böyük itkisi baş verir.

Əgər fabrik boruları, gəmi dörələri, qalalar və digər hündür tikintilər ildırım dəfəndənlərlə mühafizə olunmamışlarsa, ildırım onları böyük mexaniki dağıntılara məruz qoyur. İldırımın bilavasitə zərbələrindən ağac tikintilər və ot tayaları yanır. İldırım ağaca dəyərək onu çatladır və tez-tez meşə yanğını əmələ gətirir. Təkcə ABŞ-da ildırım nəticəsində hər il 25 milyon hektara yaxın meşə yanıb məhv olur.

İldırımın yandırıcı və partlayıcı maddələrlə dolu olan anbarlara düşməsi daha dəhşətlidir. Belə hallarda nəinki anbarların özləri dağılıb havaya sovrulur. Hətta yaxınlıqdakı şəhərin bir hissəsi də çox ziyan çəkir.

İldırım təyyarələr üçün də çox qorxuludur. İldırımın bilavasitə təyyarəyə düşməsi nəticəsində radio əlaqə pozulur, təyyarənin radionaviqasiya cihazları sıradan çıxır, yanacaq partlayır və yangın əmələ gəlir. Belə hallarda təyyarəni idarə etmək çətin və qorxuludur. Deyə bilərsiniz ki, müasir reaktiv

və turboreaktiv təyyarələr 10 kilometr hündürlükdə, yə'ni ildırım yaradan buludlardan yuxarıda uçur. Bəli, bu belədir. Lakin həmin hündürlüyə qalxmamışdan və həmin hündürlükdən yerə enməmişdən əvvəl təyyarə aşağı hündürlükdə bir neçə yüz kilometr uçmalıdır. Belə hündürlükdə o qara buludlara rast gələ bilər. Amma kosmik gəmilər üçün ildırım qorxulu deyildir. Onlar bulud olmayan çox böyük yüksəkliklərdə uçur.

İldırım daha çox hara düşür? Görəsən, ildırımın çaxması üçün ən çox xoşladığı yer varmı?

Bəli, vardır. Bu, hər şeydən əvvəl, daha hündür əşyalar. Məsələn, hündürlüyü 540 metrə yaxın olan Moskvadakı Ostankino televiziya qülləsi buna misal ola bilər. Səkkiz illik müşahidə nəticəsində cihazların köməyi ilə bu qüllə üzərində 239 dəfə ildırımın çaxması qeydə alınmışdır. Bu isə ildə orta hesabla 30 dəfə ildırımın çaxması deməkdir.

Bəs ildırım necə əmələ gəlir? Tufan vaxtı buludun qonşu hissələri arasında və ya Yer səthi arasında elektrik yükləri toplanır. Bu yüklərin təbiəti hələ dəqiq müəyyən edilməyib.

Müasir bir nəzəriyyəyə görə buludlarda su damcılarının və buz kristallarının parçalanması zamanı kiçik hissəciklər mənfi, böyük hissəciklər isə müsbət yüklənir. Bunlardan mənfi yüklü hissəciklər buludun mərkəzində, müsbət yüklü hissəciklər isə buludun kənarlarında toplanır. Bu vaxt buludda elektrik yükü əmələ gəlir.

Digər nəzəriyyəyə görə, isə müsbət yüklər buludun yuxarı hissəsində, mənfi yüklər isə aşağı hissəsində əmələ gəlir. Adətən, Yer atmosfərə nəzərən mənfi yüklənmişdir.

Niyə ildırımdan sonra göy gürultusu eşidilir? İldırım əmələ gələndə hava 10000-20000°S-yə qədər qızır. Havanın qəflədən genişlənməsi və yenidən sıxılması göy gürultularını yaradır ki, biz də bunu ildırımdan sonra eşidirik.

Ümumiyyətlə, ildırımdan qorunmaq üçün aşağıdakıları yadda saxlamaq lazımdır:

Mənzildə olarkən elektrik naqillərindən uzaq durmaq, ütə, üzqırخان və sair bu kimi elektrik cihazlarından istifadə etməmək. Televizor və radioqəbulediciləri elektrik şəbəkəsinə qoşmamaq. Pəncərələri örtmək və s.

Açıqlıqda, ağac altında durmamaq və qaçmamaq. Məsələ ildırım çaxanda yaxşı olar ki, hər birindən 8-10 metr məsafədə iki ağac arasında dayanasınız. İldırım vaxtı dənizdə və çayda çimmək təhlükəlidir.

VI fəsil. GECƏ SƏMASININ İŞIQLANMASI

6.1. Ay tərəfindən işıqlanma

Gecə vaxtı yer səthi bir çox mənbələr tərəfindən işıqlanır. Bunlardan ən güclüsü, yə'ni Yer üzərinə daha çox işıq göndərən Aydır. Aysız gecələrdə yer səthi işığı gecə səmasından alır. Ay olmayan vaxtı bütün mənbələrdən gələn ümumi işığı, **gecə səmasının işıqlanması** adlandırırlar.

Aylı gecələrdə Yer in işıqlanmasına baxaq. Günəş sabitinə bənzər **Ay sabiti** anlayışı da qəbul edirlər. Bu, bədirlənmiş Ayın atmosferin yuxarı sərhədində şüalara perpendikulyar olan səthdə yaratdığı işıqlanmadır. Onun qiyməti 0,34 lk-dür. Ay sabitini, həmçinin atmosferdən kənar **Ay işıqlanması** da adlandırmaq olar.

Zenitdə yerləşən bədirlənmiş Ayın atmosferin orta şəffaflığında Yer səthində yaratdığı maksimum işıqlanma 0,25 lyuksə yaxındır. Əgər Ay zenitdə yerləşmirsə, adətən ay işığı ilə işıqlanma 0,1 lk-ü aşmır. Birinci və sonuncu dördüdə birlərdə işıqlanma ancaq 0,03-0,04 lyuks olur. «Təzə» Ayın yaratdığı işıqlanma «köhnə» Ayınkindən təqribən 20% çoxdur. Bu, Ay səthindəki ləkələrin qeyri-bərabər paylanması ilə izah olunur.

Ay diskinin parlaqlığı əks olunan günəş işığı vasitəsilə yaranır. Bunu **Hafiz** çox poetik olaraq belə qeyd etmişdir: «Gözəl Ay! Sən parlaqlığını və işığını Günəşdən almısan!» Ay işıqlanması Günəş işıqlanmasının 0,0002-0,0003%-ni təşkil edir.

Bir görün bu qiymət nə qədər cüzidir. Lakin aylı gecə də işıqlı olur, elə bil ətrafda hər bir şey kifayət qədər işıqlanmışdır. Bu illuziyaya səbəb bizim gözümüzün cüzi işıqlanmaya adaptasiyasıdır (uyğunlaşmasıdır).

Gözü Ay işıqlanmasına uyğunlaşan adama həqiqətən hər bir şey yaxşı işıqlanmış kimi görünür. Biz Ay işığı ilə işıqlanan mənzərəni görüb həzz alırıq. Burada K.Prutkovun belə bir aforizmi yadda düşür: «Əgər səndən sual etsələr: nə xeyirlidir, Günəş və ya Ay? — cavab ver: Ay. Çünki Günəş, işıqlı vaxtda, Ay isə gecə vaxtı işıqlanır».

6.2. Ulduz işığı

Elə bir adam tapılmaz ki, o ulduzlu gecə səmasına baxıb həzz almasın. Ulduzlara baxdıqda dünyanın genişliyinə heyran qalırsan. Kainatın keçilməz ənginliklərində sirli müəmmaların olduğunu hiss edirsən.

Gəlın ulduzlu səma altında səyahət edək və Yer səthinı işıqlandıran başqa mənbələrə nəzər salaq. Işıqlı otaqdan çölə çıxdıqda biz ilk anda daha parlaq ulduzları görürük. Tədricən göz qaranlığa uyğunlaşdıqda biz daha zəif ulduzları görürük. Bir neçə dəqiqə keçdikdən sonra daha çox ulduz görməyə başlayırıq. Bu vaxt ərzində Yerdə bizi əhatə edən başqa əşyalar da aydın görünməyə başlayır.

Görəsən Aysız gecədə yer əşyaları nə ilə işıqlanır?

Əlbətdə ki, ulduzlar vasitəsilə! Bu, hər bir adamın fikrinə gələn cavabdır. Həqiqətən, aydın qaranlıq gecədə səmada külli miqdarda ulduz parlayır. Bu ulduzlar bizdən o qədər uzaqdır ki, adama elə gəlir, nəinki bu ulduzların təbiəti haqqında bir şey öyrənmək, hətta onları saymaq da mümkün deyil.

Atmosferin çox şəffaf halında gecə vaxtı göy qübbəsinin yarısında adi göz ilə 2000-ə yaxın ulduz görmək olar.

Bir-birinə yaxın olan ulduzları biz ulduz bürcü şəklində təsvir edirik. İnsan hələ lap qədim zamanlardan ulduz bürclərinin yerləşməsində onlara tanış olan adamların, heyvanların və əşyaların cizgilərini axtarır və tapırdılar. Bu yol ilə ulduz bürclərinin adları meydana gəldi: Böyük ayı, Herkuli, Balina və s. Bütün göy qübbəsində 88 bürc vardır. Orta en dairələrində eyni zamanda 20-yə yaxın bürc görmək olar.

Yerin tərpənməz göy qübbəsinə nəzərən Günəş ətrafında illik fırlanması nəticəsində Yer üzərindəki müşahidəçi Günəşi müxtəlif ulduzların fonunda görəcekdir. Günəşin göy qübbəsindəki illik zahiri hərəkətinin baş verdiyi qurşağa **Zodiak** qurşağı deyilir. «Zodiak» yunanca «heyvan dairəsi» deməkdir. Bu qurşaqda 12 bürc vardır. Zodiak bürclərinin hər birindən Günəş təqribən bir aya keçir.

Aysız gecələrdə hava açıq olanda göyü təqribən böyük dairə boyunca bürüyən zəif işıqlı geniş bir zolağı hər kəs müşahidə etmişdir. Buna Ağ Kəhkəşan yolu (yunanca süd dairəsi deməkdir) deyilir. Ağ Kəhkəşan yolun forması, eni və parlaqlığı onun hər yerində eyni deyildir.

Ulduzlara və Kainatın başqa obyektlərinə qədər olan məsafə o qədər böyükdür ki, bunu milyon kilometrərlə ölç-

mək olmaz. Buna görə çoxlu sıfırlar yazmaq lazım gələrdi. Bu səbəbdən də *ışığı* *ili* adlanan xüsusi ölçü vahidi tətbiq edirlər.

İşığın 300 000 km/san sür'ətlə bir ilə getdiyi yol işıq ilidir. Bu 10 milyard kilometr yə'ni 10^{12} km-dir. Bildiyimiz kimi, işıq Günəşdən Yerə təqribən 8 dəqiqəyə gəlib çatır. Bu vaxt bizə ən yaxın ulduz olan Sentavrın Alfası üçün 4,3 işıq ilinə, Sirius üçün isə 8 işıq ilinə bərabərdir. Ulduzların çox hissəsi Yerdən və bir-birindən çox uzaqda yerləşmişdir.

İlk dəfə 1901-ci ildə Amerika astronomu Nyukomb Yer səthinin gecə vaxtı işıqlanmasında bütün ulduzların nə qədər rol oynadığını öyrənmək istəmişdir. Onun tədqiqatları qərribə nəticə verdi. O, belə fikrə gəldi ki, bütün ulduzlar bir yerdə Yerin Aysız gecədə işıqlanmasının heç yarısını da yarada bilmir.

Bəs səmada nə qədər ulduz vardır? Astrofiziklərin hesablamalarına görə bizim Qalaktikada $3 \cdot 10^{10}$ -a yaxın ulduz vardır. Bu ulduzların Yer səthinin gecə vaxtı işıqlanmasında rolu çox azdır.

6.3 Atmosfer yeri işıqlandırır mı?

Bütün ulduzlar işıqlanmanın yarından az hissəsini yarıdırsa, bəs aysız gecələrdə Yer səthinin işıqlanmasının qalan hissəsi hansı mənbə tərəfindən yaranır? Bu mənbəyin kəşfi özünün maraqlı tarixinə malikdir.

Hələ 1901-ci ildə Nyukomb öz hesablamalarını apardığı vaxt, alman alimi Vihert gecə səmasının spektrinin şəklini çəkərkən lövhədə qütb parıltılarının spektrində xarakterik olan yaşıl xətt müşahidə etmişdir. Vihert öz kəşfini lazımı qədər qiymətləndirməmişdir.

1909-cu ildə holland alimi İntema Nyukomb kimi bütün ulduzların işığını hesablayarkən əmin oldu ki, Yerdəki işıqlanma təkcə ulduzların hesabına deyildir. O, Vihertin tədqiqatlarını nəzərə alaraq göstərdi ki, fasiləsiz olaraq yaşıl işıq göndərən mənbə Yer atmosferində yerləşir.

Bu fikri təsdiq etmək 10 ildən sonra 1919-cu ildə ingilis astronomu Slayferə nəsib oldu. Hələ 1915-ci ildə bir neçə gecə ərzində Ağ Yolun spektrinin şəklini çəkən Slayfer bütün lövhələrdə qütb parıltılarına xas olan yaşıl xətti müşahidə etdi. O, öz ölçülərini $35^{\circ}12'$ en dairəsində aparırdı. Bu yerlərdə isə qütb parıltıları çox nadir hallarda, yə'ni çox illər ərzində bir dəfə müşahidə olunurdu. Slayfer öz müşahidələrini

dörd il də davam etdirdi. Səmanın bütün hissələrində xeyli miqdarda şəkil çəkdi. Hər yerdə yaşıl xəttə rast gəlirdi. Şəkilin çəkilməsi üfüqə yaxınlaşdıqca xəttin parlaqlığı artırdı. Buradan belə nəticəyə gəlmək olur ki, bütün göy qübbəsi hər gecə qütb parıltılarına uyğun olan işıq şüalandırır. Beləliklə, **atmosferin gecə işıqlanması** kəşf olundu.

Hər bir adam yaxşı bilir ki, atmosfer insan həyatında böyük rol oynayır. Hər şeydən əvvəl biz hava ilə nəfəs alırıq. Onsuz Yer üzərində həyat mümkün olmazdı. Atmosfer Yerin dünya fəzasına şüalandırdığı istiliyi udaraq Yeri «qızdırır». Atmosfer bir çox müdafiə funksiyalarını da yerinə yetirir. O, bizi günəşin ultrabənövşəyi şüalarının öldürücü təsirindən, «səma daşları» olan meteorlardan və s. qoruyur. Atmosferdəki ionlaşmış təbəqələr radio-əlaqəyə kömək edir. Belə təbəqələr səmanın ənginliklərindən gələn gündüz 30 m, gecə isə 200-300 m uzunluqlu radio dalğaları fəzaya əks etdirib, bizim efiri onlardan təmizləyir. Atmosferin söylənilən bütün «funksiyaları» haqqında çox yazılır və deyilir. Lakin atmosferin gecə vaxtı Yeri işıqlandırmasını, aysız gecələrdə onun əsas işıq mənbəyi olduğunu çox adam bilmir.

Gecə səmasının işıqlanması kəşfi elmdə böyük sensasiyaya səbəb oldu. Müxtəlif suallar meydana çıxdı. Bütün atmosfer işıqlanır, yaxud onun hər hansı təbəqəsi? Əgər təbəqə işıqlanırsa, onda hansı hündürlükdə? Niyə hava gecə işıqlanır? Əvvəlcə görə işıqlar nə ilə yaranır?

Gecə səmasının işıqlanması 80-300 km hündürlükdəki seyrəkləşmiş qazların işıqlanmasından (lüminessensiya) ibarətdir. Fiziki təbiətinə görə belə işıqlanma reklam trubkalarındakı seyrəkləşmiş qazların işıqlanması kimidir (qırmızı işıq neonun işıqlanması, yaşıl isə civə buxarının işıqlanmasıdır). Atmosfer işıqlanmasının spektri çox mürəkkəbdir. Spektr görünən, infraqırmızı və ultrabənövşəyi diapazonlarda çoxlu sayda xətlərə və zolaqlara malikdir.

Spektrin görünən hissəsində ən parlaq xətlər oksigen atomunun şüalandırdığı xətlərdir. Hər şeydən əvvəl bu həmin yaşıl xətdir ki, bunun köməkliyi ilə gecə səmasının işıqlanması kəşf olundu. Yaşıl xətt (0,5577 mkm dalğa uzunluğu) göstərdiyimiz kimi qütb parıltılarında mövcud olub, onlara yaşıl rəng verir. Oksigen atomunun iki zəif xətti spektrin qırmızı hissəsində yerləşir (0,6300 və 0,6364 mkm). Bundan başqa spektrdə natrium atomunun parlaq çəhrayı xəttinə də rast gəlmək olur (0,6300 mkm). Şüalanmanın daha intensiv zolaq və xətləri yaxın infraqırmızı sahədə yerləşir. Buraya

hidroksilin mürəkkəb quruluşlu (3,847-4,470 mkm), molekulyar azotun, azot oksidinin, natrium atomunun və havanın tərkibinə daxil olan başqa digər qazların zolaqları daxildir.

Hidroksilin şüalanması o qədər güclüdür ki, (başqa qazlara nisbətən onun miqdarı çox azdır) əgər bu şüalanma görünən diapazonda baş versə idi, onda gecə səmasının şüalanmasının parlaqlığı artardı. Bu zaman səmanın işıqlanması qütb parıltılarının işıqlanması dərəcəsinə çatı bilərdi. Beləliklə, sözün əsl mənasında gecə olmazdı.

6.4. Niyə hava gecə vaxtı işıqlanır?

İndi də gecə səmasının işıqlanmasının əmələ gəlməsinə baxaq və havanın gecə vaxtı işıqlanmasının nəyin səbəbinə olduğunu izah etməyə çalışaq. Nə üçün bütün atmosfer deyil, onun ancaq nazik bir təbəqəsi işıqlanır? Sutkanın başqa vaxtında da atmosfer işıqlanırmı? Bu suallara cavab vermək üçün işıqlanan hündürlüklərdə havanın vəziyyəti haqqında ümumi məlumatlara baxaq.

Bildiyimiz kimi havanın sıxlığı və onun təzyiqi yer səthindən qalxdıqca çox sür'ətlə azalır. Yer səthinin dəniz səviyyəsində standart atmosfer təzyiqi 1013 millibardır. 5 kilometr hündürlükdə təzyiq iki dəfə azalır. Hündürlük 100 kilometrə çatdıqda təzyiq artıq millibarın 10 mində bir hissəsi ilə ölçülür. 100 kilometr hündürlükdəki havanın vahid həcmindəki molekulların sayı, Yer səthindəkindən 3 milyon dəfə azdır. Yer səthindəki havanın tərkibi 80-100 km hündürlüyə kimi dəyişməz qalır. Daha yüksək qatlarda kiçik dalğalı günəş şüalarının təsiri ilə qaz molekullarının atomlara parçalanması və ya başqa sözlə desək dissosiasiya baş verir.

Hər hansı bir ixtiyarı molekulu atomlara parçalamaq üçün dissosiasiya işi adlanan enerji sərf etmək lazımdır. Bu enerjinin qiyməti molekulun quruluşundan asılıdır. Hava molekullarını dissosiasiyaya uğratmaq üçün belə enerji dalğa uzunluğu 0,175 mkm-dən kiçik olan Günəşin ultrabənövşəyi şüalanmasının kvantlarına məxsusdur. Atmosferin əsas qazlardan oksigen daha asan dissosiasiyaya uğrayır.

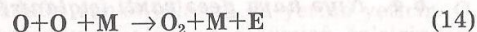
Gündüz saatlarında atmosfer Günəş tərəfindən şüalandıqda oksigen molekulunun parçalanma reaksiyası baş verir.



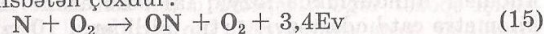
Oksigen atomunun maksimum miqdarı 80-100 km hündürlüklərdə yaranır. Azot molekullarının parçalanması çox

yüksək hündürlüklərdə baş verir. Toranın və gecənin başlanması ilə molekulların parçalanma prosesi kəsilir və atomların molekul şəkilində birləşməsi üstünlük təşkil edir. Bu reaksiya müəyyən miqdarda enerjinin (E) ayrılması ilə gedir.

Müəyyən edilmişdir ki, oksigen atomları bir-biri ilə toqquşduqda praktik olaraq molekul şəkilində birləşmir. Onların birləşməsi üç qat toqquşma nəticəsində o zaman baş verir ki, bu toqquşmalarda hər hansı M hissəciyi iştirak etsin:



Ayrılan $E=5,17\text{eV}$ enerji üçüncü M hissəciyinin işıqlanmasının yaranmasına sərf olunur. Belə hissəciyə ixtiyarı atom və molekulu aid etmək olar. Bu cür atom və molekulların şüalanma xətləri və zolaqları gecə səmasının şüalanmasında müşahidə olunur. Bunlara misal olaraq O_1 , O_2 , N_2 , NO_2 və digər qazları göstərmək olar. Hidroksilin (OH) və azot 2 oksidin (NO_2) şüalanması iki qat zərbə nəticəsində baş verən reaksiyalar vasitəsilə yaranır. Göstərilən hündürlüklərdə havanın sıxlığı az olduğuna görə iki qat zərbələrin ehtimalı üç qat zərbələrə nisbətən çoxdur:



Sadaladığımız qazların şüalanmasını yaradan əsas reaksiyalar əsasən 80-100 km hündürlüklərdə baş verir. Bu səbəbdən çox vaxt bu təbəqəni atmosferin kimyəvi laboratoriyası adlandırırlar.

Bildiyimiz kimi günəş şüaları bütün atmosferdən keçir. Bəs nə üçün şüalanma atmosferin müəyyən təbəqəsində baş verir? Bu onunla izah olunur ki, havanın sıxlığı və Günəşdən gələn ultrabənövşəyi şüaların intensivliyi nə qədər çox olarsa, şüalanmanın parlaqlığı da bir o qədər çox olar. Hər iki amil əks istiqamətlərdə çox sürətlə dəyişir. Hündürlük artdıqca havanın sıxlığı azalır. Günəşdən gələn ultrabənövşəyi selin sıxlığı isə artır. Bu səbəbdən müəyyən hündürlükdə, çox nazik təbəqədə çox optimal şərait yaranır. Bu elə hündürlükdür ki, burada həm havanın sıxlığı, həm də şüalanmanın intensivliyi kifayət qədərdir. Hər bir qazın özünəməxsus dissosiasiya işi olduğuna görə dissosiasianın maksimumu və müxtəlif qazların şüalanması müxtəlif hündürlüklərdə baş verir.

VII fəsil. KOSMOSDAN YERİN ÖYRƏNİLMƏSİ

7.1. Hava okeanının aerokosmik tədqiqi

Son illərdə aerokosmik tədqiqatların nəticələri xalq təsərrüfatının müxtəlif sahələrinə geniş tətbiq edilir. Bu gün ucan kosmik laboratoriyaların köməyi ilə çox böyük yüksəkliklərdə müşahidələr aparılır.

Atmosferin tərkibi, orada baş verən hava dəyişmələrinin öyrənilməsi də kosmik tədqiqatlara daxildir. Sün'i peyklər bizə Günəş aktivliyi ilə atmosfer və onun müxtəlif layları arasında olan rabitə mexanizmini öyrənməyə, hava okeanının gələcək vəziyyətini izləməyə, hava şəraiti proseslərinin inkişafını qabaqcadan görməyə imkan verir. Hava haqqında məlumat bulud kütlələrinin təhlilinə əsaslanır. Buludların hündürlüyü onların formasına görə dəqiq təyin edilir.

Bulud örtüyünün müşahidəsi atmosferin vəziyyətini Yer atmosferini çirkləndirən dən qazını, buradakı bərk hissəcikləri, karbohidratları, kükürd və azot oksidlərini də öyrənməyə imkan verir. Kosmosdan çəkilən şəkillərə əsasən toz tufanları, ayrı-ayrı istehsal müəssisələrinin, gəmilərin, müxtəlif nəqliyyat vasitələrinin fəaliyyəti nəticəsində yaranan çirklənmə tədqiq edilir.

Kosmik şəkillər atmosferi çirkləndirən mənbələri axtarıb tapmaqla yanaşı, müxtəlif şəhərlərin hava hövzələrinin çirklənmə dərəcəsini müəyyən etməyə, hava okeanının mühafizəsi üçün müxtəlif tədbirlərin işlənilib hazırlanmasına kömək edir.



Şəkil 36

Bulud xəritələrinin tərtibində, hava proqnozunun hazırlanmasında kosmosdan çəkilən şəkillərdən istifadə edirlər. Buludların növünü, ölçüsünü və formalarını öyrənərək onlar arasındakı sıx əlaqəyə görə isti və soyuq hava sahələrini, hava kütlələrinin sərhədlərini, hava axını sistemini və havanın nəmliyini təyin etmək olar (şəkil 36).

Buludlar təbəqəyə görə növlərə ayrılır. Yuxarı təbəqə 6-10 kilometr hündürlükdə yerləşir. Burada qalın-

lığı yüz metrden bir neçə kilometrə kimi olan lələkvəri, lələkvəri-topa, lələkvəri-laylı buludlara rast gəlinir. Orta təbəqə 2-6 kilometrə kimi uzanaraq yüksəkətopa və yüksək-laylı buludlardan ibarətdir. Belə buludların qalınlığı 200-700 metrə çatır. Aşağı təbəqənin hündürlüyü 0,6-1,5 kilometrdir. Bu təbəqədəki buludlar qalınlığı 200-800 metr olan laylı-topa, laylı, laylı-yağışlı buludlara aiddir. Buludları daha optimal öyrənmək üçün bir neçə kosmik şəkildən istifadə edirlər (şəkil 37).



Şəkil 37

Topa və topa yağış buludlar şəkillərdə dənəvari quruluşa malikdir. Kölgələr mütləq ağ tonda olur; laylı topa buludlar mərkəzdə ağ rəngdən başlayaraq kənarlara getdikcə açıq boz rəngə çalır, quruluşu dənəvaridir; laylı buludlar bircins quruluşa olub, topa buludun gücündən və Günəşin hündürlüyündən asılıdır, ağ rəngdən dumağ rəngə kimi dəyişir; laylı-yağış bulud təsvirlərinin tonu ağ rəngdən dumağ rəngə kimi dəyişir, bircins yaxud zolaqlı quruluşa malikdir və s.

Lələkvəri buludlar bütövlükdə buz kristallarından ibarət olub, Günəşin çıxıb qürub etdiyi vaxt göy qurşağı rənglərinə boyanır.

Lələkvəri-təbəqəli buludlar görünəndən bir qədər sonra (bir neçə saat ərzində) ya yağış və ya qar yağacağı gözlənilir.

Topa buludlar isə heç bir yağıntı əmələ gətirmir.

Topa-yağış buludları müşahidə edildikdə adətən güclü küləklər, ildırımlar və leysan yağışları yağır.

Yüksək təbəqəli buludlar qar, yağış və sulu qar yarada bilir. Bu cür buludların görünməsi yuxarıda göstərilən yağıntıların tez bir müddətdə olacağını xəbər verir.

Buludun formasını və onun xarakterizə etdiyi havanı düzgün təyin etmək üçün bu buludların əmələgəlmə proseslərini aydınlaşdırmaq lazımdır. Alınan məlumat buludluğun paylanma mənzərəsini daha geniş şəkildə verir. Bu isə havanın vəziyyətinin dəqiq qiymətləndirilməsində böyük rol oynayır.

Kosmik şəkillər əsasında atmosferin öyrənilməsi 60-cı illərdən başlayaraq planlı surətdə «Kosmos», «Meteor» və «OAA» və s. tipli Yerın sün'i peykləri ilə aparılır.

Bu sün'i peyklər müasir qurğularla təchiz olunmuşdur. Belə qurğularda elə ölçülər aparılır ki, onların köməyi ilə okean üzərindəki yağıntıların miqdarı və intensivliyi, buzlaqlar və qar örtüyünün sərhədləri, həmçinin atmosferin yuxarı təbəqələrində bəzi radiasiya xarakteristikaları təyin olunur. Göstərdiyimiz bu məlumatlar iqlimin dəyişməsinə gətirib çıxaran bəzi proses və təzahürlərin öyrənilməsində və hava proqnozu metodlarının işlənib hazırlanmasında ən vacib amillərdir.

1.3. Ağ yağıntı təbəqəsinin xüsusiyyətləri	12
1.4. Yer üzərində həyat mənbəyi	13
II fəsil. ATMOSFER	14
2.1. Atmosferin əmələ gəlməsi və inkişafı	14
2.2. Atmosferin tərkibi	16
2.3. Atmosferin quruluşu	19
2.4. Atmosferin ümumi xüsusiyyətləri	22
III fəsil. GÜNEŞ SÜRƏTİ VƏ ATMOSFER	24
3.1. Süretilmə və liti təsirləri	24
3.2. Güneş radiasiyası atmosferdə	26
3.3. Güneş şüaları atmosferdə səpəlməsi	30
3.4. Atmosferin səpəlməsi	32
IV fəsil. İNŞANIN GÖRÜŞ QABİLİYYƏTİ	37
4.1. Göz qəbulatıcı kimi	37
4.2. Gündüz və gecə vaxtı görünüşü	39
4.3. Uzaqlaşma	39
4.4. Rəngli görünüş	40
4.5. Parıltıya effektivliyi	41
4.6. Gəyələrin parıltı və rəng təsirləri	43
4.7. Parıltıya təsadüf və gözün təsadüf hissəsinin həddi	44
V fəsil. İŞİQ TƏZAHÜRLƏRİ	46
5.1. Gündüz işıqlanması	46
5.2. Göyünmənə uzaqlaşma	48
5.3. Göy qurşağı (döyüq-düzəli)	50
5.4. Milya	50
5.5. Qayıq	50
5.6. Digər təzahürlər	50
VI fəsil. GEÇƏ SƏMƏSİNİN İŞİQLANMASI	57
6.1. Açıq təbəqənin işıqlanması	57
6.2. İldüz işığı	58

MÜNDƏRİCAT

Giriş	3
I fəsil. İŞIQ	5
1.1. Işıq haqqında	5
1.2. Işığın sınması və əks olunması	9
1.3. Ağ ışığın rənglərə ayrılması	11
1.4. Yer üzərində həyat mənbəyi	12
II fəsil. ATMOSFER	14
2.1. Atmosferin əmələ gəlməsi və inkişafı	14
2.2. Atmosferin tərkibi	16
2.3. Atmosferin quruluşu	19
2.4. Atmosferin ümumi xassələri	22
III fəsil. GÜNƏŞ ŞÜASI VƏ ATMOSFER	24
3.1. Şüa enerjisi və ilin fəsilləri	24
3.2. Günəş radiasiyası atmosferdə	26
3.3. Günəş şüalarının atmosferdə zəifləməsi	30
3.4. Aerosol səpələnməsi	33
IV fəsil. İNSANIN GÖRMƏ QABİLİYYƏTİ	37
4.1. Göz qəbuledici kimi	37
4.2. Gündüz və gecə vaxtı görmə	39
4.3. Uyğunlaşma	39
4.4. Rəngli görmə	40
4.5. Purkinye effekti	41
4.6. Əşyaların parlaqlıq və rəng fərqləri	43
4.7. Parlaqlıq təzadı və gözün təzad həssaslığının həddi	44
V fəsil. İŞIQ TƏZAHÜRLƏRİ	46
5.1. Gündüz işıqlanması	46
5.2. Görünmə uzaqlığı	53
5.3. Göy qurşağı (qövs-qüzeh)	56
5.4. Miraj	60
5.5. Qalo	65
5.6. Digər təzahürlər	68
VI fəsil. GECƏ SƏMASININ İŞIQLANMASI	77
6.1. Ay tərəfindən işıqlanma	77
6.2. Ulduz işığı	78

6.3. Atmosfer yeri işıqlandırır mı?	79
6.4. Niyə hava gecə vaxtı işıqlanır?	81
VII fəsil. KOSMOSDAN YERİN ÖYRƏNİLMƏSİ	83
7.1. Hava okeanının aerokosmik tədqiqi	83

8.8. Atmosfer yeri təşkil edir (M. M. M.)	79
8.9. Nəzəri hava qatı işıqlandırma	81
VII fəsil. KOSMOSDAN YERİN ÖYRƏNİLMƏSİ	83
7.1. Hava öyrənməsinin əsas məqsədi	83
7.2. Hava öyrənməsinin əsas məqsədi	83
7.3. Hava öyrənməsinin əsas məqsədi	83
7.4. Hava öyrənməsinin əsas məqsədi	83
7.5. Hava öyrənməsinin əsas məqsədi	83
7.6. Hava öyrənməsinin əsas məqsədi	83
7.7. Hava öyrənməsinin əsas məqsədi	83
7.8. Hava öyrənməsinin əsas məqsədi	83
7.9. Hava öyrənməsinin əsas məqsədi	83
7.10. Hava öyrənməsinin əsas məqsədi	83
II fəsil. ATMOSFER	14
2.1. Atmosferin əmələ gəlməsi və inkişafı	14
2.2. Atmosferin tərkibi	15
2.3. Atmosferin quruluşu	19
2.4. Atmosferin ümumi xüsusiyyətləri	22
III fəsil. GÜNEŞ ŞÜAASI VƏ ATMOSFER	24
3.1. Şüa enerjisi və onun fəallığı	24
3.2. Güneş radiasiyası atmosferdə	26
3.3. Güneş şüalarının atmosferdə səpələnməsi	30
3.4. Aerosol səpələnməsi	33
IV fəsil. İNSANIN GÖRMƏ QABİLİYYƏTİ	37
4.1. Göz qəbul edici kimi	37
4.2. Gündüz və gecə vaxtı görmə	39
4.3. Uyğunlaşma	39
4.4. Rəngli görmə	40
4.5. Parkinson effekti	41
4.6. Bəzələrin parlaqlıq və rəng fərqləri	43
4.7. Parlaqlıq təzəli və gözün təzəli həssaslığının həddi	44
V fəsil. İŞIQ TƏZƏLƏRİ	45
5.1. Gündüz işıqlandırma	45
5.2. Görmə qabiliyyəti	45
5.3. Görmə qabiliyyəti	45
5.4. Nüfuz	45
5.5. Qələ	45
5.6. Digər	45
VI fəsil. GECƏ GÖRMƏSİNİN İŞİKLƏNDİRİLMƏSİ	77
6.1. Ay tərəfindən işıqlandırma	77
6.2. Ulduz işığı	78

«Qrant» firmasında hazır diapozitivlərdən çap olunmuşdur.

Çapa imzalanmışdır: 20.11.2002. Sifariş № 45.
Kağız formatı 60×84^{1/16}. Həcmi şərti 5,5 ç.v.
Sayı 500. Qiyməti müqavilə ilə.