

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA
MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**FARG‘ONA DAVLAT UNIVERSITETI
FIZIKA-MATEMATIKA FAKULTETI**

Fizika kafedrası

Fizika va Astronomiya o‘qitish metodikasi yo‘nalishi

13.408- guruh bitiruvchisi

Ma‘murova Umida Axmadjon qizining

**“Quyosh paneli asosida energiyani saqlanish qonunini
o‘rganish va tatqiq etish” mavzusidagi**

BITIRUV MALAKAVIY ISHI

Bitiruv malakaviy ish rahbari:

fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent _____ B.X.Karimov

Farg‘ona-2017

Bitiruv malakaviy ish kafedraning 2017 yil ____ -tartib raqamli
yig'ilishida muxokama qilingan va ximoyaga tavsiya etilgan.

Kafedra mudiri _____ professor **K.Onarqulov**

Taqrizchilar:

Farg'ona politexnika instituti fizika
kafedrasining dotsenti:

Z. Mirzajonov.

MUNDARIJA:

KIRISH.....	4
I-BOB. QUYOSH ENERGIYASI.....	9
1.1. Quyoshdagi fizik jarayonlar.....	9
1.2. Quyosh energiyasi va uning hisobi.....	19
1.3. Energiyani saqlanish qonuni va bir turdan ikkinchi turga aylanishi.....	21
II-BOB QUYOSH PANELI VA UNING XALQ	
XO`JALIGIDA QO`LLANILISHI.....	36
2.1. Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirish.....	36
2.2. Quyosh panelini ishlash prinsipi.	43
2.3 Quyosh elementi, moduli va batareyalari (paneli).....	44
2.4. Quyosh paneli parametrini o`lchash.....	47
2.5. Quyosh paneli asosida energiyani saqlanish qonunini o`rganish va tatqiq etish.....	50
XULOSA.....	52
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO`YHATI.....	54

KIRISH

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyevning qarori 2017-2021-yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning 5 ta ustuvor yo'nalishi bo'yicha Harakatlar strategiyasi:

1. Davlat va jamiyat qurilishi tizimini takomillashtirishning ustuvor yo'nalishlari.
2. Qonun ustuvorligini ta'minlash va sud huquq tuzimini yanada isloh qilishning ustuvor yo'nalishlaridir.
3. Iqtisodiyotni rivojlantirish va liberallashtirishning ustuvor yo'nalishlari.
4. Ijtimoiy sohani rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlari.
5. Xavfsizlik, diniy bag'rikenglik va millatlararo totuvlikni ta'minlash hamda chuqur o'ylangan, o'zaro manfaatli va amaliy tashqi siyosat sohasidagi ustuvor yo'nalishlar.

2017 – 2021-yillarda qayta tiklanuvchi energetikani yanada rivojlantirish, iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohada energiya samaradorligini oshirish chora tadbirlar dasturi to'g'risida.

1. Quyidagilar 2017 -2021 yillarda iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohada energiya samaradorligini oshirish, qayta tiklovchi energetikani yanada rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlari etib belgilansin:

Qayta tiklovchi energiya manbalarini rivojlantirish sohasida innovatsiya texnologiyalarini, ilmiy – texnikaviy ishlanmalarini joriy etish va energiya samaradorligini oshirish, energiya tejovchi jihozlar va asbob – uskunalarini ishlab chiqarish va maxalliylashtirishni, jumladan texnologiyalarni transfer qilish va muxandislik markazlarini tashkil etish yo'li bilan kengaytirish.

Qayta tiklovchi va muqobil energiya manbalaridan, ikkilamchi energetika resurslarini energetik utilizatsiya qilishdan foydalanilgan holda, elektr energiya ishlab chiqarish, shamol energiyasi, mikro va kichik gidroelektrostansiyalaridan foydalanishning sinovdan o'tgan texnologiyalari asosida energiya ishlab chiqarish quvvatlarini yaratishga tadbirkorlik sub'ektlarini jalb qilish orqali yoqilg'i – energetika balansini diversifikatsiyalash.

Zamonaviy energiya samarador va energiya tejankor texnologiyalar asosida mavjud ishlab chiqarish quvvatlarini modernizatsiya qilish, texnik-texnologik qayta jihozlash va yangilarini yaratish orqali ishlab chiqarilayotgan maxsulotlar energiya sig'imini kamaytirish.

2017-2021 yillarda iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohada qayta tiklovchi energiya manbalaridan foydalanishni rivojlantirish va energiya samaradorligini oshirish chora- tadbirlari.

2017-2021-yillarda iqtisodiyot tarmoqlarida energiya sig'imini kamaytirish va yoqilg'i energetika resurslarini tejashning maqsadli ko'rsatgichlari.

2017-2021 yillarda byudjet tashkilotlarida energiya samarador isitish qozonlarini joriy etish.

2017-2021-yillarda O'zbekiston Respublikasi Qishloq va suv xo'jaligi vazirligining suv xo'jaligi tashkilotlari nasos stansiyalarda energiya samarador nasoslari va elektrodvigatellarni joriy etish.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish sohasida innovatsiya texnologiyalarini, ilmiy-texnikaviy ishlanmalarni joriy etish va energiya samaradorligini oshirish, energiya tejovchi jihozlar va asbob-uskunalarni ishlab chiqarish va mahalliyashtirishni, jumladan, texnologiyalarni transfer qilish va muxandislik markazlarini tashkil etish yo'li bilan kengaytirish. O'zbekistonda energetika maqsadlari uchun quyosh energiyasidan foydalanish bo'yicha amalga oshirilayotgan ishlar va bu jarayonlarning ko'lami va amaliy yo'nalishlarini kengaytirishni taqozo etadigan omillarga qisqacha to'xtalib o'tilgan. Bu, birinchi navbatda, mamlakatimizda barqaror yuqori o'sish sur'atlari ta'minlanayotgani, shuningdek, amalga oshirilayotgan tarkibiy tub o'zgarishlar, iqtisodiyotni diversifikatsiya va modernizatsiya qilish, sanoatning jadal rivojlanishi, neft-gaz va boshqa xomashyo resurslarini chuqur qayta ishlash bo'yicha eng ilg'or texnologiyalar bilan jihozlangan zamonaviy hamda qudratli gaz-kimyo kompleksini shakllantirish bilan bog'liq. Xalqaro moliya institutlarining baholariga ko'ra, O'zbekiston iqtisodiyotining bunday yuqori o'sish sur'atlari yaqin istiqbolda ham saqlanib qoladi. Hisob-kitoblar shuni ko'rsatmoqdaki, sanoatning yuqori

darajada jadal rivojlanib borayotganini hisobga olgan holda, mamlakatimizning elektr energiyasiga bo'lgan talabi 2030-yilda joriy yilga nisbatan 2 barobar oshadi va 105 milliarddan ziyod kilovatt-soatni tashkil etadi.

Birinchi Prezidentimiz I.A. Karimovning 2013-yil 1-martda 4512 raqamli **«Muqobil energiya manbalarini rivojlantirish chora tadbirlari»** to'g'risidagi farmoyishi e'lon qilindi. Bu farmoyishda O'zbekistonda muqobil energiya manbalaridan, eng avvalo quyosh energiyasidan foydalanish sohasida ilmiy va eksperimental tadqiqotlar olib borish borasida salmoqli tajriba to'plangani, ular yuzasidan bir qancha o'n yillar mobaynida ishlanmalar olib borilgani qayd etilgan. Respublikada markaziy Osiyoda o'xshashi yo'q ilmiy-eksperimental markaz-Fanlar Akademiyasining "Fizika-Quyosh" ilmiy ishlab-chiqarish birlashmasi tashkil qilingan bo'lib, uning tadqiqotlari natijalari jahon miqyosida e'tirof etildi. O'tkazilayotgan tadqiqotlarning natijalari mamlakat iqtisodiyotining turli tarmoq va sohalarida amalda eksperimental ravishda keng ko'lamda qo'llanilmoqda.

Xalq ta'limi Vazirligi, Sog'liqni saqlash Vazirligi va o'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi markazining byudjetdan moliyalashtiriladigan muassasalarida energiya sig'imi yuqori bo'lgan isitish qozonlari energiya tejamkorlariga almashtirilmoqda. Energetika tarmog'ida zamonaviy gaz va bug` turbinali qurilmalarni joriy qilish bo'yicha investitsiya loyihalari amalga oshirilmoqda.

Bitiruv malakaviy ish mavzusining dolzarbligi. Iqtisodiy taraqqiy etgan va rivojlanib borayotgan mamlakatlarda an'anaviy energiya manbalarining Jahon miqyosidagi zahiralar kamayib borayotgan sharoitda iqtisodiyotning barqaror rivojlanishi va raqobatbardoshligini oshirishning eng muhim omili sifatida muqobil energiya manbalaridan amalda foydalanish bo'yicha ishlar jadal sur'atlar bilan olib borilmoqda.

Hozirgi paytda dunyo miqyosida quyosh panellariga asoslangan quyosh energiyasi yordamida elektr energiyasini olish ishlari keng sur'atlarda amalga oshirilmoqda. Quyosh panellarini rivojlantirishga bizning yurtimizda ham keng ko'lamda ishlar boshlab yuborildi. Bu bilan bir qatorda ta'lim sohasini rivojlantirish masalasida, fanlarni yangi noan'anaviy usullarda o'qitishga harakat qilish va

o'quvchilarning quyosh panellariga oid bilim olish sifatini yaxshilash kerak. Shuning uchun akademik litsey va kasb-hunar kollejlari talabalariga quyosh paneli yordamida elektr energiyasi olishni, quyosh panellarini ishlash prinsipini o'rgatish, energiyaning bir turdan ikkinchi turga o'tishi hamda saqlanish qonunlari bo'yicha bilim berish, quyosh panelining parametrlarini o'lchash va amaliy ishlar bajarish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

Bitiruv malakaviy ishining maqsadi: Bu bitiruv malakaviy ishimning maqsadi energiyani saqlanish qonunini, bir turdan ikkinchi turga aylanishi, quyosh panelining parametrlarini o'lchash va o'lchov priborlari bilan ishlashni o'rganish va tatqiq etish. Bu esa kelajakda rivojlanayotgan qayta tiklanuvchi energetika bo'yicha talaba va o'quvchilarga energiya manbalari, xususan quyosh elektr stansiyalarini o'rnatish, ishga tushirish, sozlash, ta'mirlash va parametrlarini o'lchashda aniq tushunchalar bera olish bitiruv malakaviy ishimning asosiy maqsadi.

Bitiruv malakaviy ishining ilmiyligi va amaliy ahamiyati: Bizga ma'lumki O'zbekistonda 300 kundan ortiq quyoshli kunlar bo'ladi. Quyosh energiyasidan amalda oqilona foydalanib, uning asosida energiyani saqlanish qonunini o'rganish zarur buning uchun quyoshdan kelayotgan yorug'lik energiyasi Quyosh paneli yordamida elektr energiyasiga aylantirish, olingan energiyani ikkinchi turdagi energiyaga mexanik, kimyoviy, yorug'lik va boshqa turdagi energiyaga aylanishini tatqiq etish. Shu bilan birga quyoshdan kelayotgan yorug'lik, yoritilganlikni, quyosh panelining elektr parametrlarini hamda energiyani bir turdan ikkinchi turga o'zgartirilishi o'rganiladi va tahlil qilinadi.

Jahon tajribasini hisobga olgan holda O'zbekiston sharoitida muqobil energiya manbalaridan foyalanish energetika effektivligini orttirish. Bu boradagi ayrim yechimlarni amalda qo'llash, shuningdek, mazkur soha uchun zamonaviy uskunalar va texnologiyalarni mamlakatimizda ishlab chiqarishni tashkil qilish. To'plangan tajribani e'tiborga olgan holda va tadqiqotlar hamda tajriba sanoat ishlanmalarini yuqoriroq texnik va ilmiy darajada o'tkazishni yanada davom ettirish.

Bitiruv malakaviy ishning strukturasi va hajmi. Bitiruv malakaviy ish Kirish qismi va 2 bob, xulosa, adabiyotlar ro'yxatidan iborat. Bitiruv malakaviy ishning hajmi 58 betdan iborat bo'lib, 14 kigel, 1,5 oraliqda Times New Roman shriftida yozilgan.

I-BOB. QUYOSH ENERGIYASI

1.1. Quyoshdagi fizik jarayonlar

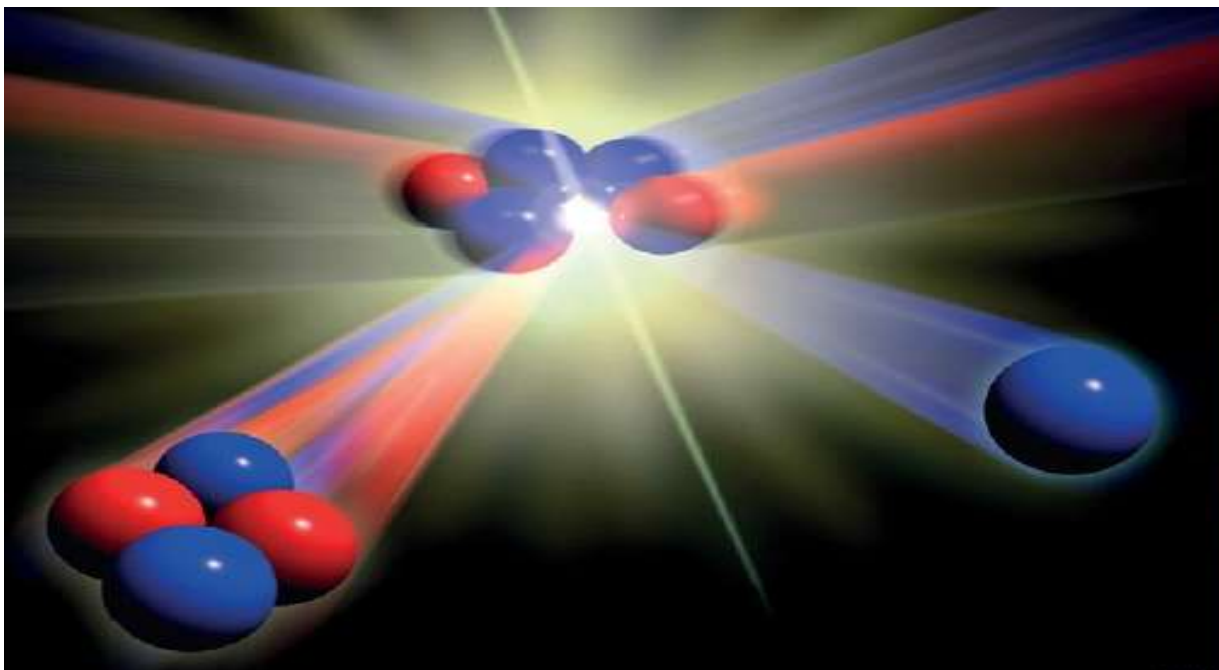
Quyosh bu – vodorod atomlaridan tashkil topgan favqulodda ulkan plazma sharidir. Bizning yulduzimiz taxminan 1,4 million kilometr diametriga ega bo‘lib, lekin koinotdagi boshqa yulduzlar bilan taqqoslaganda, o‘rtacha kattalikdagi oddiy yulduz ekanligi ma’lum bo‘ladi. Quyosh har lahzada, uzluksiz ravishda koinotga juda-juda ulkan miqdordagi energiya taratib turadi. Bunda quyoshning massasi asta-sekinlik bilan energiyaga aylanib boradi va quyosh borgan sari «vazn yo‘qotib» boradi. Har bir soniyada quyosh o‘z massasidan taxminan 4 million tonnasidan mosuvo bo‘ladi. Yer paydo bo‘lganidan buyon, sayyoramizda hayot shakllanishi va uning barqaror rivojlanishi uchun zaruriy energiya miqdorini aynan quyosh ta’minlab berib kelmoqda. Sayyoramizdagi hayot uchun g‘oyat muhim bo‘lgan eng asosiy energiya manbai – Quyoshning o‘zida qanday jarayonlar kechishi va unda nimaning evaziga shu darajada ulkan miqdorda energiya ishlab chiqarilishining siri - eng zehni o‘tkir olimlari uchun ham to 1920-yillargacha jumboqligicha qolavergan. Quyoshda energiya qanday hosil bo‘lishining mohiyatini faqat XX-asrning 20-yillarida, kvant fizikasi shakllana boshlagan davrlarga kelibgina tushunishga muvaffaq bo‘lindi.

Quyosh nuri o‘z tarkibida tabiatda mavjud ranglarning to‘liq spektrini qamrab olishi va shu sababli ham quyosh nurlari yorug‘ligi oq rangda ko‘rinishini 1670-yillarda Isaak Nyuton tomonidan o‘tkazilgan tajribalardan ma’lum edi. 1800-yilda yana mashhur astronom Uilyam Gershel Nyutonning yorug‘lik spektri bilan bajargan optik tajribalarini takrorlab ko‘rdi. Gershel spektrda yuzaga kelayotgan ranglar hududiga simobli termometr qo‘yib ko‘rib, muayyan rang sohasining issiqlik darajasini o‘lchab ko‘rgan (Nyuton zamonasida hali simobli termometrlar ixtiro qilinmagan edi). Gershel hayrat bilan shuni aniqladiki, yorug‘lik spektridagi biz ko‘ra oladigan ranglarning qizil rang sohasi yaqinida, lekin, aynan qizil rang ustida emas, balki undan biroz narida harorat tez ko‘tarilar va eng baland bo‘lar ekan.

Bundan shunday xulosa kelib chiqdiki, quyoshdan keladigan issiqlikni (aslida istalgan boshqa manbadan keladigan issiqlikni ham) odam ko'zi ko'ra olmaydigan diapazondagi infraqizil nurlanishlar orqali uzatilar ekan. «Infraqizil» atamasining ma'nosi «qizildan narida» degan ma'noni bildiradi va u spektrdagi qizil sohadan nariroqdagi hududni ifodalaydi. Termodinamika qonunlariga ko'ra, issiqlik energiya doimo harorat yuqoriroq bo'lgan jismdan harorati pastroq bo'lgan jismga tomon oqadi. Sodaroq qilib aytganda, issiqlik doimo qaynoq jismdan sovuq jismga tomon harakatlanadi va hech qachon buning aksi yuz bermaydi. 1850-yillarda ilmiy jamoatchilikda quyoshning tuzilishi borasida biroz yanglish tushunchalar hukmronlik qilar edi. O'sha paytlarda olimlar quyosh o'ta qizigan qaynoq holdagi suyuqliklardan iborat shar deb o'ylashardi. Xususan, o'sha davr termodinamika fanining eng ilg'or olimi Lord Kelvin ham quyoshdan nurlanish taralishining sababi o'sha suyuqliklarning ulkan gravitatsion energiyasining yorug'lik va issiqlikka aylanib atrofga sochilishidan yuzaga keladi degan fikrda bo'lgan.

XX-asr boshiga kelib esa, asli Yangi Zelandiyalik bo'lgan buyuk fizik olim Ernest Rezerford tomonidan butunlay yangi, ilg'or ilmiy g'oya ilgari surildi. Rezerford quyoshdagi issiqlik manbai uning qa'rida yuz beradigan radioaktiv jarayonlarga borib taqalishi haqida gipotezani o'rtaqa tashladi. 1920-yillarga kelib esa mazkur yo'nalishdagi bahslarga Artur Edison qo'shildi. Edison 1919-yildagi quyosh tutilishi hodisasi paytida Eynshteynning nisbiylik nazariyasining haqiqat ekanini amalda isbotlab berganligi bilan mashhur bo'lib ketgandi. Edisonning fikriga ko'ra, quyosh ichkarisidagi atomlar shunday murakkab sharoitlarda turadiki, ularning tashqi elektronlari atom yadrosidan ajralib chiqib ketadi va quyosh sirtiga shiddat bilan uchib chiqib, plazma hosil qiladi. Biroq, ma'lum bo'lishicha, Rezerford ham, Edison ham biroz yanglishishgan ekan.

Metallardagi fotoeffekt hodisasiga (1.1-rasm) Eynshteyn energiyaning saqlanishiga qo'llab, quyidagi formulani taklif etdi: Eynshteynga binoan, har bitta kvant bitta elektron tomonidan yutiladi, bunda tushuvchi foton energiyasining bir qismi elektronning metaldan chiqish ishini bajarishga sarflansa, energiyaning qolgan qismi elektronga kinetik energiyaga berishga sarflanadi



1.1-rasm. Metallardagi fotoeffekt hodisasi

$$h\nu = A_{chiq} + \frac{m\nu^2}{2} \quad (1.1)$$

bu yerda A – metallardan elektronning chiqish ishi, ν – fotoelektron tezligi. (1.1) ifoda Eynshteyn formulasi deyiladi. Yangi g‘oyani 1905 yilda A.Eynshteyn Plank gipotezasiga va o‘zining yorug‘likning fotonlar nazariyasiga asoslanib berdi. Eynshteyn taklifiga ko‘ra yorug‘lik zarralardan tashkil topgan. Shu sababli metal elektronlari bilan o‘zaro ta’sir jarayonida elektromagnit maydon $h\nu$ energiya ulushlari tarzida yutiladi. Foton va elektron to‘knashuvida uyin yakkama-yakka bo‘ladi. Oldingi energiyaning saqlanish qonuniga ko‘ra

$$h\nu + E = h\nu_1 + E_1 \quad (1.2)$$

Bu ifodani fotoeffekt uchun yozamiz, ya’ni metal sirtidan chiqayotgan elektronlarning maksimal kinetik energiyasi, $h\nu$ -tushayotgan yorug‘likning nurlanish energiyasi. Har foton bitta elektron tomonidan yutiladi va har bir elektronga fakat bita foton to‘g‘ri keladi. Bu jarayon oldin keltirilgan zarralar to‘qnashuvi qonuniga mos keladi va ular uchun saqlanish qonunlari yaxshi bajariladi. Foton zarra metall sirtida yutiladi va barcha energiyasini bitta elektronga katta bo‘lsa elektron metall sirtini tashlab chiqib ketadi

$$h\nu - A = 0 + E_{k\max} \quad (1.3)$$

qulay shaklda yozaylik:

$$E_{k\max} = eU_0 = h\nu - A \quad (1.4)$$

(1.4) tenglamaga fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi deyiladi. Shunday qilib, yorug‘likning to‘lqin tabiatidan fotoeffekt qonunlarini tushuntirib berib bo‘lmaydi. Yorug‘likni $h\nu$ - energiyaga teng bo‘lgan fotonlar oqimidan iborat deb qarasak, hammasi joyiga tushadi, barcha qiyinchiliklar yo‘qoladi. Boshqacha aytganda, fotoeffekt korpuskulyar hodisadir.

Quyoshning samarali harorati $\sim 6000^\circ\text{K}$, uning spektral sinfi G_2 dir. Quyosh kuchli energiya manbai hisoblanib, u elektromagnit to‘lqinlari spektrining hamma diapazonida nurlanadi. Quyosh o‘z o‘qi atrofida aylanadi va bu aylanish turli geliografik kenglamalarda turli xildir. Masalan, quyoshning ekvatorial mintaqasi 2 km/s tezlik bilan ~ 27 sutkada bir marta aylanib chiqadi. Quyosh sirtida og‘irlik kuchi tezlanishi yerdagidan 27 marta katta. Quyosh nurlanishini kuzatish mumkin bo‘lgan tashqi qatlamlariga quyosh atmosferasi deyiladi.

Quyosh atmosferasidagi temperaturaning o‘zgarishiga qarab, u shartli ravishda uch qismga bo‘lingan. Ko‘zni qamashtiradigan yorug‘ fotosferani (yorug‘lik sferasi) quyosh gardishi qilib kuzatamiz. Uning yorug‘ligi quyosh gardishi chetlariga tomon kamayib borgani bevosita kuzatishlardan ko‘rinib turadi. Fotosferaning yuqori qismida temperatura quyosh uchun eng minimal qiymat - $4300 - 4600^\circ\text{K}$ ga teng. Fotosferani tashkil etgan modda plazma holatida. Faqat fotosferadagina vodorod neytral holatda ham uchraydi. Boshqa elementlar to‘la ionlashgan bo‘ladi. Fotosferani kuchli teleskoplardan kuzatilganda yoki fotosuratga olinganda, u bir tekis yorug‘ bo‘lmay, ko‘p sonidagi qoramtir oraliqlar bilan ajratilgan, o‘rtacha kattaligi $\sim 1''$, ya‘ni ~ 1000 km atrofidagi ayrim oq donachalardan iborat ekani ko‘rinadi. Guruch donalariga o‘xshagan, ko‘pincha uzunchoq noto‘g‘ri shakldagi bu oq donachalarga granularlar, granularlarning paydo bo‘lish hodisasi granulyatsiya deyiladi. Ayrim granularlar umri o‘rta hisobda 5 minut bo‘lib, ularning

biri o'rniga ikkinchisi paydo bo'lib almashinib turadi. Granulalarda spektral chiziqlar binafsha tomonga, oraliqlarda qizil tomonga siljigan bo'ladi, ya'ni Dopler prinsipiga binoan, granulalarda modda yuqoriga ko'tarilib, oraliqlarda pastga tomon harakat qilar ekan. Bunda harakat tezligi 1-2 km/s bo'lib, u quyoshdagi gaz oqimlarining "qaynab" aralashib turishi konveksiya hodisasidan darak beradi.

Quyoshdagi ulkan issiqlik energiya manbai – Quyosh qa'rida muttasil va uzluksiz davom etadigan, favqulodda darajada shiddatli, o'ta kuchli termoyadro sintezi reaksiyalari bo'lib chiqdi. Quyoshdagi termoyadro sintezida vodorod atomlarining shiddat bilan o'zaro to'qnashishi natijasida geliy atomi hosil bo'lishi va jarayonda katta miqdorda energiya ajralib chiqishi yuz beradi. Vodorod atomlari tabiatda mavjud atomlari ichida eng sodda tuzilishga ega bo'lgan atomlardir. Vodorod atomi - yadrosida musbat zaryadlangan proton va uning atrofida aylanuvchi manfiy zaryadlangan elektrondan iborat xolos. Quyosh (va umuman har qanday yulduz) plazmasida vodorod atomlari bir-biri bilan shunday katta kuch bilan to'qnashadiki, natijada yadrodagi proton va elektronlar alohida-alohida bo'lib ajralib ketadi. Oddiy sharoitlarda musbat zaryadlangan protonlar bir-biridan itariladi. Lekin yulduz qa'rida vodorod atomlari to'qnashganda, ularning yadrosidagi protonlarning zaryad ishorasi bir xil bo'lishiga qaramay, bunday protonlar o'zaro birlashib ketadi. Chunki to'qnashuv kuchi shu darajada katta bo'ladi. Ikkita proton shu tarzda o'zaro birlashib ketishi natijasida mutlaqo boshqa bir kimyoviy element – geliy atomi hosil bo'ladi. Lekin, bu jarayonda, ya'ni, vodorod atomlaridan geliy atomi hosil bo'lishi jarayonida bir necha oraliq bosqichlar ham albatta o'tiladi. Bunda protonlar neytronlar bilan uyg'unlashadi. Neytronlar – o'lchamlariga ko'ra protonlarga o'xshash zarrachalar bo'lib, lekin neytronning zaryadi bo'lmaydi (uni fiziklar «neytral zaryadlangan zarracha» deyishadi). Protonlarning neytronlar bilan uyg'unlashishi oqibatida vodorodning og'ir izotoplari – deyteriy va tritiy vujudga keladi. Aynan shunday og'ir izotoplarning to'qnashuvidangina yangi kimyoviy element – geliy atomi hosil bo'ladi. Geliy atomida ikkita proton va ikkita neytron mavjud bo'ladi. Gap shundaki, ikkita proton yadrolari to'qnashib, o'zaro birlashishi natijasida ulardan birining zaryadi yo'qoladi, ya'ni ikkita protondan biri neytronga

aylanadi. Quyosh nurlariga perpendikulyar oʻrnatilgan 1 sm^2 yuzaga 1 minutda tushgan quyosh energiyasi quyosh doimiysi deyiladi. Raketalarda oʻrnatilgan asboblarga bergan maʼlumotlarga koʻra quyosh doimiysiga teng ekanligi topildi, uning qiymati deyarli oʻzgarmaydi.

$$\rho = 1,95 \frac{\text{kal}}{\text{sm}^2 \cdot \text{min}} = 1,36 \cdot 10^6 \frac{\text{erg}}{\text{sm}^2 \cdot \text{sek}} = 0,136 \frac{\text{vt}}{\text{sm}^2} \quad (1.5)$$

Quyoshdan har tomonga tarqalgan toʻla energiya $S=4\pi R^2 E$ bir astronomik birlikka teng radiusli sferaning yuzida taqsimlanadi va bu sferaning 1sm^2 yuziga vaqt birligi ichida Quyosh doimiysiga teng energiya tushadi, yaʼni $S=4\pi a^2 \rho$ deyish mumkin. Bundan $S=4\pi R^2 E=4\pi a^2 \rho$ boʻladi yoki $E=\frac{a^2}{R^2} \rho$ boʻladi, bu qiymatni Stefan-Bolsman formulasiga qoʻysak,

$$E = \sigma T^4 = \frac{a^2}{R^2} \rho \quad (1.6)$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{a^2}{R^2} \cdot \frac{\rho}{\sigma}} \quad (1.7)$$

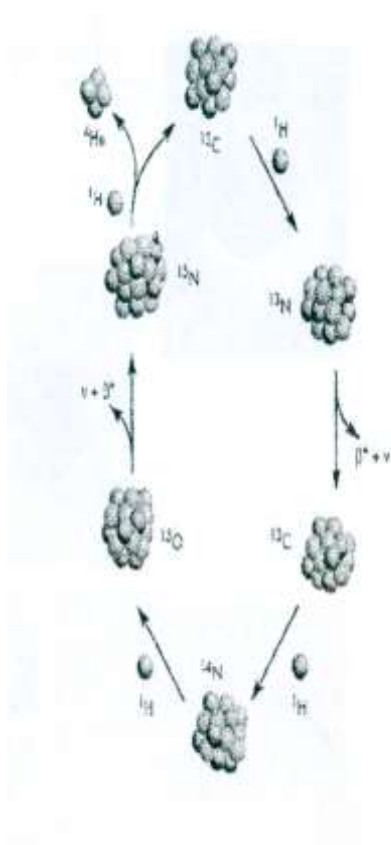
Shu usul bilan topilgan effektiv temperatura $T=5760^\circ\text{K}$ ga teng.

Quyosh fotosferasidan pastroqda joylashgan qatlam temperaturasi eng kichik: 4500°K . Bu qatlamdan ichkariga (markazga tomon) va yuqoriga (atmosfera tomon) temperatura ortib boradi. Masalan, tashqi tojdan keluvchi radionurlarda oʻlchangan temperatura million gradusga teng. Quyoshning markaziy qismlarida temperatura oʻnlab million gradus atrofida. Quyoshning markaziy qismlarini koʻra olmaymiz va nazariy hisoblarga koʻra, quyoshning markaziy qismida T harorat 15 mln gradus atrofidadir. Bunday yuqori harorat tufayli bu yerda doimiy termoyadro reaksiyalari roʻy beradi va ularning turlari juda koʻp, shulardan biri proton–proton (p-p) reaksiyasi hisoblanadi. (1.2-rasm). Bu termoyadro reaksiya natijasida 4 ta vodorod atomidan bitta Geliy atomi hosil boʻladi. Bunda ν_e - elektronli neytrino zarrasi, e^+ - pozitron zarrasi va γ esa, gamma –nuri deyiladi. 2γ - nurining energiyasi $4,3 \cdot 10^{-5}$ erg ga teng boʻlib, bu energiya quyosh energiyasining asosiy manbasini tashkil etadi va quyidagi yadroviy reaksiya orqali boradi:

$$4 {}^1_1\text{H} = {}^4_2\text{He} + 2\nu_e + 2e^+ + 2\gamma \quad (1.8)$$

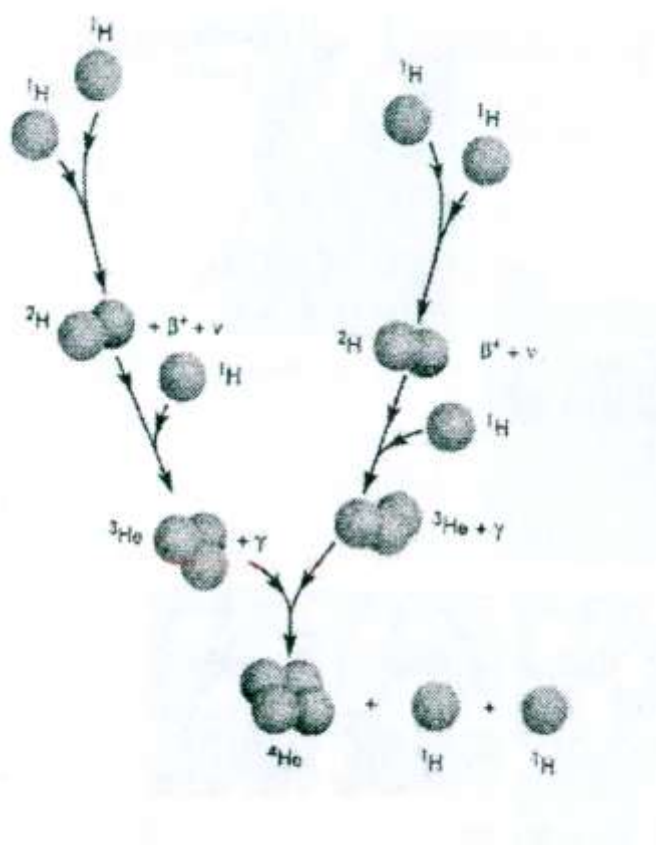
Quyoshning markaziy qismlarida ushbu reaksiya tufayli, har sekunda oʻrta hisob bilan ~64 mln. tonna vodoroddan 60 mln. tonna geliy hosil boʻlib, 4 mln. tonna quyosh moddasi, turli xil nurlanishlarga aylanadi.

Hosil boʻlgan neytrino zarralari yorugʻlik tezligiga yaqin tezlik bilan quyoshdan chiqib ketadi. γ -nurlar esa, quyosh moddasining atomlari bilan uzluksiz toʻqnashishlari natijasida, elektromagnit shkalasidagi boshqa nurlarni hosil qiladi. Vodorod gazining geliyga aylanishning yana bir sxemasi (1.3–rasmda) keltirilgan va u azot sikli deyiladi.



1.2-rasm

Proton–proton (p-p) reaksiyasi.



1.3-rasm

Vodorod gazining geliyga aylanishi.

Agar biz hayolan quyosh markazidan uning sirti tomon borsak, quyosh plazmasining harorati va zichligi uzluksiz kamayib borishini guvohi boʻlamiz. Quyoshdan atrofga tarqaladigan hamma yorugʻlik va issiqlik asosan quyoshning

fotosfera deb ataluvchi qalinligi ~400 km bo'lgan qatlamidan tarqaladi. Mana shu ustki qatlam bizga ko'zni qamashtiruvchi quyosh gardishi bo'lib ko'rinadi. Fotosferada turli xil fizikaviy hodisalar yuz beradi (mash'allar, granulyatsiyalar, qora dog'lar). Quyosh gardishi (1.4-rasmda) keltirilgan. Fotosferadan yuqorida ustma-ust ikki qatlam - xromosfera va quyosh toji mavjuddir. Kuzatishlar shuni ko'rsatadiki, fotosfera hech qachon tinch holatda turmaydi. Teleskop orqali kuzatilganda quyosh gardishini qoplab olgan oq donalarni ko'ramiz va bu hodisa granulyatsiya hodisasi deyiladi. Granulyatsiya manzarasi doim o'zgarib turadi: endigina paydo bo'lgan granula biroz vaqtdan (3-5 minutdan) so'ng ko'rinmay qoladi, uning o'rnida esa boshqasi paydo bo'ladi va hakazo.

Nihoyatda qizib ketgan gazlar (yorug' granularlar) fotosferaning ichki qatallmlaridan yuqoriga ko'tariladi, so'ng sovub pastga tushadi, yoki yorilib turli xil plazmik to'lqinlarni hosil qiladi.



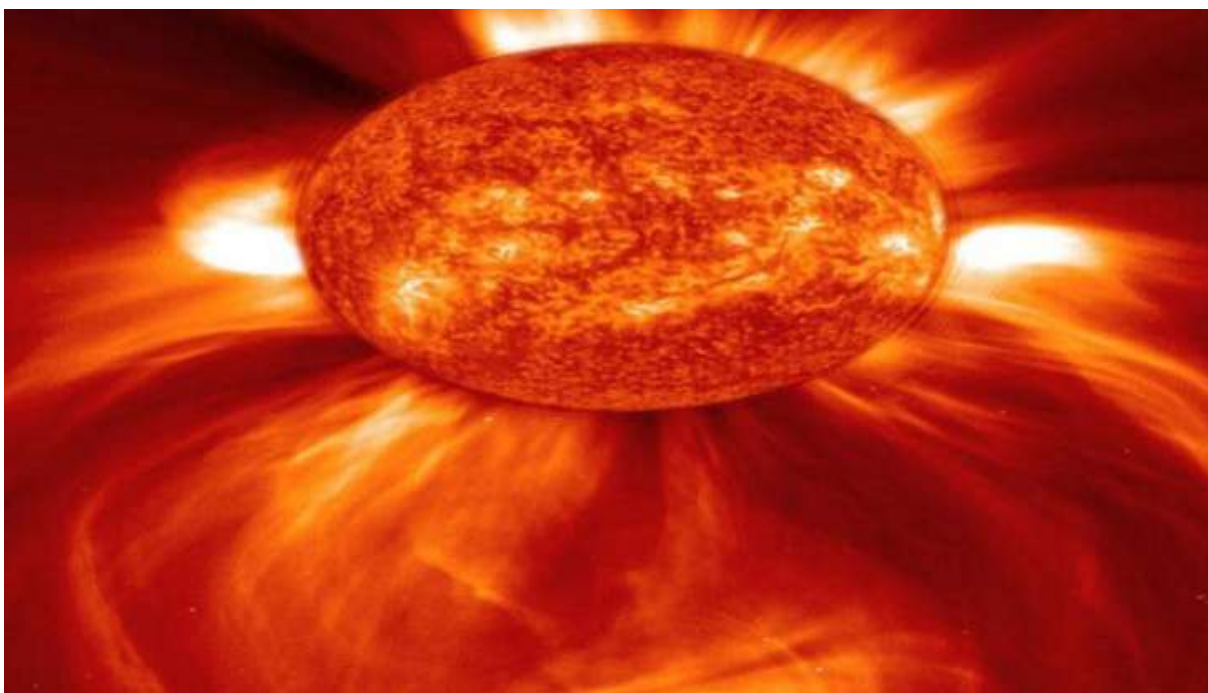
1.4-rasm. Quyoshning ichki va atmosferasi tuzilishi

Fotosferaning ustida quyoshning bundan keyingi qatlami – xromosfera joylashgan bo'lib, bu qatlam fotosferaga nisbatan ancha keng masofani egallaydi. Xromosfera grekcha so'z bo'lib, “bo'yalgan” degan ma'noni bildiradi. Bu qatlamning shunday deb atalishiga sabab, quyosh to'la tutilgan paytlarda bu qatlam bizga oy to'sib qolgan quyosh atrofida tiniq qizg'ish hoshiya bo'lib ko'rinadi.

Bu qatlam ~ 15000 km qalinlikka ega. Xromosferda moddalarning zichligi kamayib boradi, harorati esa oshib boradi. Quyosh toji–quyoshning eng tashqi va eng siyrak qatlamidir. Uning tuzilishi ham juda murakkab quyoshdan millionlab kilometr uzoqqa tarqaladi.

Quyosh to‘la tutilgan paytda quyosh tojini uning hamma belgilari bilan yaqqol ko‘rish mumkin. quyosh tojining eng harakterli fizik hossasi uning nihoyat yuqori kinetik haroratga (2 mln) ega ekanligidir. Bu haroratning hosil bo‘lish sabablari hozirgacha to‘liq aniqlangan emas.

Xromosfera va quyosh toji intensiv radionurlanish manbai hisoblanadi. Bu nurlanishni bir necha millimetrdan 15-30 metr gacha to‘lqin uzunligida o‘rganish mumkin. Quyosh “tinch” paytlarda, unda quyosh dog‘lari va boshda aktiv hodisalar bo‘lmaganda xromosfera va Quyosh tojidan chiqadigan radionurlanish



1.5-rasm. Quyoshning aktiv dog‘lari

issiqlik hossasiga ega, ya’ni quyoshning bu qatlamlari ancha yuqori haroratda bo‘lganligi sababli ko‘proq nurlanadi. Olib borilgan juda ko‘p kuzatishlar natijasi shuni ko‘rsatdiki, santimetr uzunligidagi to‘lqinlar asosan xromosferadan, metr uzunlikdagi to‘lqinlar esa quyosh tojidan bizgacha yetib kelishi ma’lum bo‘ldi.

Fotosfera, xromosfera va quyosh tojining spektrlari o‘rganib chiqilgan, bu qatlamlarning kimyoviy tarkibini ham aniqlash mumkin.

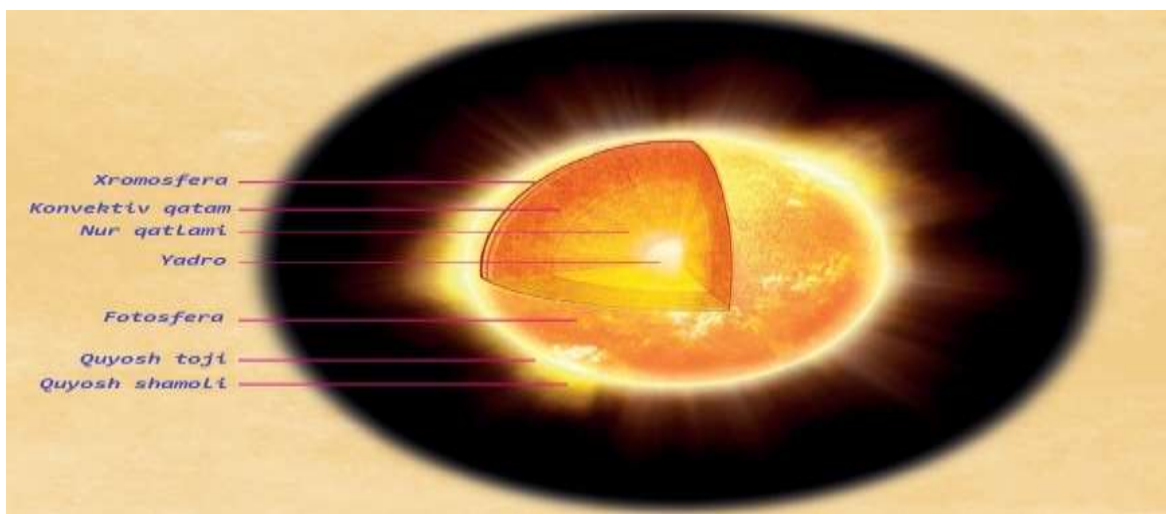
Quyosh atmosferasida (ko'pchilik yulduzlarning atmosferasida ham) eng ko'p element vodoroddir. Bundan keyingi element geliy, undan so'ng esa azot, uglerod, kislarod va nihoyat metallar: magniy, temir, kremniy, kalsiy, natriy va hakazolar tashkil etadi. Vodorod atomlariga nisbatan metal atomlari son jihatdan ~10000 marta kam. Hozirgi vaqtda atmosferasida 71 kimyoviy elementlar borligi aniqlangan. Ulug'bek, Umar Xayom kabi olimlari osmon jismlari harakatini o'rganib quyosh yili kalendarini tuzdilar. (Vaqt va kalendar mavzusida to'liq ma'lumot berilgan). Quyosh atrofida 8 ta planeta yo'ldoshlari bilan, shuningdek Mars va Yupiter orbitalari orasida ko'plab mayda osmon jismlari (kometalar, metior, ostreoidlar) harakat qiladi. Quyoshning diametri Yerning diametridan 109 marta, massasidan 333000 marta ortadi. Hamma planetalarning massasi quyosh massasining 0,1% ni tashkil qiladi. Shuning uchun quyosh atrofidan uning a'zolari harakat qiladi.

O'sha zaryadidan mosuvo bo'lgan va endilikda neytronga aylangan protondan juda-juda mitti hamda g'ayrioddiy zarracha – neytrino uchib chiqadi. Ushbu zarrachalar butun Koinotga sochilib ketadi. Ularni tutish esa deyarli imkonsiz.

Geliy – davriy jadvalda vodoroddan keyin keluvchi o'ta engil gazdir. Quyosh sirtida geliyning aniqlanishi aslida ko'p narsaga oydinlik kiritishi mumkin edi. Lekin Edisongacha bo'lgan olimlar nimagadir geliy va vodorod orasidagi bog'liqlikka unchalik ahamiyat qaratishmagan edi. Rezerford tajribalarigacha aslida termoyadro sintez haqida aytarli bilimlar ham mavjud emas edi. Keyinchalik aynan Edisonning miyasiga aynan vodorod-geliy termoyadro sintezi haqidagi fikr kelib qoldi. Quyosh qa'rida yuz beradigan vodorodning geliyga aylanishi jarayonida issiqlik va yorug'lik ajralib chiqishi haqidagi g'oyani aynan Edison birinchi bo'lib taklif qilgan edi. Lekin o'sha paytlarda Edisonning bu g'oyasiga ko'pchilik fiziklar unchalik xayrixoh bo'lishmagan. Chunki, spektroskopiya orqali to'plangan ma'lumotlarga ko'ra, quyoshda va yulduzlarda metall elementlar ko'proq deb hisoblanar edi. Chunki, spektral tahlillar yulduzlar spektrida metall elementlar chiziqlarini yaqqol ko'rsatib turardi. Yulduzlarda, shu jumladan quyoshda vodorod va geliyning metallardan ancha ko'p ekanini 1925-yilda AQSH astronomi Sesilya Xelena Peyn (1900-1979) isbotlab berdi. 1939-yilda esa nemis fizigi Gans Byote

(1906-2005) vodoroddan geliy shakllanishi jarayonidagi yadro sintezi reaksiyasining barcha bosqichlarini qadamma-qadam bayon qilib berdi.

Vodoroddan geliy hosil bo'lishi va jarayonda ulkan energiya miqdori ajralib chiqishi – Quyosh va yulduzlarning asosiy energiya manbai ekani shu tarzda isbotlandi. Ushbu termoyadro sintezi reaksiyasi sodir bo'lishi va uning barqaror, uzluksiz davom etishi uchun etarli ulkan bosib faqat yulduzlarning, shu jumladan quyoshning qa'rida – uning markaziy yadrosida mavjud bo'ladi xolos. Yadroda hosil bo'lgan ushbu termoyadro sintezi energiyasi tashqariga darhol nurlanib ketmadi. Aksincha, quyoshning ichki qatlamlari bo'ylab zich plazma zarrachalari orqali barcha yo'nalishlarda tarqaladi. Yadroda hosil bo'lgan energiyaning konvektiv hududga etib borib, u joydan plazma oqimi orqali quyosh sirtiga o'tishi uchun minglab yillar o'tadi. Shundan so'nggina quyoshdagi termoyadro sintezi energiyasi issiqlik va yorug'lik nurlanishlari ko'rinishida butun Koinotga tarqaladi. 8 daqiqadan so'ng esa u yerga yetib keladi.



1.6-rasm. Quyoshning ichki qatlami

1.2. Quyosh energiyasi va uning hisobi

Yer shariga har sekunda tushayotgan energiya miqdori quyosh sochayotgan barcha energiyadan 2,2 mlrd. marta kam bo'lib, $17,4 \cdot 10^{17}$ Joul ni tashkil etadi. Bu energiyaning 36 foizini atmosfera qatlamidan qaytaradi, 17 foizini yutib qoladi, qolgan qismigina yer sirtiga yetib keladi. Shu energiyaning yarmi dengiz va okean

suvlarini bug‘latish uchun sarf etiladi, 1 foizini o‘simliklar dunyosi iste‘mol etishini hisobga olgan taqdirda ham, qolgan energiya miqdori yiliga $35 \cdot 10^{17}$ kVt-soatni tashkil etadi. Bu esa bir kecha-kunduzda butun insoniyat iste‘mol qilayotgan jami energiyadan qariyb 39 ming marta ko‘pdir. Bunday katta energiyadan to‘liq foydalanish imkoniyati yo‘q, albatta.

Shunday bo‘lsa ham, $200-100 \text{ km}^2$ maydonga tushayotgan quyosh nuri, gelioqurilmalar foydali ish koeffitsienti (FIK)ni hisobga olingan taqdirda 1995-yilda mamlakatimizda ishlab chiqarilayotgan jami energiyaga tengdir. Shuning uchun ham quyosh energiyasi radiatsiyasidan to‘liq va samarali foydalanish masalalari tobora muhim o‘rin egallamoqda. Yoqilg‘i manbalaridan tejab foydalanish mexanik energiyani, binobarin, elektr energiyasini olish narxini kamaytirishga intilish, uzluksiz tiklanuvchi energiya manbai bo‘lgan shamol energiyasidan keng ko‘lamda foydalanishga olib keldi. Hozirgi davrda O‘zbekiston energetika sistemasi 19 ming sanoat, 80 ming qishloq xo‘jaligi, 19 ming kommunal va 3,5 million maishiy iste‘molchilarni energiya bilan ta‘minlaydi. Quyosh nurlari har yili yerga bag‘oyat ulkan energiya, ya‘ni $62 \cdot 10^{16}$ kvt soatga teng energiya olib keladi. Bu energiyaning 60 foizi yer atmosferasi, 25,5 foizi okean va dengiz, 14,5 foizi quruqlikni isitishga sarf bo‘ladi. Bundan 2,5 foizi shamolning mexanik energiyasiga, 0,14 foizi daryolar harakatining mexanik energiyasiga, 0,12 foizi turli xil yoqilg‘i o‘tin, torf, toshko‘mir, neft va yonuvchi slanetsning kimyoviy energiyasiga aylanadi. Yerning ko‘ndalang qismi yuzasi $127,6 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ ekanligini e‘tiborga olsak, yerga tushadigan quyosh nurining energiyasi $176,6 \cdot 10^{12}$ kVt, demak bir yilda yerga $1,56 \cdot 10^{18}$ kVt soat $\approx 1,6 \cdot 10^{18}$ kVt soat quyosh energiyasi tushadi. Quyoshning zarrin nurlari yerimizga yiliga 150000 milliard kVt soat shamol energiyasini, 33000 milliard kVt soat suv energiyasini olib keladi. O‘rmonlarda esa quyosh nurlari tufayli yiliga 220000 milliard kVt soat energiya to‘planadi. Bundan tashqari, quyosh energiyasi tufayli ming-ming yillar mobaynida yer bag‘rida ulkan energiya zahiralari jamg‘arilgan. Chunonchi, sayyoramiz bag‘rida yotgan toshko‘mirda 3580000 milliard kVt soat, torfda 480000 milliard kVt soat, yonuvchi slanetslarda 700000

milliard kVt soat, tabiiy gazda 80000 milliard kVt soat energiya zahirasi mavjud. Hozirgi kunda insoniyat yiliga bu ulkan zahiralarni mingdan bir qismidan ham kamrog'ini ishlatadi. Quyosh ulkan yadro reaktoriga o'xshashligi ma'lum, unda yuqori bosim va haroratda yadro reaksiyasi sodir bo'ladi. Bu reaksiya tufayli vodorod geliy yadrosiga aylanishi jarayonida esa quyosh reaktorining aktiv zonasidagi harorat 10 million darajadan ham ortib ketadi. Quyoshdagi bu reaksiya sekundiga 560 million tonna geliy ishlab chiqarib, 4 million tonna vodorod energiyasiga aylantiradi. Quyosh energiyasidan foydalanishga olis o'tmishda ham urinib ko'rishgan.

1.3. Energiyani saqlanishi va bir turdan ikkinchi turga o'tish qonuni

Energiyani saqlanish qonuni - juda ko'p eksperimental tajribalarning umumlashgan natijasidir. Bu g'oya materiya va harakatning saqlanish qonunining taklif qilgan Lomonosovga tegishli bo'lib, uning miqdoriy ifodasi R.Maer, G.Gelmgolslar tomonidan topilgan.

Berk sistema (jismlariga hech qanday tashki kuchlar ta'sir etmaydigan sistema) massalari $m_1, m_2, \dots, m_n$ tezliklari $v_1, v_2, \dots, v_n$ bo'lgan moddiy nuqtalardan tashkil topgan bo'lsin. Ular orasidagi o'zaro ta'sir konservativ kuchlar $F_1, F_2, \dots, F_n$ bo'lsin. Faqat konservativ kuchlar ta'siri ostida bo'lgan sistemalar konservativ sistemalar deb ataladi.

Jismlar harakati energiyasining bir butunligi. Umumiy holda jism bir vaqtda ham kinetik energiyaga, ham potensial energiyaga ega bo'lishi mumkin. Bu energiyalarning yig'indisi to'la mexanik energiyani tashkil qiladi. Masalan, yer sirtidan h balandlikda yerga nisbatan g tezlik bilan harkatlanayotgan m jism to'la

$$W = \frac{mg^2}{2} + mgh \quad (1.9)$$

energiyaga ega bo'ladi.

Potensial va kinetik energiyalar bir-birlariga aylanishi mumkin. „ m ” jismning tushish oxiridagi tezligi $g = \sqrt{2gh}$ ga tengligi uchun uning kinetik energiyasi

$$E = \frac{m g^2}{2} = \frac{m(\sqrt{2gh})^2}{2} = mgh \quad (1.10)$$

potensial energiyaga tenglashadi.

Shunday qilib, potensial energiya ekvivalent miqdordagi kinetik energiyaga aylanadi.

Agar sistema N ta jismdan tashkil topgan bo'lsa, to'la mexanik energiya butun sistemaning potengtsial energiyasi bilan kinetik energiyasining yig'indisidan tashkil topadi:

$$W = U + E = U + \sum_{i=1}^n \frac{m_i g_i^2}{2} \quad (1.11)$$

Energiyaning saqlanish qonuni.

Energiyaning saqlanish qonuni tajribalardan olingan natijalarni umumlashtirish yo‘li bilan chiqarilgan.

Aytaylik, yopiq tizim ichidagi moddiy nuqta massalari $m_1, m_2, \dots, m_n$ tezliklari $\vartheta_1, \vartheta_2, \dots, \vartheta_n$ bo'lsin. Jismlarga ta'sir etuvchi konservativ kuchlar $F'_1, F'_2, \dots, F'_n$ va teng, ta'sir etuvchi tashqi kuchlar $F_1, F_2, \dots, F_n$ bo'lsin. $\vartheta \ll c$ bo'lgan holda moddiy nuqta massalari doimiy bo'ladi. Nyutonning ikkinchi qonuniga ko'ra

$$\begin{aligned} m_1 \frac{d\mathcal{G}_1}{dt} &= F_2' + F_1. \\ m_2 \frac{d\mathcal{G}_2}{dt} &= F_2' + F_2, \\ &\dots\dots\dots, \\ m_n \frac{d\mathcal{G}_n}{dt} &= F_n' + F_n. \end{aligned} \tag{1.12}$$

Tizimning moddiy nuqtalari dt vaqt oralig'ida $dx_1, dx_2, \dots, dx_n$ masofalarga siljisin. (1.12)-tenglamalar tizimini xar ikki tomonini $dx_1, dx_2, \dots, dx_n$ ga ko'paytirib va $dx_1 = \mathfrak{G}_1 \cdot dt$ ekanligini hisobga olib quyidagini hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} m_1 (\vartheta_1 \cdot d\vartheta_1) - (F'_1 + F_1) dx_1 &= 0 \\ m_2 (\vartheta_2 \cdot d\vartheta_2) - (F'_2 + F_2) dx_2 &= 0 \\ \\ m_n (\vartheta_n \cdot d\vartheta_n) - (F'_n + F_n) dx_n &= 0 \end{aligned} \quad (1.13)$$

Bu tenglamalar tizimini qo‘shib va tizim yopiqqligini hisobga olib, ya’ni

$$F_1 + F_2 + \dots + F_n = 0$$

$$\sum_{i=0}^n m_i \vartheta_i d\vartheta_i - \sum_{i=0}^n F'_1 \cdot dx_1 = 0 \quad (1.14)$$

ni hosil qilamiz.

(1.14) – tenglikdagi ikki ayriluvchilardan birinchisi

$$\sum_{i=1}^n m_i \vartheta_i d\vartheta_i = \sum_{i=1}^n d\left(\frac{m_i \vartheta_i^2}{2}\right) = dE_k \quad (1.15)$$

ya’ni yopiq tizim kinetik energiyasi o‘zgarishini belgilaydi, va ikkinchisi esa

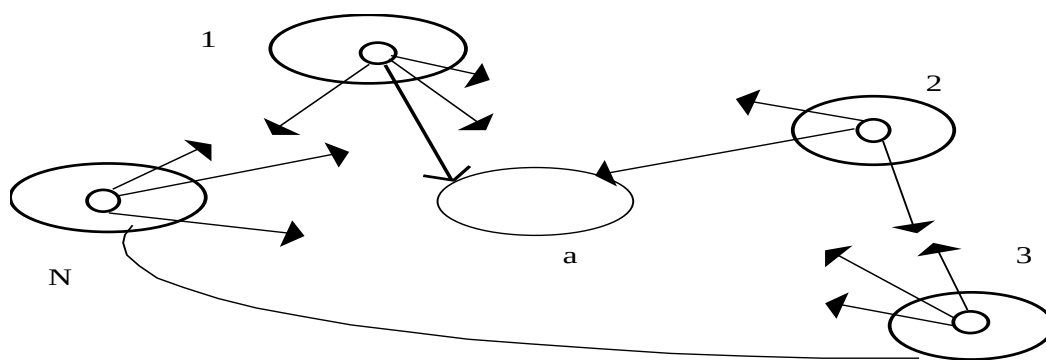
$$\sum_{i=1}^n F_i \cdot dx_i = dE_p \quad (1.16)$$

tenglik tizim ichki konservativ kuchlari bajargan ish-potensial energiyaning o‘zgarishini ifodalaydi. Demak, butun tizim uchun $dE_k + dE_p = 0$ bo‘lishi kerak. Yopiq tizimning to‘liq mexanik energiyasi esa o‘zgarmas kattalikka teng bo‘ladi.

$$W = E_k + E_p = \text{const} \quad (1.17)$$

Ushbu tenglik yopiq tizim uchun mexanik energiyaning saqlanish qonunini ifodalaydi. Bu tenglikka ko‘ra yopiq tizimdagi jismlarning o‘zaro ta’sir kuchlari konservativ kuchlardan iborat bo‘lsa, tizimning mexanik energiyasi vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydi. Yopiq tizimdagi jismlarning o‘zaro ta’siri konservativ kuchlardan iborat bo‘lsa, tizimning mexanik energiyasi boshqa turdagi energiyaga aylanmaydi. Bunday tizimga yopiq konservativ tizim deyiladi. Dissipativ tizimda tizimning mexanik energiyasi asta - sekin kamayib boshqa turdagi energiyaga aylanadi. Tabiatda hamma tizim dissipativ bo‘ladi.

Shunday qilib, energiya yo‘qolmaydi va yangidan paydo bo‘lmaydi, u faqat bir turdan ikkinchi turga o‘tib turadi. Bu qonuniyat materiyaning doimo harakatda ekanligini va hech qachon yo‘qolmasligini ifodalaydi. Oralarida faqat konservativ kuchlar ta’sir ko‘rsataётgan N jismdan tashkil topgan sistemani qarab chiqaylik (1.18) Faraz qilaylik, 1 jism ixtiyoriy traektoriya bo‘ylab „a” holatga ko‘chsin. Bunda 1 jismga sistemaning boshqa jismlari tomonidan ta’sir etuvchi kuchlar 1 jismning ko‘chish yo‘liga bog‘lik bo‘lmagan va faqat jismning qolgan



1.10-rasm. Energiyani bir turdan ikkinchi turga o'zgarishi.

barcha jismlarga nisbatan boshlang'ich va so'nggi holatlariga bog'lik bo'lgan ishni bajaradi. Xuddi shunga o'xshash barcha N jismlar yangi holatlarga ko'chgan vaqtda sistemada ta'sir ko'rsatuvchi konservativ kuchlar bajargan ish faqat jismlarning bir-birlariga nisbatan boshlang'ich va so'nggi holatlariga bog'lik bo'ladi. Demak, jismlarning har bir o'zaro vaziyatiga (xar bir holatga) E_p potensial energiyaning ma'lum qiymatini ko'rsatish va bir holatdan boshqa holatga o'tgan vaqtda konservativ kuchlar bajargan ishini A_{12} ning shu holatlarga mos qiymatlarining ayirmasi sifatida qarash mumkin.

$$A_{12} = E_{p1} - E_{p2} \quad (1.18)$$

Sistemaning jismlariga ichki konservativ kuchlardan tashqari, tashqi kuchlar ham ta'sir ko'rsatadi deb faraz qilaylik. i - jismga qo'yilgan barcha kuchlar bajargan ishni ichki kuchlar bajargan (A_{12}) ish va berilgan jismga ta'sir etuvchi tashqi kuchlar A_i' ishining yig'indisi sifatida tasavvur qilish mumkin. Biz bilamizki, to'la ish jism kinetik energiyasini ortishiga sarf bo'ladi. Demak,

$$(A_{12})_i + A_i' = (E_{k2})_i - (E_{k1})_i \quad (1.19)$$

(1.19) ifodaning butun jismlar bo'yicha yig'indisini olsak, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\sum (A_{12})_i + \sum A_i' = \sum (E_{k2})_i - \sum (E_{k1})_i \quad (1.20)$$

(1.20) ifodadagi yig'indilarning birinchisi sistema boshlang'ich (birinchi) holatidan so'nggi (ikkinchi) holatiga o'tgan vaqtda konservativ kuchlarning jismlar ustida

bajargan ishidan iborat. (1.18)ga binoan bu ish potensial energiyaning jarayon boshidagi va oxiridagi qiymatlari ayirmasi ko‘rinishida yozilishi mumkin:

$$\sum (A_{12})_i = E_{p_1} - E_{p_2} \quad (1.21)$$

(1.21) ifodaning chap tomonidagi ikkinchi yig‘indi tashqi kuchlar tomonidan sistema jismlari ustida bajarilgan to‘la ishdan iborat. Uni A' bilan belgilaymiz. (1.21) ning o‘ng tomoni $E_{k2} - E_{k1}$ ga, ya’ni sistema to‘liq kinetik energiyasining jarayon boshidagi va oxiridagi qiymatlari ayirmasiga teng ekanligi ravshan.

Shunday qilib (1.21) formulani quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin ekan:

$$E_{p_1} - E_{p_2} + A' = E_{k2} - E_{k1} \quad (1.22)$$

Formuladagi hadlarni tegishli ravishda gruppalab quyidagini topamiz:

$$(E_{k2} + E_{p2}) - (E_{k1} + E_{p1}) = A' \quad (1.23)$$

Nihoyat, sistema to‘la energiyasi belgisini kiritsak, quyidagi munosabatni topamiz:

$$W = E_k + E_p \quad (1.24)$$

$$\Delta W = W_2 - W_1 = A' \quad (1.25)$$

Shunday qilib, oralarida konservativ kuchlar ta’sir etayotgan jismlar sistemasi to‘la energiyasining orttirmasi sistema jismlariga qo‘yilgan tashqi kuchlarning bajargan ishiga teng ekan.

Agar sistema yopiq bo‘lsa, u vaqtda (1.26) ga binoan $\Delta W = 0$, bundan:

$$W = \text{const} \quad (1.26)$$

degan xulosa chiqadi. (1.26) formula mexanikaning asosiy qonunlaridan biri-energiyaning saqlanish qonuni aks ettiradi.

Mexanikada bu qonun quyidagicha ta’riflanadi: *Oralarida faqat konservativ kuchlar ta’sir etayotgan jismlar yopik sistemasining to‘la mexanik energiyasi o‘zgarmaydi.* Agar yopik sistemaga konservativ kuchlardan tashqari nokonservativ kuchlar, masalan, ishqalanish kuchlari, ta’sir ko‘rsataetgan bo‘lsa, u vaqtda sistemaning to‘la mexanik energiyasi saqlanmaydi. Nokonservativ kuchlarini tashqi kuchlar deb qarab quyidagini yozish mumkin:

$$W_2 - W_1 = A_{nk} \quad (1.27)$$

bu yerda A_{nk} - nokonservativ kuchlar bajargan ish. Shuning uchun yopik sistemada ishqalanish kuchlari bo'lsa, vaqt o'tishi bilan to'la mexanik energiya kamaya boradi. Nokonservativ kuchlarining ta'sirida mexanik energiya boshqa nomexanik turdagi energiyalarga aylanadi. Bunday hollarda umumiyroq bo'lgan saqlanish qonuni bajariladi. *Istalgan tashqi ta'sirlardan himoyalangan sistemada energiyaning barcha turlarining (nomexanik turlarning ham) yig'indisi o'zgarmaydi.*

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, bunday jarayonlarda o'tilayotgan harakatning kattaligi, kuchning ko'chish kattaligiga ko'paytmasiga teng ekan. Bu hosil bo'lgan fizik kattalik ish deyiladi. Demak, ish bir jismdan boshqa jismga harakatni uzatish o'lchovidir yoki energiyaning bir jismdan boshqa jismga o'tish o'lchovidir.

Agar moddiy nuqta o'zgaras kuch F ta'sirida S masofaga ko'chsa, unda kuchning ishi:

$$A = F_{\tau} \cdot S . \quad (1.28)$$

Bunda F_{τ} kuch F kuchning ko'chish yo'nalishiga proeksiyasi bo'lib,

$$F_{\tau} = F \cdot \cos \alpha . \quad (1.29)$$

(1.28) ni hisobga olib, (1.29) ni quyidagicha yozamiz:

$$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha \quad (1.30)$$

1) Agar kuch yo'nalishi bilan ko'chish yo'nalishi orasidagi burchak $\alpha < 90^\circ$ bo'lsa, unda $\cos \alpha > 0$. Demak, kuch musbat ish bajaradi ($A > 0$).

2) Agar $\alpha > 90^\circ$ bo'lsa, unda $\cos \alpha < 0$. Bunda kuch manfiy ish bajaradi ($A < 0$). Masalan, ishqalanish kuchi va tormozlash kuchi;

3) Agar kuch yo'nalishi ko'chishga tik yo'nalgan bo'lsa, $\alpha = 90^\circ$, unda $\cos \alpha = 0$, demak, kuchning bajargan ishi nolga teng, ya'ni energiya o'zgarmaydi. Agar ma'lum bir masofada kuch kattaligi o'zgaruvchan bo'lsa, unda bajarilgan ishni hisoblash uchun masofani elementar ko'chishlarga bo'lib chiqamiz, bu elementar ko'chishlarda, kuchni o'zgaras kattalik deb hisoblasa bo'ladi. Har bir elementar ko'chishda bajarilgan elementar ishni hisoblab, keyin bu elementar ishlarni

algebraik yig'indisini olsak, unda o'zgaruvchi F kuchning S masofada bajargan ishi quyidagicha ifodalanadi:

$$A = \sum_{i=1}^n \Delta A_i = \sum_{i=1}^n F_i \Delta S_i \cos \alpha_i \quad (1.31)$$

ΔS nolga intilganda (1.31) dan limit olsak,

$$A = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \left(\sum_{i=1}^n \vec{F}_i \cdot \Delta \vec{S}_i \right) = \int_S F_\tau dS \quad (1.32)$$

(1.32) integralni hisoblash uchun F_τ kuchning S masofaga bog'liqligini bilish zarur.

Amalda, faqat kuchning bajargan ishini bilishgina emas, balki qanday vaqt oraligida shu ish bajarilishi ham muhim ahamiyatga ega. Shuning uchun kuchning qanday tezlik bilan bajargan ishini harakterlash uchun quvvat tushunchasi kiritiladi. Vaqt birligi ichida, F kuch bajargan ishga son jihatdan teng bo'lgan fizik kattalik quvvat (N) deyiladi:

$$N = \frac{\Delta A}{\Delta t} \quad (1.33)$$

Agar kuch o'zgaruvchan bo'lsa, qurilmaning quvvatini aniqlash uchun (1.33) dan limit olamiz:

$$N = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{dA}{dt}, \quad (1.34)$$

bunga oniy quvvat deyiladi. (1.28) ni e'tiborga olsak, (1.34) quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$N = F_\tau \frac{ds}{dt} = F_\tau \cdot v \quad (1.35)$$

Demak, oniy quvvat son jihatdan tezlik o'zgarmas bo'lganda kuchning tangentsial tashkil etuvchisining tezlikka ko'paytmasiga teng bo'ladi.

Ish va quvvat birligini belgilaylik. Xalqaro birliklar sistemasi (SI)da ish birligi qilib, kuch yo'nalishida jismni bir metr masofaga bir Nyuton kuch ta'sirida ko'chirishda bajarilgan ish qabul qilingan. Bu ishning birligi –joul (J), $1J = 1N \cdot m$. Quvvat birligi qilib Vatt (Vt) qabul qilingan. 1Vatt – bir sekund davomida bir joule ish bajaradigan qurilma yoki mexanizmning quvvatidir, $1Vt = 1J/1s$. Mexanik energiya ikki xil buladi: Kinetik va potensial energiyalar. Jismning yoki jismlar sistemasining to'liq

energiyasi shu ikki tur energiyaning yig'indisidan iboratdir. Jismning energiyasi uning ish bajara olish kobiliyatini xarakterlaydi. Boshqacha aytganda ish jismning energiyasini bir turdan ikkinchisiga o'tishda o'zgarishini miqdoriy o'lchovidir.

a) Kinetik energiya

Jismning kinetik energiyasi: jismlarning harakati tufayli hosil bo'lgan energiya kinetik energiya deyiladi. Biror m massali jism o'zgarmas F kuch ta'sirida o'zining harakat tezligini v_1 dan v_2 qiymatgacha o'zgartirsin. U vaqtda m massali jismning harakat tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$F = m \frac{dv}{dt} . \quad (1.36)$$

(1.36) tenglamaning ikkala tomonini $vdt=ds$ ga skalyar ko'paytiramiz:

$$FdS = m \frac{dv}{dt} v dt = m v dv . \quad (1.37)$$

Ma'lum bir S_1, S_2 masofada jismning bajargan ishini hisobga olish uchun yuqoridagi formulaning chap va o'ng tomonlarini S_1 va S_2 masofalar hamda v_1 va v_2 tezlik intervali orasida integrallaymiz:

$$\int_{S_1}^{S_2} dA = \int_{S_1}^{S_2} FdS = \int_{v_1}^{v_2} m v dv \quad (1.38)$$

(1.38) tenglikning chap tomoni F kuch bajargan to'la ishga teng, $m = \text{const}$ bo'lsa, o'ng tomoni quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$A = \frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2} \quad (1.39)$$

(1.39) tenglikdagi $\frac{m v^2}{2} = E$ jismning kinetik energiyasining ifodasidir. Bu holda

(1.39) ni quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$A = \Delta E = E_2 - E_1 = \frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2} \quad (1.40)$$

Demak, jismning kinetik energiyasining o'zgarishi jismga ta'sir etuvchi kuchning bajargan ishiga son jixatdan teng. Agar $v_1 = 0$ bo'lsa, Shunday qilib, m massali jism v tezlik bilan harakatlenganda, E_k kinetik energiyaga ega bo'ladi. (1.41) formula xususiyl holda, moddiy nuqta kinetik energiyasi deb yuritiladi.

$$E = \frac{m\mathcal{G}^2}{2} \quad (1.41)$$

Har qanday mexanik sistemani moddiy nuqtalar sistemasi deb qarashimiz mumkin bo'lgani uchun mexanik sistemaning kinetik energiyasi shu sistemani tashkil qilgan moddiy nuqtalar kinetik energiyalarini yig'indisiga teng, ya'ni:

$$E = \sum E_i = \sum_{i=1}^n \frac{m_i \mathcal{G}_i^2}{2}, \quad (1.42)$$

bunda m_i va v_i -moddiy nuqtaning massasi va tezligi. Demak, har qanday mexanik sistemaning kinetik energiyasi shu sistemaga kirgan moddiy nuqtalarning massasi va harakat tezligi bilan aniqlanar ekan. Bu muhim xulosani qisqacha qilib quyidagicha ta'riflash mumkin: sistemaning kinetik energiyasi - uning harakat holati funktsiyasidir.

Bir vaqtda ham aylanma, ham ilgarilanma harakatda bo'lgan qattiq jismning kinetik energiyasi uning aylanma va ilgarilanma harakatiga mos keluvchi kinetik energiyalar yig'indisiga teng bo'ladi.

Aylanma harakatda bo'lgan qattiq jism kinetik energiyasini qarab chiqaylik. Jismni absolyut qattiq jism deb va uni moddiy nuqta deb qarash mumkin bo'lgan n ta bo'lakchaga bo'laylik. Agar i-bo'lakning massasi m_i , chiziqli tezligi $\mathcal{G}_i$, harakat qilayotgan aylana radiusi r_i , aylanma harakat burchak tezligi ω bo'lsa, bu bo'lakning kinetik energiyasi

$$E_i = \frac{m_i \mathcal{G}_i^2}{2} \quad (1.43)$$

bo'ladi. $\mathcal{G}_i = \omega r_i$ ekanini hisobga olsak:

$$E_i = \frac{m_i \omega^2 r_i^2}{2} \quad (1.44)$$

Jismning kinetik energiyasi uning bo'laklarining kinetik energiyalari yig'indisiga teng:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^n \omega^2 \frac{m_i r_i^2}{2} = \frac{\omega^2}{2} \sum_{i=1}^n m_i r_i^2 \quad (1.45)$$

bunda $\sum_{i=1}^n m_i r_i^2 = I$ bo'lganidan:

$$E = \frac{I\omega^2}{2} \quad (1.46)$$

Bu formulani ilgarilanma harakat kinetik energiyasi (1.44) bilan taqqoslasak, jism massasi o'rnida jismning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti, chiziqli tezlik o'rnida burchak tezlik turganini ko'ramiz. Jismga kuch ta'sir qilib, uni qandaydir o'q atrofida aylanma harakatga keltirganda uning bo'lakchalari siljiydi. Demak, ish bajariladi. Bu ish aylanayotgan jism kinetik energiyasi o'zgarishiga teng bo'ladi. Shu ishni hisoblaylik. Jism OO_1 qo'zgalmas o'q atrofida aylanma harakat qilayotgan bo'lsin. Natijaviy F kuch jismning B nuqtasiga qo'yilgan bo'lib, bu nuqta aylanish o'qidan r uzoqlikda bo'lsin Jism F kuch ta'sirida $\Delta\varphi$ burchakka burilganda, B nuqta V nuqtaga siljib ΔS yoyni chizadi. Unda bajarilgan elementar ish:

$$\Delta A = F \Delta S \quad (1.47)$$

bo'ladi, $\Delta S = r \Delta\varphi$ bo'lgani uchun $\Delta A = Fr \Delta\varphi$ bo'ladi. $Fr = M$ kuch momenti bo'lganligidan:

$$\Delta A = M \cdot \Delta\varphi$$

T o'la ish esa bu ifodani integrallash orqali aniqlanadi:

$$A = \int_0^{\varphi} M d\varphi. \quad (1.48)$$

Agar jismning aylanma harakati davomida kuch momenti o'zgarmas ($M = \text{const}$) bo'lsa, (1.48) dan umumiy bajarilgan ish bo'ladi. Demak, aylanma harakatda bajarilgan ish kuch momenti bilan burilish burchagi kupaytmasi orqali aniqlanar ekan.

$$A = M\varphi \quad (1.49)$$

Aylana bo'ylab o'zgaruvchan harakat uchun (1.49) ifoda quyidagicha yoziladi:

$$dA = M d\varphi = I \frac{d\omega}{dt} \omega dt = I \omega d\omega \quad (1.50)$$

Burilish burchagi φ_1 dan φ_2 gacha o'zgarganda burchak tezlik ω_1 dan ω_2 gacha o'zgargan bo'lsa, umumiy ishni hisoblash uchun shu chegaralarda yuqoridagi ifodani integrallaymiz:

$$dA = \int_{\varphi} dA = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} M d\varphi = \int_{\omega_1}^{\omega_2} I \omega d\omega \quad (1.51)$$

yoki

$$A = M(\varphi_2 - \varphi_1) = \frac{I\omega_2^2}{2} - \frac{I\omega_1^2}{2} \quad (1.52)$$

(1.52) dan ko‘rinadiki, aylanma harakatda jism kinetik energiyasining o‘zgarishi qo‘yilgan natijaviy kuch momentiga bog‘liqdir.

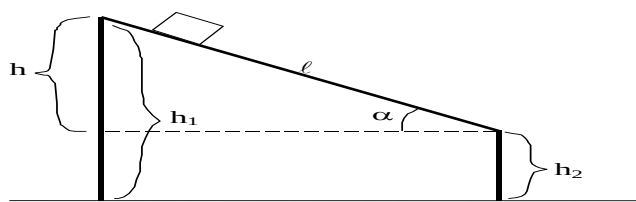
Jism bir vaqtda ham aylanma, ham ilgarilanma harakatda ishtirok etayotgan bo‘lsin, bunday harakat uchun to‘la kinetik energiya:

$$E = E_{ilg} + E_{ayl} = \frac{m\vartheta_c^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} \quad (1.53)$$

bu yerda m - jismning massasi, I - jismning massa markazidan o‘tgan o‘qqa nisbatan inersiya momenti, ω - shu o‘qqa nisbatan aylanma harakatning burchak tezligi, ϑ_s - massa markazining chiziqli tezligi.

b) Potensial energiya.

Jismlarning yoki jism qismlarining bir-biriga nisbatan joylashuviga bog‘liq bo‘lgan energiya potensial energiya deb ataladi. Sistemaning potensial energiyasini aniqlash uchun sistemadagi jismlarning o‘zaro joylashuvini va ular orasidagi ta’sir kuchlarni bilishimiz kerak. Misol tariqasida, jismga ta’sir etuvchi og‘irlik kuchi tufayli jismning potensial energiyasini o‘zgarishini ko‘rib chiqaylik.



1.11-rasm. Potensial energiyasini o‘zgarishi

Jismning yer sirtidan ko‘tarilish balandligi h , yerning radiusiga nisbatan ancha kichik bo‘lsa, $R = mg = \text{const}$ deb hisoblash mumkin, m - jismning massasi.

Agar jism ℓ uzunlikdagi qiya tekislik bo‘yicha ishqalanishsiz tushayotgan bo‘lsa og‘irlik kuchi bajargan ish quyidagi kattalikka teng bo‘ladi:

$$A = R \ell \cos\alpha = mg(h_1 - h_2) = E_{p1} - E_{p2} \quad (1.54)$$

bu yerda

$$h = h_1 - h_2 = \ell \cos\alpha \quad (1.55)$$

qiya tekislikning balandligi, α -qiya tekislikning gorizontga nisbatan qiyalik burchagi, $E_p = mgh$ jismning potentsial energiyasi, (1.55) dan ko'rinadiki, sistema potentsial energiyasining o'zgarishi son jihatdan, tashqi kuchlar sistemaning tezligini o'zgartirmasdan bir holatdan ikkinchi holatga o'tkazishda bajargan ishiga teng bo'lar ekan.

c) Potentsial maydonda bajarilgan ish. Konservativ va dissipativ kuchlar.

Endi jism harakat traektoriyasi ixtiyoriy egri chiziqdan iborat bo'lsin. Unda bu egri chiziqni n ta kichik to'g'ri chiziqli qismlarga bo'lamiz. Mana shu har bir elementar qismda og'irlik kuchining elementar bajargan ishi

$$\Delta A_i = r \cdot \Delta \ell_i \cdot \cos\alpha_i = r \cdot \Delta h_i \quad (1.56)$$

bo'ladi. Bu erda Δh_i - vertikal tug'ri chiziq $\Delta \ell_i$ -qismning proeksiyasi. Elementar qismlarda bajarilgan ishlarning yig'indisi, egri chiziqli yo'lda og'irlik kuchi bajargan ishni ifodalaydi:

$$A = \sum_{i=1}^n \Delta A_i = \sum_{i=1}^n P \Delta h_i = Ph = mgh \quad (1.57)$$

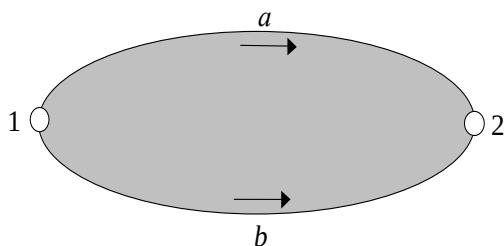
$$A_{1a2} + A_{2b1} = 0 \quad (1.58)$$

Shunday qilib, og'irlik kuchining ishi yo'lning boshlang'ich va oxirgi nuqtalarining koordinatalariga bog'lik xolos. Potentsial (konservativ) va dissipativ (nokonservativ) kuchlar: makroskopik mexanikada uchraydigan kuchlar ikkita potentsial (konservativ) va dissipativ (nokonservativ) kuchlarga ajratiladi. Agar berk yo'l (kontur) bo'yicha kuchning bajargan ishi nolga teng bo'lsa, bu kuchlar potentsial (yoki konservativ) kuchlar deb yuritiladi. Faraz qilaylik, sistema biror kuch ta'sirida 1; a; 2 yo'l bo'yicha (1.12-rasm) bir vaziyatdan ikkinchi vaziyatga o'tsin.

Bunda A_{1a2} ga teng ish bajariladi. Agar sistema ikkinchi vaziyatga 1; b; 2 yo'l bo'yicha o'tsa, unda bajarilgan ish A_{1b2} ga teng bo'ladi. Konservativ kuchlarning

ta'rifiga binoan $A_{1a2}=A_{1b2}$. Kuchlar sistemaning konfiguratsiyasiga (koordinatlariga) bog'lik bo'lmaganligi uchun $A_{1b2} = -A_{2b1}$ bo'ladi. Shuning uchun,

Demak, shu kuch ta'sirida sistema yoki jismni bir holatdan ikkinchi bir holatga ko'chirishda bajarilgan ish $A_{1a2} = A_{1b2} = A_{12}$ ko'chish trektoriyasining shakliga bog'lik bo'lmaydi, bu kuchni konservativ (yoki markaziy) kuch deb yuritiladi.



1.12-rasm. Bir vaziyatdan ikkinchi vaziyatga o'tishi

Konservativ kuchlarga og'irlik kuchlari, elastiklik kuchlari va zaryadlangan zarralarning o'zaro elektrostatik ta'sir kuchlari ham misol bo'la oladi. Konservativ bo'lmagan hamma kuchlar nokonservativ (yoki dissipativ) kuchlar deb yuritiladi.

Dissipativ kuchlarga, ishqalanish kuchlari va suyuqlikda yoki gazda harakatlanaётgan jismga ta'sir qilaётgan qarshilik kuchlari kiradi.

Elastik kuch bilan potensial energiya orasidagi bog'lanish. Elastik kuch ta'sirida, jism deformatsiyasining kichik (dx kattalikka) o'zgarishlarida, bajarilgan elementar ish quyidagiga teng bo'ladi.

$$dA = Fdx = -kxdx \quad (1.59)$$

Ishning to'la qiymatini aniqlash uchun (1.59) formulani deformatsiyalanmagan holatdan ($x_0 = 0$) deformatsiya kattaligi x qiymatlari chegarasida integrallaymiz:

$$A = -\int_{x_0}^x kxdx = -\frac{kx^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} \quad (1.60)$$

Bu kattalikka asosan prujinaning potensial energiyasi o'zgaradi:

$$E_p = \frac{kx^2}{2} - E_{p0} \quad (1.61)$$

bunda $E_{p0} = \frac{kx_0^2}{2}$ – deformatsiyalanmagan jismning potensial energiyasi, uni nolga teng deb olsak, (1.61) quyidagicha yoziladi:

$$E_p = \frac{kx^2}{2} \quad (1.62)$$

Shunday qilib, (1.62) dan ko‘rinadiki, elastik jism deformatsiyalansa, unda ish deformatsiyalangan jism energiyasining o‘zgarishiga sarf bo‘ladi. (1.62) ifodaga deformatsiyalangan jismning potensial energiyasi deyiladi. Potensial maydonning har bir nuqtasiga bir tomondan jismga ta’sir etuvchi F kuch vektorining biror qiymati mos kelsa, ikkinchi tomondan, jism E_p potensial energiyasining ham qiymati mos keladi. Demak, kuch bilan potensial energiya orasida ma’lum bog‘lanish mavjud bo‘lishi kerak. Ma’lumki, ish potensial energiya hisobiga bajariladi, ya’ni:

$$\Delta A = -\Delta E_p \quad (1.63)$$

$-\Delta E_p$ – sistema potensial energiyasining kamayishini ko‘rsatadi.

(1.47) bilan (1.63) ni solishtirib quyidagini topamiz:

$$F_s \Delta S = -\Delta E_p$$

bundan

$$F_s = - \frac{\Delta E_p}{\Delta S} \quad (1.64)$$

(1.64) ifodada F_s – bu F kuchning S ko‘chish bo‘yicha proeksiyasi. F_s ning berilgan nuqtadagi qiymatini topish uchun limitga o‘tish kerak:

$$F_s = - \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta E_p}{\Delta S} \quad (1.65)$$

ΔE_p „ S “ o‘q bo‘ylab ko‘chirilgandagina emas, hatto boshqa yo‘nalishlar bo‘ylab ko‘chganda ham o‘zgarganligi uchun (1.65) formuladagi limit E_p dan S bo‘yicha xususiy hosiladan iborat bo‘ladi, ya’ni:

$$F_s = - \frac{\partial U}{\partial S} \quad (1.66)$$

$$\vec{F} = -\left(\frac{\partial U}{\partial X} \vec{i} + \frac{\partial U}{\partial Y} \vec{j} + \frac{\partial U}{\partial Z} \vec{k}\right) \quad (1.67)$$

Demak, kuch potensial energiyaning teskari ishora bilan olingan gradientiga teng ekan.

$$\mathbf{F} = -\Delta E_p \quad (1.68)$$

II-BOB. QUYOSH PANELI

2.1. Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirish

Quyosh energiyasini elektr energiyasiga to'g'ridan-to'g'ri aylantirishning termoelektrik, fotoelektrik va fotogalvanik usullari mavjud bo'lib, ularning ichida fotogalvanik usul hali yaxshi o'rganilgan emas. Ma'lumki, matereallarda erkin elektronlar mavjud bo'lib, ular musbat ion atrofida xaotik ravishda harakat qiladi, metallning o'zi esa elektr jihatdan neytral hisoblanadi. Agar bir yoki bir necha elektron metall sirtidan tashqi muhitga (vakuumga) chiqsa, metall sirti bilan muhit orasida potentsiallar ayirmasi $\Delta\varphi$ hosil bo'ladi. Elektron zaryadi (e) ni bu potentsiallar ayirmasi $\Delta\varphi$ ga ko'paytmasi **elektronning chiqish ishi** deb ataladi:

$$A = e \cdot \Delta\varphi, \text{ eV yoki } J. \quad (2.1)$$

Har xil metallardagi elektron chiqish ishi har xil bo'ladi. Bu ish ko'pincha joullardan yoki elektron voltlarda o'lchanadi. $1\text{eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} J$. Ba'zi metallar uchun chiqish ishining son qiymatilarini keltiramiz:

2.1-jadval.

Metall	CHI (eV)	Metall	CHI (eV)
Alyuminiy	3,74	Mish	4,47
Temir	4,36	Kumush	4,28
Kobalt	4,25	Seziy	1,89
Litiy	2,39	Sink	3,74

Quyosh energiyasini elektr energiyasiga to'g'ridan-to'g'ri aylantirishning ikkinchi usuli – fotoelektrik usuldir. L.G.Stoletovning fotoeffekt bo'yicha kashf etgan qonunlari hammaga ma'lumdir.

Yarim o'tkazgichlar uchun termoelektrik EYK metallardagiga nisbatan bir necha o'n marta katta bo'lib, ularga bo'lgan qiziqish 1954-yildap boshlandi. Hozirgi kunda kremniy asosidagi fotoelektrik aylantirgichlar keng ishlatilmoqda. Kremniy va Mendelev elementlar davriy sistemasidagi V guruh elementlaridan birining

aralashmasi n -yarim o'tkazgich, III guruh elementlaridan birining aralashmasi esa r -yarim o'tkazgichga aylanadi. Bu ikkala tur p - n yarimo'tkazgichlar kontakti quyosh batareyasining negizini tashkil etadi. Kremniy plastinkasining qalinligi 1mm ga yaqin bo'lib, sirtini 10sm dan kattaroq qilib yasash hozircha mumkin bo'lmayapti.

Fotoelektrik elementlarni yasash texnologiyasi deyarli to'la hal etilgan, lekin ular sirtiga elektrodni ulash, tegishli tok va kuchlanishlar olish uchun bu elementlarni o'zaro ulash masalalari ustida ilmiy izlanishlar olib borilmoqda.

Quyosh batareyalarini yasash texnologiyasi quyidagicha: kremniy plastinkani yuqori temperaturali elektropechga o'rnatib, unga p yoki n tipidagi yarimo'tkazgich materiali vakuumga diffuziya yo'li bilan kiritiladi. Bu material qalinligi taxminan bir necha *mikron* ni tashkil etadi. Bu material – aralashma kremniy plastinkasining hamma tomoniga diffuziyalanadi. Shuning uchun plastinkaning yuqori qismidagi qatlam qoldirilib, qolgan qismlaridagi qatlamlar olib tashlanadi, so'ngra plastinka pastki va yuqori qismlariga elektrodlar ulanadi.

Quyosh batareyalarining asosiy afzalliklari - FIK katta bo'lishi, uzoq muddat davomida ishlashi, oddiyligi, solishtirma quvvatining katta bo'lishi (quvvatning element massasiga nisbati), ammo nisbatan qimmat turishi va qo'shimcha energiya manbai talab etishi quyosh batareyasining kamchiliklaridir.

Quyosh batareyasining tannarxini kamaytirish maqsadida keyingi paytlarda kristallik kremniy o'rniga amorf kremniy olish tavsiya etilmoqda. Bu esa hozirgi tannarxni qariyb 50 marta kamaytirishga olib keladi. Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirishi.

Elektroenergiya shubhasiz, foydalanish uchun eng qulay energiya shaklidir. O'rta maktab fizikasidan elektr zaryadlari, elektr toki va u bilan bog'liq elektr maydon, potensial, elektr yurituvchi kuch, tok kuchi, tok zichligi, tokning issiqlik, kimyoviy, magnitik ta'sirilari tushunchalari ma'lum. O'quvchi atom tuzilishi va atom yadrosi tuzilishi haqida asosiy ma'lumotga ham ega deb hisoblaymiz. Amalda, odamlar ko'pincha qattiq jismlar bilan ish qiladilar, biz bayon qilmoqchi masalalar ham bevosita ana shunday jismlar xossalari bilan bog'liq. Shuning uchun dastlab qattiq jismlar tuzilishi bilan qisqacha tanishaylik.

Dastavval, atom tuzilishini eslaylik. Ma'lumki, quyosh atrofida uning sayyorolari muayyan orbitalar bo'yicha aylanib turadi. Xuddi shunga o'xshash, atomning (juda kichik hajmli, atomning deyarli butun massasiga ega) musbat zaryadli yadrosi atrofida manfiy zaryadli yengil zarralar – elektronlar bir-biridan ajrim holdagi muayyan orbitalar bo'yicha aylanib turadi. Bu atomning sayyoraviy taqlidi bo'lib, uning elektronlari uchun anchagina orbitalar mavjud va ular muvozanatda yadroga yaqin holatlarda bo'ladi, ammo yadrodan uzoqda elektronlar bo'lmagan imkoniy holatlar bo'sh turadi. Atom yorug'lik energiyasini muayyan kichik ulushlar, fotonlar (foton – yorug'lik zarrasi) deb atalgan zarralar ko'rinishida yutadi, foton yutilganda atomdagi elektron yuqoriroq energiyali holatga o'tadi va aksincha, qo'zg'algan elektron yana pastki holatga o'tganda atom o'zidan bir foton yorug'lik energiyasi chiqaradi. Atomdagi elektronlar energiya holatlarini E energiya o'qida tasvirlash mulohazalarni ancha osonlashtiradi. Bir qoidani – Pauli qonunini eslatib o'tamiz. Unga ko'ra, bir energiya sathida, eng ko'pi bilan spinlari qarama-qarshi bo'lgan (tezliklar yo'nalishi) ikki elektron bo'lishi mumkin xolos, ammo sathda bir elektron bo'lishi yoki sath elektronsiz (bo'm-bo'sh) bo'lishi mumkin. Bu kimyoviy elementning atomi tarkibiga bog'liqdir. Sathlar oralig'idagi energiya qiymatlariga elektron ega bo'lolmaydi, bu oraliqlar ta'qiqlangan energiya oraliqlaridir.

Qattiq jism juda ko'p atomlardan tashkil topgan. Bu holda elektronlarning energiya holatlari (sathlari) qanday bo'ladi degan savol tug'ilishi tabiiy. Yuqorida aytilgan Pauli qonuniga muvofiq ravishda, ayrim atomning elektroni energiya sathi o'rniga qattiq jismda barcha atomlar elektronlari joylasha oladigan holatlar bo'lishi kerak. Qattiq jismni tashkil etgan atomlar soni qancha bo'lsa, mazkur holatlar soni ham o'shancha bo'lishi kerak. Bu holatlar ruxsat etilgan energiyalar oralig'ini (zonasini) tashkil etadi. Ruxsatlangan energiya orasida ta'qiqlangan energiyalar zonolari bo'shligini payqash qiyin emas.

Mazkur ruxsatlangan zonalarining elektronlar bilan qay darajada to'ldirilganligi atomlarning qaysi kimyoviy elementga tegishli bo'lishiga va binobarin, atomda necha elektron bo'lishligi va boshqa ba'zi omillarga bog'liq bo'ladi. Shunga qarab, moddalar metallar, yarim o'tkazgichlar, dielektriklar kabi

guruhlariga ajraladi. Elektrik tokini yaxshi o'tkazadigan metal moddalarda yuqori ruxsatlangan zonaning yarmisigina elektronlar bilan to'ldirilgan, ular erkin elektronlar deyiladi va ular tok o'tkazishda qatnasha oladi.

Yarim o'tkazgichlarda esa mutloq nol (K) temperaturada yuqori ruxsatlangan energiya zonasini elektronlar to'la band qilgan bo'ladi, ammo uning ustidagi zonada elektronlar yo'q. To'la to'ldirilgan zona elektronlari bog'langan, erkinmas elektronlar bo'lib, ular tok o'tkazishda qatnasha olmaydi. Bu temperaturada yarim o'tkazgich tok o'tkazmaydi (izolyator-dielektrik). Lekin, mutloq noldan yuqori har qanday temperaturada to'ldirilgan zonadagi elektronlarning biroz qismi yuqori zonaga o'tib oladi, ya'ni bog'langan elektronlar erkin elektronlarga (o'tkazuvchanlik elektronlariga) aylanadi. Yarim o'tkazgich muayyan darajada tok o'tkazadi. Bu hodisa suyuqlik molekulalarining bug' molekulalariga aylanishiga o'xshashdir.

Bog'lanishda bo'lgan elektronlar zonasi *valent zona*, erkin (o'tkazuvchanlik) elektronlar zonasi *o'tkazuvchanlik zonasi* deyiladi. Elektron valent zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tib ketganda, u bo'shatib ketgan holat o'zini musbat zaryadli harakatchan zarra sifatida tutadi va u *kovak* deyiladi, u ham tok o'tkazishda qatnasha oladi. Mazkur ikki zona oralig'ini ta'qiqlangan *E_g zona* deyiladi. Metallar va yarim o'tkazgichlar elektrik hossalarning ikki muhim tafovutiga e'tiborni jalb kilamiz.

1. Metallning elektrik o'tkazuvchanligi yarim o'tkazgichnikidan juda katta. Masalan, toza germaniy yarim o'tkazgichining o'tkazuvchanligi aksariy metallarnikidan milliardlarcha kichik.
2. Metallning elektrik qarshiligi temperatura ortgan sayin sekin ortib boradi. Aksincha, yarim o'tkazgichning qarshiligi temperatura ozgina o'zgarganda ham u minglarcha va undan ko'p darajada kamayib ketishi mumkin. Qisqasi: yarim o'tkazgich temperatura o'zgarishiga juda sezgir moddadir. Yarim o'tkazgich metallarga nisbatan beqiyos darajada, yorug'likka va boshqa tashqi ta'sirlarga ham sezgir bo'ladi. Aytib o'tilgan xossalar yarim o'tkazgichlarning tobora keng qo'llaniladi.

a) Yarim o'tkazgichda qorishmalar

Yarim o'tkazgichlarning xossalari yaxshi namoyon bo'lishi uchun ularni o'ta darajada tozalash zarur. Bu maqsadda o'ta toza moddalar sanoati barpo qilingan. Eng takomillashgan usullar bilan tozalanganda ham yarim o'tkazgichda muayyan oz miqdorda ayrim yot qirindilar qoladi. Eng muhimi shuki, yarim o'tkazgichga nazorat qilinadigan miqdorda turli elementlar atomlarini kiritish usullari ishlab chiqilgan. Bu esa, yarim o'tkazgichning elektrik, fotoelektrik va boshqa xossalarini o'zgartirish (boshqarish) imkoniyatini paydo qildi va turli-tuman vazifalarni bajaruvchi asboblarni hamda qurilmalarni yaratish mumkin bo'lib qoldi.

Misollar tariqasida elektronikaning asosiy xomashyosi kremniy kristalliga kiritiladigan kirishmalarni ko'raylik.

Agar yetarlicha yuqori temperaturada kremniy ichiga fosfor (P) atomlari kiritilsa, bu holda ular kremniy atomlari o'rniga o'rnashib oladi. Fosforning eng chetki elektroni o'z atomiga bo'sh bog'langan bo'ladi, unga ozgina E_d energiya berilsa, o'z atomidan uzilib ketadi, erkin elektronga aylanadi (o'tkazuvchanlik zonasiga o'tib oladi).

Xona temperaturasida bir zarraga to'g'ri kelgan o'rtacha issiqlik energiyasi $3/2 kT$ tartibida bo'ladi va bunda u o'tkazuvchanlik zonasiga o'tib oladi – erkin (tokda qatnashadigan) elektron bo'ladi, fosfor atomlari musbat ionga aylanadi. Bunday elektronlarni bera oladigan kirishmalarni donor kirishmalar deyiladi, ularni kiritib, o'tkazuvchanlik elektronlari ko'paytirib olgan (kovaklar nisbatan juda kam) yarim o'tkazgichni elektronli yarim o'tkazgich yoki n - tur yarim o'tkazgich deyiladi.

Endi kremniy kristaliga bor (B) elementi atomlari kiritilsa, ular ham yuqori temperaturada kremniy ichiga kiritilsa kremniy atomlari o'rnini egallaydi. Ammo, Bor (B) atomlari bittadan elektronni kremniy atomlari orasidagi bog'lanishdan o'ziga tortib olishi mumkin. Buning uchun kichik E_d energiya kifoya va Bor (B) atomlari xona temperaturasida bittadan elektronni tortib oladi. Bu bog'lanishdagi, ya'ni valent zonadagi elektron Bor (B) atomga o'tib, bu atom manfiy ion bo'ladi, uning holati bo'shab qoladi, ya'ni valent zonada kovak hosil bo'ladi demakdir.

O'ziga asosiy moddadagi bog'langan elektronlarni tortib olib, kovaklar hosil qiladigan kirishmalar akseptor kirishmalar deyiladi, ularni kiritib, kovaklarni ko'paytirib olgan (erkin elektronlari juda kam) yarim o'tkazgich *kovakli yarim o'tkazgich* yoki *p-tip* yarim o'tkazgich deyiladi. Kirishmalarni kiritishning bir necha usullari ishlab chiqilgan, kremniyga bir necha element atomlari kiritib, ularning kremniy xossalari ta'siri o'rganilgan, bu holat bilan bog'liq tadqiqotlar hozirda davom ettirilmoqda.

Shuni ta'kidlash kerakki, kirishmalarning miqdori asosiy modda (bizning misollar kremniy) miqdoridan juda kam bo'lib, asosiy moddaning elektrik, foto elektrik va boshqa ba'zi xossalarini muhim darajada o'zgartirsa-da, ammo uning tuzilishini, mexanik xossalarini, zaminij fizik-kimyoviy xossalarini o'zgartirmaydi. Masalan, kremniyga unga miqdordan million marta kam fosfor kiritilsa, toza kremniyga nisbatan uning elektrik o'tkazuvchanligini million marta oshirib yuborishi mumkin, ammo kremniyning boshqa xossalari saqlanib qoladi.

b) elektron – kovak ($p-n$) o'tish.

Aksariy yarimo'tkazgichli asboblarning (diodlar, tranzistorlar, fotoelementlar, quyosh elementlari va batareyalari, mikrosxemalar va boshqalarning) asosiy qismi elektron kovak ($p-n$) o'tishlardir. Shu sababdan $p-n$ o'tish bilan chiqish zarur.

Agar kovakli o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan (p -tur) yarim o'tkazgich elektronli o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan (n -tur) yarim o'tkazgich bilan tutashtirilsa, chegara yaqinidagi n -tur yarimo'tkazgich qatlamidan elektronlar p -tur yarim o'tkazgich tomonga o'tib ketadi, bu qatlamda erkin elektronlar juda kamayib, qo'zg'almas musbat donor ionlari qoladi, p -tur soha chegaraviy qatlamidan kovaklar n -tur yarim o'tkazgich tomonga o'tib ketadi, bu qatlamda kovaklar juda kamayib, qo'zg'almas manfiy akseptor ionlari qoladi, oqibatda ajoyib xosalarga ega bo'lgan $p-n$ o'tish qatlami hosil bo'ladi, uning asosiy xossalari qo'yidagilar:

1. $p-n$ o'tish qatlami yupqa bo'lib, undan tokda qatnasha oladigan harakatchan erkin elektronlar va kovaklarning deyarli hammasi ketib qolgan, shu boisdan uning qarshiligi juda katta, ayrim sohalar qarashligidan qarashligidan ancha

katta bo'ladi. Tashqari manbadan berilgan kuchlanish asosan shu qatlama to'g'ri keladi.

2. $p-n$ o'tishning n -soha tarafidagi qatlamida musbat ionlar, p -soha tarafidagi qatlamida manfiy ionlar bo'ladi, ya'ni bu sohani *qo'sh elektrik qatlam* deb qarash mumkin: n -sohadan p -soha tomonga yo'nalgan elektrik maydon hosil bo'lgan bo'lib, u elektronlarning n -sohadan p -sohaga o'tishiga, kovaklarning p -sohadan n -sohagacha o'tishiga to'siqlik qiladi. $p-n$ o'tishning ikki cheti orasidagi potensial ayirmasi mazkur potensil to'siqning balandligini aniqlaydi.

3. Potensial to'siqning mavjudligidan $p-n$ o'tishning o'zgaruvchan tokni to'g'rilash xossasi kelib chiqadi: u $p-n$ soha tarafdin p -soha tarafga tokni yomon (kam) o'tkazadi, n -soha tarafga yaxshi o'tkazadi.

4. $p-n$ o'tish kondensatorga o'xshash elektrik sig'imga ega, ammo bu sig'im tashqi kuchlanish kattaligi va yo'nalishiga bog'liq bo'ladi.

Endi quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantiruvchi asboblarni va qurilmalarni tavsifiga o'tamiz.

c) Termoelektrik generator

Agar elektrodlardan birini (katodni) etarlicha yuqori temperaturagacha qizdirilsa, undan ancha elektronlar tashqariga chiqib ketishi mumkin (termoelektron emissiya). Agar katod yaqinida boshqa elektrod (anod) bo'lsa, katoddan chiqqan elektronlar anodga etib boradi, garchi ikkala elektrod tashqi zanjirga ulangan bo'lsa, zanjirda elektronlar oqimi – elektrik tok hosil bo'ladi.

Katodni qizdirish uchun quyosh energiyasidan foydalanish mumkin. zanjirdan oqayotgan tok energiyasi hisobiga ish bajariladi. Kosmik apparatlarda energiya olish uchun va hatto ko'p ko'lamda ishlab chiqarish uchun termoelektrik generator deb atalgan qurilmadan foydalaniladi. Uning tuzilishi sodda, ammo FIK uncha katta emas. Termoelektrik generatorlarning yangi konstruksiyalarini yaratish, ularning FIK ini ko'tarish, ulardan foydalanish samaradorligini oshirish yo'nalishida tadqiqotlar to'xtagan emas.

2.2 Quyosh elementini ishlash prinsipi

Energetik nuqtai nazardan kelib chiqqan holda quyosh energiyasini elektr energiysiga aylantirishda yarim o'tkazgichli fotoeffektli qurilmalardan foydalanish hozirda asosiy vazifani bajarmoqda.

Chunki yarim o'tkazgichlar energiyaning bir bosqichli tekis o'tishini ta'minlaydi. Yarim o'tkazgichli fotoelektrda energiyani hosil qilish uchun fotovoltaiik effektdan foydalaniladi. Bu hodisa bir jinsli bo'lmagan yarim o'tkazgichlarga quyoshning nurlanishi ta'sir etganda vujudga keladi. Fotovoltaiik effekt 1839 – yilda fransuz fizigi Edmond Bekkerelle tomonidan kashf qilindi. Edmon tajriba o'tkazayotgan vaqti 2 ta elektrod va elektrolit batareya orqali ayrim materiyalar yorug'likda elektr energiyasini ishlab chiqarish xususiyatiga egaligini aniqladi. Shuni aytish kerakki quyosh yorug'ligi tarkibida ma'lum miqdorda energiya bor. Yorug'likning to'liq uzunligi bir xil bo'lmaganligi sababli biz bu har xillikni turli rangda ko'ramiz. Yorug'lik qabul qiluvchi yarim o'tkazgichning bir qatlamiga tushgandan keyin yorug'lik o'z energiyasini elektronga uzatadi, natijada atomda harakatlanayotgan elektron o'z orbitasini tark etadi.

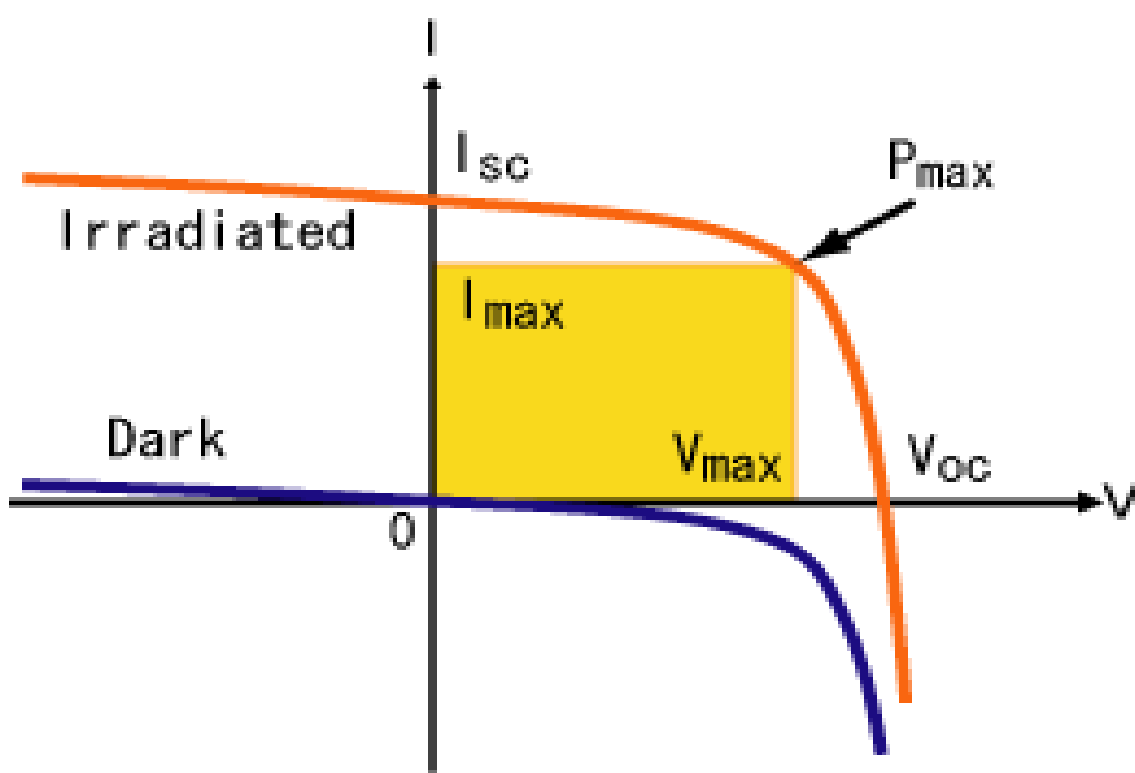
Vujudga kelgan elektronlarning harakati hosil bo'lgan elektr tokidan dalolat beradi. Lekin birinchi quyosh batareyalarini yaratish uchun oradan 40 yil o'tdi. 1883 – yilda Charliz Frits kremniyli yarim o'tkazgichni juda yupqa oltin qatlami bilan qoplaydi va quyosh batareyasini yaratadi.

Bu batareyaning FIK 1^0K dan oshmaydi. Shunga o'xshash zamoaviy fotovolt elementlar 1946-yil Ressel Oxol kampanyasi tomonidan patentlashtirilgan. Birinchi fotovoltik elementlar bilan jihozlangan yerning suniy yo'ldoshi 1957 – yilda uchirilgan.

Shundan keyin geostatsionar yo'ldoshlarning energiya ta'minoti quyosh batareyalari orqali ta'minlana boshladi. 2000–yildan boshlab kremniyli nano va polikristalli elementlarning ishlab chiqarish sanoati juda yuqori darajaga yetdi. Quyosh panellarining yerda ishlatilish sanoati ham o'z o'rnini topdi. Hozirda eng ko'p ishlatiladigan nano va polikristalli kremniylar jahon bozorini 87% ni, amorf kremniyligi 5% ni yupqa qatlamli Kadmiy–tellurli elementlar esa 4,7% ni egallagan.

2.3 Quyosh elementi, moduli va batareyalari

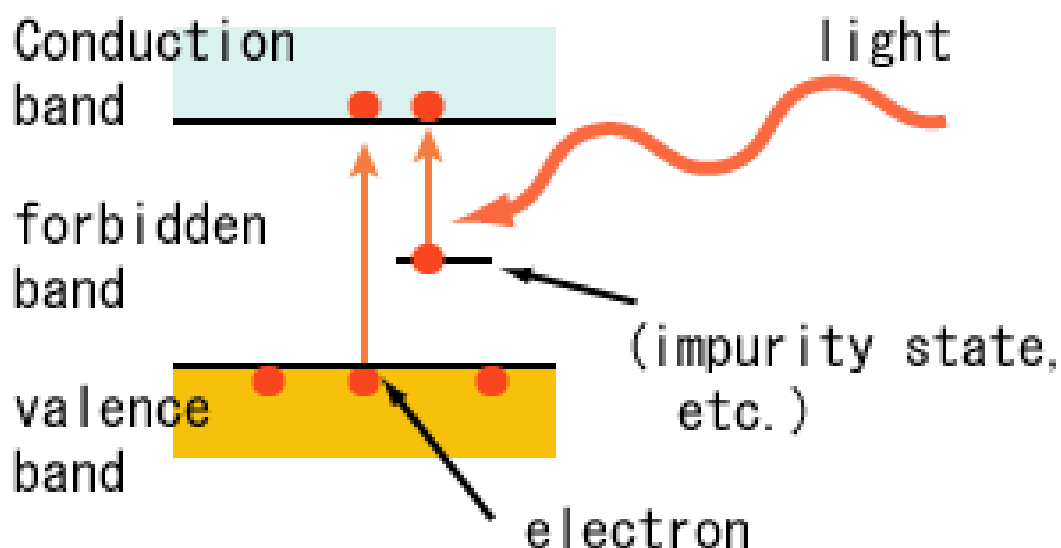
Quyosh elementi (fotoelement, fotoelektrik o'zgartirgich) yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga o'zgartiruvchi yarim o'tkazgichli pribor.



2.1-rasm. Yarim o'tkazgichga yorug'lik ya'ni foton tushganda elektron va kovaklar jufti hosil bo'lishi

Fotoelementlar p-n o'tishga asoslangan. p-n o'tish ega bo'lgan yarim o'tkazgichga yorug'lik ya'ni foton tushganda elektron va kovaklar jufti hosil bo'ladi. (2.1-rasm). Bu zaryadlardan biri asosiy zaryad tashuvchilardan bo'lmay va u katta extimollik bilan p-n o'tishdan o'tadi. Foton yutilishi yarim o'tkazgichda rekombinatsiyalanmagan zaryadlar taqsimoti hosil bo'ladi. Natijada zaryadlar zichligining tengligi buziladi. Elementni tashqi yuklamaga ulanganda zanjirdan tok oqa boshaydi. Fotoelementlarni o'rganishda salt kuchlanish va qisqa tutashuv toki foydalaniladi. Tashqi yuklama cheksiz bo'lganda element tomonidan hosil bo'lgan EYUK salt (U_{sk}) kuchlanish xisoblanadi. Tashqi yuklama nolga teng bo'lganda, qisqa tutashuv toki (I_{qt}), maksimal qiymatga erishadi. Ishchi rejim xolatida tok va kuchlanish eng kichik bo'lib, ma'lum bir sharoitda (V_{max} va I_{max}) quvvat (N_{max})

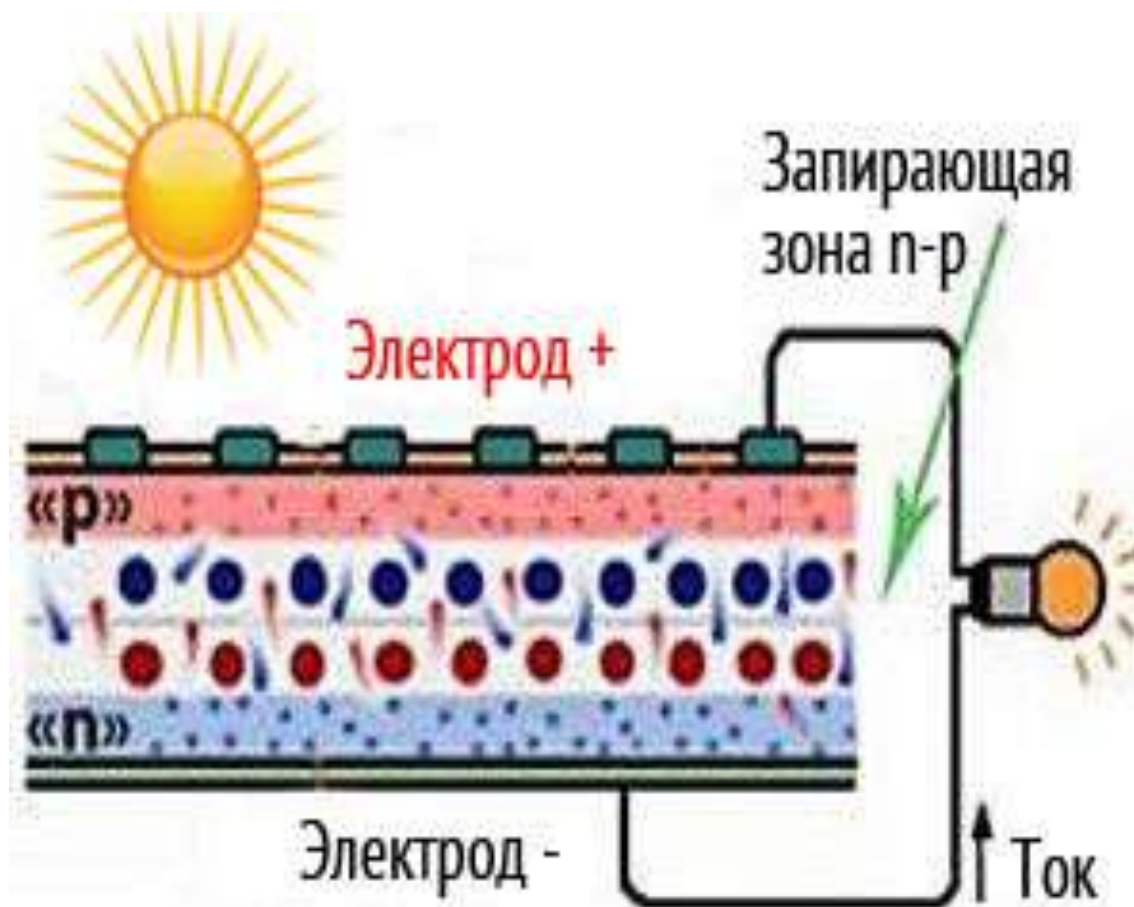
erishiladi. Fotoelementlarda fotonlarni elektron va kavak juftga effektivligini kam bo'lishi, qaytmas energiyalarni yo'qolishi hisobiga bo'ladi.



2.2-Rasm. Quyosh elementining VAX

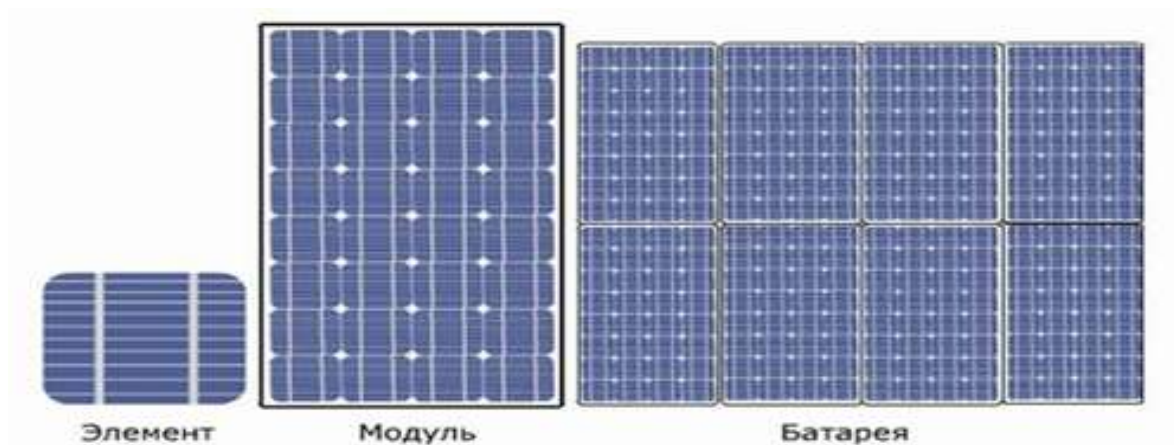
2009-yil avgust oyida Novogo Yujnogo Uelsa universiteta olimlari tomonidan laboratoriya sharoitida effektivligi 43% quyosh batareyalarini hosil qildi. Bunda ular yorug'likni maxsus linzalar bilan fotoelementga tushirishdi. Bunday fotoelement qimmatga tushadi. Hozirda fotoelement bilan shug'ullanuvchi tashkilotlar tomonidan olingan fotoelementning effektivligi 25 % tashkil qiladi. Quyosh batareyalarni ishlaash prinsipi fotoelektrik effektga asoslangan. Fotoelektrik batareyalar dunyoda keng tarqalgan kremniy elementidan tayorlanadi. Bulardan biri oksid kremniy va qum. Kremniy labortaoriya sharoitida suniy yo'l bilan ustiriladi. Odatda kremniy kub shaklida olinib, ulardan plastinkalar tayorlanadi. Bu plastinkalarning qalinligi 200 mikron bo'lib soch diametridan 3-4 barobar katta. Fotoelement tayorlash uchun olingan plastinkalarning bir tomoniga bor, ikkinchi tomoniga fosfor qatlami surkalgan. Aralashma bor bilan kantakt qilingan kremniyda elektronlar soni ko'p bo'ladi. Fosfor bilan kremniy chegarasida elektronlar yutilmaydi. U yerda kavaklar hosil bo'ladi. Ular birlashgan joyda p-n o'tish yuz beradi. Fotoelement batareyalarning sirtini quyosh nuri - fotonlar bombardimon qilinishi natijasida kremniy fosfor bilan chegaradan ortiqcha elektronlarni urib chiqaradi va ular bor bilan chegaradosh bo'lgan kremniy tomon harakatlana

boshlaydi. Zaryadlangan zararachalarni tartibli harakati natijasida elektr toki hosil bo'ladi. Fotoelementlarda metall kantaktlar hosil qilinib, ulardan tok olinadi.



2.3-rasm. Quyosh batareyalarni ishlash prinsipi

Bitta fotoelementning quvvati kichik bo'lib, kuchlanishi 0,5 volt. Quyosh moduli hosil qilish uchun 36 ta fotoelement ketma-ket ulanib, chiqishda 18 volt kuchlanish olinadi. Bu uchlanish 12 voltli akkumulyatorni zaryadka qilishga yetadi. Quyosh nuri maksimal bo'lganda berilgan kuchlanish va tokni olish mumkin. Hosil qilingan batareya qutiga solinib, tepasi shisha bilan yopiladi. Va germetizatsiya qilinadi. Fotoelement ultrabinofsha nurlar spektrini elektr energiyasiga o'zgartirgani uchun foydalanilgan shisha qisman quyosh nurini o'tkazishi kerak. Hosil qilingan modullar ketma-ket va parallel ulanib, turli quvvatli batareyalar hosil qilinadi.(2.4-rasm) Tayyor bo'lgan Quyosh elementlari parametrlarini nazorat qilish (parametrlarni o'lchash, ularning foydali ish koefitsientlarini hisoblash). Yuqorida keltirilgan texnologik jarayonlar to'liq amalga oshirilgandan so'ng Quyosh batareyalari (panellari) yig'iladi.



2.4.-rasm. Quyosh elementi, moduli va batareyasi

2.5-rasmda monokristall, polikristall va amorf quyosh elementlari keltirilgan.



2.5-rasm. Monokristall, polikristall va amorf quyosh elementlari tuzilishi.

2.4. Quyosh paneli parametrini o'lchash

Quyosh elementi, moduli va panelining samarali ishlashi uchun uning parametrlarini nazorat qilish zarur. Buning uchun elektr parametrlarini o'lchash asboblari AVOmetr va lyuksmetrlardan foydalaniladi. Amperdan A, voltdan V va Omdan O olingan bo'lib, AVOmetr pribori ishlatiladi. AVOmetrlar analog va raqamli turlarga bo'linadi. Shulardan raqamli AVOmetr bilan tanishib chiqaylik. Biz quyosh panelining elektr parametrlarini o'lchash ishlarini bajarishda DT9205A raqamli AVOmetrdan foydalanildi. DT9205A raqamli AVOmetr doimiy tok va o'zgaruvchan tok kuchi, doimiy va o'zgaruvchan kuchlanish, qarshilik, elektr sig'imi, tranzistorlarning parametrlarini o'lchash uchun xizmat qiladi. Uning analog

priborlardan afzalligi doimiy va o'zgaruvchan tokni 20A gacha o'lchash imkoni mavjud. AVOMetr yordamida o'zgaruvchan kuchlanishni 200mVdan 750Vgacha, doimiy kuchlanishni 200mVdan 1000Vgacha, domiy tokni 2mAdan 20Agacha, o'zgaruvchan tokni 20mAdan 20Agacha, elektr sig'imini 2nFdan 200mFdagacha, qarshilikni 200 Omdan 200mOmgacha o'lchash mumkin. Bundan tashqari qisqa tutashuvni tekshirish uchun ovoz chiqaruvchi muruvatdan ham foydalaniladi. Raqamli AVOMetr yordamida quyosh elementi, moduli va batareyalarining salt kuchlanish va qisqa tutashuv toki o'lchanadi. Tashqi yuklama cheksiz bo'lganda element tomonidan hosil bo'lgan EYUK salt (U_{sk}) kuchlanish hisoblanadi. Tashqi yuklama nolga teng bo'lganda, qisqa tutashuv toki (I_{qt}), maksimal qiymatga erishadi. Ishchi rejim holatida tok va kuchlanish eng kichik bo'lib, ma'lum bir sharoitda (U_{max} va I_{max}) quvvat (N_{max}) erishiladi.

Cell Type	Cell Size (mm)	Efficiency (%)	Pmax (W)	Voc (V)	Isc (A)
6" multi 	156x156	16.40	3.99	0.618	8.27
		16.20	3.94	0.616	8.21
		⋮	⋮	⋮	⋮
		15.00	3.65	0.607	7.77
6" mono 	156x156	17.60	4.21	0.624	8.63
		17.40	4.16	0.623	8.57
		⋮	⋮	⋮	⋮
		16.00	3.82	0.613	8.08
5" mono 	125x125	17.40	2.59	0.621	5.35
		17.20	2.56	0.619	5.31
		⋮	⋮	⋮	⋮
		16.00	2.38	0.609	5.08

2.6-rasm. Quyosh elementlarining o'lchamlari va elektr parametrlari

Lyuksmetrning o'lchash diapazoni 2.2-jadvalda keltirilgan.

2.2-jadval

Oʻlchash diapazoni						Lyuksmetr ning ishlash rejimi asosiy
Asosiy	KM nasadkali	Nasadkasiz	Nasadkali			
			KM	KR	KT	
5-30 20-100	- -	- -	50-300 200-1000	500-3000 2000-10000	5000-3000 20000-100000	kuchaytirgich siz
- - -	2-10 5-30 20-100	0,2-1 0,5-3 2-10	- - -	- - -	- - -	Kuchay tirgich bilan
-	-	Oʻlchash chegasini kengaytirish imkoniyat lari 0,1-0,2	-	-	-	Kuchay tirgich bilan

Nasadkalarda shartli ravishda yozilgan KM, KT, KR mos ravishda 10, 100, 1000 marta yoritilganlikni kamaytiradi.



2.7-rasm Lyuksmetrning tuzilishi

2.5. Quyosh paneli asosida energiyani saqlanish qonunini o'rganish va tatqiq etish.

Bizga ma'lumki energiyaning saqlanish qonuni fizikaning asosiy qonunlaridan biri. Ya'ni energiya yo'qdan bor bo'lmayda, bordan yo'q bo'lmaydi, balki bir turdan ikkinchi turga o'tadi. Masalan elektr energiyasi issiqlik energiyasiga, mexanik energiyaga, kimyoviy energiyaga, yorug'lik energiyasiga va h.z. Talaba va o'quvchilarga energiyaning saqlanish qonuni o'rgatish uchun quyosh panelidan foydalanish mumkin. Buning uchun 2.8-rasmda keltirilgan sxema bo'yicha mobil stand tayorlab, u yordamida talaba va o'quvchilarga energiyaning saqlanish qonuni demonstratsiya qilish mumkin. Bu stenda talaba va o'quvchilar quyosh ya'ni yorug'lik energiyasini quyosh paneli yordamida elektr energiyasiga va hosil bo'lgan elektr energiyasi kuller yordamida mexanik energiyaga, svetodiod yoritkichlarida esa yana yorug'lik energiyasiga aylanishini namoyish etiladi. Shu bilan birga quyosh panelida hosil bo'lgan EYUK (U_{sk}) kuchlanish, yuklama nolga teng bo'lganda, qisqa tutashuv toki (I_{qt}) o'lchanadi. O'lchashlar shuni ko'rsatyaptiki yorug'lik oqimi lyuksimetr yordamida o'lchaganimizda yorug'lik oqimi 900 Lyuks ni ko'rsatdi. DT9205A AVOMetr yordamida o'lchaganimizda kuchlanish esa 15.89 V ni, tok kuchi esa 0,5A ni ko'rsatdi. Bunda quyosh energiyasi yorug'lik energiyasiga o'zgarganini ko'rdik.



2.8-rasm. Energiyaning saqlanish qonuni o'rganuvchi stand

Quyosh panelida hosil boʻlgan elektr energiyasi kullarni aylantirib mexanik energiyaga aylantiriladi. Shu bilan birga quyosh panelida hosil boʻlgan elektr energiyasi 12 V lik svetodiod lampasiga berilib uni yoritadi. Quyosh paneli yordamida elektr energiyasi akkumulyatorga berib kimyoviy energiyaga aylantiradi. Yuqoridagilarni oʻquvchi va talabalarga tushuntirish natijasida qayta tiklanuvchi energiya manbalari boʻyicha bilim va koʻnikmalar hosil qilinadi. Maktab va kasb-hunar kollejlariga qayta tiklanuvchi energiya manbalari boʻyicha fanlar kiritib, ularga laboratoriya ishi “Energiyani saqlanish qonuni” boʻyicha 2.8-rasmda koʻrsatilgan qurilmalar tavsiya etiladi.

XULOSA

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyevning qarori 2017-2021-yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning 5 ta ustuvor yo'nalishi bo'yicha qayta tiklovchi energiya manbalarini rivojlantirish sohasida innovatsiya texnologiyalarini, ilmiy – texnikaviy ishlanmalarini joriy etish va energiya samaradorligini oshirish, energiya tejovchi jihozlar va asbob – uskunalarni ishlab chiqarish va maxalliyashtirishni, jumladan texnologiyalarni transfer qilish va muxandislik markazlarini tashkil etish yo'li bilan kengaytirish haqidagi farmoyishiga binoan men ushbu bitiruv malakaviy ishimda asosan quyosh nurlaridan unumli foydalanish, elektr energiyasi yetib bormagan hududlarga quyosh panellari samarali foyda berishi haqida tatqiqotlar olib bordim.

Bu bitiruv malakaviy ishimda men asosan energiyani saqlanish qonunini, bir turdan ikkinchi turga aylanishi, quyosh panelining parametrlarini o'lchash va o'lchov priborlari bilan ishlashni o'rgandim. Bu esa kelajakda talaba va o'quvchilarga muqobil energiya manbalari, xususan quyosh elektr stansiyalarini o'rnatish, ishga tushirish, sozlash, ta'mirlash va parametrlarini o'lchashda aniq tushunchalar bera olaman. Buning natijasida O'zbekistonning kichik energetikasiga katta xissa qo'shiladi va minglab ishchi o'rinlari hosil qilinadi. Fotoelementning quvvati kichik bo'lishini va kuchlanishini 0,5 volt ekanini tahlil qildim. Quyosh moduli hosil qilish uchun 36 ta fotoelement ketma-ket ulab, chiqishda 18 volt kuchlanish hosil bo'ldi. Bu kuchlanish 12 voltli akkumulyatorni zaryadka qilishga yetadi. Quyosh nuri maksimal bo'lganda berilgan kuchlanish va tokni eng yuqori bo'lishini o'rgandim. Fotoelement ultrabinafsha nurlar spektorini elektr energiyasiga o'zgartirgani uchun foydalanilgan shisha qisman quyosh nurini o'tkazishi kerak. Yana shuni aytib o'tishim joizki o'rta umum ta'lim maktablarida, akademik litsey va kasb-hunar kollejlarida fizika kursini o'qitishda ko'proq kundalik turmush texnikalari bilan o'qitish bilim olish sifatini yanada yaxshilash. Masalan akademik litsey va kasb-hunar kollejlarida quyosh paneli yordamida elektr energiyasi olishni, quyosh panellari nosozlikka uchrasa ularni tuzatishga albatta

mutaxassis kerak deb hisoblayman. Chunki bugungi kunda quyosh paneli yordamida elektr energiyasi manbalaridan keng foydalanishni davrning o'zi talab qilmoqda. Bizga ma'lumki energiyaning saqlanish qonuni fizikaning asosiy qonunlaridan biri. Ya'ni energiya yo'qdan bor bo'lmayda, bordan yo'q bo'lmaydi, balki bir turdan ikkinchi turga o'tadi. Masalan elektr energiyasi issiqlik energiyasiga, mexanik energiyaga, kimyoviy energiyaga, yorug'lik energiyasiga va h.z. Talaba va o'quvchilarga energiyaning saqlanish qonuni o'rgatish uchun quyosh panelidan foydalanish mumkin. Buning uchun 2.8-rasmda keltirilganman sxema bo'yicha mobil stend tayorlab, u yordamida talaba va o'quvchilarga energiyaning saqlanish qonuni demonstratsiya qilish mumkin. Bu stenda talaba va o'quvchilar quyosh ya'ni yorug'lik energiyasini quyosh paneli yordamida elektr energiyasiga va hosil bo'lgan elektr energiyasi kuller yordamida mexanik energiyaga, svetodiod yoritkichlarida esa yana yorug'lik energiyasiga aylanishini o'rgandim. Shu bilan birga quyosh panelida hosil bo'lgan EYUK (U_{sk}) kuchlanish, yuklama nolga teng bo'lganida, qisqa tutashuv toki (I_{qt}) o'lchadim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI

1. Ю.Н.Якубов. «Аккумуляция энергии солнечного излучения». Т., «Фан», 1981 100 с.
2. I.A.Karimov. “O‘zbekiston buyuk kelajak sari” –Т., “O‘zbekiston”, 1998. 83b.
3. А.Б.Вардияшвили «Теплообмен и гидродинамика в комбинированных солнечных теплицах с субстратом и аккумуляцией тепла» Из-во «Фан» Т. 1990.194 с.
4. Криллин.В.А. «Энергетика: Сегодня и завтра». Москва «Педагогика» 1983.
5. Oripov U.O. Bekjonov R.B. «Hozirgi zamon va kelajak energiyasi» Toshkent «Fan» 1963.
6. N.Tuxliyev. “O‘zbekiston Respublikasi iqtisodiyoti”. –Т., O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi, 1998. 237 bet.
- 7.В.Э.Степанов. Возобновляемые источники энергии на сельскохозяйственных предприятиях М. ВО-Агропромиздат, 1988. 122 с.
8. Теплотехника. - под ред. А.П.Басканова. М., «Энергоиздат», 1982 с. 130-137.
9. R.I.Grabovskiy. “Fizika kursi”. Т., “O‘qituvchi”, 1973. 560 bet.
10. Frish, Timoreva. “Fizika kursi”. Т., “O‘qituvchi”, 1976. 310-446 betlar.
11. Жимерин Д.Г. Энергетика: Настоящее и будущее. М. Энергия 1978 с.116.
12. Проценко А. «Энергетика: Сегодня и завтра». М. Энергия 1976 с. 89
13. Юдаши Л.С.Энергетика: Проблемы и надежды. М. Энергия 1988 с.93
14. Т.Эрдеи Груз. Химические источники энергии. –М., Мир, 1994. с.213.
15. G.Y.Umarov, M.Usmonov. “Quyosh energiyasidan xalq xo‘jaligida foydalanish. –Т. “Fan”, 1984. 48 bet.
16. Р.Р.Авезов, А.Ю.Орлов. «Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения». Т., «Фан», 1988. с.282.
17. Р.А.Захидов. «Эффективность солнечной энергетики». Гелиотехника. 1994. с.62-64.

18. Свен Удел. «Солнечная энергия и другие альтернативные источники энергии». Из-во «Знание», М. 1980. с.87.

19. T.A.Sodiqov, B.E.Xayriddinov. “Quyosh energiyasini akkumulyatsiyalash”. – T., “Fan”, 1986. 55-bet.

INTERNET MATERIALLARI:

1. <http://solar-panel.ru/split/kollektor.htm>
2. http://stroy-aqua.com/vodosnab_otopl/kotel/solnechne-kollektory-dlya-otopleniya-alternativnaya-energetika-svoimi-rukami.html
3. [http: // www.eleczon.ru/](http://www.eleczon.ru/)
4. [http: //www.eltray.ru/](http://www.eltray.ru/)
5. [http: //www.mirknig.com /](http://www.mirknig.com/)
6. [http: //www.twirpx.com/](http://www.twirpx.com/)
7. [http: //www.padabum.com/](http://www.padabum.com/)
8. [http: //www.library.ru/](http://www.library.ru/)
9. [http: //www.electricalschool.ru/](http://www.electricalschool.ru/)
- 10.[http:book.uz](http://book.uz) (Elektron adabiyoti kutubxonasi sayti).
- 11.[http: biblio-world.doira.uz](http://biblio-world.doira.uz) (Kutubxona, jahon kutubxonalari).







