Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

ФИЗИКА

2-қисм

11

Умумтаълим мактабларининг табиий-математик йўналишдаги 11-синфи учун дарслик

Қозоғистон Республикаси Таълим ва фан министрлиги тасдиқлаган

Алмати "Мектеп" 2020

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

УДК 373.167.1
ББК 22.3я72
Ф49

Муаллифлар:
С. Туяқбаев, Ш. Б. Насохова, Б. А. Кронгарт, М. Е. Абишев
Таржимон **М. А. Эгамқулов**

Физика. Умумтаълим мактабларининг табиий-математик йўналишдаги
Ф49 11-синфи учун дарслик. 2-қисм / С. Туяқбаев, Ш. Б. Насохова, Б. А. Кронгарт, М. Е. Абишев. — Алмати: Мектеп, 2020. — 200 б., расм.

ISBN 978—601—07—1557—8

Ф $\frac{4306021200-136}{404(05)-20}$ 72(1)—20

УДК 373.167.1
ББК 22.3я72

© Туяқбаев С., Насохова Ш. Б., Кронгарт Б. А., Абишев М. Е., 2020
© Таржимон Эгамқулов М. А., 2020
© "Мектеп" нашриёти, бадиий безак берган, 2020

Барча ҳуқуқлари ҳимояланган

Нашрга оид мулкий ҳуқуқлар "Мектеп" нашриётига тегишли

ISBN 978—601—07—1557—8

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

IV бўлим. НИСБИЙЛИК НАЗАРИЯСИНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИ

8-боб. Нисбийлик назариясининг элементлари

V бўлим. КВАНТ ФИЗИКАСИ

9-боб. Атом ва квант физикаси

10-боб. Атом ядроси физикаси

VI бўлим. НАНОТЕХНОЛОГИЯ ВА НАНОМАТЕРИАЛЛАР

11-боб. Нанотехнология ва наноматериаллар

VII бўлим. КОСМОЛОГИЯ

12-боб. Космология

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Шартли белгилар:

Амалий топшириқ

Ижодий топшириқ

Танқидий фикрлаш учун топшириқ

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

Мустақил ечиш учун масалалар

- Ўрта мураккабликдаги топшириқлар
- Юқори мураккабликдаги топшириқлар

Қўшимча ўқиш учун

Кириш сўзи

Ҳурматли ўқувчилар!

Ушбу ўқув йили сиз учун мактаб бағрида билим оладиган сўнгги йил бўлганлигидан, ҳар бир кун фойдали билим келтириши учун интилишингиз, ҳаракат қилишингиз лозим. Сабаби мактабда олинган билим — келажакда касб бўйича олинадиган махсус билимнинг чўққисига етакловчи зинага қўйилган дастлабки қадамдир.

Агар сиз физика ёки математика фанларини танласангиз, адашмадингиз. Инсоният тараққиётининг ривожлантирувчи кучи илм-фан эканлиги ҳаммамизга аён ҳақиқат. Фаннинг ютуқлари инженер генетикасини, атом энергетикасини, лазер техникасини, микроэлектроникани, космик техникани, глобал алоқа тизимларини яратилишига олиб келди. Инсоният тарихида янги меҳнат қуроли — компьютерлар пайдо бўлиб, инсоннинг ўйлаш фаолияти соҳаси кенгайди, нанотехнологиянинг жадал ривожланиши ҳамда ютуқлари оламни ўзгартира бошлади. Ҳозирги жадал ривожланиш замонида фан ютуқларининг мана шундай юқори босқичларга кўтарилишида кўплаган фанларнинг асоси ташкил этувчи физика фани ҳал қилувчи роль ўйнади.

Табиат ҳодисаларини назарий ва экспериментал нуқтаи назардан тадқиқ қилиш физиканинг асоси ҳисобланади. Шунинг натижасида қитъалар ва одамларни бир-бирига яқинлаштирадиган транспорт ва алоқа системаларининг янги турлари пайдо бўлди, космосни ўзаштириш бошланди, сунъий биологик турлар дунёга кела бошлади.

Физик тадқиқот усуллари геологияда, медицинада, квант химияда, молекуляр биологияда, биофизикада кенг қўлланилмоқда. Фаннинг олдинги жабҳаси ҳисобланган элементар зарралар физикасида охирги юз йилликда инсон онгини ҳайратга солувчи янгиликлар кашф этилди.

Ҳозирги давр талабига мос давлатимизга инженерлар, олимлар, техника ва халқ хўжалигида соҳасида изланувчан олимлар керак. Шу сабабдан ҳам, физика фанини ўқиб ўрганишнинг аҳамияти катта.

11-синф “Физика” дарслигида қуйи синфларда ўқиб ўтилган механика, механик ва электромагнит тебранишлар ва тўлқинлар, тўлқин оптикаси, атом ва ядро физикаси бўлимлари янада чуқурроқ қаралади, шунингдек, нисбийлик назарияси, элементар зарралар физикаси бўлимлари ўқиб ўрганилади.

Фанни ўзлаштириш тинимсиз меҳнатни талаб қилиши шубҳасиз, яъни фақат изланган билимни эгаллайди.

Ўқишларингизда омадлар тилаймиз!

Муаллифлар

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

IV бўлим. НИСБИЙЛИК НАЗАРИЯСИНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИ

8-боб. НИСБИЙЛИК НАЗАРИЯСИНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИ

42-§. Нисбийлик назариясининг постулатлари. Лоренц алмаштиришлари

Таянч тушунчалар:

- ✓ нисбийлик принципи
- ✓ ёруғлик тезлиги
- ✓ Галилейнинг нисбийлик принципи
- ✓ ёруғлик тезлигининг доимийлиги принципи
- ✓ галилей алмаштиришлари
- ✓ лоренц алмаштиришлари
- ✓ хусусий вақт
- ✓ хусусий узунлик

Бугун дарсда:

- Галилейнинг нисбийлик принципи ва Эйнштейннинг нисбийлик назарияси орасидаги боғланиш;
- назариядаги асосий тушунчалар;
- назариянинг натижалари ва эффектларибилан танишасиз.

Нисбийлик назарияси — XIX асрнинг охири ва XX асрнинг бошларида Лоренц, Пуанкаре ва Эйнштейн меҳнатлари асосида яратилган фазо ва вақтдаги физик жараёнлар қандай боришини тавсифловчи назария. Нисбийлик назариясининг математик асослари тўлиқ 1900 йили Пуанкаре асарларида эълон қилинган, бироқ кўпчилик бу назарияни Эйнштейннинг нисбийлик назарияси деб аташига сабаб — унинг “эфир” тушунчасидан воз кечиш орқали бўш фазо ҳақида янги кўзқараш киритиши ва шу давр физиклари жамиятига нисбийлик назариясини энг тушунарли тарзда баён қилиши бўлди.

Исталган назария унинг асосини ташкил этувчи принципларга таянади. Эйнштейннинг нисбийлик назарияси асосида шундай икки фундаментал постулатлар ётади. Булар — Эйнштейннинг *нисбийлик принципи* ва сигналларнинг *тарқалиш тезлигининг чеклилиги* (ёруғлик тезлигининг доимийлиги). Шу икки постулатни қараб чиқайлик.

Эйнштейннинг нисбийлик принципи асосида Галилейнинг нисбийлик принципи ётади. Галилей исталган саноқ системалари ичида алоҳида бир инерциал саноқ системалари мавжудлигини киритди.

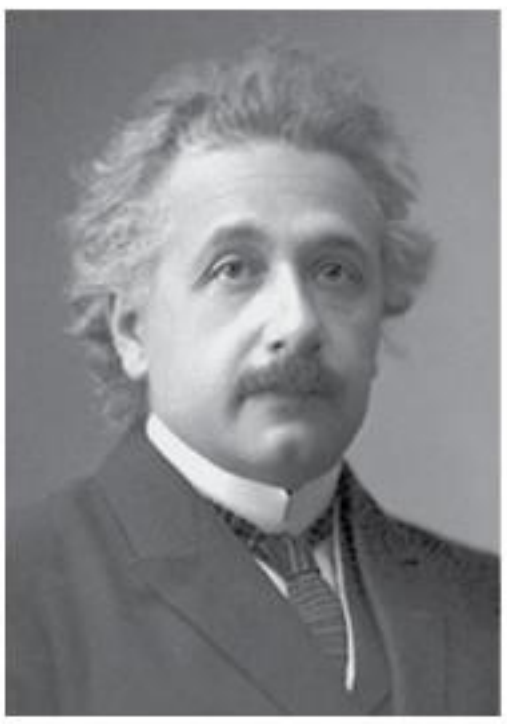
Бундай системаларда текис илгариланма механик ҳаракат нисбий бўлар экан.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Хендрик Антон Лоренц (1853—1928)

Анри Пуанкаре (1854—1912)



Альберт Эйнштейн (1879—1955)

Сиз буни биласиз

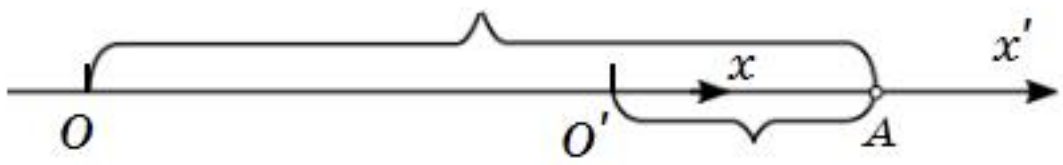
Жисмга ташқи кучлар таъсир этмаганда жисм тинчликда ёки тўғри чизиқли текис ҳаракатда бўладиган саноқ системаларини *инерциал саноқ системалари* деб аталади. Агар бир инерциал саноқ системасини танлаб олинса, унга нисбатан қиймати ва йўналиши бўйича ўзгармас тезликда ҳаракатланувчи барча саноқ системалари инерциал саноқ системаларихисобланади.

Табиатдаги барча ҳодисалар уч ўлчовли фазо ва бир ўлчовли вақтда мавжуд бўлади. Галилейнинг нисбийлик принципи — фазо ҳамда вақтнинг хоссаларини тавсифловчи принцип. Галилейнинг кашфиётининг моҳияти — текис илгариланма, тўғри чизиқли ҳаракатнинг абсолют эмас, нисбий эканлигида.

Нисбийликнинг энг содда мисоли сифатида бир ўлчамли фазо — тўғри чизиқни қарайлик. Агар чексиз узун тўғри чизиқ бўйлаб координата киритадиган бўлсак, саноқ бошини ўз танловимизга кўра исталган жойга белгилашимиз мумкин, демак тўғри чизиқ устида берилган нуқтанинг координатаси нисбий: унинг қиймати биз танлаб олган O ёки O' саноқ боши нуқтаси билан солиштириш орқалигина аниқланади (42.1-расм). Текислик ва фазода ҳам худди шундай ҳолат ўрин олади. Бироқ бу — геометрик нисбийлик.

Физикада биз инерциал саноқ системаси координаталарининг бош нуқтаси вазиятинигина ўз танловимиз бўйича олишдан ташқари, унинг тезлигини ҳам ўз хоҳишимиз бўйича танлаб олишимизга бўлар экан. Мана шу ҳолатни Галилей биринчи марта пайқаб, замонавий механиканинг асосини яратди.

Биз танлаб олган K' саноқ системаси тинчликдаги K саноқ системасига нисбатан x ўқи йўналишида ўзгармас v_0 (нисбий) тезликда ҳаракатлана бошласин (42.2-расм).



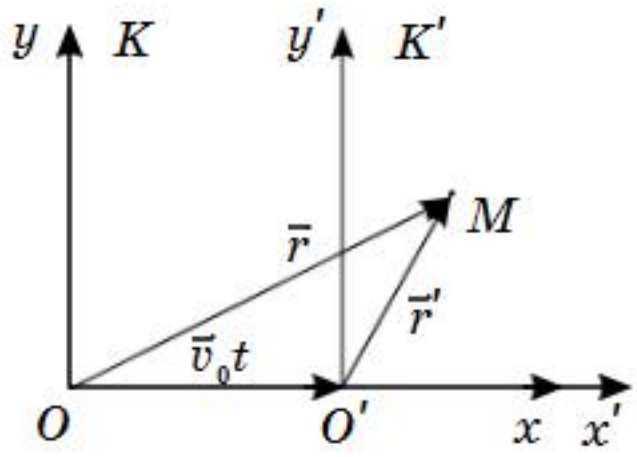
42.1-расм

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Шу системадаги биз қараётган ҳаракатдаги зарранинг x' координатаси билан унинг тинчликдаги санақ системадаги x координатаси орасидаги боғланиш қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$x' = x - v_0 t. \qquad (42.1)$$



42.2-расм

Бу ерда ҳар икки санақ системасида ҳам вақт ўтиши бирдай деб қабулланади: $t' = t$.

Галилейнинг нисбийлик принципини математик ифодаси ушбу формула билан берилади:

$$\vec{r}' = \vec{r} - \vec{v}_0 t, \qquad (42.2)$$

ташкил этувчилар орқали

$$\begin{cases} x' = x - v_0 t, \\ y' = y, \\ z' = z, \\ t' = t; \end{cases} \qquad (42.3)$$

агар тескари алмаштирсак

$$\begin{cases} x = x' + v_0 t, \\ y = y', \\ z = z', \\ t = t'. \end{cases} \qquad (42.4)$$

Булар координата алмаштиришлари формулалари ҳисобланди. Тинчликдаги санақ системасидан ўзгармас v_0 тезлик билан ҳаракатланадиган санақ системасига ўтишдаги координата алмаштиришлари *Галилей алмаштиришлари* деб аталади.

Умумий ҳолда K санақ системасидаги зарранинг ҳаракат қонуни

$$x = x_0 + v_x t.$$

$t = 0$ вақт моментида $x = x_0$ ва $x' = x_0$.

K' санақ системасидаги зарранинг ҳаракат тезлиги

$$x' = x_0 + v'_x t. \qquad (42.5)$$

Бу ифода тезликни алмаштириш (қўшиш) формуласи деб аталади. Ташкил этувчилари орқали

$$\begin{cases} v'_x = v_x - v_0, \\ v'_y = v_y, \\ v'_z = v_z; \end{cases} \qquad (42.6)$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

тескари алмаштириш

$$\begin{cases} v_x = v'_x + v_0, \\ v_y = v'_y, \\ v_z = v'_z. \end{cases} \qquad (42.7)$$

Галилей алмаштиришларини қўллаганда зарранинг ҳаракат тенгламаси ўз шаклини ўзгартирмайди. У ҳаракатдаги саноқ системаси учун ҳам, тинчликдаги саноқ системаси учун ҳам бирдай. Шу сабабдан ҳаракат қонунлари ҳам икки система учун бирдай бўлади.

Галилей алмаштиришлари вақтида ҳаракат тенгламаларининг шакли ўзгармаслиги шу ҳаракат тенгламаларининг Галилей алмаштиришларига нисбатан инвариантлиги деб аталади. Галилейнинг механик нисбийлик принципини хулосалайдиган биринчи постулат қуйидагича ўқилади: **ҳеч қандай механик тажриба орқали инерциал саноқ системасининг тинчликда турганлигини, ёки ҳаракатланаётганлигини аниқлаш мумкин эмас.** Тинчликдаги саноқ системаси билан тўғри чизиқли ва текис ҳаракатдаги саноқ системалари учун ҳаракат қонунлари бирдай бўлганлигидан, қиймати ва йўналиши бўйича ўзгармас бўлган ҳаракатларни ҳеч қандай механик тажрибалар орқали аниқлаш мумкин эмас. Ҳеч қандай абсолют тезлик йўқ, фақат нисбий тезликкина мавжуд. Демак, тўғри чизиқли ва текис ҳаракат нисбий кўринишдагина аниқланади.

Мана шу омил, яъни Галилей алмаштиришларига нисбатан ҳаракат тенгламаларининг инвариантлиги *Галилейнинг нисбийлик принципи* деб аталади.

Галилейнинг нисбийлик принципи бўйича механиканинг барча қонунлари исталган инерциал саноқ системаларида бирдай бажарилади. Уларни биз ўз хоҳишимизча, масалани ҳал қилишда қулайлигига ёки бошқа заруриятга кўра танлай оламиз.

Эйнштейннинг нисбийлик принципи бўйича физиканинг барча қонунлари исталган инерциал саноқ системаларида бирдай бажарилади. Демак, майдон ёки ҳаракат тенгламалари бир инерциал саноқ системасидан иккинчисига ўтганда ўзгармайди, яъни координата ва вақтга боғлиқ алмаштиришларга нисбатан (Лоренц алмаштиришлари) инвариант бўлади. Исталган физик жараён тенгламаларининг бундай хоссаси *Лоренц инвариантлиги* деб аталади.

Эйнштейннинг нисбийлик назариясидаги нисбийлик принципининг *Галилейнинг* нисбийлик принципидан фарқи — инерциал саноқ системасида фақат механик жараёнларгина эмас, балки *барча физик жараёнлар бирдай юз беради*. Демак, исталган инерциал саноқ системасида ҳеч қандай физик (фақат механик эмас) тажриба ўтказиш орқали унинг

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

тезлигини аниқлаш мумкин эмас. Эйнштейн Галилейнинг нисбийлик принципини умумлаштириб, унинг қўлланиш соҳасини кенгайтирди.

Эйнштейннинг нисбийлик принципининг математик ифодаси ушбу формула билан берилади:

$$\begin{cases} x' = \dfrac{x - v_0 t}{\sqrt{1 - \dfrac{v_0^2}{c^2}}}, \\ y' = y, \\ z' = z, \\ t' = \dfrac{t - \dfrac{v_0}{c^2} x}{\sqrt{1 - \dfrac{v_0^2}{c^2}}}; \end{cases}$$

тескари алмаштириш

$$\begin{cases} x = \dfrac{x' + v_0 t}{\sqrt{1 - \dfrac{v_0^2}{c^2}}}, \\ y = y', \\ z = z', \\ t = \dfrac{t' + \dfrac{v_0}{c^2} x'}{\sqrt{1 - \dfrac{v_0^2}{c^2}}}. \end{cases}$$

Эйнштейннинг нисбийлик назариясида тинчликдаги саноқ системасидан ўзгармас v_0 тезликда ҳаракатланадиган саноқ системасига кўчишда координата алмаштиришлари *Лоренц алмаштиришлари* деб аталади.

Шунга мос тезликларни алмаштириш (қўшиш) формуласи

$$\begin{cases} v'_x = \dfrac{v_x - v_0}{1 - \dfrac{v_0}{c^2} v_x}, \\ v'_y = \dfrac{v_y \sqrt{1 - \dfrac{v_0^2}{c^2}}}{1 - \dfrac{v_0}{c^2} v_x}, \\ v'_z = \dfrac{v_z \sqrt{1 - \dfrac{v_0^2}{c^2}}}{1 - \dfrac{v_0}{c^2} v_x}; \end{cases}$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

тескари алмаштириш

$$\begin{cases} v_x = \dfrac{v'_x + v_0}{1 + \dfrac{v_0}{c^2} v'_x}, \\ v_y = \dfrac{v'_y \sqrt{1 - \dfrac{v_0^2}{c^2}}}{1 + \dfrac{v_0}{c^2} v'_x}, \\ v_z = \dfrac{v'_z \sqrt{1 - \dfrac{v_0^2}{c^2}}}{1 + \dfrac{v_0}{c^2} v'_x}. \end{cases}$$

Бу формулаларда классик механикада ўрин олган $\frac{v_0}{c} \approx 0$ шартни қўлласак, Лоренц алмаштиришлари ҳам, тезликларни қўшиш формулалари ҳам Галилей алмаштиришлари (42.4) билан классик тезликни қўшиш формулаларига (42.7) алмашишини кўрамиз. **Демак, Эйнштейннинг нисбийлик принципи Галилейнинг нисбийлик принципини ўз ичига олади деб** айта оламиз.

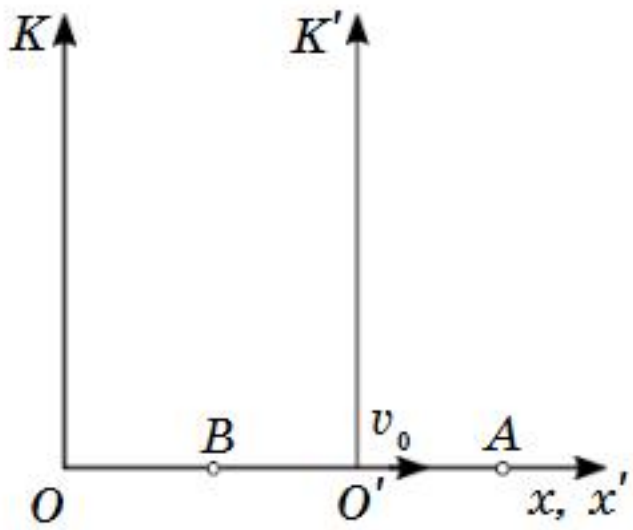
Энди сигналлар тарқалиш тезлигининг чеклилиги (ёруғлик тезлигининг доимийлиги) принципини қарайлик. Олимлар экспериментлар ва кузатишлар орқали барча саноқ системаларида исталган сигналнинг тезлиги чекли ва унинг энг юқори чегараси бир қийматга эга бўлишини аниқлашди. Бу тезликнинг $c = 2{,}99 \cdot 10^8$ м/с ёруғликнинг вакуумдаги тезлигига мос келиши — ёруғликнинг мумкин бўлган энг катта тезликда таралишида. Яқинда кашф этилган гравитацион тўлқинлар ҳам шу тезликда тарқалиши исботланди, тезлаткичлардаги зарралар ҳам, ёруғликдан бошқа космик нурлар ҳам шу тезликка интилади, ундан ортиқ бўла олмайди. *Бу тезлик универсал доимий ҳисобланади.* Бу принцип ҳам фазо ва вақтнинг хоссасини тавсифлайди. Энергия ва ахборот ёруғлик тезлигидан катта тезликда тарқала олмайди. Бугунги кунгача бу принципнинг бузилиши кузатилган эмас. Классик механикада бир инерциал саноқ системасидан иккинчи инерциал саноқ системасига ўтганда фазо ва вақт хоссалари ўзгармайди. Вақт ўтиши саноқ системаларига боғлиқ эмас. У исталган инерциал саноқ системаларида бирдай юз беради.

Эйнштейннинг нисбийлик назарияси бўйича эса бу бошқача. Вақт абсолют эмас. Унинг ўтиши турли саноқ системаларида турлича қийматга эга бўлади. Ҳаракатдаги K' саноқ системасидаги координата системасининг O' бош нуқтасидан қарама-қарши бирдай масофада жойлашган A ва B нуқталарига сигналнинг етиб келиши воқеасини

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

K ва K' санақ системаларида қараб чиқайлик (42.3-расм).



42.3-расм

Тинчликдаги K санақ системасидаги сигналнинг тарқалиш тезлиги доимий, у c-га тенг. Сигнал B *ва* A нуқталарга бирдай вақт моментида етади. Ҳаракатдаги K' санақ системасида эса сигнал A нуқтага олдинроқ етади. Сабаби ёруғлик тезлиги бунда ҳам c га тенг бўлгани билан, K' санақ системасида A нуқта координата системасининг бошига томон ҳаракатланмоқда, B нуқта эса ҳаракатдаги координата системасининг бошидан узоқлашмоқда. Демак, А. Эйнштейннинг иккинчи постулати қуйидагича ифодаланади: ***бир санақ системасида бир пайтдаги воқеалар бошқа санақ системаларида бир пайтда содир бўлмайди.*** Бу ҳолат бир *вақтлиликнинг нисбийлиги деб аталади.*

Хусусий вақт. Ҳаракатдаги соат dt вақт оралиғида $dx = v_0 dt$ масофани ўтади. Энди Лоренц алмаштиришларидан фойдаланиб, соат билан бирга ҳаракатланаётган инерциал санақ системасидаги вақт интервалини ёзсак,

$$dt' = \frac{dt - \frac{v_0}{c^2}dx}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} = \frac{dt - \frac{v_0}{c^2}v_0 dt}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} = \frac{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}dt = dt\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}. \qquad (42.8)$$

Демак, вақт интервали икки системада икки хил:

$$dt' = dt\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}. \qquad (42.9)$$

Чексиз кичик dt вақт интервали билан чекланган Δt вақт интервалига кўчсак

$$\Delta t' = \Delta t\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}, \qquad (42.10)$$

тескари алмаштириш

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}. \qquad (42.11)$$

Берилган объект билан бирга ҳаракатланадиган соат орқали ўлчанадиган вақт *хусусий вақт* деб аталади. Ҳаракатдаги соат тинчликдаги соатга қараганда секин юради: $\Delta t' < \Delta t$, сабаби илдиз остидаги қиймат доим бирдан кичик бўлади.

Инерциал санақ системалари тенг ҳуқуқли бўлганлигидан, бу эффект тескари алмаштириш ҳолида ҳам бажарилади. Агар икки соатнинг юришини икки турли санақ системасидан қарасак, ҳаракатдаги соат

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

тинчликдаги соатдан секин юради. Бироқ энди ҳаракатдаги кузатувчи ўзини тинчликда турибман деб ҳисоблаб, биринчи соат юришини кузатса, унинг юриши секинлашганини сезади. Бу ҳолат *вақт секинлашишининг нисбийлигини* кўрсатади.

Хусусий узунлик. Узунликнинг қисқариши. Ҳаракатланаётган саноқ системасида узунлиги l_0 стержень оламиз:

$$l_0 = x_2' - x_1', \tag{42.12}$$

бу ерда l_0 — стерженнинг *хусусий узунлиги деб аталади*. Тинчликдаги саноқ системасида маълум бир t вақтда стержень учлари координаталари:

$$x_1' = \frac{x_1 - v_0 t}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}, \tag{42.13}$$

$$x_2' = \frac{x_2 - v_0 t}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}. \tag{42.14}$$

Шу икки нуқтанинг оралиғи:

$$l_0 = \Delta x' = \frac{\Delta x}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} = \frac{l}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}, \tag{42.15}$$

бу ерда $l = x_2 - x_1$.

Тинчликдаги саноқ системасидаги стерженнинг узунлиги

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}. \tag{42.16}$$

Демак, ҳаракатдаги стержен тинчликдаги стержендан қисқа бўлади. Ҳаракатдаги стерженнинг қисқаришини *узунликнинг қисқариши* деб аталади. Перпендикуляр йўналишлардаги ўлчамлар ўзгаришсиз қолади. Мос ҳолда ҳаракатдаги жисмнинг ўлчами ҳаракат йўналишида қисқаради ва ҳажм камаяди:

$$V = V_0 \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}, \tag{42.17}$$

бу ерда V_0 — хусусий ҳажм (жисмнинг хусусий ҳажми).

Вақт юришини таҳлил қилганда унинг нисбийлигини аниқлаган эдик, худди шу ҳолат бу ерда ҳам ўрин олади. Шу сабабли *узунлик ҳам нисбий* эканини эслатамиз. Шундай қилиб, Эйнштейннинг нисбийлик принципи физик тушунчаларга тубдан қайта қарашга мажбур қиладиган назария бўлиб ҳисобланади.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

1. *Инерциал саноқ системаларидегани нима?*
2. *Галилей алмаштиришлари ва Лоренц алмаштиришлари нимани тавсифлайди?*
4. *Лоренц алмаштиришлари Галилей алмаштиришларига ўтишини исботланг.*
5. *Эйнштейннинг нисбийлик назарияси асосида қандай принциплар ётади?*
6. *Вақт қандай саноқ системасидасекинлашади?*
7. *Хусусийвақт деганимиз нима?*
8. *Хусусийузунлик тушунчаси нима учун киритилди?*
9. *Лоренц қисқариши натижасида ҳажм ўзгарадими?*

*10. *Тезликларни қўшиш натижаси ётуғлик тезлигидан катта бўла оладими?*

"Нисбийлик назарияси: ГалилейданЭйнштейнгача" мавзусида баёнот тайёрланг.

20-машқ

1. Космик кема 0,8 с тезликда ҳаракатланганда тинчликдаги кузатувчига нисбатан узунлигини ҳисобланг. Тинчликдаги кеманинг узунлиги 100 м.

Жавоби: 60 м.

2. Радиуси 1 м доира чекка нуқтаси ўз ўқи атрофида 0,99 с чизиқли тезликда айланмоқда. Айлана узунлигини радиусига нисбати нимага тенг бўлади?

Жавоби: 0,88.

3. Олдинги масала шарти бўйича, доира четида турган кузатувчи учун доира бўйлаб айланиш частотаси қандай бўлади?

Жавоби: $2{,}96 \cdot 10^8$ Гц.

4. Икки кема тинчликдаги кузатувчига нисбатан 0,7 с тезликда қарамақарши учиб келмоқда. Уларнинг бир-бирига нисбатан тезлиги қандай?

Жавоби: 0,94 c = $2{,}818 \cdot 10^8$ м/с.

*5. Олдинги масала шарти бўйича, биринчи кемадаги кузатувчи учун, унда 1 мин вақт ўтганда тинчликдаги кузатувчида ва иккинчи кемада қанча вақт ўтади?

Жавоби: 0,71 мин; 0,34 мин.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

43-§. Энергия. Релятивистик механикада импульс ва масса. Моддий жисм учун энергия билан массанинг боғланиш қонуни

Таянч тушунчалар:

- ✓ релятивистик механика
- ✓ тўрт ўлчамли фазо

Бугун дарсда:

- зарядланган зарралар тезлаткичларининг ишлаш принципини, уларда юзага келадиган релятивистик эффектниҳисобга олиб танишасиз.

Эйнштейннинг нисбийлик принципига асосланган механика *релятивтик механика* деб аталади. Эйнштейннинг нисбийлик принципида фазо ҳамда вақт абсолют ва мустақил бўла олмайди. Қисқача айтганда, фазо ҳамда вақт ўз ҳолича алоҳида яшай олмайди, фақат уларнинг комбинацияси, яъни физик воқеаларнинг *тўрт ўлчамли фазоси* бор. Ҳар бир физик воқеага уч фазовий координата ва вақт мос келеади. Шундай (x, y, z, t) тўрт координата орқали ҳарактерланувчи нуқтани воқеа ёки *олам нуқтаси* деб аталади. Шу нуқтанинг вақт ўтиши билан ҳаракатидан пайдо бўладиган траекторияни *олам чизиги* деб аталади. Мос ҳолда барча физик катталиклар тўрт ўлчамли характерга эга бўлади. Энергия билан импульс бирлашиб, тўрт ўлчамли импульс векторига айланади. Унинг уч ўлчамли қисми оддий импульс, вақт ташкил этувчиси эса энергияга мос келади.

Масса ва энергиянинг эквивалентлиги. Релятивистик механикадаги механик катталикларнинг ўзаро боғланишини ифодалайлик. Массаси бор зарралар учун релятивистик импульс ва энергия қуйидаги формулалар билан берилади:

$$\vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \qquad (43.1)$$

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \qquad (43.2)$$

$v = c$ бўлганда зарранинг импульси билан энергияси чексизликка айланади. Массаси m зарра ёруғлик тезлигига тенг тезлик билан ҳаракатлана алмайди, сабаби бунинг учун чексиз кўп энергия керак. Шунга қарамасдан, релятивистик механикада тинчлик массаси нолга тенг ва ёруғлик тезлигида ҳаракатланадиган зарралар учрайди. Уларнинг импульси нолга тенг бўлмаслиги тажрибада аниқланган (Комптон эффекти). Уларга юқорида келтирилган формула ярамайди. Масалан, ёруғлик (фотон) — массаси нолга тенг зарра. Уни характерлаш учун

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

импульс ва энергия орасидаги боғланишни топайлик. Бунинг учун энергия квадратини турлантирамиз:

$$E^2 = \frac{m_0^2c^4}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)} = \frac{m_0^2c^4 - m_0^2v^2c^4 + m_0^2v^2c^4}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)} = m_0^2c^4 + \frac{m_0^2v^2c^2}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)} = m^2c^4 + p^2c^2.$$

Релятивистик механикадаги энергия ва импульс боғланиши

$$E = \sqrt{p^2c^2 + m_0^2c^4}\,. \qquad (43.3)$$

Бу — импульс орқали ифодаланган энергия. Бу ифода физикадаги барча зарралар учун бажариладиган фундаментал муносабатни белгилайди. Тинчликдаги зарра импульси нолга тенг. Бундан тинчлик энергияси формуласи чиқади:

$$E_0 = mc^2. \qquad (43.4)$$

Бу формула *масса ва энергиянинг эквивалентлигини кўрсатадиган* алоҳида формула ҳисобланади. Бу ерда масса энергияга айлана олади ва аксинча деган тушунча пайдо бўлади.

Бу муносабатни биринчи марта 1889 йили Хевисайд электромагнит майдон энергиясининг массаси бор эканлигини тахмин қилганда ёзган. Эйнштейн 1905 жили бу формула исталган зарралар учун бажарилишини тасдиқлади. Агар (43.3) ифодада масса нолга тенг бўлса

$$E = pc. \qquad (43.5)$$

Массаси нолга тенг зарранинг энергияси унинг импульсига пропорционал. Бу формула исталган массасиз зарра учун бажарилади.

Енди релятивистик импульс векторини массасиз олиш учун уни ёруғлик тезлигининг квадратига кўпайтириб, бўлайлик:

$$\vec{p} = \frac{m_0c^2\frac{\vec{v}}{c^2}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{E\vec{v}}{c^2}.$$

Ёруғлик учун $v = c$ ва (43.5) формуладаги импульс модули қуйидаги формулага алмашади:

$$p = \frac{E}{c}. \qquad (43.6)$$

Фотоннинг энергияси унинг частотаси орқали

$$E = h\nu, \qquad (43.7)$$

эканлигини ҳисобга олсак, импульс қуйидагига тенг:

$$p = \frac{h\nu}{c}. \qquad (43.8)$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Массаси йўқ бўлишига қарамасдан, фотоннинг импульси бор экан. Бу формула фотоннинг электронлар билан тўқнашиши ҳодисасини тушунтиради. Демак, релятивистик механика инертликни энергия ва импульс билан боғлайди. Шу жойда релятивистик инертлик одатдаги масса тушунчасига мос келмаслигини айтиб ўтиш керак.

Норелятивистик ҳолга алмашганда энергия бўйича қаторга ажралади:

$$E = m_0c^2\left\{1 + \frac{v^2}{2c^2} + \cdots\right\} = m_0c^2 + \frac{m_0v^2}{2} + \cdots.$$

$$E = m_0c^2 + E_k \approx m_0c^2 + \frac{m_0v^2}{2}.$$

Зарранинг кинетик энергияси унинг тўлиқ энергияси ва тинчлик энергияси фарқига тенг:

$$E_k = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0c^2. \qquad (43.9)$$

Кинетик энергия бу формуласи классик формуладан фарқ қилиши кўриниб турибди.

Энергия — аддитив катталик. Агар унга таъсирлашиш энергиясини қўшсак,

$$E = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} + E_p. \qquad (43.10)$$

Таъсирлашиш энергияси мусбат ҳам, манфий ҳам бўла олади. Агар таъсирлашиш тортилишга мос келса, у манфий, агар итаришишга мос келса, мусбат бўлади.

Мисол сифатида Ер билан Ой орасидаги тортишиш энергияси:

$$E_p = -G\frac{m_{Ой}m_{Ер}}{r_{Ой}r_{Ер}}.$$

Бу системанинг тўлиқ энергияси

$$E = \frac{m_{Ой}c^2}{\sqrt{1 - \frac{v_{Ой}^2}{c^2}}} + \frac{m_{Ер}c^2}{\sqrt{1 - \frac{v_{Ер}^2}{c^2}}} - G\frac{m_{Ой}m_{Ер}}{r_{Ой}r_{Ер}}.$$

Боғланган жисмлар системасининг таъсирлашиш энергияси системанинг массалар маркази кинетик энергиялари йиғиндисидан кўп бўлади. Юқоридаги формулага кўра Ой-Ер системасининг тўлиқ энергияси алоҳида Ой билан Ернинг тўлиқ энергиялари йиғиндисидан кам

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

бўлишини кўрамиз. Бу система масса марказлари системасида тинч турганлигидан, $E = mc^2$ формула орқали система массаси алоҳида массалар йиғиндисидан кам бўлишини кўрамиз:

$$m < m_{0й} + m_{Ер}.$$

Атом ядросида ҳам шундай ҳолат кузатилади. Ядро массаси уни ташкил этувчи протонлар ва нейтронлар массаларининг йиғиндисидан кам бўлади. Баъзи бир оғир ядролар массаси у емирилган икки енгил ядролар массалари йиғиндисидан катта бўлади. Шундай реакцияларда жуда катта энергия ажралиб чиқади.

Умуман олганда, релятивистик механикада масса инвариант бўлади. Бироқ соддалик учун инвариант массани тинчлик массаси деб, ҳаракатдаги зарра энергиясини ёруғлик тезлиги квадратига бўлиб,

$$m_и = \frac{E}{c^2} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

релятивистик инерт масса тушунчасини киритиш мумкин. Бу ҳолда энергия учун умумий формул

$$E = m_и c^2.$$

Энди куч ва тезланиш ҳақида айтайлик. Ньютоннинг иккинчи қонуни релятивтик механикада қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}. \qquad (43.11)$$

Шу ифодага импульс формуласини қўйиб ёзсак,

$$\vec{F} = \frac{m_0 \vec{a}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} + \frac{m_0 \vec{v}(\vec{a}\vec{v})}{c^2 \sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^3}}.$$

Умумий ҳолда куч ва тезланиш бир хил йўналган эмас экан. Агар тезланиш билан тезлик бир хил йўналган ҳолни қарасак ва формулани скаляр кўринишда ёзсак:

$$F = \frac{m_0 a}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^3}}, \qquad (43.12)$$

тезланиш формуласи

$$a = \frac{F}{m_0}\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^3}. \qquad (43.13)$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Тезланиш фақат кучгагина пропорционал эмас, тезликка ҳам боғлиқ экан. Тезлик ёруғлик тезлигига интилганда тезланиш нолга интилади. Зарра тезлиги қандай куч билан таъсир этсак ҳам ёруғлик тезлигига етолмайди. Бироқ энергия ва импульсга ҳеч қандай чегара йўқ. Зарра энергияси ва импульси исталган катта қийматга эга бўла олади.

Эйнштейннинг нисбийлик назарияси эффектлари энг аниқ тарзда элементар зарралар тезлаткичларида кўринади, шу сабабдан мисол сифатида тезлаткичлардаги жараёнларни қарайлик. Бу қурилмаларда зарралар жуда катта энергияларгача тезлатилганлигидан, уларнинг тезликлари ёруғлик тезлигига жуда яқин қийматларгача боради. Масалан, катта адрон коллайдерида протонлар 7 тераэлектронвольт (ТэВ) (1 эВ = 1,602 176 6208(98) · 10^{-19} Ж, 1 ТэВ = 1012 эВ, 1 ГэВ = 109 эВ, 1 МэВ = 106 эВ) энергиягача тезлатилади. Протон массаси электронвольт билан олинганда 938,2720813(58) МэВ ≈ 1 ГэВ, яъни коллайдердаги протоннинг энергияси унинг тинчлик энергиясидан тахминан 7000 марта кўп. Қарама-қарши учиб келаётган шундай икки протон тўқнашиши 14000 қўшимча протон-антипротонларни ёки 28000000 электрон-позитронларни (массаси 0,5109989461(31) МэВ) ҳосил қила олади. Ҳақиқатда ҳам, тўқнашиш натижасида энергиянинг сақланиши шартини қаноатлантирган ҳолда минглаган исталган зарралар тасодифий энергия билан пайдо бўла олади. Уларнинг кўпчилиги яшаш вақти оз ностабил зарралардир. Масалан, мюон (массаси 105,6583745(24) МэВ, тинчликдаги яшаш вақти 2,19703(4) · 10^{-6} с) 1 ГэВ энергия билан пайдо бўлсин. Унинг тезлигини аниқлайлик:

$$m = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{Ж} \cdot 105{,}65 \cdot 10^{6}\ \text{эВ}}{(2{,}99 \cdot 10^{-8}\ \text{м/с})^2} = 1{,}88 \cdot 10^{-28}\ \text{кг}.$$

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$ формуласидан $$v = c\sqrt{1 - \frac{\left(m_0 c^2\right)^2}{E^2}} = c\sqrt{1 - \frac{1}{100}} = 0{,}995\ c,$$

мос ҳолда $t' = t\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ формуласидан яшаш вақти

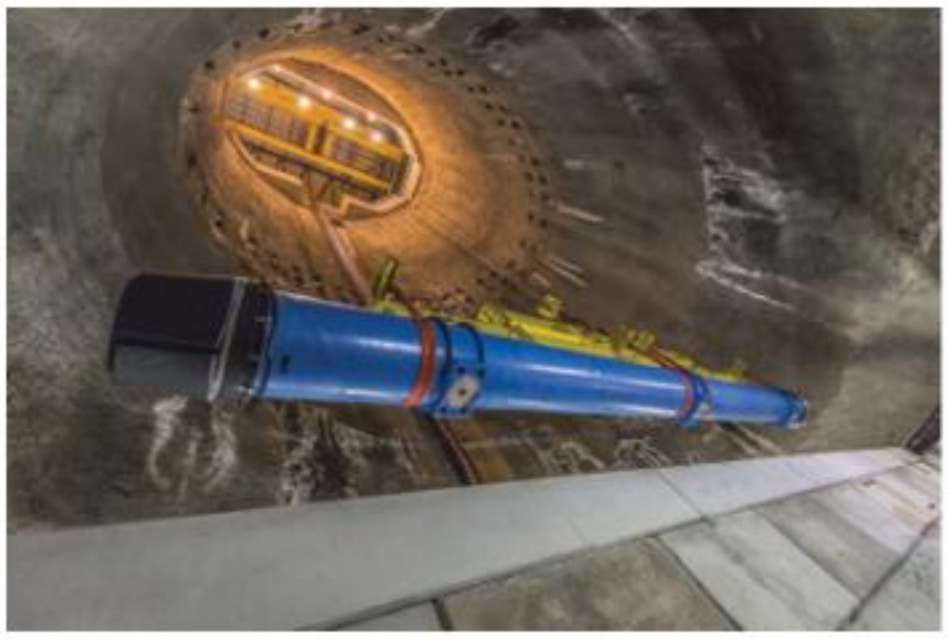
$$t' = 2{,}197 \cdot 10^{-6}\ \text{с};\quad t = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{2{,}2 \cdot 10^{-6}\ \text{с}}{\sqrt{1 - 0{,}995^2}} = 2{,}2 \cdot 10^{-4}\ \text{с}.$$

Демак, тинчликдаги кузатувчи учун мюоннинг яшаш вақти берилган энергияда юз марта ортади экан. Энергияси ортгани сайин яшаш вақти ҳам ортаверади.

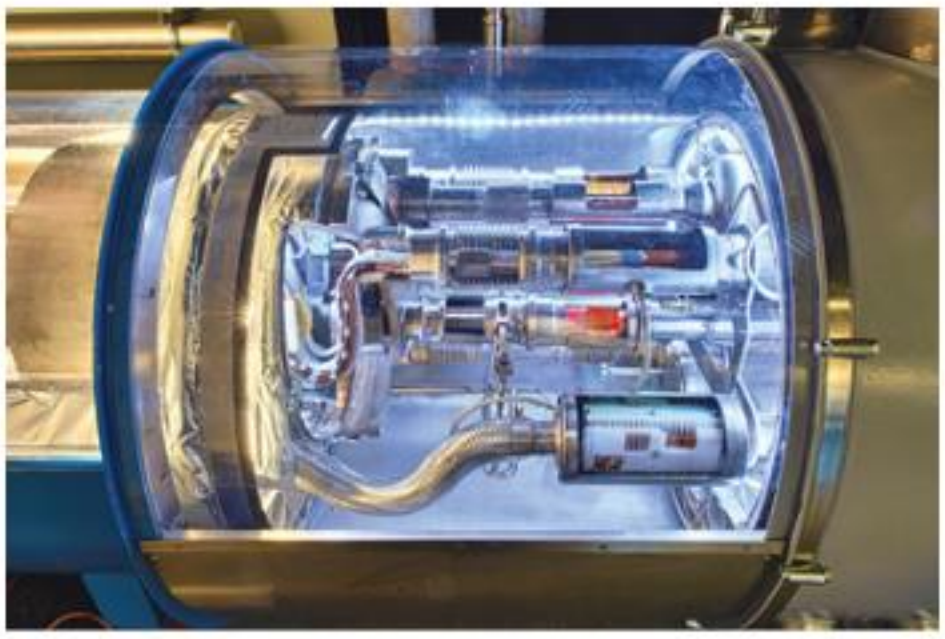
Энди зарядланган зарралар тезлаткичларининг ишлаш принципини қарайлик. Катта адронли коллайдерда протонлар 7 ТэВ энергиягача тезлатилишини айтганмиз (43.1-расм). Тезлатиш электр майдони ёрда-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

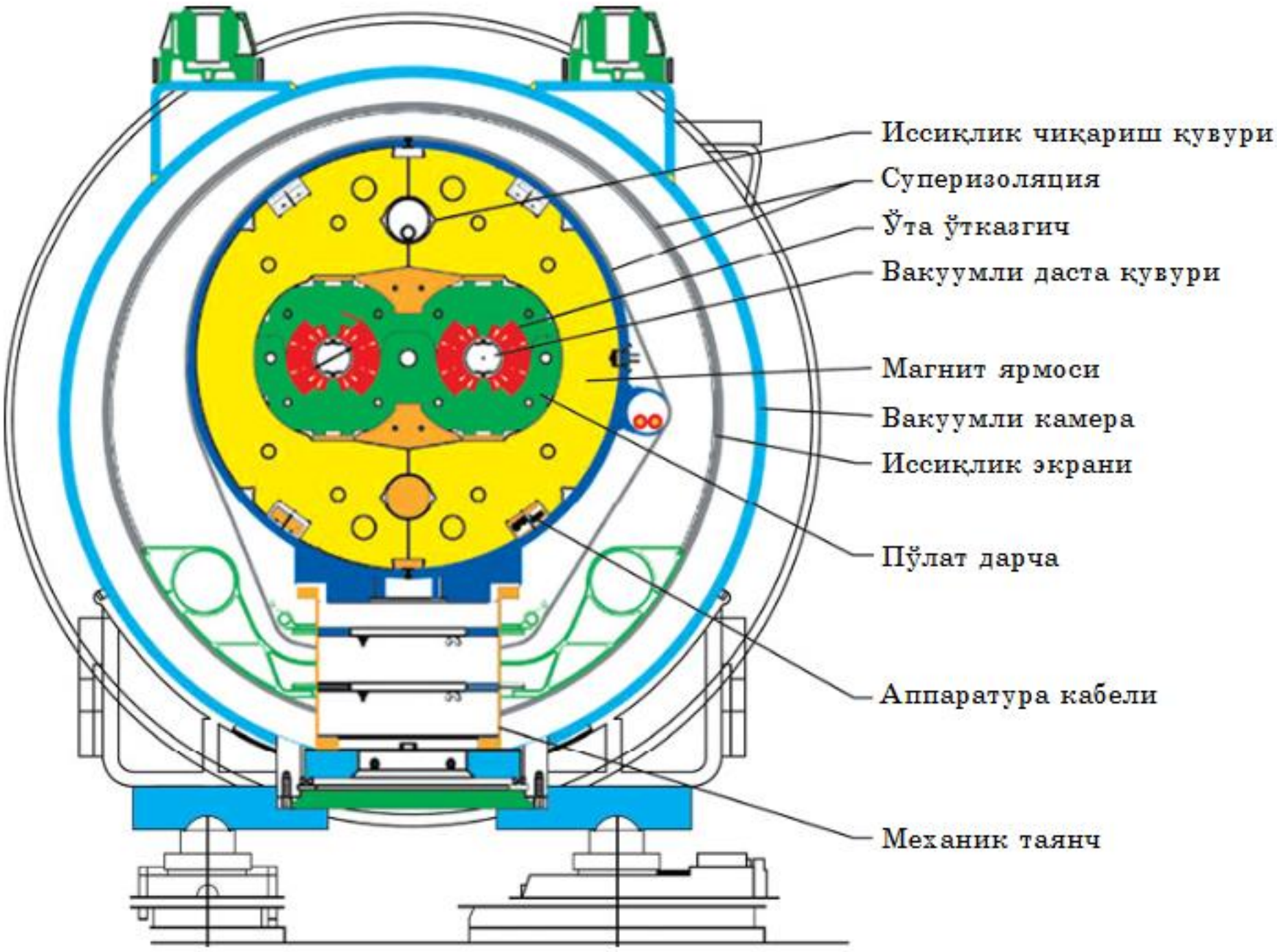


43.1-расм. LHC диполли моментни жойлаштириш пайти



43.2-расм. Икки LHC диагоналли магнитларнинг ўзаро боғланишган жойи

мида амалга оширилади ва унинг соҳаси чекланганлигидан, зарраларни тезлатиш вақтида буриш керак (43.2-расм). Буриш магнит майдони ёрдамида амалга оширилади. Бироқ тезлатиш борасида зарранинг инерт массаси кучли ортади ва уни буриш учун жуда кучли ўта ўтказувчан магнитлар (8,3 Тл) ишлатилиши керак бўлади (43.3-расм). Энергия қанча кўп бўлса, магнит майдони ҳам шунча кучли бўлиши керак.



43.3-расм. Бурувчи магнитнинг кўндаланг кесими

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

1. *Релятивистикимпульснинг ўзига хос хусусияти қандай?*
2. *Ёруғликнинг массаси ва импульси қандай?*
3. *Масса, энергия ва импульс ўзаро қандай муносабатда?*
4. *Массасибор зарралар тезлиги нега ёруғлик тезлигигаета олмайди?*
5. *Ёруғлик нима сабабдан секинлаша олмайди?*
6. *Электроннинг кинетик энергиясиборми?*
7. *Нима учун ностабил элементар зарраларнинг яшаш вақтлари турли шароитларда ўзгариб туроади?*
8. *Электроннинг инертлик массаси протоннинг массасидан катта бўла оладими?*

*9. *Тезлик ва тезланиш перпендикулярбўлгандакуч ва тезланиш муносабати қандай бўлади?*

10. *Атомнинг массаси алоҳида протонлар, нейтронлар ва электронлар массалари йиғиндисидан кўпми ёки озми?*

Тинчлик энергияларини аниқланг. Икки магнитни олиб, улар ёпишган ҳолатида ва алоҳида турганда массалари фарқини топинг.

1. Ядро энергияси нима учун кимёвий энергиядан жуда катта?
2. Кучнинг тезланиш билан боғланишидан унинг икки ташкил этувчидан иборат-лигини кўрдинглар. Уларнинг нисбати қиймати бўйича энг кўп ва энг оз бўладиган ҳолларини текширинг.
3. GPSсистемасидакоординаталарни аниқлашда нисбийлик назариясини қўлланиб ҳисоблашлар юритилади. Бунинг сабаби нимада?

Масала ечиш намуналари

1-масала. 0,8 c тезликда ҳаракатланадиган стерженнинг узунлиги нимага тенг? Стерженнинг тинчликдаги узунлиги 1 м.

Ечилиши. $l = l_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\, l = l_0\sqrt{1 - \frac{(0{,}8c)^2}{c^2}} = l_0\sqrt{1 - 0{,}64} = 0{,}6l_0;$

$l = 0{,}6 \cdot 1$ м $= 60$ см.

2-масала. Инертлик массаси 2 марта ортиши учун зарра қандай тезликда ҳаракатланиши керак?

Ечилиши. $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$; $m = 2m_0$; $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{m_0}{m}$; $\frac{v^2}{c^2} = 1 - \left(\frac{m_0}{m}\right)^2$;

$v = c\sqrt{1 - \left(\frac{m_0}{m}\right)^2} = c\sqrt{1 - \frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}c = 0{,}87c.$

3-масала. 0,7 c тезликда Ердан узоқлашиб бораётган космик кема-дан кема ҳаракати йўналишида стержень отилган. Стерженнинг Ерга нисбатан тезлиги 0,9 c. Стерженнинг космик кемага нисбатан тезлиги қандай?

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Ечиш. v — космик кеманинг Ерга нисбатан ҳаракат тезлиги, v_1 — стерженнинг космик кемага нисбатан тезлиги, v_2 — стерженнинг Ерге нисбатан тезлиги. Унда $v = 0{,}7\ c$, $v_2 = 0{,}9\ c$. v_1 ни топиш керак.

Релятивистик тезликларни қўшиш қонунини фойдаланиб:

$$v_2 = \frac{v_1 + v}{1 + \frac{v_1 v}{c^2}}.$$

Топамиз: $v_1 + v = v_2\left(1 + \frac{v_1 v}{c^2}\right)$; $v_1\left(1 - \frac{v_2 v}{c^2}\right) = v_2 - v$;

$$v_1 = \frac{v_2 - v}{\left(1 - \frac{v_2 v}{c^2}\right)} = \frac{0{,}9c - 0{,}7c}{(1 - 0{,}9 \cdot 0{,}7)} = \frac{0{,}2c}{0{,}37} = 0{,}54c.$$

21-машқ

1. Космик кеманинг 0,8 с тезлик билан ҳаракатлангандаги кинетик энергиясини топинг. Тинчликдаги кеманинг массаси 1000 т.

   Жавоби: $2 \cdot 10^{14}$ Дж.

2. Радиуси 1 м айлана бўйлаб тинчлик массаси 1 г жисм 0,99 с чизиқли тезликда ҳаракатланмоқда. Жисмга қандай марказга интилма куч таъсир этади?

   Жавоби: $62{,}53 \cdot 10^{13}$ Н.

3. Олдинги масала шарти бўйича кузатувчига нисбатан жисмнинг тезланишини топинг.

   Жавоби: $8{,}82 \cdot 10^{16}$ м/с^2.

4. Водород атомининг массасини Кулон қонунидан фойдаланиб топинг. Протон билан электрон Бор радиуси масофасида тинч турибди деб ҳисобланг. Водород атоми массасини массанинг атом бирлиги билан солиштиринг.

   Жавоби: $m_p + m_e - 0{,}3 \cdot 10^{-34}$ кг.

*5. Олдинги масала шарти бўйича электрон протонни айланиб ҳаракатланаётган пайтдаги атом массасини топинг. Масса ортадими ёки камаядими?

   Жавоби: $m_p + m_e - 0{,}3 \cdot 10^{-34}$ кг $+ 0{,}15 \cdot 10^{-34}$ кг.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

8-бобнинг асосий мазмуни

• Махсус нисбийлик назарияси икки постулатга асоланган:

1) барча физик ҳодисалар ҳар қандай инерциал санақ системаларида бирдай ўтади;

2) вакуумдаги ёруғлик тезлиги ўзгармас ва у чекли тезлик.

• *Ҳаракатдаги соат юриши тинч турган соатга қараганда секинлашади*:

$\Delta t = \dfrac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}}$, яъни қўзғалмас соат билан ўлчанган Δt вақт ҳаракатдаги соат билан ўлчанган $\Delta t'$ вақтдан ортиқ бўлади.

• *Узунлик қисқаради*: $l = l_0\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}$. Ҳаракатдаги объектнинг l узунлиги тинчликдаги l_0 узунликдан қисқа;

• Жисмнинг тезлиги ортганда ($v \to c$) унинг массаси

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}}$$

формулага мос ортади, яъни ҳаракатдаги жисмнинг m массаси жисмнинг m_0 тинчлик массасидан катта.

• Релятивистик физикада модда ва майдон орасида муҳим боғланиш бор:

$$E_0 = m_0c^2 \text{ ва } E = mc^2,$$

бу ерда E_0 — жисмнинг тинчлик энергияси, m_0 — жисмнинг тинчлик массаси, c — вакуумдаги ёруғлик тезлиги, E — жисмнинг тўлиқ энергияси.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

V бўлим. КВАНТ ФИЗИКАСИ

9-боб. АТОМ ВА КВАНТ ФИЗИКАСИ

44-§. Нурланиш турлари

Таянч тушунчалар:

- ✓ нурланиш манбаи
- ✓ иссиқликдан нурланиш
- ✓ электролюминесценция
- ✓ катодолюминесценция
- ✓ хемилюминесценция
- ✓ фотолюминесценция

Бугун дарсда:

- нурланишнинг асосий турлари билан ва уларнинг манбалари билан танишасиз;
- нурланиш манбаларининг классификацияси ҳақида маълумот оласиз.

Сиз буни биласиз

Фазода электромагнит тебранишларнинг тарқалиш жараёни *электромагнит тўлқинлар* деб аталади. Электромагнит тўлқинлар электр зарядларининг тезланувчан ҳаракати вақтида чиқарилади. Тўлқин узунлиги (частотаси) турли электромагнит тўлқинлар турлича хоссаларга эга. Масалан, фақат 780 нм-дан 400 нм-гача жуда ингичка тўлқин узунликлари интервалидаги электромагнит тўлқинларгина одам кўзига кўринадиган ёруғлик таъсирини юзага келтиради. Радиотўлқинлар, инфрақизил, ультрабинафша, рентген нурлари ҳам электромагнит тўлқинларга киради.

Электромагнит тўлқинларни чиқариш ва тарқалиш жараёнлари *нурланиш деб* аталади. ***Нурланиш манбаи** — бу нурланишни чиқарадиган қандайдир бир модда* (жисм) *ёки қурилма.* Электромагнит тўлқинлар моддани таркибига кирадиган зарядланган зарраларнинг тезланувчан ҳаракати вақтида нурланганлиги учун, нурланиш манбаи атомлар ҳисобланади. Атом нурлана бошлаши учун унга ташқаридан қандайдир бир миқдорда энергия бериш керак. Шу берилган энергия нурланиш давомида сарфланади, шу сабабдан нурланиш узлуксиз бориши учун моддага узлуксиз энергия бериб туриш керак.

Нурланиш манбаларининг классификацияси. Барча электромагнит нурланиш манбалари *табиий ва сунъий* бўлиб икки гуруҳга бўлинади.

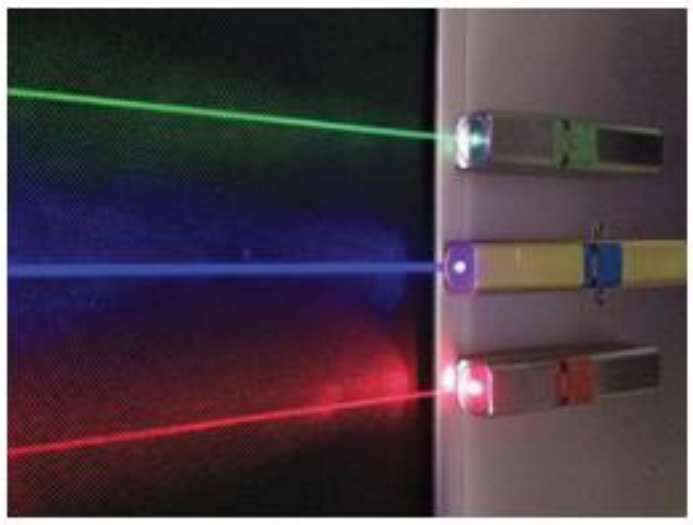
Табиий манбаларга Қуёш, Ой, планеталар, юлдузлар, Ер атмосфераси ва сирти киради. Табиий манбаларнинг нурланиш интенсивлигини ўзгартира олмаймиз, шу сабабли улардан қуёш батареялари каби пассив системаларда ёки илмий тадқиқотларда фойдаланилади. Табиий нурланиш манбалари табиий фон ҳосил қилади, улар ер сиртдаги ҳаётнинг мавжудлигида энг муҳим рол бажаради ва атроф муҳитга анчагина таъсир қилади.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

а)

б)



в)

г)

44.1-расм. Сунъий нурланиш манбалари:

а) люминесцент лампа; *б*) газ разряд лампаси; *в*) лазерлар; *г*) ёруғлик диодлари

Сунъий нурланиш манбалари — бу ёруғлик нурларини чиқариш учун қўлланиладиган турлича тузилишга эга техник қурилмалар (масалан, ёруғлик лампалари, фонарлар). Сунъий манбаларда, одатда, электр энергияси ёруғлик энергиясига айланади, баъзан кимёвий энергия ёки ёруғлик чиқаришнинг бошқа усуллари қўлланилиши мумкин. Улар ҳар хил амалий мақсадларда фойдаланилади. Ўз навбатида, оптик диапазондаги нурланиш манбаларини *иссиқлик, люминесцент, газ разрядли, оптик-квант генераторлар* (*лазерлар*) ва *ёруғлик диодлари деб* ажратишга бўлади.

Ҳарорати абсолют нолдан юқори исталган жисм *иссиқликдан нурланиш манбаи* бўла олади. Ер сиртидаги энг қувватли иссиқликдан нурланиш манбаи — бу Қуёш. Чўғланма лампа, аланга, иситиш радиаторлари, электр иситиш асбоблари, ернинг сиртқи қатлами ҳам иссиқликдан нурланиш манбалари ҳисобланади.

Люминесцент манбаларда (44.1, *а*-расм) атомлар билан электронлар электромагнит майдон орқали уйғотилади. Люминесцент лампалар совуқ нурланиш манбаларига киради. Люминесцент нурланиш когерент эмас, у барча йўналишда чиқарилади ва унинг спектр диапазони иссиқликдан нурланишникидан анча кичик.

Газ разрядли манба (44.1, *б*-расм) деб спектрнинг оптик диапазонидаги нурланишнинг инерт газларда, металл буғларида ёки уларнинг аралашмаларида электр разряд натижасида пайдо бўладиган асбобларга айтилади. Газ разрядли асбоблар ҳам сунъий ёруғлик манбаларига киради.

Квант генераторларда (лазерларда) (44.1, *в*-расм) нурланиш электронларнинг юқори энергетик сатҳлардан қуйи сатҳларга индукцион ўтиши натижасида пайдо бўлади, у когерент, монохромат ва жуда кичик фазовий бурчак ичида тарқалади.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Ёруғлик диодли лампаларнинг (яримўтказгич диодларнинг) (44.1, *г*-расм) ишлаш принципи электр токи *p-n* ўтиш орқали ўтганда пайдо бўладиган электролюминесценция ҳодисасига асосланган.

Нурланиш турлари. Нурланишнинг асосий турларини қарайлик. Уларга иссиқликдан нурланиш ва люминесценция: электролюминесценция, катодолюминесценция, хемилюминесценция, фотолюминесценция ҳодисалари киради.

Иссиқликдан нурланиш — бу қизиган жисмларнинг нурланиши. Унинг баъзи характеристикалари билан 9-синфдан танишсиз. Иссиқликдан нурланиш нур чиқараётган жисм атомларининг (ёки молекулаларининг) иссиқлик ҳаракати энергиясининг ҳисобига боради. Тез атомлар (молекулалар) бир-бири билан тўқнашган вақтда уларни энергиясининг бир қисми атомларни уйғотишга сарфланади, сўнгра бу атомлар нурланади. Иссиқликдан нурланишнинг частота диапазони жуда кенг, у когерент эмас ва нурланиш барча йўналишда таралади.

Электролюминесценция. Бу нурланиш газлардан электр токининг ўтиши билан бирга боради. Газдаги разряд вақтида электр майдони электронларга катта кинетик энергия беради. Юқори тезликкача тезлатилган электронлар газ атомлари билан ноэластик тўқнашиб, натижада электронларнинг кинетик энергиясининг бир қисми атомларни уйғотишга сарфланади. Уйғонган атомлар энергияни ёруғлик тўлқинлари сифатида чиқаради. Натижада газдаги разряд вақтида нурланиш кузатилади. Бу — *электролюминесценция.* Электролюминесценция ҳодисаси реклама чироқларида ишлатилади.

Электролюминесценциянинг табиатдаги кўринишларидан бири — бу *қутб ёғдуси ҳодисаси* (44.2-расм). Қуёшдан чиқадиган зарядланган зарралар оқими Ернинг магнит майдонини қамраб олади. Улар Ернинг магнит қутблари атрофида атмосферанинг юқори қатламларидаги атомларни уйғотади. Бу атомлар уйғонган ҳолатдан асосий ҳолатга ўтганда ёруғлик нурлари чиқади.

44.2-расм. Шимолий қутб ёғдуси

Катодолюминесценция ҳодисасида тез электронлар оқими туширилганда модда милтиллаган ёруғлик чиқаради. *Электронлар билан бомбардимон қилинганда қаттиқ жисмларнинг ёруғлик чиқариши* ***катодолюминесценция деб аталади.*** Катодолюминесценция ҳодисаси вакуумли техникада қўлланилади. Телевизорларнинг, ҳар хил осциллографларнинг экранларининг ёруғланиши асосида като-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

а)

б)

44.3-расм. Ялтироқ қўнғизлар:
а) ўрмондаги ялтироқ қўнғизлар;
б) ғордаги ялтироқ қўнғизлар

долюминесценция ҳодисаси ётади. Шунингдек бу ҳодиса электрон дасталари билан уйғотиладиган лазерларнинг ҳам асосини ташкил қилади. ***Хемилюминесценция*** — бу энергия ажралиши билан борадиган баъзи кимёвий реакцияларда пайдо бўладиган нурланиш. Реакцияда ажралган энергиянинг бир қисми нурланишга сарфланади ва бу вақтда ёруғлик манбаи совуқ бўлиб қолаверади. Бу ҳодисанинг табиатдаги мисоли ялтироқ қўнғизлар (44.3-расм) ҳисобланади. Бундай хусусиятга баъзи бактериялар, ҳашаротлар, чуқур сувларда яшовчи баъзи балиқлар ҳам эга.

Фотолюминесценция — бу баъзи жисмларнинг ўзларига тушган ёруғлик таъсирида нурланиши. Моддага тушган ёруғлик энергиясининг бир қисмини атомлар ютади ва уйғонган ҳолатга ўтади. Сўнгра атом ютган энергиясини нурланиш тарзида ажратиб чиқаради. Бунга мисол сифатида қоронғуда нурланувчи бўёқларни олишга бўлади.

Фотолюминесценция кундузги ёруғлик лампаларида, ёруғланувчи шкалалар тайёрлашда, микробиология билан медицинада кенг қўлланилади.

1. *Нурланиш манбаига таъриф беринг.*
2. *Табиий нурланиш манбаларига мисоллар келтиринг.*
3. *Сунъий нурланиш манбаларигамисолларкелтиринг.Улардақандай энергия айланишлари бўлади?*
4. *Сунъий нурланиш манбаларининг қандай турларини биласиз? Уларнинг характеристикаларихақида айтиб беринг.*

*5. *Нурланишнинг асосий турлари қандай?*

Ахборот тўплаб, “Денгиз тубида яшовчи ўзидан ёруғлик чиқарувчи жонзотлар” мавзусида эссе ёзинг.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

45-§. Спектрлар. Спектрал анализ, спектрал аппаратлар

Таянч тушунчалар:

- ✓ чиқариш спектри
- ✓ ютилиш спектри
- ✓ Туташ спектр
- ✓ чизиқли спектр
- ✓ йўл-йўл спектр
- ✓ спектрал анализ
- ✓ спектрал аппаратлар

Бугун дарсда:

- нурланиш ва ютилиш спектрлари билан танишасиз;
- спектралаппаратларнингишлашпринципини ва уларнинг қўлланиш соҳасини ўрганасиз.

Чизиқли нурланиш спектрларининг кашф этилиши ва уларнинг асосий қонуниятларини ўрганилиши атом физикасини юзага келиб, янада ривожланишига таъсир этган муҳим экспериментал фактларнинг биридир. Спектрларнинг турларини ва уларнинг асосий қонуниятларини қараб чиқайлик.

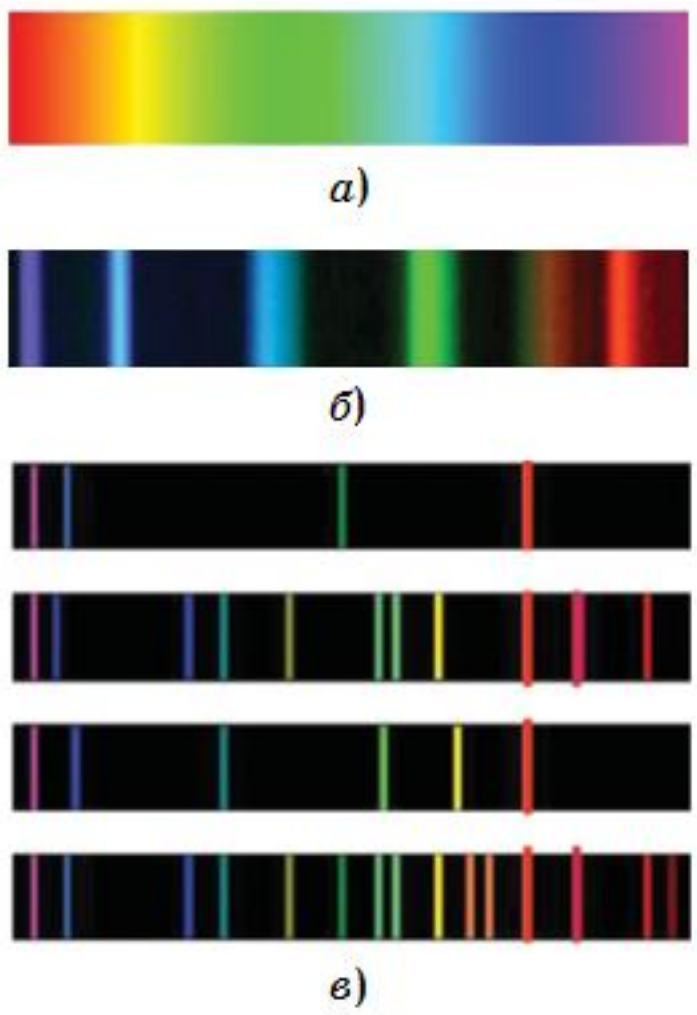
Нурланиш спектрлари. Модда чиқарган нурнинг таркибинда учрайдиган барча тўлқин узунликларининг йиғиндиси *нурланиш спектри деб* аталади. Нурланиш спектрларининг уч тури бор:

1) туташ (узлуксиз) спектр;
2) чизиқли (атомар) спектр;
3) йўл-йўл (молекулаляр) спектр.

Туташ спектрни қизиган қаттиқ жисмлар, суюқликлар ва катта босимдаги қизиган газлар чиқаради. Бу спектрда ёруғлик ранглари бирбирига аста-секин, узлуксиз алмашади. Ранглар орасида аниқ чегара йўқ (45.1, *а*-расм).

Йўл-йўл спектрни молекулалари бир-бири билан заиф боғланган, қаттиқ қизиган моддалар беради. Бу спектр бир чети аниқ, иккинчи чети секин хиралашиб, йўқолиб кетадиган йўлаклардан иборат (45.1, *б*-расм).

Чизиқли спектр — бу қора фонда алоҳида-алоҳида жойлашган, ёруғ ингичка аниқ чизиқлардан иборат оптик спектр (45.1, *в*-расм). Чизиқли спектрни қаттиқ қиздирилган сийрак газлар ёки исталган кимёвий элементнинг қизиган буғлари чиқаради.

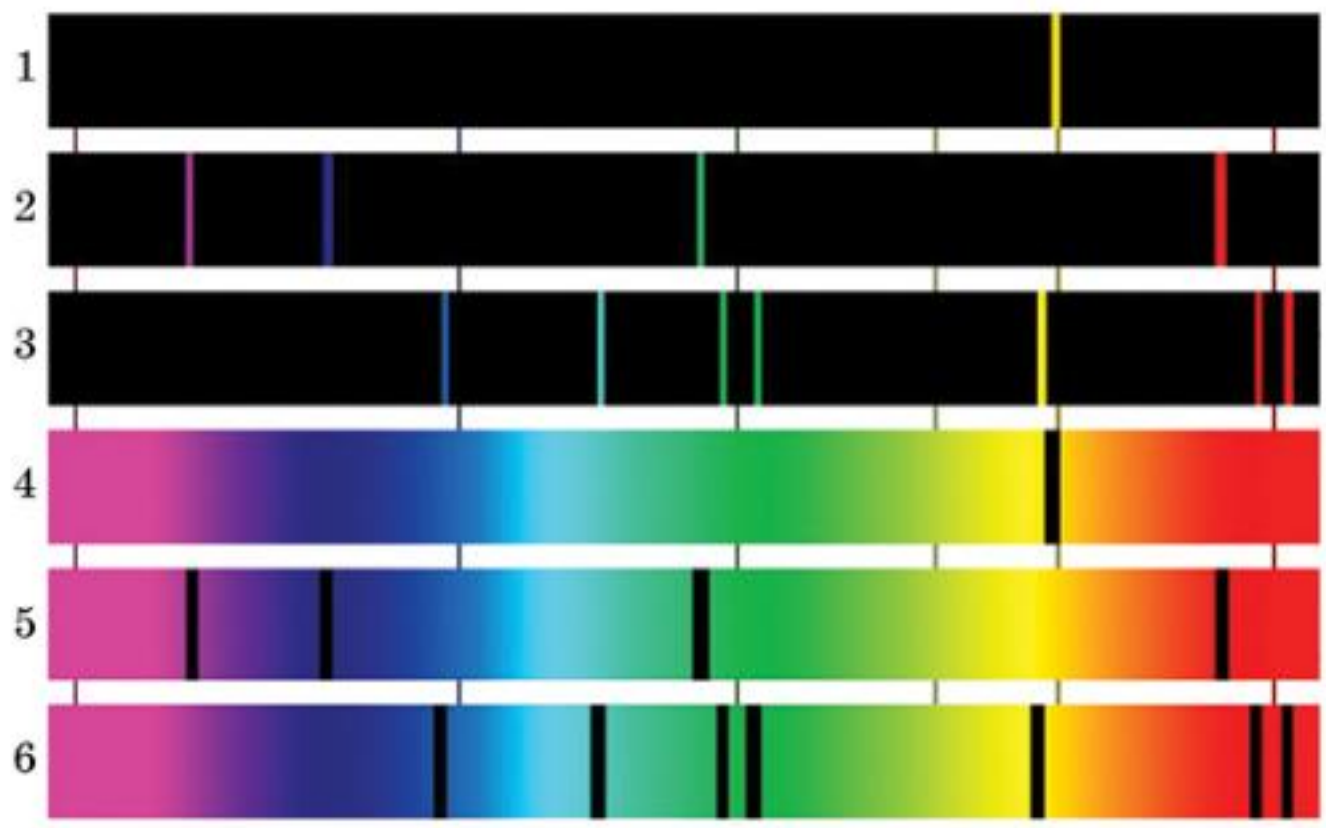


45.1-расм. Нурланиш спектрлари:
а) туташ спектр; *б*) йўл-йўл спектр; *в*) чизиқли спектр

Ютилиш спектрлари. Модда чиқарган нурнинг таркибида кирадиган барча тўлқин узунликларининг тўплами *ютилиш спектри деб аталади*. Агар туташ спектр берадиган нурланишни бирор бир модданинг буғи орқали ўтказиб, кейин уни спектри олинса,

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



45.2-расм. Натрий, водород, гелий буғларининг нурланиш ва ютилиш спектрлари

туташ спектрнинг устида қора чизиқлар пайдо бўлганини кўрамиз. Бу қора чизиқлар худди шу модданинг қизиган буғи чиқарадиган нурланиш чизиқларининг ўрнида пайдо бўлади. Бу — *ютилиш спектри*. 45.2-расмда биринчи учта спектр — натрий, водород ва гелий буғларининг чизиқли спектрлари, кейинги учтаси эса — шу моддаларнинг ютилиш спектрлари.

Текширишлар ҳар бир газнинг ўзигагина хос чизиқли спектри мавжудлигини кўрсатди. Спектрнинг ҳар бир чизиғига бирор аниқ частота (тўлқин узунлиги) мос келади. Демак, сийраклатилган газлар фақат частоталари (тўлқин узунликлари) маълум бир аниқ қийматга тенг электромагнит тўлқинларнигина чиқаради. Нима сабабдан берилган газнинг спектри частоталарнинг бирор ν_1, ν_2, ν_3, ... дискрет қийматларининг тўпламидан иборат? Бу қийматлар нима билан аниқланади? Бу муҳим саволларга жавобни атомларнинг ички тузилишидан излаш керак. Сабаби исталган сийраклатилган газ молекулалари алоҳида атомлардан тузилган, шу сабабли нурланиш атомларнинг ичида борадиган жараёнларга боғлиқ бўлиши керак.

Чизиқли спектрларнинг ичида энг соддаси — водороднинг спектри. Спектрнинг кўринадиган қисми бор-йўғи тўрт чизиқдан иборат бўлгани учун, водород спектри тажрибаларда энг тўлиқ ўрганилган. Тажриба натижаларини саралаб, швейцария олими Бальмер 1885 йили водород спектрининг кўринадиган қисмидаги ҳамма чизиқларнинг частоталарини аниқлайдиган формулани топди:

$$\nu = R'\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \text{ ёки } \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right), \qquad (45.1)$$

бу ерда $R' = 3{,}29 \cdot 10^{15}$ Гц; $R = 1{,}0968 \cdot 10^7$ м$^{-1}$ — Ридберг доимийлари.

Бу — *Бальмер формуласи*.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Бальмер формуласи билан аниқланадиган спектр чизиқлари бир-биридан фақат n сонининг қиймати билан фарқланади ва бу барча чизиқларнинг тўплами **Бальмер серияси** деб аталади.

Бундан ташқари, водород спектрининг инфрақизил ва ультрабинафша қисмларида яна бир неча сериялар топилди. Барча сериялар учун ёзилган формулаларни бирлаштириб, Бальмер қуйидаги умумлашган формулани ёзди:

$$\nu = R'\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right) \text{ ёки } \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right). \qquad (45.2)$$

Бу — Бальмернинг умумлашган формуласи, бунда $m = 1, 2, 3, \ldots$ $n = (m + 1), (m + 2), (m + 3), \ldots$ т.б.

Кейинроқ фақат водород эмас, балки исталган модда атомларининг нурланиш спектри частоталарини (45.2) формула билан, яъни бирор икки соннинг айирмаси кўринишида ёзиш мумкинлиги аниқланди.

Агар $T_1(m) = \frac{R}{m^2}$; $T_2(n) = \frac{R}{n^2}$ деб белгиласак, Бальмер формуласини

$$\nu = T_1(m) - T_2(n) \qquad (45.3)$$

кўринишда ёзишга бўлади, бу ерда $T_1(m)$ ва $T_2(n)$ функциялари *термлар* деб аталади.

Шундай қилиб, исталган модда атомларининг частоталарини икки термнинг айирмаси кўринишда ифодалашга бўлади. Бундан чиқадиган хулоса: *барча модда атомларининг тузилишларида умумий қонуниятлар мавжуд.* Бальмернинг кашфиёти атом тузилиши ҳақидаги илмнинг ривожланишга катта ҳисса қўшди. Модда атомларининг нурланиш спектрларининг қонуниятлари фақат квант назарияда тўлиқ тушунтирилади.

Спектрал анализ. Ҳар бир элементнинг фақат ўзигагина хос чизиқлардан иборат спектри мавжудлиги спектрал анализ усулини юзага келиши ва ривожланиши учун имкон берди. ***Спектрал анализ*** — *бу моддaнинг нурланиш ёки ютилиш спектрларини текшириб, унинг кимёвий таркибини аниқлаш усули.* Бу усулнинг асосчилари (1859 й.) немис олимлари Г. Р. Кирхгоф ва Р. В. Бунзен. Юқорида айтилгандай, ҳар бир газнинг нурланиш спектри бошқа ҳеч қандай элементнинг спектрига ўхшамайди. Унинг таркибидаги ёруғ аниқ чизиқларнинг ўрни ҳам, ранги ҳам ўзгармайди. Ҳар чизиқнинг ранги бирор тўлқин узунлигининг аниқ бир қийматига мос келади. Олимлар ҳар газнинг спектридаги чизиқларнинг рўйхати ва ёруғлиги ҳақидаги маълумотлар кўрсатилган жадваллар ясашган. Бундай жадваллар ёрдамида текширилаётган газнинг (модда буғининг) спектрига қараб, унинг элемент таркибини аниқлаш мумкин. Спектрал анализ усулида XIX асрнинг иккинчи ярмида Қуёшнинг таркибини аниқлаш имкони туғилди.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Густав Роберт Кирхгоф
(1824—1887)

Роберт Вильгельм Бунзен
(1811—1899)

Қуёш спектрининг таркибида 1868 йили аввал номаълум бўлган бир элементнинг чизиқлари аниқланди. Шу тариқа гелий (грек. *helios* — Қуёш) кашф этилган. Бундан 27 йилдан кейин бу газнинг оз миқдори Ер атмосферасининг таркибида ҳам топилди. Ҳозирги вақтда гелий бутун оламда тарқалиш миқдори бўйича иккинчи ўринда турган элемент экани маълум.

БУ ҚИЗИҚ!

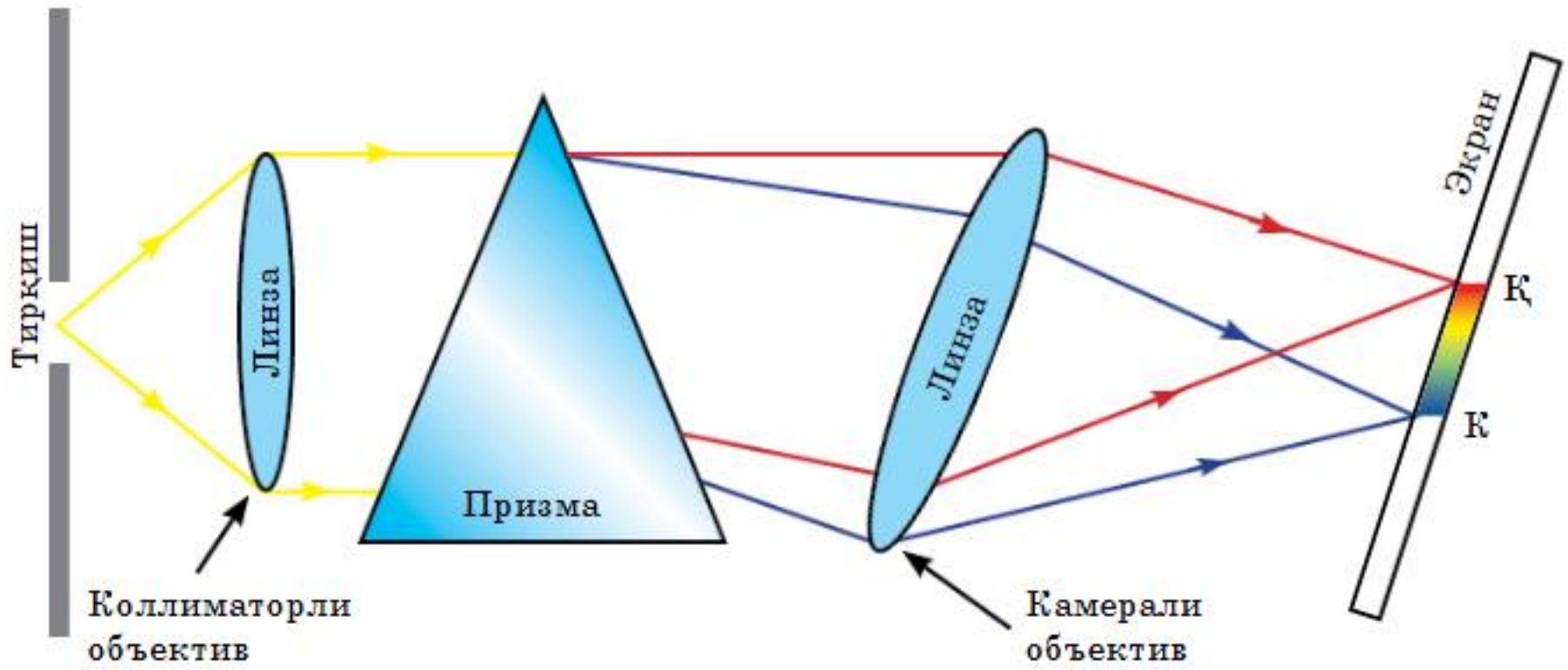
"Спектр" терминини биринчи марта 1671—1672 йиллари Ньютон киритди. У 1666 йили оқ ёруғлик дастасини учбурчакли шиша призмадан ўтганда камалақдаги каби турли рангли йўлакларга ажралишини кузатди. Бу рангли йўлакларни у "спектр" деб атади. Ньютон ўзининг "Оптика" (1704 й.) деб аталган асарида призма ёрдамида оқ ёруғлик 7 та рангли ёруғлик дасталаригаажралишини кўрсатган тажрибаларининг натижаларини эълон қилди. Бошқача айтганда, у қуёш нурининг спектрини олиб, уни тушунтирди. Ньютон ёруғлик ранги бу унинг ўз хусусияти эканини, уни призма ҳосил қилмаслигини тушунтирди. Ньютоннинг бу меҳнатлари натижасида оптик спектроскопиянинг асослари яратилди.

45.3-расм. Икки найли спектроскоп

Спектрал аппаратлар. Спектрал анализни амалга ошириш учун аниқ спектр олишга имкон берадиган, яъни частоталари ҳар хил тўлқинларни спектрнинг турли қисмларида бирининг устига бири тушмайдиган қилиб, аниқ ажратадиган асбоблар керак. Бундай асбоблар *спектрал аппаратлар* деб аталади. Уларнинг асосий қисми текшириладиган нурланишни спектрга ёядиган призма ёки дифракцион панжара ҳисобланади. 45.3-расмда *икки найли спектроскоп* тасвирланган.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



45.4-расм. Призмали спектрографнинг тузилиши

Спектрал аппаратнинг ишлаш принципи. Унинг асосий таркибий қисмлари: тирқиши бор коллиматор, призма ва кўриш найи (45.4-расм). Текширилаётган нурланиш коллиматорга тушади. Коллиматор — бу бир томонида ингичка тирқишли ширма, иккинчи томонида йиғувчи линза жойлаштирилган най. Тирқиш линзанинг фокал текислигида жойлашган. Тирқишдан линзага тушган сочилган ёруғлик дастаси ундан параллел даста бўлиб чиқади ва призмага тушади. Призмадан частоталарига (рангларига) мос ҳар хил йўналишда параллел ёруғлик дасталари чиқади ва улар иккинчи линзага тушади. Бу линзанинг фокал текислигида экран — хира шиша ёки фотопластинка қўйилади. Линза ўзидан чиққан параллел дасталарни экранга проекциялайди ва экранда тирқишнинг ҳар хил частоталарга мос келувчи турли рангли тасвирлари пайдо бўлади. Бу тасвирлар спектрни ҳосил қилади. Бундай асбоб *спектрограф деб аталади*. Агар экран ўрнига спектрни визуал кузатиш имконини берадиган кўриш найидан фойдаланилса, асбоб *спектроскоп* (45.3-расм) деб аталади. Спектроскопда линза ёрдамида катталашган спектрни кўз билан кўриш мумкин, спектрографда эса спектрнинг фотосурати олинади.

Спектрал аппаратларнинг ишлатилиши. *Астрономияда* спектрал анализ орқали кузатувчидан миллионлаган километр узоқликда жойлашган осмон жисмларининг кимёвий таркиби аниқланади.

Геологияда спектрал анализ усули ер пўстлоғидаги минералларнинг таркибини аниқлашга имкон беради.

Заргарлик соҳасида бу — қимматбаҳо металларнинг пробаларини белгилаш, қотишмаларнинг таркибини аниқлаш ва ноёб тошларнинг софлик даражасини баҳолаш.

Нефтни ишлаб чиқариш ва қайта ишлаш соҳаларида бу — хомашёнинг ифлосланишини ва ёқилғи маҳсулотларидаги аралашмаларни аниқлаш.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Археология ва тасвирий санъат соҳаларида спектрал анализ усулида санъат асарлари ва археологик ёдгорликлар ҳақида илмий хулосалар чиқариб, уларнинг ҳақиқийлигини ва қанчалик қадимийлигини аниқлайди.

Қишлоқ хўжалигида ва озиқ-овқат саноатида тупроқнинг, сув ва турли озиқ-овқат маҳсулотларининг таркибида микроэлементлар, оғир металларнинг бор-йўқлиги аниқланади.

1. *Нурланиш спектрларининг қандай турларини биласиз?*
2. *ТТуташ спектр дегани нима? Йўл-йўл спектр-чи? Уларни тавсифланг. Туташ ва йўл-йўл спектрларнинг нурланиш манбаларини атанг.*
3. *Чизиқли деб қандай спектргаайтилишини тавсифланг.Қандай моддалар чизиқли спектр чиқаради?*
4. *Бальмерформуласиниёзиб, тушунтиринг.*
5. *Спектрал анализ усулида қандай тадқиқотлар бажариш мумкин?*

*6. *Призмали спектрал аппаратнинг тузилишини тушунтиринг.*

*7. *Спектрал анализ усулини қўлланилиши ҳақида айтинг.*

46-§. Инфрақизил ва ультрабинафша нурлар. Рентген нурлари. Электромагнит тўлқинлар шкаласи

Таянч тушунчалар:

- ✓ инфрақизил нурланиш
- ✓ ультрабинафшанурланиш
- ✓ рентген нурлари
- ✓ частоталардиапазони
- ✓ электромагнит нурланиш шкаласи

Бугун дарсда:

- инфрақизил, ультрабинафшава рентген нурларининг пайдо бўлиши ва модда билан таъсирлашиш табиати, уларнинг электромагнит нурланиш шкаласидаги ўрни билан танишасиз.

Электромагнит нурланишнинг ер сиртидаги энг қувватли табиий манбаи Қуёш. Ер сирти яқинида қуёш нурларининг таркиби мураккаб ва у Қуёшнинг горизонтдан баландлигига боғлиқ. Халқаро классификацияга мувофиқ, Қуёшнинг нурланиш спектридан оптик диапазонга қўшни ётган инфрақизил ва ультрабинафша нурларни алоҳида ажратиб қараш мумкин. Қуёш нурланишининг барча турларини табиати бирдай, бироқ уларнинг хоссалари тўлқин узунлигина (частотага) боғлиқ. Масалан, тўлқин узунлиги камайган сайин нурланишнинг биологик таъсири кучая боради.

Инфрақизил нурланиш. Қуёшнинг нурланиш спектри частотаси (тўлқин узунлиги) ҳар хил электромагнит тўлқинларнинг аралашмасидир. *Инфрақизил нурланиш* — бу тўлқин узунлиги 760 нм-дан 2600—3000 нм-гача диапазонда ётган электромагнит тўлқинлар.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Қизиган жисмлардан тарқаладиган иссиқлик — бу тўлқин узунлиги 1400 нм-дан 1 мм-гача ораликда ётган инфрақизил нурланиш, шунинг учун уни иссиқлик нурланиши деб ҳам аталади. Қуёш спектрининг ярмидан кўпи инфрақизил нурлардан иборат. Шартли равишда инфрақизил нурланиш диапазонини уч соҳага ажратилади: яқин: $\lambda = 0,74—2,5$ мкм; ўртача: $\lambda = 2,5—50$ мкм; олис: $\lambda = 50—2000$ мкм.

Модда орқали ўтган вақтда инфрақизил нурланиш атомлар ва молекулаларнинг тебранма ҳаракатини кучайтиради, бу модданинг ҳароратининг ортишига олиб келади. Шу туфайли инфрақизил нурланишнинг *иссиқлик таъсири* бор.

Инфрақизил нурланишнинг тирик организмларга *фотокимёвий таъсири* тўқималар ва ҳужайраларнинг энергия ютиши билан боғлиқ. Бу ферментли жараёнларнинг фаоллигини орттириб, натижада модда алмашинувининг тезлашишини, регенерация, иммуногенез жараёнларининг кучайишини юзага келтиради. Иссиқлик нурланиши организмнинг алоҳида бир қисмларига ҳам, организмга ҳам тўлиқ таъсир қилади. Тўқималарнинг алоҳида қисмларига таъсири биокимёвий реакцияларнинг, иммунобиологик жараёнларнинг, ҳужайралар ривожланиши билан тўқималар регенерациясининг тезлашишига, қон айланишининг кучайишига олиб келади. Организмга умумий таъсири шамоллашга қарши, оғриқни камайтирувчи, умумий тонусни орттирувчи эффектларга олиб келади. Бу таъсирлар физиотерапияда ревматизм, остеохондроз каби касалликлар вақтида шамоллаш натижасида бўладиган оғриқни камайтириш мақсадида кенг қўлланилади.

Инфрақизил нурлар умумий ва маҳаллий *иқлимга* ҳам ўз таъсирини кўрсатади. Ер сиртининг турли даражада қизиши, сувларнинг буғланиши ҳаво ва сув массивларининг ҳаракатини, циклонлар ва антициклонларни, океанлардаги илиқ ва совуқ оқимларни юзага келтиради. Бунинг ўзи иқлим минтақаларини, об-ҳаво ўзгаришини юзага келтириб, инсонлар ҳаётига катта таъсир кўрсатади. Инфрақизил нурланиш тирик организмаларга тушганда тана қизиб, ҳарорат ортиши натижасида кун ўтиши каби ёқимсиз таъсир ҳам кўрсатади.

Инфрақизил диапазонда одам ҳам, кўплаб бошқа иссиққонли ҳайвонлар ҳам кўра олмайди. Бироқ баъзи биологик турлар кўриш аъзолари билан инфрақизил нурларни қабуллай олади. Масалан, баъзи илонлар инфрақизил диапазонда кўради. Улар тунда иссиққонли ҳайвонларни овлашга чиқади. Сариқ илонлар ҳам инфрақизил, ҳам оддий оптик диапазонда кўра олади. Балиқларнинг ичида пираниялар билан олтинбалиқлар инфрақизил диапазонда кўради. Шу каби пашшалар ҳам инфрақизил нурланишда кўриш хусусиятига эга. Улар қоронғуда тананинг қон томирлари кўп жойларини аниқ топа олади.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Ультрабинафша нурлар. *Ультрабинафша нурлар* — бу тўлқин узунликлари 10 нм дан 400 нм гача диапазонда ётган электромагнит нурланиш. Ер атмосфераси чегарасида ультрабинафша нурлар қуёш нурлари спектрининг 5% ини ташкил қилади, ер сиртида бу 1%, сабаби унинг қисқа тўлқинли қисми (300 нм дан оз) Ернинг озон қатламида ютилади. Ультрабинафша нурланиш спектрини қуйидаги гуруҳларга бўлиш мумкин (ISO — Стандартлаш бўйича халқаро ташкилотнинг стандарти): *яқин* ёки *ультрабинафша А*, бу узун тўлқинли диапазон (400—300) нм, *ўртача*, ёки *ультрабинафша В*, бунга (300—200) нм тўлқин узунлиги мос, *олис* ёки *ультрабинафша С* — қисқа тўлқинди диапазон (200—122) нм, *экстремал* (121—10) нм ли диапазон. Ер сиртидаги ультрабинафша нурланишининг асосий табиий манбаи — бу Қуёш. Сунъий манбаларга қуйидагилар киради: эритем лампалар, симоб-кварцли асбоблар, люминесцент лампалар, симоб-ксенон лампалар, газразрядли асбоблар, солярий аппаратлари ва ҳ.к. Сунъий ультрабинафша нурланишнинг бир тури — бу лазерлар.

а)

б)

в)

46.1-расм. Ультрабинафша нурларнинг сунъий манбалари:

а) эритем лампалар; *б*) симоб-ксенон лампалар; *в*) солярийлар учун аппаратлар

Эритем лампалар (46.1, *а*-расм) — бу паст босимли симоб лампалари. Уларнинг колбалари махсус шишадан ясалади. Колбанинг ички сиртига тўлқин узунликлари 280—380 нм диапазонда ётган ультрабинафша нурлар чиқарадиган люминофор суртилади. Бу лампалар даволаш ва профилактик мақсадларда физиотерапияда ишлатилади. *Симобли-ксенон лампалар* (46.1, *б*-расм), бунда ксенон билан симоб буғи тўлдирилган колбада электр ёйи ёниб туради. Бу ультрабинафшанинг улуши кўп кўкиш, оқ ёруғлик чиқаради. Булар ҳам физиотерапияда ҳамда стериллаш ва озонлаш мақсадларида ишлатилади.

Солярий (46.1, *в*-расм) — бу маълум дозада нурлантириш мақсадида қўлланиладиган махсус жиҳозланган очиқ майдон. Нурлантириш манбаи махсус эритем ультрабинафша лампалари ҳисобланади. Унинг колбаси шишасига ультрабинафша спектрнинг хавфли қисқа тўлқинли соҳасини ютиб қоладиган махсус аралашмалар киритилади.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Ультрабинафша нурланишнинг *лазер манбалари*, асосан, медицина асбобларида, биотехнологияда ва илмий тадқиқотларда назорат тизими ва автоматлаштириш қурилмаларида ишлатилади.

Рентген нурлари — бу тўлқин узунлиги 10^{-7} м дан 10^{-12} м гача диапазонда ётган электромагнит тўлқинлар. Рентген нурларининг асосий манбаи *рентген трубкалари* (*найлари*) ҳисобланади. Найнинг ичида анод ва катод орасига юқори кучланиш берилади. Қиздирилган катоддан учиб чиққан электронлар электр майдонида қаттиқ тезлашиб, анодга урилган вақтда бирдан тормозланади. Шу вақтда *тормозловчи рентген нурланиши* чиқади.

Анод ва катоднинг орасидаги кучланиш янада орттирилса, электр майдонида тезлатилган электронлар энергиясининг ортиши натижасида улар анод билан тўқнашганда унинг моддаси атомининг ички электронларининг бирини юлиб чиқариши мумкин. Шунда тормозловчи рентген нурларининг туташ спектри фонида *характеристик рентген нурларининг* узлукли аниқ чизиқлари пайдо бўлади. Бу чизиқларга мос келувчи частоталар аноднинг қандай моддадан ясалганига боғлиқ, шу сабабли бундай рентген нурлари *характеристик нурлар* деб аталади.

Сиз буни биласиз

Электромагнитк нурланиш тўлқин узунликларининг (частоталарининг)қийматлари жуда кенг диапазонда ётади. Тўлқин узунлиги (частота) қандай бўлса ҳам, электромагнит тўлқинларнинг табиати ва хоссалари бирдай, бироқ улар турли даражада намоён бўлади. Тўлқин узунлигининг (частотанинг) қийматига қараб электромагнит тўлқинларнинг манбалари ва уларни қабулловчи асбоблар ҳам ҳар хил бўлади. Шу сабаблиэлектромагнит нурланишларни тўлқин узунлиги (частота)бўйича электромагнит нурланишлар шкаласида классификациялайди.Бу шкала табиатда мавжуд барча электромагнит тўлқинлар тўлқин узунликларининг (частоталарининг)узлуксиз занжири бўлиб ҳисобланади (46.2-расм).

46.2-расм. Электромагнит тўлқинлар шкаласи

46.2-расмдан кўринишича, электромагнит тўлқинлар шкаласидан қуйидаги соҳаларни ажратиб қарашга бўлади: радиотўлқинлар,

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

инфрақизил нурлар, кўринадиган ёруғлик, ультрабинафша нурлар, рентген нурлари, гамма-нурлар.

Тўлқин узунликлари ҳар хил электромагнит нурланишни бир-биридан уларнинг қандай усулда олинганлиги бўйича ҳам ажратишга бўлади (радиотўлқинлар, иссиқлик нурланиш, инфрақизил нурлар, кўринадиган ёруғлик, ультрабинафша нурланиш, рентген нурланиши ва ш.к.). Тўлқин узунлиги ҳар хил диапазондаги нурланишларни қайд қилиш усуллари ҳам турлича. Юлдузлар, қора ўралар каби космик объектлар ҳам электромагнит нурланишнинг қувватли манбалари ҳисобланади, Уларни сунъий йўлдошлар, космик кемалар ёрдамида текширилади. Бундай илмий ишлар, асосан, гамма- ва рентген нурларини тадқиқ қилишга йўналган, сабаби бу нурларнинг кўп қисми ер атмосферасидан ўтишда ютилиб қолади, ер сиртида уларнинг интенсивлиги паст бўлади. Қисқа тўлқинли нурланиш (гамма- ва рентген нурлари) модда ичида оз ютилади, шу сабабли уларнинг ўтувчанлик қобилияти юқори.

1. *Турли электромагнит нурлар бир-биридан қандай характеристикалари билан фарқланади?*
2. *Инфрақизил нурланишнинг асосий хоссаларихақида айтиб беринг.*
3. *Ультрабинафша нурланиш нима? У нега шундай аталади?*
4. *Ультрабинафша нурланишнинг қандай сунъий манбалари бор?*
5. *Рентгеннурлари ҳақида нима биласиз?*
6. *Электромагнит тўлқинлар шкаласи нима?*

Электромагнит тўлқинлар шкаласини ўрганинг. Унда кўрсатилган асосий диапазонларни ажратиб қаранг. Уларнинг бир-биридан (тўлқин узунлигидан бошқа) қандай фарқлари борлигини аниқланг. Ҳар хил диапазондаги электромагнит тўлқинларнинг ишлатилишини қараб чиқинг. Тақдимот тайёрланг.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

47-§. Иссиқликдан нурланиш

Таянч тушунчалар:

- ✓ иссиқликдан нур ланиш
- ✓ интеграл энергетик ёрқинлик
- ✓ нурланиш қобилияти
- ✓ абсолют қора жисм
- ✓ ультрабинафшаофат
- ✓ квант
- ✓ дискретлилик
- ✓ Планк доимийси

Бугун дарсда:

- Кирхгоф, Стефан—Больцман ва Виннинг силжиш қонунларини ўқиб-ўрганасиз;
- иссиқликдан нурланишнинг асосий характеристикалари ва Планкнинг квант гипотезаси билан танишасиз.

Иссиқликдан нурланиш. ***Иссиқликдан нурланиш*** *— манбанинг ички энергияси ҳисобига пайдо бўладиган электромагнит нурланишнинг бир тури.*

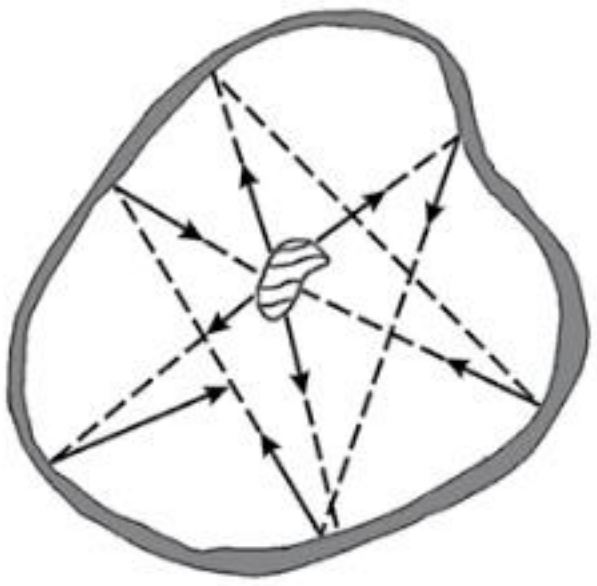
Сиз буни биласиз

Температураси абсолют нолдан юқори исталган жисм иссиқликдан нурланиш манбаи бўла олади, бироқ кўринадиган ёруғлик фақат юқори температураларда чиқарилади, паст температурада узун тўлқинли (инфрақизил) электромагнит тўлқинлар чиқаради.

Кундалик кузатишлардан қизиган жисмлардан тараладиган иссиқлик оқимини сезамиз, қаттиқ қизиган жисмлар эса (масалан, электр иситгич асбобларининг спираллари ёки ёниб туоган оловга ташланган тошкўмир бўлаги) ёруғлик ҳам чиқаришини кўрамиз. Шунингдек, исталган жисм иссиқлик нури чиқарибгина қолмай, уни юта олишини ҳам биламиз.

Иссиқликдан нурланиш — табиатда энг кенг таралган ҳодиса. Унинг асосий характеристикалари билан қонуниятларини қарайлик. Ҳаёлий эксперимент ўтказайлик. Нур чиқариб турган жисмни деворлари нурларни идеал қайтарувчи бўшлиққа жойлаштириб, унинг ичидаги ҳавони сўриб олиб ташлайлик (47.1-расм). Жисмдан чиққан нур деворлардан қайтиб, жисмга қайта тушади ва тўлиқ ёки қисман ютилади.

Шу тариқа жисм ва бўшлиқни тўлдириб турган нурланиш орасида узлуксиз энергия алмашиниши бўлиб туради.



47.1-расм. Бўшлиқ ичидаги жисмнинг иссиқликдан нурланиши

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Етарлича узоқ вақт ўтгач иссиқлик мувозанати юзага келади, яъни жисм вақт бирлиги ичида қанча энергия чиқарса, шунча энергия ютади.

Иссиқликдан нурланиш табиатдаги бирдан-бир мувозанатли нурланиш ҳисобланади. Бунинг сабаби иссиқликдан нурланишнинг интенсивлиги ҳароратга пропорционал ортади. Масалан, жисм ва нурланишнинг орасидаги мувозанат бузилиб, жисм энергияни кўпроқ чиқариб, озроқ ютсин. Унда жисм ҳароратининг пасайиши натижасида унинг ёруғлик чиқариши камаяди. Шунингдек, жисмнинг ҳарорати ва унга мос нурланиши ҳам мувозанат қайта тиклангунча камаяверади.

Иссиқликдан нурланишнинг интенсивлигини унинг қуввати орқали ифодалашга бўлади. *Нурланаётганган жисм бирлик юзасидан барча йўналишда* (2π фазовий бурчак остида) *чиқадиган нурланиш қувватини жисмнинг* ***интеграл энергетик ёритувчанлиги*** *дейилади.* Бу катталик R ҳарфи билан белгиланади, у ҳароратга боғлиқ катталик. Турли частота (тўлқин узунлиги) диапазонида иссиқлик нурланишнинг интенсивлиги ҳам турлича бўлади. Шу сабабли энергетик ёритувчанликнинг *спектрал зичлиги* ёки жисмнинг *нурланиш қобилияти* деган тушунча киритилади:

$$r = \frac{\Delta R}{\Delta \nu}, \qquad (47.1)$$

бу ерда ΔR — жисм сиртининг бирлик юзидан $\Delta\nu$ частоталар интервалида чиқадиган нурланиш қуввати.

Жисмнинг нурланиш қобилияти *деб, унинг сиртининг бирлик юзидан частота интервалининг бирлик кенглигида чиқадиган нурланиш қувватига айтилади.* Нурланиш қобилияти ҳам ҳароратга боғлиқ.

Жисмларнинг ўзига тушган нурланиш энергиясини ютиш даражаси *спектрал ютиш қобилияти* деган тушунча билан характерланади. ***Спектрал ютиш қобилияти*** *деб жисм ютган энергия оқимининг унга тушган нурланиш энергияси оқимига нисбатига тенг катталикка айтилади.* Агар жисм сиртининг бирлик юзига $\Delta\nu$ частота интервалида электромагнит тўлқиннинг $\Delta\Phi_{\Delta\nu}$ нурланиш энергияси оқими тушса, унинг $\Delta\Phi'_{\Delta\nu}$ қисми ютилади. У ҳолда жисмнинг спектрал ютиш қобилияти қуйидагича аниқланади:

$$a = \frac{\Delta\Phi'_{\Delta\nu}}{\Delta\Phi_{\Delta\nu}}. \qquad (47.2)$$

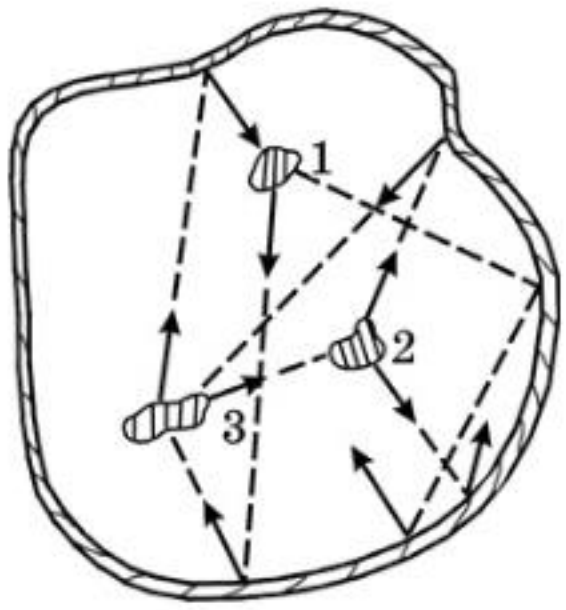
Жисмнинг нурланиш ва нурланиш энергиясини ютиш қобилиятлари ҳарорат билан частотанинг функцияси ҳисобланади.

Барча частотадаги ўзига тушган нур энергиясини тўлиқ ютадиган жисм ***абсолют қора жисм*** *деб аталади.* Абсолют қора жисм учун $a = 1$, исталган бошқа жисм учун эса $a < 1$.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Кирхгоф қонуни. Ҳаёлан тажриба ўтказайлик. Иссиқликдан изоляцияланган бўшлиқнинг ичида бир неча жисм жойлашсин (47.2-расм). Бўшлиқдан ҳаво сўриб олинган, ҳарорат T доимий бўлсин. Бўшлиқнинг ичида вакуум бўлганидан, жисмлар ўзаро ва бўшлиқнинг деворлари билан фақат электромагнит тўлқинларни чиқариш ва ютиш орқали узлуксиз энергия алмашинади. Бунинг натижасида етарлича вақт ўтгач бўшлиқнинг ичида иссиқлик мувозанати ўрнатилади, бўшлиқнинг деворлари билан барча жисмларнинг ҳарорати бирдай T қийматга эга бўлади. Бундан кейин ҳарорат ўзгармаганлигидан, ҳар бир жисм энергияни қанчалик кўп чиқарса (нурланиш қобилияти r қанчалик юқори бўлса), шунчалик кўп энергия ютиши керак (ютиш қобилияти a шунчалик катта). бошқача айтганда, жисмнинг r нурланиш қобилияти қанча юқори бўлса, унинг a ютиш қобилияти ҳам шунча юқори бўлади.



47.2-расм. Нурланувчи жисмлар орасидаги энергия алмашинуви

Уни қуйидагича ёзишга бўлади:

$$\left(\frac{r}{a}\right)_1 = \left(\frac{r}{a}\right)_2 = \left(\frac{r}{a}\right)_3 \ldots ,$$

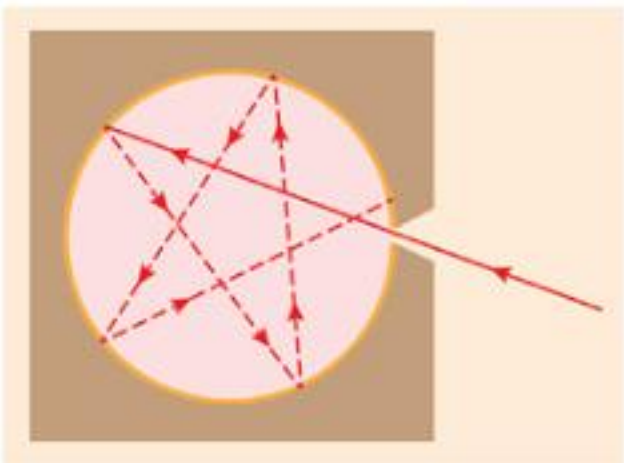
бу ерда 1, 2, 3 индекслари юқоридаги муносабатларнинг 1-, 2- ва 3-жисмларга мос келишини билдиради.

Шундай қилиб, *барча жисмлар учун нурланиш қобилиятининг нурни ютиш қобилиятига нисбати жисмнинг материалига боғлиқ эмас, частота ва ҳароратнинг универсал функцияси ҳисобланади.* Бу қонунни 1895 йили Кирхгоф кашф қилди, шунинг учун бу ***Кирхгоф қонуни*** деб аталади. Уни қуйидагича ёзишга бўлади:

$$\frac{r}{a} = f(\nu, T). \qquad (47.3)$$

Абсолют қора жисм учун $a = 1$, шунинг учун $r = f(\nu, T)$, яъни *Кирхгофнинг универсал функцияси $f(\nu, T)$ абсолют қора жисмнинг нурланиш қобилияти ҳисобланади:* $f(\nu, T) = r^*(\nu, T)$. биз бунда абсолют қора жисмнинг нурланиш қобилиятини барча бошқа жисмларникидан ажратиш учун r^* ҳарфи билан белгиладик. Табиатда абсолют қора жисм йўқ. Частота интервалининг маълум оралиғида қоракуя, қора бахмал ёки қора платина абсолют қора жисмга жуда яқин бўлади. Қуёш нурларининг спектрал таркиби ҳам абсолют қора жисм нурланишига жуда яқин.

Ички сирти қорайтирилган, кичик тирқишли бўшлиқ абсолют қора жисмнинг идеал намунаси ҳисобланади (47.3-расм).



47.3-расм. Абсолют қора жисмнинг намунаси

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Стефан Йозеф
(1835—1893)

Тирқиш орқали бўшлиққа тушган нур унинг деворларидан кўп марта қайтади. Ҳар қайтишда нур энергиясининг бироз қисми ютилади. Бунинг натижада бўшлиқ ўзига тушган нур энергиясини тўлиқ ютиб олади. Агар бирор T ҳароратгача қиздирилган бўшлиқнинг ичида иссиқлик мувозанат ўрнатилса, тирқишдан чиқадиган бўшлиқнинг нурланиши абсолют қора жисмнинг нурланиши ҳисобланади. Тирқишга ўлчов асбобларини қўйиб, ундан чиқадиган нурланишни ўрганишга бўлади. Абсолют қора жисмнинг нурланиши шундай тадқиқ қилинади. Абсолют қора жисмнинг энергия зичлиги билан спектрал таркиби факт ҳароратга боғлиқ.

Стефан—Больцман қонуни. XIX асрнинг охирларида абсолют қора жисмнинг нурланиш қонуниятлари экспериментларда тўлиқ ўрганилиб бўлди. 1879 йили австриялик физик И. Стефан тажрибаларнинг натижаларини ўрганиб, исталган жисмнинг энергетик ёритувчанлиги абсолют ҳароратнинг тўртинчи даражасига пропорционал деган хулосага келди. 1884 йили эса А. Больцман термодинамик усулни қўллаб, назарий жиҳатдан худди шундай муносабатни абсолют қора жисм учун чиқарди. Стефан очган қонуният фақат абсолют қора жисмлар учунгина тўғри бўлиб чиқди: *Абсолют қора жисмнинг интеграл энергетик ёритувчанлиги абсолют ҳароратнинг тўртинчи даражасига тўғри пропорционал.* Бу — ***Стефан—Больцман қонуни:***

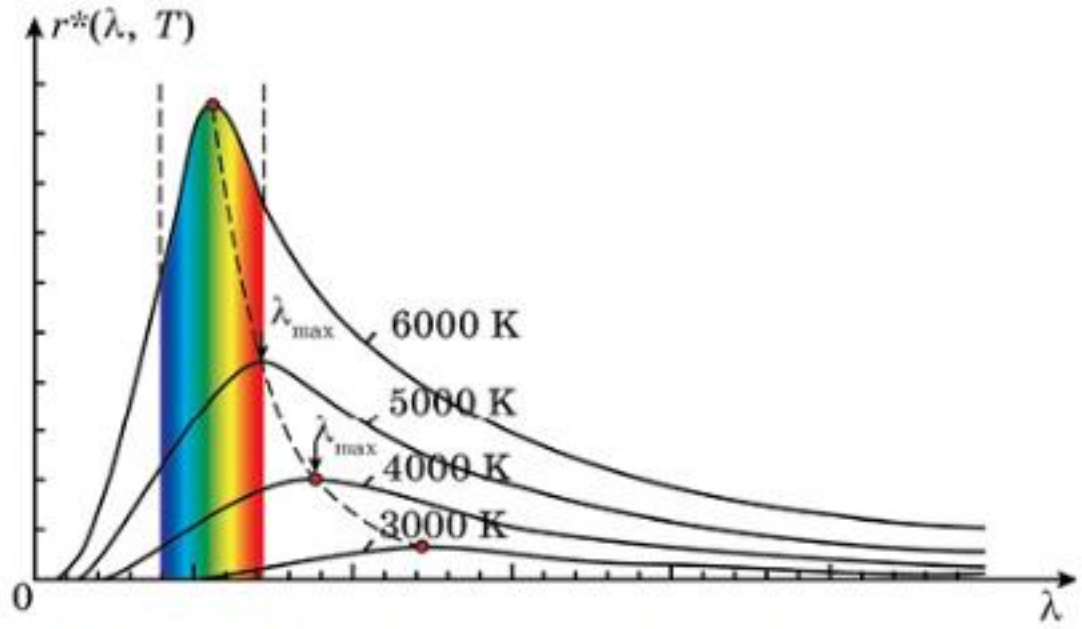
$$R_T = \sigma T^4, \qquad (47.4)$$

бу ерда $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м^2 К^4 — *Стефан—Больцман доимийси, T — термодинамик температураси.*

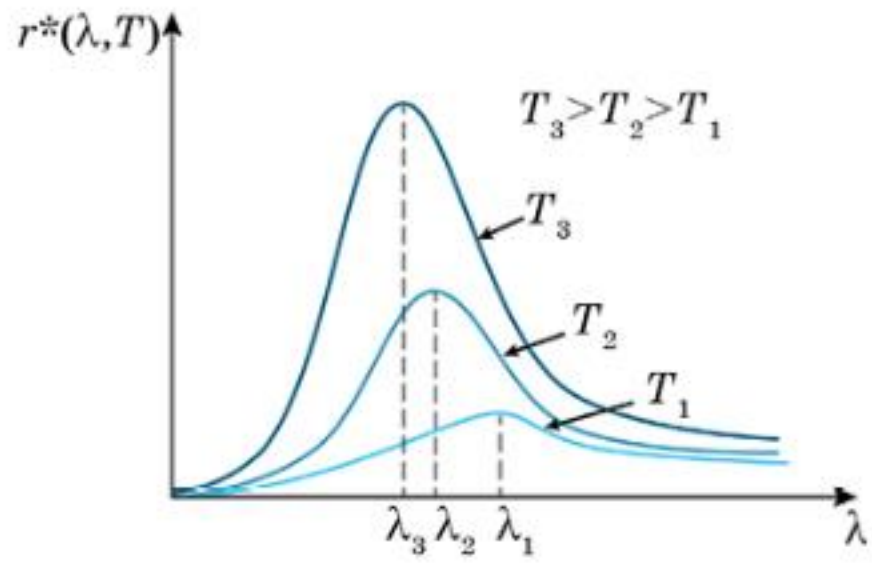
Стефан—Больцман қонунидан абсолют қора жисмнинг интеграл энергетик ёритувчанлиги фақат ҳароратга боғлиқлигини кўрамиз. Бироқ бу қонун абсолют қора жисм нурланишининг спектрал таркиби ҳақида ҳеч қандай маълумот бермайди. Шу сабабли дастлаб тажриба сифатида махсус текширишлар юритилди. Батафсил ўткизилган экспериментал тадқиқотлар ҳароратнинг ҳар бир аниқ T *қиймати* учун абсолют қора жисмнинг $r(\lambda, T)$ нурланиш қобилиятининг тўлқин узунлигига боғлиқлик графигида яққол кўринадиган максимум борлигини кўрсатди (47.4-расм). Бу максимум ҳарорат ортиши билан қисқа тўлқинларга (юқори частоталарга) томон силжийди (47.5-расм). Худди шу сабабли металл парчаси қаттиқ қиздирилганда, ранги аввал тўқ қизил, кейин оч қизил, сарғиш қизил, охирида оқ сариқ бўлиб кўринади. Ҳар бир эгри чизиқ ва абсциссалар ўқининг орасида ётган юза берилган T ҳароратдаги R интеграл энергетик ёритувчанликка тенг. Бу юза (яъни, R) Стефан—Больцман қонуни бўйича ҳароратнинг тўртинчи даражасига (T_4) пропорционал ортади.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



47.4-расм. Абсолют қора жисмнинг нурланиш қобилиятининг (қувватининг) тўлқин узунлиги бўйича тақсимланиши



47.5-расм. Абсолют қора жисмнинг нурланиш қобилиятининг ҳароратга боғлиқлик эгри чизиғи максимумининг силжиши

Виннинг силжиш қонуни. Немис физиги Вин абсолют қора жисмнинг r^* нурланиш қобилиятининг максимумига мос келадиган тўлқин частотасининг ҳароратга боғланишини аниқлади. *Абсолют қора жисмнинг энергетик ёритувчанлиги спектрал зичлигининг максимумига мос келувчи тўлқин частотаси жисмнинг абсолют ҳароратига тўғри пропорционал:*

$$\frac{\nu_m}{T} = b_1. \qquad (47.5)$$

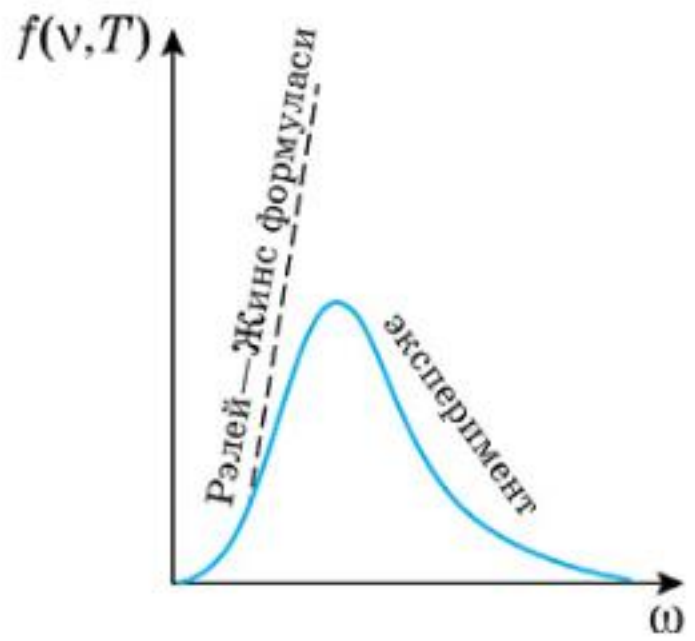
Бу — ***Виннинг силжиш қонуни.***

Одатда, Виннинг силжиш қонуни максимумга мос келадиган тўлқин узунлиги орқали ёзилади:

$$\lambda_m = \frac{b}{T}, \qquad (47.6)$$

бу ерда λ_m — қора жисмнинг энергетик ёритувчанлигининг спектрал зичлигининг максимал қийматига мос тўлқин узунлиги, $b = 2{,}9 \cdot 10^{-3}$ м · К — *Вин доимийси.*

Ультрабинафша офат. Тажрибаларда аниқланган абсолют қора жисмнинг нурланиш қонуниятларини инглиз олимлари Д. Рэлей ва Д. Жинс энергиянинг эркинлик даражалари бўйича текис тақсимланиши ҳақидаги классик қонунга асосланиб, назарий келтириб чиқаришга ҳаракат қилишди. Уларнинг келтириб чиқарган абсолют қора жисм энергетик ёритувчанлигининг спектрал зичлиги формуласи эксперимент эгри чизиқларига (47.6-расм) фақат кичик частота ва юқори ҳароратлар учун мос келди. Бу формула мураккаб бўлганлигидан биз унинг фақат натижасини қараймиз.



47.6-расм. Рэлей—Жинс формуласини эксперимент билан солиштириш

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Юқори частоталарда, 47.6-расмда кўриниб тургандек, Рэлей—Жинс формуласи экспериментдан анча фарқ қилади. Шу формулани қўллаб, Стефан—Больцман қонунини келтириб чиқармоқчи бўлганда абсолют қора жисмнинг энергетик ёритувчанлиги чексизликка тенг бўлиб чиқди: $R = \infty$. Бу натижа *ультрабинафша офати* деган ном билан физикага кирди. Шундай қилиб, классик физика орқали иссиқликдан нурланишнинг қонуниятларини тушунтириш мумкин бўлмади.

Планк формуласи. Абсолют қора жисм нурланишининг спектрал қонуниятларини дастлаб назарий ҳолда тўғри асослаган Макс Планк бўлди. Бунинг учун унга *квант гипотезасини* киритишга тўғри келди. Бу классик физикага умуман ёт фикр эди. Классик физикада исталган системанинг энергияси *узлуксиз ўзгаради.* Планкнинг квант гипотезаси бўйича эса энергия "улушлар билан", дискрет тарздагина чиқарилади. Энергиянинг бир улуши *квант деб* аталади. Ҳар квантнинг энергияси частотага пропорционал:

$$E = h\nu, \qquad (47.7)$$

бу ерда h — *Планк доимийси деб* аталади: $h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ Ж · с.

Планк доимийси ёруғликнинг тарқалиш тезлиги c ёки элементар заряд e каби фундаментал константаларнинг бири ҳисобланади.

1. *Иссиқликдан нурланишнинг асосий хусусиятларини айтиб беринг.*
2. *Интеграл энергетик ёритувчанликка таъриф беринг.*
3. *Жисмнинг нурланиш ва нур ютиш қобилиятлари нима?*
4. *Абсолют қора жисм деб нимага айтилади?*
5. *Абсолют қора жисмнинг намунаси сифатида нимани олиш мумкин?*
6. *Негаагар кундуз деразаларинг ва катта бўлмаганларга ташқаридан қаралса, хоналар ичи ёруғ бўлса ҳам, деразалар қоп-қоронғу бўлиб кўринади? Жавобингизни асосланг.*
*7. *Стефан—Больцман қонунини таърифланг ва ёзинг.*
*8. *Абсолют қора жисмни нурланиши қобилиятини частотага боғлиқлик графигини ясанг.*
9. *Вин қонунини таърифланг ва тушунтиринг.*
*10. *Ультрабинафша офати деганимиз нима?*
*11. *"Квант" сўзининг маъноси қандай? Бир квант энергиясинимага тенг?*

Абсолют қора жисмнинг намунасини ўзингиз ясанг. Бунинг учун кичик картон қутидан фойдаланса бўлади. Қутининг бир ён сиртида диаметри қутининг чизиқли ўлчамининг 0,1 қисмидан ошмайдиган тирқиш ўйиб олинг. Шундан кейин қутининг қопқоғини яхшилаб ёпиб, елимланг. Абсолют қора жисмнинг намунаси тайёр, тирқишдан қараганда қутининг ичи қора бўлиб кўринади. Абсолют қора жисмнинг нурланишини текшириб, хулоса чиқаринг.

Иккита масала тузинг: бири Стефан—Больцман қонунига, иккинчиси Вин қонунига бўлсин. Масалаларни партадош шерингинг билан алмаш. Кейин бирга маслаларнинг шартлари ва ечимларини таҳлил қилиб, ўзаро баҳоланг.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Масала ечиш намунаси

Қуёш нурларининг энергетик ёритувчанлиги спектрал зичлигининг максимуми $\lambda_m = 500$ нм тўлқин узунлигига мос келади.

Қуёшни абсолют қора жисм деб ҳисоблаб, қуйидагиларни топинг: 1) Қуёшнинг энергетик ёритувчанлигини; 2) Қуёшдан чиқадиган Ф энергия оқимини; 3) Қуёшдан бир секундда нурланадиган барча электромагнит тўлқинларнинг m массасини.

Берилган:
$\lambda_m = 500$ нм $= 5 \cdot 10^{-7}$ м
$r_{\text{кун}} = 6{,}95 \cdot 10^8$ с

R — ? Ф — ? m — ?

Ечилиши. 1. Энергетик ёритувчанликни $R = \sigma T^4$ Стефан—Больцман қонунидан аниқлаймиз. Қуёшнинг ҳароратини Виннинг силжиш қонунидан $\lambda_m = \frac{b}{T}$ топамиз, бундан $T = \frac{b}{\lambda_m}$.

Ҳароратнинг бу қийматини Стефан—Больцман қонунининг формуласига қўямиз: $R = \sigma\left(\frac{b}{\lambda_m}\right)^4 = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м$^2 \cdot$ К$^4\left(\frac{2{,}9 \cdot 10^{-3}\text{ м} \cdot \text{К}}{5 \cdot 10^{-7}\text{ м}}\right)^4 =$
$= 0{,}64 \cdot 10^8$ Вт/м^2; $R = 64$ МВт/м^2.

2. Қуёшдан чиқадиган Ф энергия оқими Қуёшнинг энергетик ёритувчанлигини унинг сирти юзига кўпайтмасига тенг:
$\Phi = R \cdot S$; $S = 4\pi r^2$, бу ерда $r_{\text{қуёш}} = 6{,}95 \cdot 10^8$ м — Қуёшнинг радиуси;
$\Phi = 4\pi r^2\, r_{\text{қуёш}} \cdot R = 4 \cdot 3{,}14 \cdot (6{,}95 \cdot 10^8\text{ м})^2 \cdot 64 \cdot 10^6$ Вт/м$^2 = 3{,}9 \cdot 10^{26}$ Вт;
$\Phi = 3{,}9 \cdot 10^{26}$ Вт.

3. Бир секундда нурланадиган барча электромагнит тўлқинларнинг массасини $E = mc^2$ формуласи бўйича топамиз: $E = \Phi \cdot t$. Сўнгги икки формулани тенглаштириб, массани аниқлаймиз:

$$m = \frac{\Phi \cdot t}{c^2} = \frac{3{,}9 \cdot 10^{26}\text{ Вт} \cdot 1\text{ с}}{9 \cdot 10^{16}\text{ м}^2/\text{с}^2} = 4{,}3 \cdot 10^9\text{ кг}.$$

Қуёшнинг массаси ҳар секунд сайин $4{,}3 \cdot 10^9$ кг-га камаяди.

22-машқ

1. Қандай ҳароратда абсолют қора жисмнинг энергетик ёритувчанлиги $R = 459$ Вт/м^2-га тенг бўлади?

Жавоби: 300 К.

2. Эритиш печини абсолют қора жисм деб ҳисоблаб, юзи $S = 8$ см^2 бўлган эритиш деразасидан $t = 5$ минутда нурланадиган энергияни топинг. Печнинг ҳарорати $T = 1000$ К.

Жавоби: 13,6 кЖ.

3. Абсолют қора жисмнинг энергетик ёритувчанлигини икки марта орттириш учун унинг ҳароратини неча марта орттириш керак?

Жавоби: 1,19.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

4. Абсолют қора жисмнинг ҳарорати: а) 300 К; б) 1000 К бўлса, унинг энергетик ёритувчанлиги спектрал зичлигининг максимуми қандай λ_m тўлқин узунлигига мос келади?

Жавоби: 9,6 мкм; 2,9 мкм.

5. Абсолют қора жисмнинг энергетик ёритувчанлигининг спектрал зичлигининг максимуми λ_m = 1,45 мкм тўлқин узунлигига мос келади. Унинг ҳароратини ҳисобланг.

Жавоби: 2000 К.

***6.** Абсолют қора жисмнинг нурланиш қобилиятининг максимуми λ_m = 725 нм тўлқин узунлигига мос келади. Бир секундда шу жисм сиртининг 1 см^2 юзи қанча энергия нурлайди?

Жавоби: 1,45 кЖ.

***7.** Абсолют қора жисмнинг нурланиш қобилиятининг максимуми λ_m = 720 нм тўлқин узунлигига мос келади. Бу жисм сиртининг S = 5 см^2 юзи 1 соат ичида қанча энергия нурлайди? Нурланиш натижасида жисм массаси 1 секундда қанчага камаяди?

Жавоби: 26,5 МЖ; $8{,}2 \cdot 10^{-14}$ кг.

48-§. Фотоэффект

Таянч тушунчалар:

- ✓ фотоэффект
- ✓ тормозловчи кучланиш
- ✓ Чиқиш иши
- ✓ фотоэлектронлар
- ✓ фотоэффектнингқизил чегараси
- ✓ кўп фотонли фотоэффект

Бугун дарсда:

- фотоэффектнингқонунлари ва табиати билан танишасиз;
- Эйнштейн тнгламасидан фойдаланиб масала ечишни ўрганасиз.

XIX асрнинг охири — XX асрнинг бошларида кашф этилган ҳодисаларнинг ичида замонавий квант назариянинг юзага келиб, ривожланишига сабаб бўлган ҳодисаларнинг бири — фотоэффект.

Сиз буни биласиз

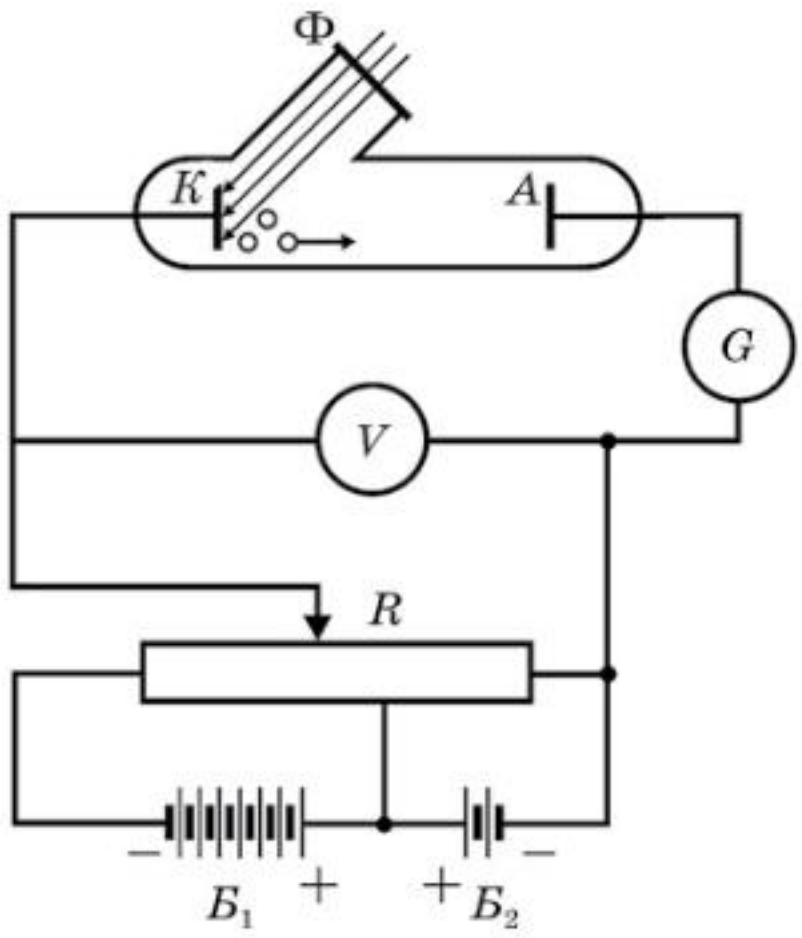
Моддага туширилган нурланишнинг таъсирида унинг сиртига электронларнинг учиб чиқиш ҳодисаси *ташқи фотоэлектрикэффект* (фотоэффект) деб аталади.

Фотоэффект ҳодисасини 1887 йили Г. Герц тасодифан кашф қилган. У Максвелл ўз назариясида кўрсатган электромагнит тўлқинлар қабуллагичини (Герц диполини) ясаб текширмоқчи бўлди.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Герц бу ўз асбобнинг шарларига ҳар хил таъсир қилиб, ҳамда шарларнинг оралиқ масофасини ўзгартириб, сигнал қабуллашни яхшилашга уринди. Шу мақсадда шарларга ультрабинафша нурлар туширган вақтда, агар нурлар манфий зарядланган шарга тушса, кучланишнинг кичик қийматларида ҳам уларнинг орасида учқун (шарлар орасидаги ҳаво қатламининг "тешилиши") чиқишини пайқади. Фотоэффект шундай кашф қилинди.



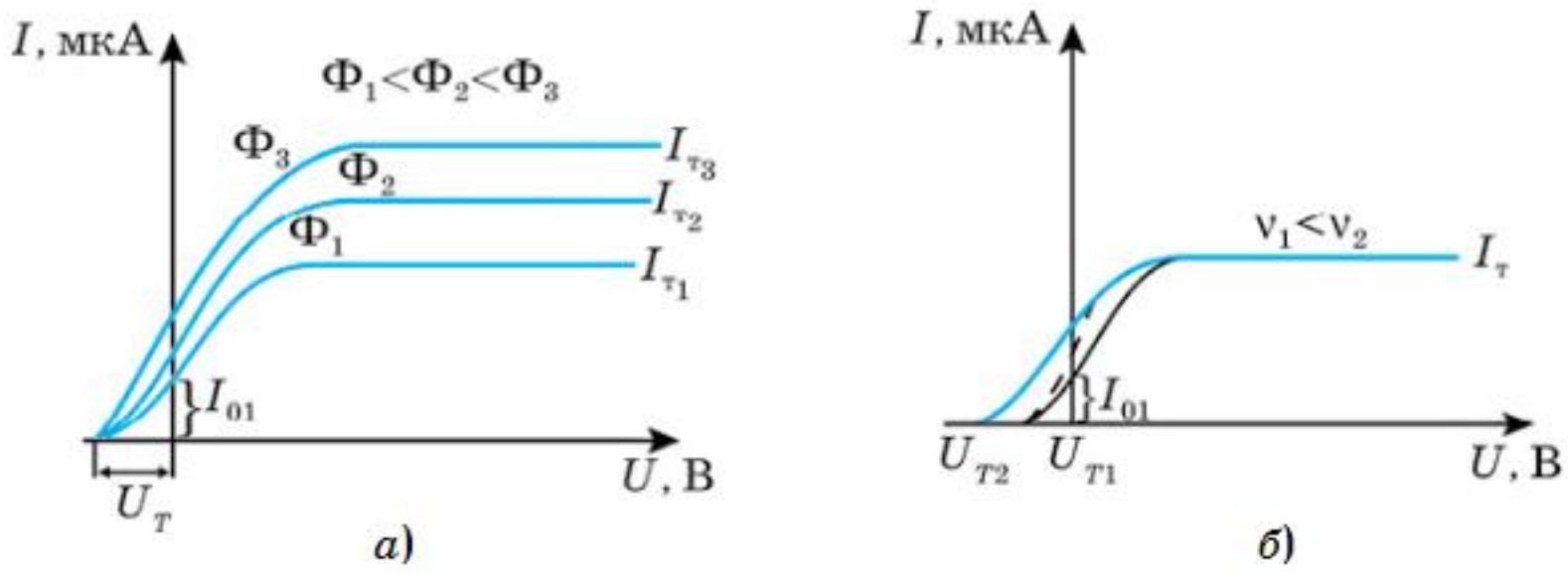
48.1-расм. Фотоэффектни ўрганиш қурилмасининг схемаси

Фотоэффект ҳодисасини тажрибада биринчилардан бўлиб ўрганиб, қонуниятларини ўрнатган рус олими А. Г. Столетов бўлди. Бу ҳодисани ўрганишда Герцнинг шогирди, немис олими Ф. Ленард, америка олими Р. Э. Милликен катта ҳисса қўшди.

Элементар электр зарядларини ва фотоэффект ҳодисасини ўрганишдаги ютуқлари учун 1923 йили Милликенга Нобель мукофоти берилди.

Фотоэффектни ўрганиш учун 48.1-расмда кўрсатилган қурилмадан фойдаланишга бўлади. Ичидаги ҳавоси сўриб олинган баллонга икки электрод — анод ва катод жойлаштирилади.

Катодга кварц дарча орқали ультрабинафша ёруғлик туширилганда ундан фотоэлектронлар учиб чиқиб, электр майдонининг таъсирида катодтан анодга томон ҳаракатлана бошлайди. R потенциометр ёрдамида анод ва катоднинг орасидаги кучланишни ўзгартириб, фототокнинг кучланишга боғлиқлигини, яъни фотоэффектнинг вольт-ампер характеритикасини олишга бўлади. Бундай боғланиш 48.2, *а*, *б*-расмларда кўрсатилган: 48.2, *а*-расмда катодга тушган ёруғликнинг частотаси ўзгармас, бироқ интенсивликлари (яъни, ёруғлик оқими) ҳар хил бўлганда, 48.2, *б*-расм эса интенсивлик ўзгармас, частота эса турлича бўлгандаги вольт-ампер характеристика тасвирланган.



48.2-расм. Фотоэффектнинг вольт-ампер характеристикаси

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Икки ҳолда ҳам анод ва катод орасидаги кучланиш нолга тенг бўлганда ҳам, озроқ I_0 фототок бор экани кўриниб турибди. Бунинг сабаби катодlан учиб чиққан баъзи тез электронлар ҳеч қандай электр кучлар таъсир этмаса ҳам (электр майдони йўқ бўлса ҳам), анодга "мустақил" учиб етиши мумкин. Шу I_0 ток кучини нолгача камайтириш учун анод ва катоднинг орасига $U_т$ манфий потенциаллар айирмасини бериш керак. Уни *тормозловчи кучланиш* ёки *беркитувчи потенциал деб* ҳам аталади. Тормозловчи кучланиш туширганда энг тез электроннинг ўзи электр майдонининг тормозловчи таъсирини енга олмайди ва анодга етолмай қолади. У ҳолда,

$$\frac{1}{2}mv_{max}^2 = eU_т, \qquad (48.1)$$

бу ерда m — электроннинг массаси. Демак, тормозловчи кучланишни ўлчаб, фотоэлектронларнинг максимал тезлигини ҳисоблаш мумкин.

48.2, *а*, *б*-расмлардан катодга тушадиган ёруғлик оқимининг берилган ҳар бир қиймати ($Ф_1$, $Ф_2$, $Ф_3$) учун кучланишга боғлиқ фототокнинг ортиши секинлашиб бориб, кучланишнинг бирор қийматида тўхташи кўриниб турибди. Фототок кучининг бу қиймати *тўйиниш токи* деб аталади. Ток кучи тўйиниш қийматига етганда секунд сайин катоддан учиб чиққан электронлар тўлиқ анодга етиб келади. Ундай бўлса, тўйиниш токи $I_т$ тушган ёруғликнинг таъсирида катоддан вақт бирлиги ичида учиб чиқадиган электронлар сонини аниқлайди.

Столетов қонунлари. Ўтказилган тажрибаларнинг натижаларини таҳлил қилиб, 1905 йил А.Г.Столетов *фотоэффектнинг* қуйидаги *қонунларини* аниқлади:

1. Фотоэлектронларнинг максимал тезлиги тушган ёруғликнинг частотасига боғлиқ, интенсивлигига эса боғлиқ эмас.

Александр Григорьевич Столетов (1839—1896)

Тушган ёруғликнинг интенсивлиги ортган сайин фотоэлектронларнинг тезлиги ҳам ортади (48.2, *б*-расм). Бу экспериментал боғланишни классик физиканинг орқали тушунтириш мумкин эмас, сабаби Максвеллнинг электромагнит назарияси бўйича ёруғликнинг интенсивлигининг ўсиши тушган электромагнит нурланиш амплитудасининг ортиши билан тенг, унда фотоэлектронларнинг тезлиги ҳам ортиши керак эди. Шунингдек, бу жойда классик назария билан тажриба натижалари орасидаги қарама-қаршилик сезилади.

2. *Фототок кучининг тўйиниш қиймати* (*фотоэлектронлар сони*) *тушган ёруғликнинг интенсивлигига пропорционал ортади, бироқ ёруғликнинг частотасига боғлиқ эмас.*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

3. *Ҳар бир металл учун фотоэффектнинг қизил чегараси мавжуд: бу фотоэффект ҳодисаси кузатиладиган нурланиш частотасининг энг кичик* ν_{min} *(тўлқин узунлигининг энг катта* λ_{max}*) қиймати. Тушган нурланишнинг частотаси бундан паст (тўлқин узунлиги бундан катта) бўлганда фотоэффект кузатилмайди.*

Фотоэффект учун Эйнштейн тенгламаси. Экспериментал аниқланган фотоэффект қонунларини 1905 йили Эйнштейн назарий жиҳатдан тушунтириб берди. У Планкнинг ғоясини янада ривожлантириб, монохромат ёруғлик дастасининг энергияси ҳар бирининг қиймати $h\nu$ бўлган энергия улушларидан иборат деган тахминни айтди. Металл сиртига ёруғлик тушганда бир квантнинг энергиясини бир электрон тўлиқ ютиши мумкин, унда электрон қўшимча $h\nu$ энергия олади. Бу энергиянинг бир қисми электронни металдан узиб чиқаришга, яъни $A_{чиқ}$ чиқиш ишига сарфланади, қолгани эса металл сиртига учиб чиққан эркин электронга кинетик энергия сифатида берилади:

$$h\nu = A_{чиқ} + \frac{mv_{max}^2}{2}. \qquad (48.2)$$

Биз машҳур *фотоэффект учун Эйнштейн тенгламасини* олдик.

Асл моҳиятига кўра бу — қаралаётган жараён учун энергиянинг сақланиш қонуни. Тушган ёруғлик энергияси квантларининг барини электронлар тўлиқ ютиб, фотоэффект ҳодисасини юзага келтирмаслигини айтиб ўтиш ўринли. Ютилган ҳар минг квантдан биттасигина фотоэлектронни узиб чиқаради, қолган энергия тўлиқ метални қиздиришга сарфланади.

Эйнштейн тенгламаси фотоэффектнинг барча экспериментал қонунларини тушунтириб бера олади. Берилган металл учун чиқиш иши $A_{чиқ}$ ўзгармас катталик бўлганлигидан, (48.2) тенглама бўйича фотоэлектронларнинг кинетик энергияси ν частотага пропорционал ортади. Эйнштейн бўйича бир квантнинг энергиясини бир электрон ютади, шу сабабли металдан учиб чиққан фотоэлектронларнинг сони (тўйиниш токи) металл сиртига тушган квантлар сонига, демак ёруғликнинг интенсивлигига пропорционал бўлиши керак. Шунингдек, бу тенгламадан фотоэффект ҳодисаси кузатилиши учун тушган квант энергияси энг кам деганда электронни металдан узиб чиқаришга етиши керак, яъни унинг минимал қиймати чиқиш ишига тенг бўлиши керак эканини кўрамиз. Демак, $h\nu_{min} = A_{чиқ}$, бундан

$$\nu_{min} = \frac{A_{чиқ}}{h} \text{ ёки } \lambda_{max} = \frac{ch}{A_{чиқ}}. \qquad (48.3)$$

Бу — *фотоэффектнинг қизил чегараси.*

Юқорида қаралган ҳодисада бир электрон бир квантнигина ютади. Бундай жараёнлар *бир фотонли жараёнлар* деб аталади.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Бир фотонли фотоэффект тушган ёруғликнинг частотаси қизил чегарадан юқори бўлгандагина кузатилади.

Металга лазер нури тушганда ҳолат бутунлай ўзгача бўлади. Лазер дастасининг интенсивлиги жуда юқори бўлганлигидан, электрон бир пайтда бир неча квантни (2 тадан 7 тагача) ютиши мумкин, натижада *кўп фотонли фотоэффект* кузатилади. Интенсивлиги юқори ёруғликнинг модда билан таъсирлашишида бўладиган жараёнлар *ночизиқли оптикада* қаралади. Кўп фотонли фотоэффект учун Эйнштейн тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$Nh\nu = A_{чиқ} + \frac{mv_{max}^2}{2},$$

бу ерда N — электрон ютган квантларнинг сони. Охирги тенгламадан кўп фотонли фотоэффектда тушган ёруғликнинг частотаси қизил чегарадан оз бўлса ҳам, фотоэффект ҳодисасининг кузатилиши мумкинлигини кўрамиз. Бошқача айтқанда, кўп фотонли фотоэффектда қизил чегара узун тўлқинларга қараб силжийди.

1. *Ташқи фотоэффект ҳодисаси ҳақида айтинг.*
2. *Юқорида тасвирланган 48.1-расмга қараб, фотоэффектни тажрибада қандай ўрганиш мумкинлигини тушунтиринг.*
3. *Тормозловчи кучланиш нима?*
4. *Фотоэффект учун Столетов қонунларини таърифланг.*
*5. *Фотоэффект учун Эйнштейн тенгламасини ёзиб, шу асосда фотоэффектнинг эксперименталқонунларини тушунтиринг.*
*6. *Фотоэффектнинг қизил чегарасидеб нимага айтилади? Уни негашундай аталади? Жавобингизни асосланг.*

Масала ечиш намунаси

Вакуумли фотоэлементга тушган ёруғликнинг тўлқин узунлиги $\lambda_1 = 600$ нм бўлганда фототок тормозловчи кучланишнинг U_1 қийматида тўхтайди. Тўлқин узунлигини 25%-га орттирганда тормозловчи кучланиш $\Delta U = 0{,}4$ В га камаяди. Шу маълумотлар бўйича Планк доимийсини аниқланг.

Берилган:
$\lambda_1 = 600$ нм $= 6 \cdot 10^{-7}$ м
$\eta = 25\%$
$\Delta U = 0{,}4$ В

h — ?

Ечилиши. Икки ҳол учун ҳам Эйнштейн тенгламасини ёзайлик:

$$h\nu_1 = A_{чиқ} + \frac{mv_1^2}{2},$$

$$h\nu_2 = A_{чиқ} + \frac{mv_2^2}{2}.$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Ушбу ифодаларни: $\frac{mv_1^2}{2} = eU_1$; $\frac{mv_2^2}{2} = eU_2$; $\nu_1 = \frac{c}{\lambda_1}$; $\nu_2 = \frac{c}{\lambda_2}$ ҳисобга олиб, биринчи тенгламадан иккинчи тенгламани олиб ташласак:

$$hc\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right) = e(U_1 - U_2).$$

Масала шартига кўра $U_1 - U_2 = \Delta U$; $\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1} = \eta$.

У ҳолда, $hc\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_1(1+\eta)}\right) = e\Delta U$.

Бундан

$$h = \frac{e\Delta U\lambda_1(1+\eta)}{\eta c} = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{Кл} \cdot 0{,}4\ \text{В} \cdot 6 \cdot 10^{-7}\ \text{м} \cdot 1{,}25}{0{,}25 \cdot 3 \cdot 10^{8}\ \text{м/с}} = 6{,}4 \cdot 10^{-34}\ \text{Ж} \cdot \text{с}.$$

23-машқ

1. Фотоэффектнинг қизил чегараси $\lambda_{max} = 500$ нм бўлса, электронларнинг натрийдан чиқиш ишини ҳисобланг.

Жавоби: 2,49 эВ.

2. Рух пластинкага тўлқин узунлиги $\lambda = 220$ нм монохроматик ёруғлик тушади. Рух учун чиқиш иши $A_{чиқ} = 4$ эВ. Фотоэлектронларнинг максимал тезлигини топинг.

Жавоби: 760 км/с.

3. Тўлқин узунлиги $\lambda = 200$ нм монохроматик нурланиш таъсирида натрий сиртига учиб чиқадиган фотоэлектронлар учун тормозловчи кучланишни аниқланг.

Жавоби: 3,7 В.

*4. Рухга тўлқин узунлиги $\lambda_1 = 185$ нм нурланиш тушганда ундан учиб чиқувчи фотоэлектронлар учун тормозловчи кучланиш $U_{01} = 2{,}42$ В. Агар тўлқин узунлиги $\lambda_2 = 254$ нм бўлса, тормозловчи кучланишни аниқланг.

Жавоби: 0,606 В.

*5. Тушган ёруғликнинг частотаси $\nu_1 = 4 \cdot 10^{15}$ Гц бўлганда тормозловчи кучланиш $U_1 = 14$ В, частота $\nu_2 = 8 \cdot 10^{15}$ Гц бўлганда тормозловчи кучланиш $U_2 = 30$ В. Шу маълумотлар бўйича Планк доимийсини топинг.

Жавоби: $6{,}4 \cdot 10^{-34}$ Ж · с.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

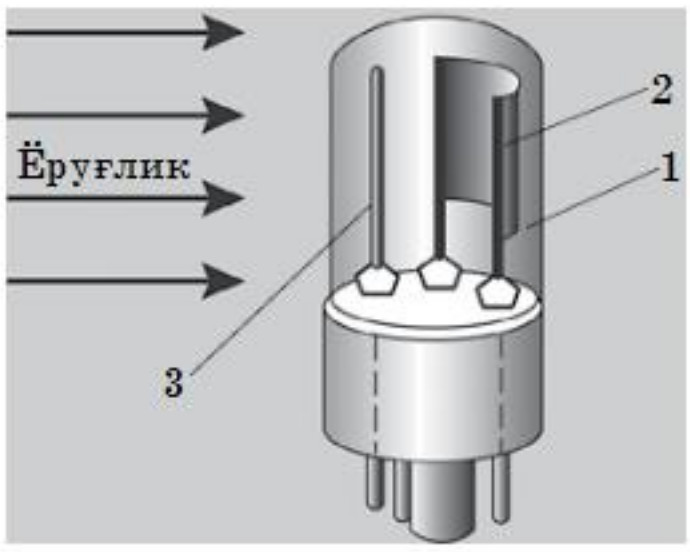
49-§. Фотоэффектнинг ишлатилиши

Таянч тушунчалар:

- ✓ фотоэлемент
- ✓ ички фотоэффект
- ✓ вентилли фотоэлемент
- ✓ люксометр
- ✓ фотоқаршилик
- ✓ фотон
- ✓ тўлқин вектори

Бугун дарсда:

- фотоэффектнингишлатилиши, “фотон” тушунчаси ва унинг асосий характеристикаларибилан танишасиз.



49.1-расм. Вакуумли фотоэлемент

Фотоэффект ҳодисаси фан ва техниканинг турли соҳаларида кенг қўлланилади. Фотоэффект ҳодисаси асосида ишлайдиган асбоблар *фотоэлементлар деб аталади*. Уларнинг энг соддаси — вакуумли фотоэлемент. У ичидан ҳавоси сўриб олинган шиша баллондин (1) ибоарт (49.1-расм). Баллоннинг ички сиртининг бироз қисмига юпқа металл қатлами суркалган, у фотокатод (2) вазифасини бажаради. Анод сифатида баллоннинг ўртасига жойлаштирилган металл ҳалқа (3) ёки сийрак тўр фойдаланилади. Фотоэлемент аккумулятор батареясига қўшилади. Унинг ЭЮК-и фототокнинг қиймати тўйиниш токига тенг бўладиган қилиб танланади. Вакуумли фотоэлементлар инерциясиз. Улардаги фототок нурланиш интенсивлигига пропорционал. Шу хоссалар уларни фотометрик асбоблар сифатида ишлатишга имкон беради. Бундай асбобларнинг баъзиларини қарайлик. *Люксометр* — фазонинг маълум соҳаси, масалан, уйлар ёки иш ўрнининг ёритилганлигини ўлчайдиган асбоб (49.2, *а*-расм). Унинг асосий қисми — ёруғлик энергиясини электр энергиясига айлантирувчи яримўтказгичли фото-

а) *б*) *в*)

49.2-расм. Фотометрик асбоблар

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

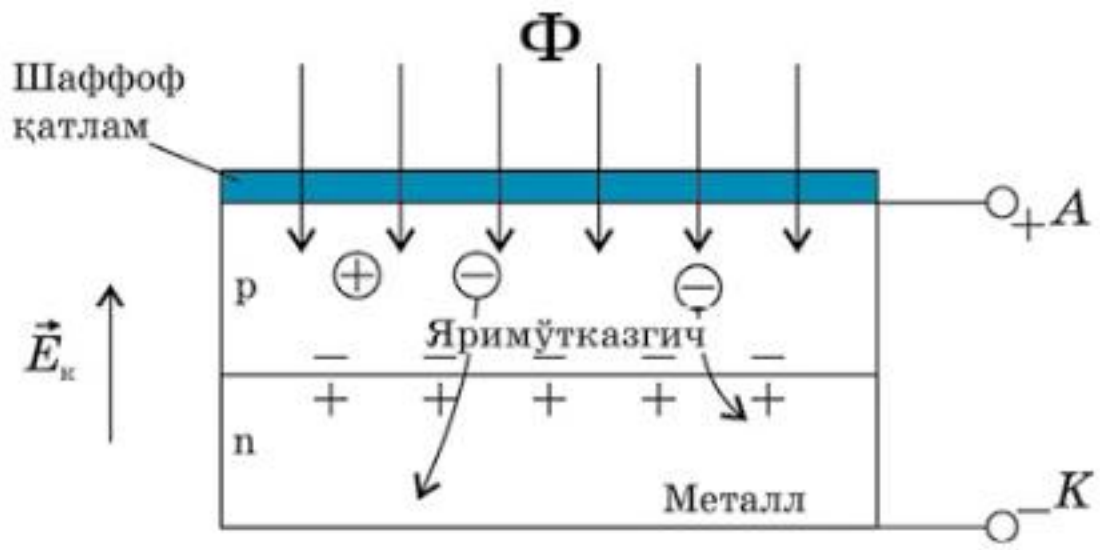
Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

элемент. Фототокнинг кучи ёритувчанликка пропорционал бўлади. *Фотоэлектрлик экспонометр* — фото ва кино олишга керакли экспозиция вақтини аниқлаш қуроли (49.2, *б*-расм). Бундай объектнинг ёритувчанлиги фотоэлемент ёки фоторезистор ёрдамида аниқланади ва бу орқали керакли экспозиция танланади. *Фотореле* — бу ўзига тушган ёруғлик оқимининг ўзгаришига қараб электр занжирларини ажратиб ёки қўшиб турадиган асбоб (49.2, *в*-расм). У ёритувчанликни ростлаб туриш учун, масалан, кўча чироқларини автоматик манбадан ажиратиб, қўшиб туриш учун ишлатилади. Бундан ташқари, фоторелелар ишлаб чиқаришда ва ҳарбий соҳада ҳам ишлатилади.

Ички фотоэффект — нурланиш таъсирида яримўтказгичдаги эркин зарядлар (электронлар ва тешиклар) концентрациясининг ортиш ҳодисаси ҳам кенг қўлланилади. Яримўтказгичда пайдо бўладиган ва рекомбинацияланадиган эркин зарядларнинг орасида динамик мувозанат ўрин олиши маълум. Бунадй ҳолатдаги яримўтказгичга квантларининг энергияси эркин зарядларни генерациялаш энергиясидан ортиқ бўлган нурланиш туширганда яна қўшимча эркин зарядлар пайдо бўлиб, унинг ўтказувчанлиги ортади. Бу ҳодиса — *фотоқаршиликларда* ишлатилади (49.3-расм). Ёритилган вақтда яримўтказгичнинг қаршилиги камаяди ва нурланиш интенсивлиги қанча юқори бўлса, қаршилик шунча кам бўлади. Яна бир ишлатилиш жойи — беркитувчи қатлами бор фотоэлемент (49.4-расм), яъни *вентилли фотоэлемент.*

У металл ва металнинг шаффоф қатлами суркалган тешикли яримўтказгичдан (металл оксиди) иборат. Металл билан яримўтказгичнинг чегарасида диффузия натижада кучланганлиги $\vec{E}$ контакт беркитувчи қатлами пайдо бўлади. Шу жойда пайдо бўлган *p-n ўтиш* электронларни металдан оксидга, тешикларни оксиддан металга ўтказиб туради. Яримўтказгичга Ф ёруғлик оқими тушганда электронларнинг ҳам, тешикларнинг ҳам концентрацияси ортади. Диффузия туфайли электронлар контакт орқали осон ўтиб кетади, тешиклар эса ўта олмайди. Шу сабабли ёруғлик таъсирида электронлар металда, тешиклар

49.3-расм. Фотоқаршиликлар



49.4-расм. Беркитувчи қатлами бор фотоэлемент

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

яримўтказгичда тўпланади ҳамда A ва K контактлари орасида потенциаллар айирмаси — фото ЭЮК пайдо бўлади, у яримўтказгичнинг ёритилганлигига пропорционал.

Бундай фотоэлементлар ток манбалари (қуёш батареялари), фотоэкспонометрлар, турли жараёнларни автоматлаштириш ва бошқаришда назорат асбоблари сифатида, ҳарбий техникада кўринмас нурланиш билан сигнал бериш ёки локация қуроллари сифатида ва бошқа жойларда кенг қўлланилади.

Фотонлар. Илгари айтганимиздек, фотоэффект қонунларини тушунтириш учун Эйнштейн қизиган жисм нурланиш энергиясининг квантлари ҳақидаги Планкнинг ғояларини ривожлантирди. У электромагнит тўлқин алоҳида улушлардан — квантлардан тузилган деб тахмин қилди. Шунингдек, Эйнштейн ёруғликнинг тарқалишини узлуксиз тўлқин жараён эмас, вакуумдаги ёруғликнинг c тезлигидай тезликда ҳаракатланадиган дискрет квантлар оқими деб қаради. Шу электромагнит нурланиш кванттари *фотонлар* деб аталди. Барча частотаси ν монохроматик нурланиш фотонларининг энергиялари бирдай ва $h\nu$ тенг. Жисмнинг нур ютиши жараёнида фотонлар ўз энергиясини жисм зарраларига тўлиқ беради, яъни ютилиш фазода ҳам, вақт бўйича ҳам дискрет боради.

Шундай қилиб, *фотон— энергияси $h\nu$ га тенг элементар зарра.* Унинг массаси билан импульсини аниқлайлик. Масса билан энергия боғланишини ифодаловчи нисбийлик назариясининг $E = mc^2$ формуласидан фотоннинг массасини топишга бўлади:

$$mc^2 = h\nu \text{ ёки } m = \frac{h\nu}{c^2}. \qquad (49.1)$$

Нисбийлик назарияси бўйича масса — тезликка боғлиқ катталик:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Бу формулага фотоннинг вакуумдаги тезлигини $v = c$ қўйсак, агар тинчлик массаси m_0 деб ҳисобламасак, $m = \infty$, яъни масса чексизликка тенг бўлиб чиқади. Ундай бўлса, $m_0 = 0$, яъни *фотоннинг тинчлик массаси йўқ.* Бошқача айтсак, фотон фақат c тезликдаги ҳаракатдагина яшай олади.

Фотоннинг импульсини нисбийлик назарияси бўйича тўлиқ энергиянинг формуласидан аниқлайлик:

$$E = c\sqrt{p^2 + m_0^2c^2}.$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Бу ифодадан $m_0 = 0$ бўлганда, $E = pc$ оламиз. Бундан:

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}. \qquad (49.2)$$

Планк доимийсининг $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1{,}05 \cdot 10^{-34}$ Ж · с қиймати ҳам кўп ишлатилади.

Тўлқин сони тушунчасини киритайлик:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}. \qquad (49.3)$$

(49.3) формулани қўллаб ушбуни оламиз: $p = \$k$.

Импульс — вектор катталик. Фотон импульсининг йўналиши ёруғликнинг тарқалиш йўналиши билан бирдай. Ёруғлик тўлқинларининг таралиш йўналиши эса $\vec{k}$ *тўлқин вектори* билан аниқланади, унинг модули (49.3) формула билан аниқланишини ҳисобга олсак, $\vec{p} = \hbar\vec{k}$.

Шундай қилиб, исталган ҳаракатдаги зарра каби фотоннинг ҳам энергияси, массаси ва импульси бар. Фотоннинг бу корпускуляр (зарра) характеристикаларининг бари ёруғликнинг тўлқин характеристикаси — частота билан юқоридаги формулалар орқали боғланган. Аҳамияти муҳим бу масалага кейинроқ яна қайтамиз.

1. *Вакуумли фотоэлементдегани нима?*
2. *Фотоэлементларнингишлатилишига мисоллар келтиринг.*
3. *Ички фотоэффектҳодисасинитушунтиринг.*
4. *Вентиллифотоэлементдегани нима? Улар қаерда ишлатилади?*
5. *Фотон нима?*
6. *Фотоннинг энергиясини,массасинива импульсинианиқлаш формулаларини ёзинг.*

*7. *Фотоннинг тинчлик массасинимага тенг? Жавобингизниасосланг.*

*8. *Фотон импульсининг формуласиникелтириб чиқаринг.*

Масала ечиш намунаси

Массаси электроннинг тинчлик массасига тенг фотонга қандай тўлқин узунлиги мос келади?

Берилган:
$m = m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг

Топиш керак:
λ — ?

Ечилиши. (49.1) формуладан $\nu = \frac{m_e c^2}{h}$.
Ундай бўлса,

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{h}{m_e c} = \frac{6{,}626 \cdot 10^{-34}\ \text{Ж} \cdot \text{с}}{9{,}31 \cdot 10^{-31}\ \text{кг} \cdot 3 \cdot 10^{8}\ \text{м/с}} =$$

$$= 0{,}242 \cdot 10^{-11}\ \text{м},\ \lambda = 2{,}42\ \text{пм}.$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

24-машқ

1. Қуйидаги монохроматик ёруғлик тўлқинларига мос фотоннинг энергиясини топинг: 1) қизил $\lambda = 0{,}7$ мкм; 2) яшил $\lambda = 0{,}55$ мкм; 3) бинафша $\lambda = 0{,}4$ мкм.

   Жавоби: $28 \cdot 10^{-20}$ Ж; $36{,}1 \cdot 10^{-20}$ Ж; $49{,}7 \cdot 10^{-20}$ Ж.

2. Фотоннинг энергияси $E = 3{,}2 \cdot 10^{-19}$ Дж. Унга қандай тўлқин узунлиги мос келади?

   Жавоби: 0,62 мкм.

3. Массаси $m = 1{,}66 \cdot 10^{-30}$ кг фотонга мос тўлқин узунлигини топинг.

   Жавоби: 1,33 пм.

4. Тўлқин узунлиги $\lambda = 100$ пм нурланишга мос келган фотоннинг энергиясини, массасини ва импульсини аниқланг.

   Жавоби: $1{,}99 \cdot 10^{-15}$ Ж; $2{,}2 \cdot 10^{-32}$ кг; $6{,}625 \cdot 10^{-24}$ кг · м/с.

*5. Энергияси электроннинг тинчлик энергиясига тенг фотоннинг импульсини ҳисобланг.

   Жавоби: $27{,}3 \cdot 10^{-23}$ кг · м/с.

*6. Импульси $p = 2{,}5 \cdot 10^{-22}$ кг · м/с бўлган фотоннинг частотасини топинг.

   Жавоби: $1{,}13 \cdot 10^{20}$ Гц.

50-§. Ёруғликнинг босими

Таянч тушунчалар:

- ✓ электромагнит тўлқиннинг босими
- ✓ қайтиш коэффициенти
- ✓ ёруғлик интенсивлиги
- ✓ энергиянинг ҳажмий зичлиги

Бугун дарсда:

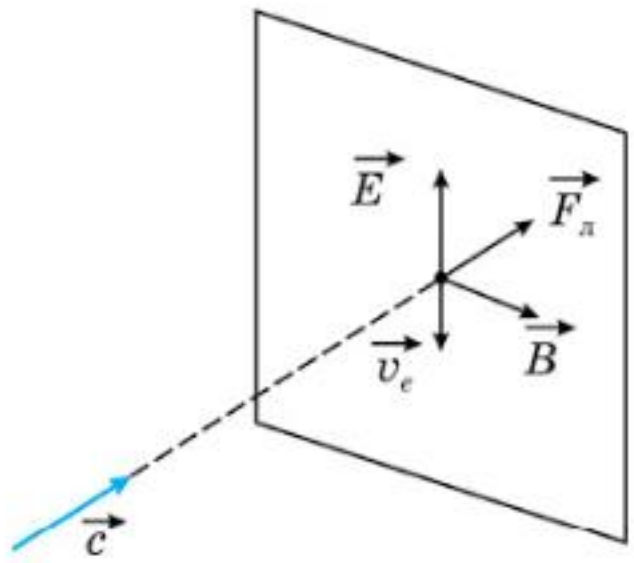
- "ёруғлик босими" тушунчаси билан танишиб, квант назария асосида ёруғлик босимининг табиатини тушунтиришни ўрганасиз.

Жисмни нурлантирган вақтда ёруғлик тўлқинлари унинг сиртига босим туширади. *Ёруғликнинг босими* ҳақида гипотезани дастлаб XVII асрда И. Кеплер Қуёшга яқин атрофда ўтиб бораётган кометаларнинг думларининг ҳаракатини тушунтириш учун таклиф қилган. Ёруғликнинг босим бериши Ж. Максвеллнинг электромагнит назариясидан келиб чиқади. Бу назария бўйича жисмнинг сиртига электромагнит тўлқин тушган вақтда электр майдон таъсирида моддaнинг (жисмнинг) электронлари $\vec{E}$ майдон кучланганлигига қарама- қарши ҳаракатлана бошлайди (50.1-расм).

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Ҳаракатдаги зарядга магнит майдони томонидан Лоренц кучи таъсир қилади, унинг йўналиши *чап қўл қоидаси* билан аниқланади. 50.1-расмда кўринишича, Лоренц кучининг йўналиши нурнинг тушиш йўналиши билан бирдай. Ярим даврдан сўнг электрон қарама-қарши йўналишда ҳаракатлана бошлайди, бироқ Лоренц кучининг йўналиши ўзгармаган ҳолатида қолади. Сирт юзи бирлигига мос келган Лоренц кучлари йиғиндисининг ўртача қиймати электромагнит тўлқиннинг босимига тенг. Бироқ бу босимнинг миқдори жуда оз, шу сабабли уни ўлчаш жуда сезгир, аниқлиги юқори тажриба ўтказишни талаб қилади.



50.1-расм. Ёруғлик босимининг пайдо бўлиши

Максвелл электромагнит тўлқин босими учун ушбу формулани олди:

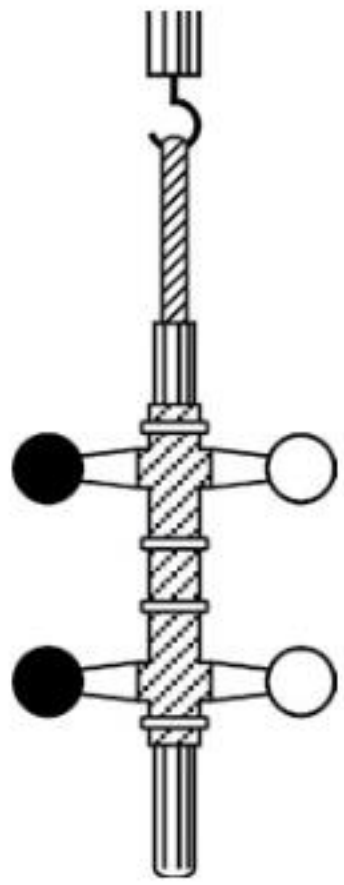
$$p = (1 + \rho)w_{ўрт}, \qquad (50.1)$$

бу ерда ρ — қайтариш коэффициенти; $w_{ўрт}$ — электромагнит тўлқиннинг ўртача энергия зичлиги.

Лебедев тажрибаси. Ёруғликнинг босимини дастлаб ўлчаган П. Н. Лебедев бўлди. У 1890 йили қаттиқ жисм сиртига, 1907—1910 йиллари газларга тушадиган ёруғликнинг босимини тажриба орқали етарлича аниқ ўлчади.

Ёруғликнинг босимини ўлчаш тажрибасида Лебедев енгил слюда қанотчаларни (бир томони қора, иккинчи томони оқ) ингичка енгил ипга осиб, уларни ҳавоси сўриб олинган шиша идишга жойлаштирди (50.2-расм).

Ёруғлик босимини аниқлайдиган (50.1) формулада қора жисм учун $\rho = 0$ бўлганидан, ёруғликнинг қора сиртга тушираднган босими оқиш сиртга тушираднган босимидан анча (тахминан 1,5 мартача) оз бўлиши керак. Шу сабабли, илгакка айлантирувчи момент таъсир қилади. Ялтироқ сиртдан ёруғликни қайтиши бурчагини ўлчаб, ипнинг буралиш бурчагини аниқлаш мумкин. Демак, Лебедев тажрибасида ёруғлик тушганда илгак ёруғлик босими таъсирида бурилади. Бурилиш бурчагини ўлчаш орқали ёруғликнинг босими ўлчанди. Тушган ёруғлик энергиясининг зичлигини Лебедев махсус кичик калориметр ёрдамида ўлчади. Тажрибанинг натижаси (50.1) формула бўйича бажарилган ҳисоблашлардан олинган натижа билан аниқ мос келди. "*Ёруғлик — электромагнит тўлқин*" деган Максвелл назариясидан келиб чиқадиган хулосани исботлашда Лебедев тажрибасининг аҳамияти зўр бўлди.



50.2-расм. Лебедев тажрибасининг чизмаси

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Ёруғлик босимининг квант назарияси. Квант назария бўйича, ёруғликнинг босими сиртга келиб урилган ҳар бир фотоннинг унга импульс бериши билан тушунтирилади. Ёруғлик жисм сиртига перпендикуляр тушсин ва вақт бирлиги ичида юза бирлигига тушадиган фотонларнинг сони n бўлсин. Агар қайтиш коэффициенти ρ бўлса, сиртдан ρn фотон қайтади, $(1-\rho)n$ фотон эса ютилади. Ҳар бир қайтган фотон сиртга $2p_ф = \frac{2h\nu}{c}$ импульс беради, сабаби қайтганда фотоннинг импульси $(-p_ф)$ бўлади. Унда импульснинг ўзгариши $\Delta p_ф = p_ф - (-p_ф) = 2p_ф$ бўлади. Ҳар бир ютилган фотон сиртга $p_ф = \frac{h\nu}{c}$ импульс беради.

Ёруғликнинг босими n фотоннинг берадиган импульсларининг йиғиндисига тенг:

$$p_ф = \frac{2h\nu}{c}\rho n + \frac{h\nu}{c}(1-\rho)n.$$

Охирги ифодани қуйидагича ёзишга бўлади:

$$p_ф = \frac{nh\nu}{c}(1+\rho), \qquad (50.2)$$

бундаги $I = nh\nu$ — ёруғликнинг интенсивлиги, яъни вақт бирлиги ичида юза бирлигига тушадиган барча n фотонларнинг энергияси, $w = \frac{I}{c} = \frac{nh\nu}{c}$ — тушган ёруғлик энергиясининг ҳажмий зичлиги.

Шуларни ҳисобга олсак, $p_ф = w\,(1+\rho)$, яъни биз (50.1) формулани олдик.

Одатда, ёруғликнинг босими жуда кичик. Бироқ маълум бир ҳолларда у анча катта қийматга эга бўлиши ҳам мумкин. Масалан, температураси ўнлаб миллион градус бўлган юлдузларнинг ичида электромагнит нурланиш босими жуда юқори қийматларга етади. Шу сабабли, юлдузларнинг ичида борадиган жараёнларда гравитацион кучлар билан бирга, ёруғликнинг босим кучлари ҳам анча катта роль бажаради.

1. *Максвеллнингэлектромагнитназариясигаасосланиб,ёруғликнингсиртга босим беришини исботланг.*
*2. *Лебедевтажрибасини тушунтиринг.*
*3. *Квант назария орқали ёруғлик босимини қандай тушунтириш мумкин?*

Масала ечиш намунаси

Тўлқин узунлиги $\lambda = 500$ нм монохроматик ёруғликнинг параллел дастаси қорага бўялган сиртга перпендикуляр тушиб, унга $p = 10$ мкПа босим беради. 1) Фотонларнинг n_0 концентрациясини; 2) вақт бирлиги ичида сиртнинг бирлик юзига тушган фотонларнинг n сонини аниқланг.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Берилган:
$\lambda = 500$ нм $= 5 \cdot 10^{-7}$ м
$p = 10$ мкПа $= 10^{-5}$ Па

n_0 — ? n — ?

Ечилиши. 1. Энергиянинг $w_{ўрт}$ ҳажмий зичлиги бир фотоннинг энергиясини фотонларнинг концентрациясига кўпайтмасига тенг:

$$w_{ўрт} = n_0 \cdot h\nu, \quad n_0 = \frac{w_{ўрт}}{h\nu}.$$

Ёруғлик босимининг $p = w_{ўрт}(1 + \rho)$ формуласидан энергиянинг ҳажмий зичлигини аниқлаймиз: $w_{ўрт} = \frac{p}{1 + \rho}$, унда $n_0 = \frac{p}{(1 + \rho)h\nu} = \frac{p\lambda}{(1 + \rho)hc}$ қорага бўялган сирт учун $\rho = 0$, шу сабабли

$$n_0 = \frac{p\lambda}{hc} = \frac{10^{-5}\ \text{Па} \cdot 5 \cdot 10^{-7}\ \text{м}}{6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \text{Ж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^{8}\ \text{м/с}} = 2{,}52 \cdot 10^{13}\ \text{м}^{-3}.$$

2. Бундан ташқари, энергиянинг ҳажмий зичлигини нурланиш интенсивлиги орқали ҳам ифодалашга бўлади: $w_{ўрт} = \frac{I}{c} = \frac{nh\nu}{c}$. Бу формулани $n_0 = \frac{w_{ўрт}}{h\nu}$ формуласига қўйиб, ушбуни оламиз: $n_0 = \frac{nh\nu}{ch\nu} = \frac{n}{c}$, шундан $n = n_0 \cdot c = 2{,}52 \cdot 10^{13}\ \text{м}^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{8}\ \text{м/с} = 7{,}56 \cdot 10^{21}\ \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

Жавоби: $n_0 = 2{,}52 \cdot 10^{13}\ \text{м}^{-3}$; $n = 7{,}56 \cdot 10^{21}\ \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

25-машқ

1. Энергияси $E = 5$ эВ бўлган фотон қайтганда кўзгусимон сирт қандай импульс олади?

Жавоби: $5{,}3 \cdot 10^{-27}$ кг · м/с.

2. Сиртга нормал тушган ёруғлик дастанинг босими $p = 0{,}2$ Па, қайтиш коэффициенти $\rho = 0{,}6$. Ёруғликнинг интенсивлигини аниқланг.

Жавоби: 37,5 МВт/м².

3. Қуввати $N = 6$ Вт ёруғлик оқими юзи $S = 10$ см² сиртга нормал тушади. Сиртнинг қайтиш коэффициенти $\rho = 0{,}6$. Ёруғликнинг сиртга берадиган босимини ҳисобланг.

Жавоби: 32 мкПа.

4. Қайтиш коэффициенти $\rho = 0{,}7$, юзи $S = 10$ см² сиртга ҳар секундда $n = 10^{18}$ фотон перпендикуляр тушади. Тўлқин узунлиги $\lambda = 500$ нм. Ёруғликнинг босимини топинг.

Жавоби: 2,5 мкПа.

*5. Қуввати $N = 100$ Вт электр лампаининг ички сиртига қандай босим тушади? Лампани радиуси $r = 5$ см сфера деб олинг. Қайтиш коэффициенти $\rho = 0{,}1$. Лампадаги барча қувват нурланишга сарфланади деб ҳисобланг.

Жавоби: $1{,}25 \cdot 10^{-5}$ Па.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

51-§. Ёруғликнинг кимёвий таъсири

Таянч тушунчалар:

- ✓ фотокимёвий реакция
- ✓ фотокимёвий реакциянинг қизил чегараси
- ✓ фотосинтез
- ✓ фотосурат

Бугун дарсда:

- ёруғликнинг кимёвий таъсирлари билан танишасиз.

Моддага ёруғлик нурлари тушганда унинг хоссалари турли ўзгаришларга учраши мумкин, яъни *ёруғликнинг кимёвий таъсири* бор. Тушган ёруғлик таъсирида модда хоссаларининг ўзгариши модда ичида борадиган кимёвий реакциялар натижалари бўлади, бундай реакциялар *фотокимёвий реакциялар* деб аталади. Модда ичида борадиган фотокимёвий реакцияларнинг икки турини ажратиб қараш мумкин, булар: тушган ёруғлик таъсирида модда молекулаларидан янада мураккаброқ молекулалар тузиладиган *синтез реакциялари* ва ёруғликнинг таъсирида модданинг мураккаб молекулаларидан соддароқ молекулалар тузиладиган *парчаланиш реакциялари*.

Одатда, бирламчи кимёвий реакциялар иккинчи тур кимёвий айланишларга уланади. Бирламчи кимёвий реакцияларга қатнашувчи модданинг массаси модда ютган нурий энергияга пропорционал эканлиги аниқланган. Исталган кимёвий реакция моддага тушган ёруғлик тўлқинлари частотасининг қандайдир бир энг оз ν_0 қийматидан бошлаб боради. Частотанинг бу қиймати *фотокимёвий реакциянинг қизил чегараси* деб аталади. Частотаси қизил чегарадан паст нурланиш фотокимёвий реакция ҳосил қила олмайди.

Квант назария бўйича атомларни молекулаларга бириктириб ушлаб турувчи — кимёвий боғланиш. Биз ёруғлик тўлқинлари фотонларнинг оқими эканини биламиз. Нурланиш билан таъсирлашиш борасида молекула фотон ютиши мумкин, бунинг натижасида у қўшимча $h\nu$ энергия олади. Агар бу энергия кимёвий боғланишни узишга етарли бўлса ($\nu \geq \nu_0$), фотокимёвий реакция боради, агар етмаса ($\nu < \nu_0$), реакция бормайди. Фотокимёвий реакциялар табиатда ҳам, жамиятнинг кўплаб соҳаларида ҳам муҳим рол бажаради.

Фотосинтез. Табиатда ўсимликларнинг яшил барглари ва кўплаб микроорганизмлар фаолиятининг натижасида жуда муҳим фотокимёвий реакциялар боради. Барглар ҳаводаги карбонат ангидрид газини ютиб, унинг молекулаларини алоҳида қисмларга — углерод ва кислородга парчалайди. Бу қуёш нурланиши спектрининг қизил қисми таъсирида хлорофилл молекулаларида амалга ошади. Ўсимликларнинг илдизлари тупроқдан ҳайвонлар ва инсонларга керак элементларнинг

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

атомларини сўриб олади. Бу атомлар углерод занжирига жойлашади. Улардан ўсимликлар, ҳайвонлар ва инсонларга озиқ-овқат — оқсиллар, мойлар ва углеводларни ишлаб чиқаради. Бунинг бари қуёш нури энергияси ҳисобига амалга ошади. Ўсимликлар ва баъзи микроорганизмларда ёруғлик таъсирида кислороднинг ажралиши билан бирга углеводларнинг пайдо бўлиш жараёни *фотосинтез* деб аталади. У табиатда кислород айланишини таъминлайди ва ер сиртидаги жонзотларнинг энергетик асосини ташкил қилади. Ёруғлик квантлари таъсирида сув молекулаларининг кислород ажратиб парчаланиши қуёш нурини биосфера энергиясининг асосий манбаи қилади.

Энергияни қуёш нуридан олувчи организмлар *фототрофлар* деб аталади. Уларга барча яшил ўсимликлар (51.1, *а*-расм) ва баъзи бактериялар, масалан, цианобактериялар (51.1, *б*-расм) киради.

Ўсимликлар органик моддаларнинг биринчи занжирдаги ишлаб чиқарувчилари бўлганлигидан барча бошқа организмларга озиқ бўлади. Цианобактериялар — булар кўк яшил сувўтлари, улар энг қадимий тирик организмлар ҳисобланади. Цианобактериялар бизнинг сайёрада фотосинтез орқали ер атмосферасини кислород билан тўйинтиради ва шу билан ҳаётнинг барча бошқа турларининг пайдо бўлишини таъминлайди. Атмосферага ажраладиган эркин кислород манбаи — сув. Ёруғлик таъсирида сувнинг парчаланиши борадиган реакцияларнинг тўплами *фотолиз* деб аталади. Демак, ер сиртидаги ҳаёт манбаи — сув ва қуёш нури.

Фотосурат. Ёруғликнинг кимёвий таъсири фотосуратнинг асосида ётади. Грекчада фотосурат сўзи *ёруғлик билан ёзиш* (*photos* — ёруғлик, *graph* — ёзаман) деганни билдиради. Оптик асбоб — фотоаппарат ёрдамида олинган тасвир фотопленкага ёки фотопластинкага босиб чиқарилади.

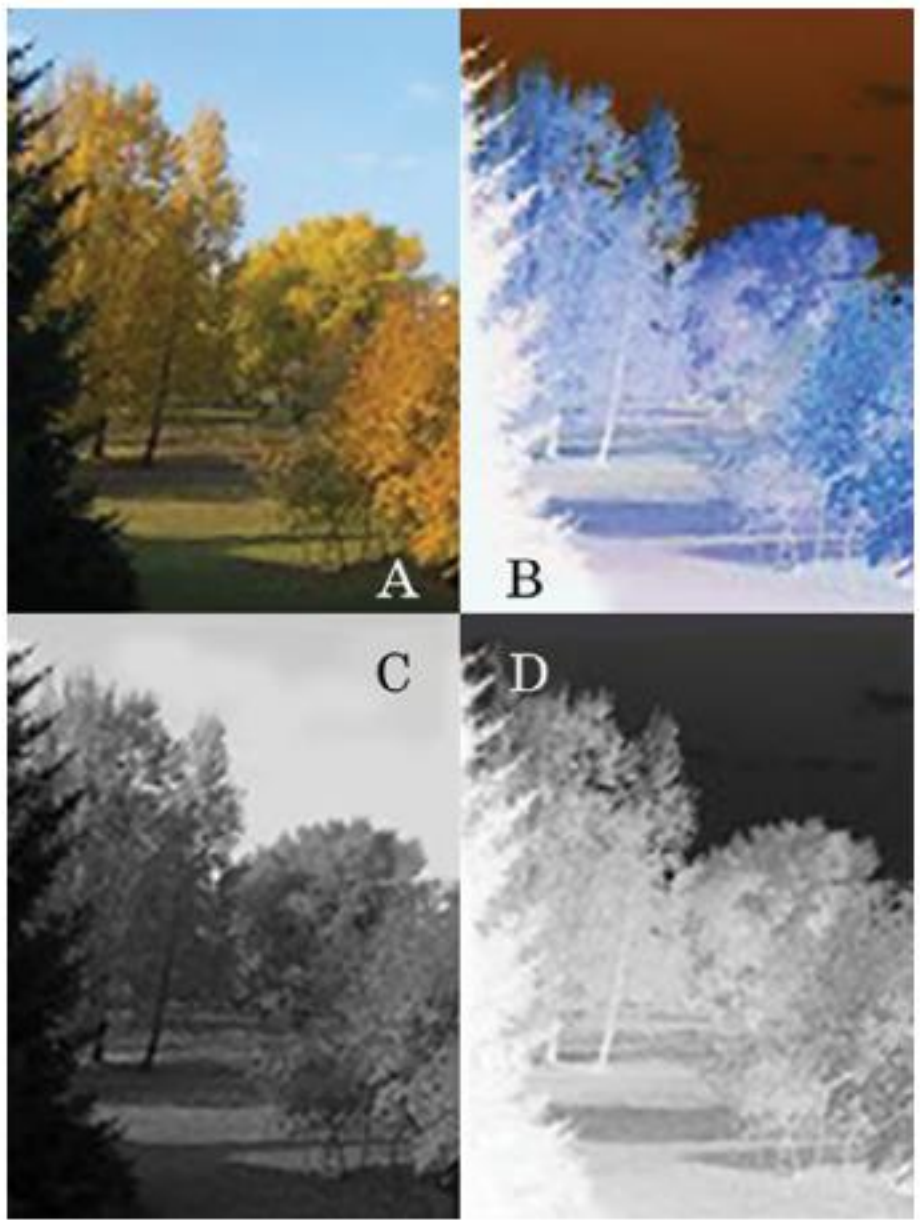
а)

б)

51.1-расм. Фототрофлар:
а) ўсимликлар; *б*) цианобактериялар

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



51.2-расм. Негатив ва позитив тасвирлар

Фотосурат босиб чиқарадиган материаллар сифатида ёруғлик сезгич моддалар қўлланилади. Бу моддалар ёруғлик тушган вақтда кимёвий ўзгаришларга учрайди. Фотосуратда реагентлар сифатида кумушнинг галлоидли тузлари: бромли, хлорли ва йодли кумуш фойдаланилади. Энг кўп қўлланиладиган моддалар — булар бромли ва хромли кумуш. Фотоқоғозда кумуш бромиднинг AgBr майда кристалларидан иборат ёруғликсезгич қатлам бўлади. Ёруғлик тушганда электрон бромнинг ионидан ажралиб чиқади ва уни кумуш ионн қамраб олади. Бунинг натижасида кумуш ионн нейтрал атомга айланади, фотоқоғоз эса ёруғликнинг таъсирида қораяди. Молекуланинг парчаланиши ушбу схема бўйича боради:

$$AgBr + h\nu \rightarrow Ag^* + Br^+ + e^-,$$

бундаги Ag^* — кумушнинг уйғонган атоми, Br^+ — бромнинг мусбат ионн, e — электрон.

Фотосуратларни олишнинг классик усули қуйидаги босқичлардан иборат:

1. *Негатив*. Фотосурат олингач махсус шароитда (қоронғуда ва қизил ёруғликда) фотопластинка ёки фотопленкага кимёвий ишлов берилади: очилтириш, сувда чайиш, қотириш. Қотирилган пластинкалар ва плёнкаларни яхшилаб ювиб, қуритилади. Шу тариқа *негатив* олинади. Кумуш доначаларидан тузилган негатив тасвирни ўтувчи ёруғликда қараганда унинг турли қисмларининг ёритилганлиги туширилган объектнинг мос қисмларининг ёритилганлигининг акси бўлиб чиқади. Бошқача айтганда, негатив тасвирда фотога туширилган буюмнинг қора жойлари оқ, оқ жойлари эса қора бўлиб чиқади. Рангли фотосуратларда буюмнинг тасвирини олиш жараёнида ранглари расмга туширилган буюмнинг рангига қўшимча бўёвчи моддалар қўлланилади. Шу сабабли, масалан, кўк рангли буюм негативда сариқ, яшил рангли буюм тўқ қизил ва ҳ.к. бўлиб чиқади. Юқоридаги 51.2-расмда оқ-қора ва рангли фотосуратларнинг негатив ва позитив тасвирлари кўрсатилган.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

2. *Позитив*. Фотосуратни олиш учун фотоқоғозни негатив устига қўйиб, унга ёруғлик туширилади. Бироз тургач фотосуратга лаборатория шароитида (қизил сариқ ёки қизил ёруғликла) худди фотопластинкадаги каби ишлов берилади: осилтирилади, сувда чайилади, қотирилади, яхшилаб ювиб, қуритилади. Фотони босиб чиқаришни икки хил усулда амалга оширишга бўлади: контактли (фотоқоғозни негатив устига қўйиш) ва проекцион усулда (проекцион аппарат — фотокатталаштиргич орқали). Иккинчи усулда негативга нисбатан катталашган позитив тасвир ҳосил бўлади.

Ёруғликнинг кимёвий таъсирининг ҳам фойдали, ҳам зарарли томонлари бор. Масалан, қуёш нурида матолар ранги кўтарилишини ёқимсиз таъсир эканлигини айтмаса ҳам тушунарли. Қуёшда қуйишнинг оқибатлари ҳақида бирдан аниқ хулоса чиқариб бўлмайди. Қуёш нурларининг таъсир этиш миқдорига қараб, қуёшда қорайиш одам организмига ижобий ҳам, салбий ҳам таъсир кўрсатиши мумкин.

БУ ҚИЗИҚ!

Ҳозирги кунгача сақланган,дунёдаги энг биринчи фотосуратни 1826 йили француз ихтирочиси Жозеф Нисефор Ньепс туширган. Қуйида кўрсатилган бу фотосуратни у "Деразадаги манзара" деб атаган. Дунёдаги энг биринчи одамнинг фотопортретини 1839 йили машҳур америкалик фотограф Роберт Корнелиус туширган. У фотообъективнинг қопқоқчасини оча солиб, югуриб келиб, кадрда линза ёпилгунча ҳаракатланмайбир неча минут ўтирган.

Ж. Н. Ньепс **"Деразадаги манзара"** фотосурати

Демак, фотосуратгаолишнинг практик усулини дастлаб Жозеф Ньепс бажарган. Ёруғлик сезгир қатлам сифатида у лаванда мойига аралашган асфальтни қўллади. Уни қалай, мис ёки кумушланган пластинкага суртди. Бу усул дагеротипия деб аталади.Дагеротипни — ёруғлик сезгир металл пластинкада тасвир олиш жараёнини 1839 йилнинг 9 августида француз рассоми ва ихтирочиси Луи Дагер Француз Фанлар академиясидабаён қилади. Шунинг натижасида фотографиктасвир олишнинг бу усули бутун дунёга маълум бўлди.

Биринчи рангли фотосуратни — бантик қилиб боғланган уч хил рангли лентанинг фотосини 1861 йили Максвелл Лондонда Қироллик институтида ўқиган лекцияси борасида кўрсатган. Sony компанияси 1981 йили сонли камерани ўйлаб топди, натижада одаьдаги фотоплёнкадан воз кечиб, сонли фотографияларолиш имконияти туғилди. Бироқ кўплаб моҳир фотографларҳозиргача фотоплёнкани қўллашни афзалкўради.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

1. *Қандай реакциялар фотокимёвий деб аталади?*
2. *Фотокимёвий реакциянинг қизил чегарасидеб нимага айтилади?*
3. *Фотосинтез жараёнлари ҳақида айтиб беринг.*
4. *Фотографларҳақида нима биласиз?Мисол келтиринг.*

*5. *Фотопластинкада ёки фотоплёнкада тасвир қандай пайдо бўлади?*

*6. *Негатив тасвирнинг позитив тасвирдан қандай фарқи бор?*

Маълумот тўплаб,"Қуёшда куйишнинг фойдасива зарари" мавзусидарефератёзинг.

52-§. Рентген нурлари

Таянч тушунчалар:

- ✓ рентген нурлари
- ✓ рентген трубкаси
- ✓ тормозловчи рентген нурлари
- ✓ характеристик рентген нурлари

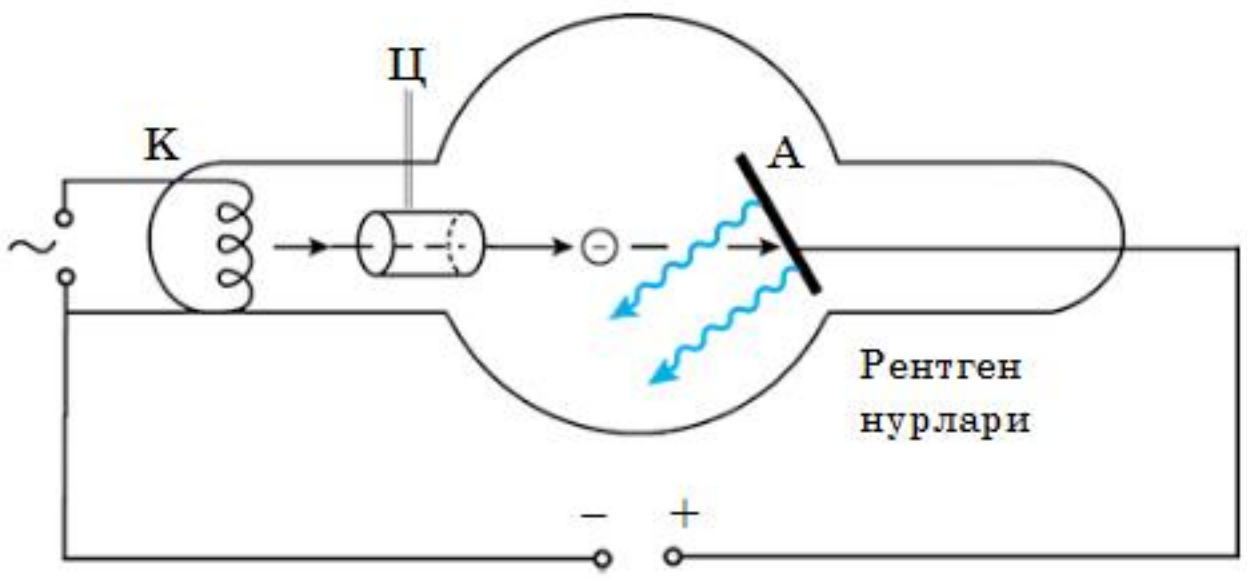
Бугун дарсда:

- рентген нурларининг асосий характеристикалари ва унинг ишлатилиши билан танишасиз.

Сиз буни биласиз

Рентген нурларини 1895 йили В. Рентген кашф қилган. Бу — тўлқин узунлиги жуда кичик, тахминан (10^{-12} — 10^{-9}) м диапазонда ётган электромагнит нурланиш. У тез электронлар модда ичида тормозланганда пайдо бўлади.

Тормозловчи рентген нурлари. Рентген нурларини олиш учун *рентген трубкалари* қўлланилади. Бу — ичидан ҳавоси сўриб олинган ва уч электрод жойлашган баллон (52.1-расм). Қиздириладиган катод К термоэлектронлар манбаи бўлади, цилиндрик электрод Ц катод ва анод орасида юзага келган юқори кучланишда тезлатилган электронларни



52.1-расм. Рентген трубкасининг чизмаси

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

фокуслайди. Анод (уни антикатод деб ҳам атайди) W, Cu, Pt каби оғир металларнинг биридан ясалади.

Тезланишли ҳаракатланган электронлар катта тезликда антикатодга келиб урилади ва бирдан тормозланади. Шу вақтда чиқадиган электромагнит тўлқинлар *тормозловчи рентген нурлари* деб аталади. Электронлар тормозланган вақтда уларнинг энергиясининг фақат 1—3% и нурланиш энергиясига сарфланади, қолгани иссиқлик энергиясига айланади, шу сабабли антикатод қаттиқ қизийди. Уни бирор усулда совитиб туришга тўғри келади.

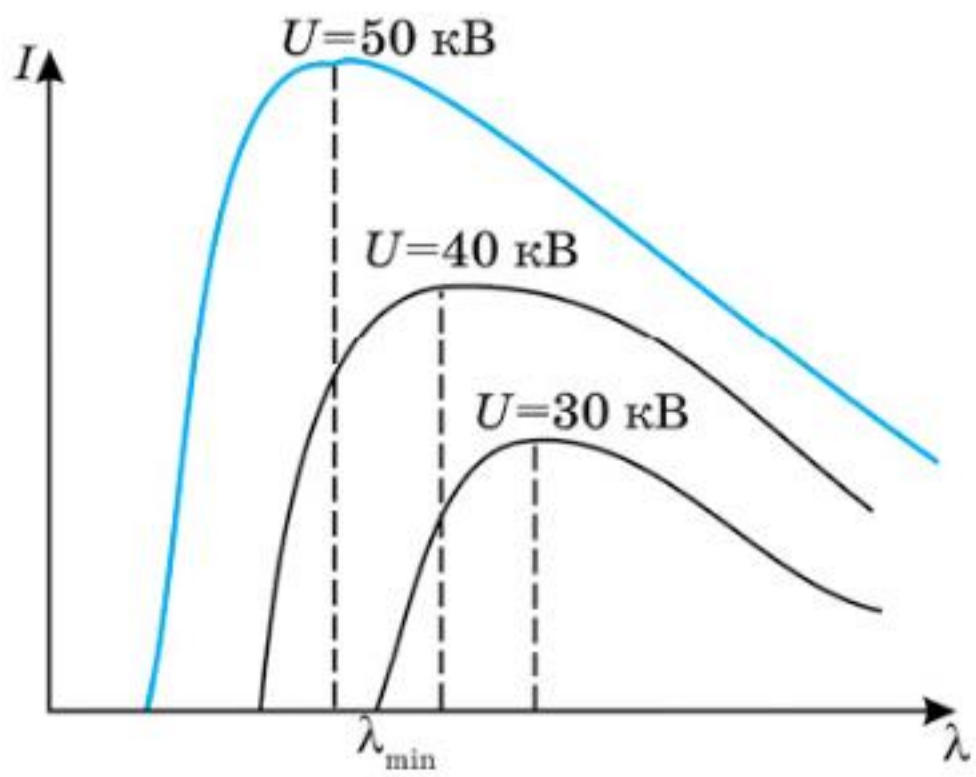
Вильгельм Рентген (1845—1923)

Рентген нурланишининг пайдо бўлишини классик электромагнит назария доирасида тушунтириш мумкин. Бу назария бўйича тезлатилган зарядли зарра албатта нурланиши керак. Қаралаётган ҳолда электрон антикатодга урилиб тормозланади ва тескари тезланиш олади, шу сабабли у нурланади.

Нурланиш қуввати электрон зарядининг квадратига ва унинг тезланишининг квадратига пропорционал, яъни $p \sim e^2a^2$. Электрон тормозланганда классик назария бўйича нолдан чексизликкача барча интервалдаги тўлқин узунликлари бор нурлар чиқариши керак. Нурланиш қувватининг максимумига мос келадиган тўлқин узунлиги электронларнинг тезлиги ортгани сайин камайиши керак, яъни у тезлатувчи U кучланишни орттирганда қисқа тўлқинлар томонига силжиши керак.

52.2-расмда тажрибада олинган рентген нурланиши қувватининг тўлқин узунлигига боғланиш графиклари тасвирланган. Бу расмга кўра, тажрибада олинган боғланишлар, асосан, классик назариянинг хулосалари билан мос келади. Бироқ бир тўғри келмайдиган жойи бор: эгри чизиқлар нолдан эмас, қандайдир бир *тўлқин узунлигидан* бошланади. Мана, шу *тўлқин узунлигини тормозловчи рентген нурланишининг қисқа тўлқинли чегараси* деб аталади.

Қисқа тўлқинли чегаранинг мавжудлигини квант назария бўйича осон тушунтиришга бўлади. Агар электрон тормозланганда нурланиш энергияси квантлар тарзида чиқса, ҳар квантнинг (фотоннинг) энергияси, албатта, электронни ўзининг энергиясидан ортиқ бўла олмайди. Ундай бўлса, $h\nu_{max} = eU$, бундан $\lambda_{min} = \frac{c}{\nu_{max}} = \frac{ch}{eU}$; $\lambda_{min} = \frac{ch}{e} \cdot \frac{1}{U}$.



52.2-расм. Тормозловчи рентген нурларининг спектри

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

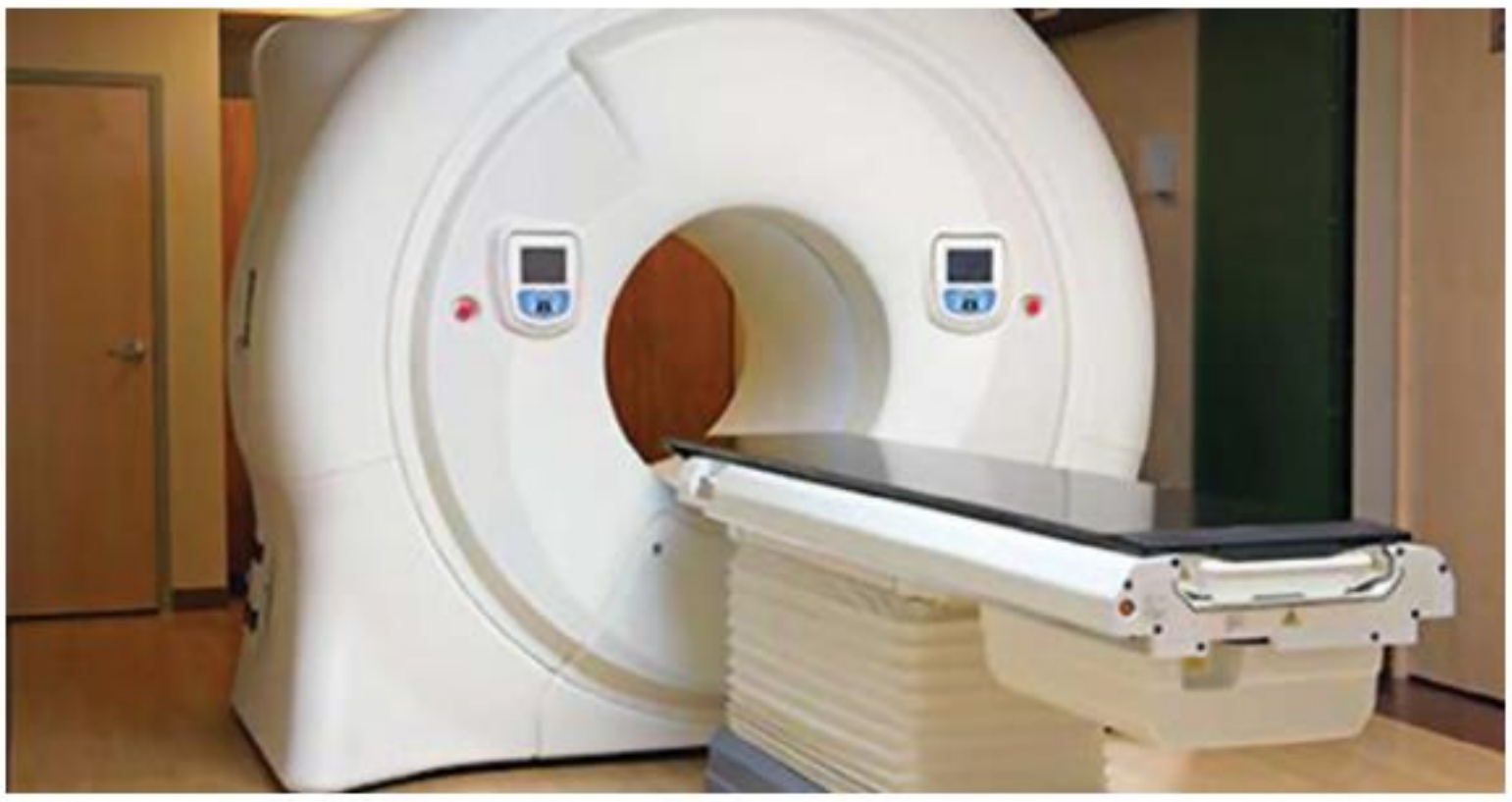
Бу натижа тажриба билан яхши мос келади. Тажрибадан λ_{min} ни аниқлаб, унинг қийматини юқоридаги формулага қўйиш орқали Планк доимийсини ҳисоблаб топиш мумкин. Бу — аниқлиги энг юқори усулларнинг бири.

Тормозланувчи электронларнинг энергияси етарли даражада юқори бўлганда тормозловчи рентген нурларининг туташ спектри устида ингичка чизиқлар пайдо бўлади. Бу — *характеристик рентген нурланиши*. Рентген нурларининг бу тури антикатоднинг моддасини характерлайди.

Рентген нурларининг ишлатилиши. Ҳозирги вақтда рентген нурлари жамиятнинг кўплаб соҳаларида кенг қўлланилмоқда. Шулардан бир нечасини атаб ўтайлик. Рентген нурларининг тўлқин узунлиги жуда қисқа (10^{-12} м дан 10^{-9} м гача) бўлганидан, қаттиқ жисмларнинг кристаллари улар учун дифракцион панжара хизматини бажара олади. Кристаллга рентген нурларини тушириб, ундан пайдо бўлган дифракцион манзарани текшириш орқали модданинг тузилиши ҳақида маълумотлар олишга бўлади. Шу каби материалларнинг рентгенографияси, рентген топографияси соҳаларини ҳам айтиб ўтиш мумкин.

Компьютерли томография. Сиз медицинада рентген нурланиши диагностикада ва турли касалликларни даволашда кенг қўлланилишини биласиз. Бу соҳанинг сўнгги ютуқларидан бири *компьютерли томография* ҳисобланади.

Рентген компьютерли томографнинг (52.3-расм) ишлаши одам танасининг текширилаётган қисмига рентген нурларининг ингичка дастасини тушириб, кейин танадан ўтган дастани қайд қилишга асосланган. Рентген нурлари танадан ўтганда турли тана органлари нурларни турли миқдорда ютади. Бу нурларни компьютер орқали тадқиқ қилиб, натижада жуда сифатли учўлчовли (ҳажмий) тасвир олинади. Бу тасвир касалланган аъзодаги ўзгаришларни жуда аниқ ва тўғри кўрсатади.



52.3-расм. Рентген компьютерли томограф

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Рентген компьютерли томограф рентген нурларининг сусайиш коэффициентини 0,5% чамасидаги аниқликкача баҳолашга имкон беради, оддий рентгенография усулида эса бу қиймат (10—20)%, яъни рентген компьютерли томографиянинг сезгирлиги жуда юқори, шунингдек бу усулда тўқималар ва мускуллар қатлам-қатлам бўлиб кўриниб, бир-бирига қўшилиб кетмайди.

Ҳаваскор флюорографияда, асосан, суяклар ва ўпка кўринса, компьютерли томографияда юмшоқ тўқималар (жигар, мия, буйрак ва ш.к.) ҳам аниқ кўринади. Бу касалликнинг дастлабки белгиларини аниқлашга ва тезроқ диагноз қўйишга имкон беради. Ҳозирги вақтда компьютерли томография стоматологияда ҳам тишлар ва жағ суякларини текширишда кенг қўлланилмоқда.

Рентген компьютерли томографиянинг янги соҳаси — бу спиралли компьютерли томография (СКТ ёки ангиография). Бунда одам нафасини бир тўхтатганда бутун организмни сканерлашга бўлади, шу сабабли пациентга тушадиган нурий юкланиш камаяди. КТ-нинг янги тури — мультиспиралли компьютерли томография (МСКТ). Бу асбоб текширишни жуда юқори тезликда бажаришга, майда ва ҳаракатдаги тузилмаларни аниқ тасвирлашга, масалан, қон томирларини кузатишга имкон беради.

Магнит-резонансли томография (МРТ). Замонавий медицинанинг сўнгги ютқуларидан бири — *магнит-резонансли томографлар*. Бу асбоблар текширилаётган органнинг қатлам-қатлам тасвирларини олишга имкон беради.

Асбобнинг ишлаш принципи асосида ядровий магнит резонанс ҳодисаси ётади. Магнит-резонансли томографда магнит майдони юзага келиб, маълум бир частотадаги радиотўлқинлар чиқарилади. Одам аъзосидаги водород атомларининг ядролари бундай таъсирларга сезгир бўлади. Тананинг текширилаётган аъзоси жойлашган қисми атрофига датчиклар қўйилади. Улар текшириш давомида шу аъзода бўлаётган ўзгаришларни қайд этиб, қайта ишлаш учун процессорга юборади. Магнит-резонансли томограф текширилаётган пациентнинг танасида ўзгармас магнит майдони бўлиши таъминлайди. Бу аппарат организмни радиотўлқинлар билан стимуляциялайди; аъзонинг электромагнит нурланишини қайд қилади; олинган сигналларни қайта ишлаб, уни тасвирга айлантиради.

Магнит-резонансли томограф ёрдамида қон томирларининг ички каналларининг тасвирини олишга (магнит-резонансли ангиография), пациентнинг қон айланишининг анатомик ва функционал хусусиятларини баҳолашга, умиртқани текширишга бўлади. Асбобнинг бундан бошқа ҳам кўп имкониятлари бор.

Магнит-резонансли томографда олинган расм текширилаётган аъзонинг фотографик сурати бўлмайди. Мутахассис пациентнинг танаси

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

чиқарган радиосигналларнинг юқори сифатли мукаммал тасвирини олади. МРТ диагностика компьютерли томография усулидан анча афзал, сабаби текшириш борасида ионловчи нурланиш эмас, одам организмига зарарсиз бўлган электромагнит тўлқинлар қўлланилади.

1. *Рентгеннурлари нима?*
2. *Рентгентрубкасининг ишлаш принципини тушунтиринг.*
3. *Тормозловчирентгеннурланишининг қисқа тўлқинли чегарасидеб нимага айтилади?*

*4. *Рентгенкомпьютерли томографнингишлаш принципини тушунтиринг.*

*5. *МРТ текшириш усули ҳақида айтиб беринг.*

53-§. Ёруғликнинг корпускуляр-тўлқин табиатининг бирлиги

Таянч тушунчалар:

- ✓ корпускула
- ✓ электромагнит нурланиш хоссаларининг икки ёқламалиги
- ✓ флуктуациялар

Бугун дарсда:

- электромагнит нурланиш табиатининг икки ёқлама — корпускуляр тўлқин хусусиятлари билан танишасиз.

Ёруғликнинг тўлқин табиати. Ёруғлик нима? Бу саволга олимлар жуда қадимдан жавоб излаб келди. XIX асргача ёруғлик тез ҳаракатланадиган зарралар — корпускулалар оқими сифатида қаралди. И. Ньютон ҳам шу кўзқарашни ёқлади. Бироқ XIX асрда ёруғликнинг тўлқин хоссаларини исботловчи унинг интерференцияси, дифракцияси каби ҳодисалар очилди. Бу ҳодисаларни биз аввалги бобларда қарадик. Юнг ва Френель меҳнатларининг натижаси рақобатдаги икки корпускуляр ва тўлқин назариядан бирининг, яъни тўлқин назариянинг ғалабасига олиб келди. Бундан кейин Максвелл меҳнатларининг хулосаси ёруғликнинг электромагнит тўлқин эканини тўлиқ исботлаб берди.

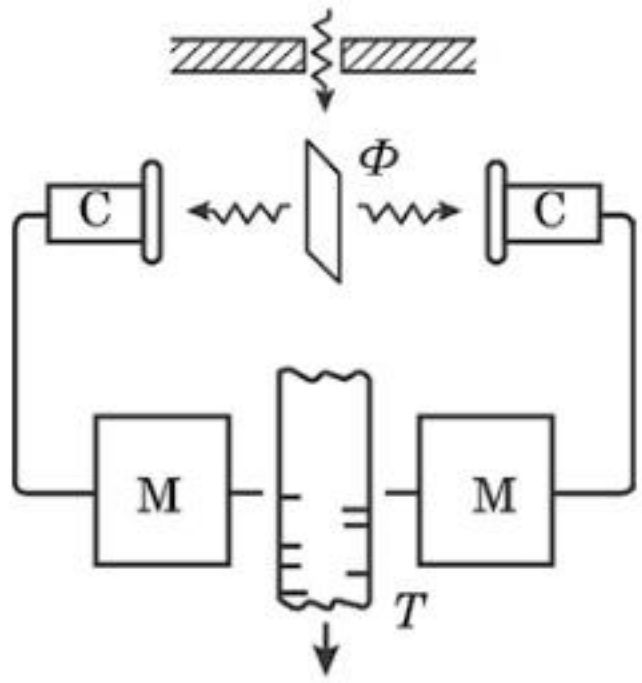
Ёруғликнинг корпускуляр табиати. Бироқ XIX асрнинг охири ва XX асрнинг бошларида кашф қилинган иссиқликдан нурланиш, фотоэффект ҳодисаларини, чизиқли спектрларнинг қонуниятларини ўрганиш натижалари ёруғликнинг фотонлар оқими сифатида таралатишини кўрсатди. Шунингдек, ёруғликнинг фотонлар оқими сифатида таралиши ва нурланишнинг модда билан таъсирлашиши квант характерга эгалиги тажрибаларда исботланди.

Шундай тажрибаларнинг бир нечтасини қараб чиқайлик.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Боте тажрибаси. Агар ёруғлик қайд қилувчи асбоб билан таъсирлашувчи зарралар бир-биридан мустақил фотонлар оқимидан иборат бўлса, у ҳолда жуда заиф ёруғлик оқимларини қайд қилганда интенсивликнинг флуктуациялари (лот. *fluctuatio* — тебраниш), яъни жуда кичик четлашишлари кузатилади. Бундай четлашишлар ҳар секундда асбобга тушувчи N фотонлар сонининг ўртача қийматидан тасодифий четлашишлар натижасида кузатилади. Агар N *сони* жуда катта бўлса, четлашиш оз, агар N *сони* кичик бўлса, бундай четлашишларни ўлчаш мумкин. Шундай тажрибаларнинг биринчисини 1924 йили немис физиги В. Боте ўтказди (53.1-расм).



53.1-расм. Боте тажрибаси

Тажриба ўтказилган қурилмада газ разряди икки С санагичнинг орасига *Ф* юпқа металл фольга жойлаштирилди. Фольгага қиррасидан қисқа тўлқинли рентген нурларининг жуда заиф ингичка дастаси туширилади. Тушган нурланиш оқими таъсирида фольганинг ўзи интенсивлиги жуда оз рентген нурларини чиқара бошлайди (рентген флуоресценция), яъни фольга чиқарадиган фотонларнинг сони жуда оз. Рентген нурлари *С* санагичга тушганда махсус М механизмлар ишга тушади. Бу механизмлар текис силжийдиган *Т* тасманинг икки четига белги тушириб туради. Агар фольгадан чиқадиган рентген нури тўлқин тарзида узлуксиз, ҳамма томонга бирдай таралса, тасманинг икки томонига тушадиган белгилар симметрик бўлиб чиқар эди. Бу тажрибада эса бу белгилар тартибсиз, тасодифий жойлашган бўлиб чиқди. Буни фақат фотонлар фольгадан бир-биридан мустақил, узлукли тарзда барча йўналишда учиб чиқишининг натижаси деб тушунтиришга бўлади.

Вавилов тажрибалари. Бу тажрибаларда жуда заиф, интенсивлиги инсон кўзининг ёруғликни сезиш чегараси билан мос келувчи ёруғлик манбаининг даврий чақнашлари кузатилди. Агар одам бироз вақт қоронғуда ўтирса, у фақат интенсивлиги маълум бир чекли қийматдан юқори ёруғликни кўра олади, ундан заифини кўрмайди. Масалан, тўлқин узунлиги 500 нм ёруғликни кўриш учун одам кўзига ҳар секундда камида 200—400 фотон тушиши керак. Шунда қоронғудаги заиф чақнашларнинг баъзиларини кузатувчи кўриб, баъзиларини кўра олмаган. Бундан ҳар чақнаш вақтида интенсивлик ўртача қийматдан четлашиб турган деб хулоса қилиш мумкин бўлади, яъни учиб чиққан фотонлар сони баъзан кўзнинг кўриш чегарасига етмай қолган.

Ёруғликнинг узлукли чиқишини исботлайдиган яна бошқа тажрибалар ҳам борлигини айтиб ўтиш мумкин.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Ёруғлик табиатининг дуализми. Демак, XIX асрнинг охири ва XX асрнинг бошида кашфиётлар ёруғликнинг фотонлар оқими сифатида таралишини кўрсатди. Шу сабабли ёруғлик нима? Тўлқинми ёки заррачами деган савол қайта юзага келди. Аста-секин физик олимлар саволни бунлай қўйишнинг ўзи тўғри эмаслигини тушунишди.

Ёруғликда ҳам узлуксиз электромагнит тўлқинларнинг, ҳам дискрет фотонларнинг заррача хоссалари мавжуд. Абсолют қора жисм нурланишини ва ёруғлик босимининг флуктуацияларини текшириб, ёруғлик хоссаларининг икки ёқламалилигини (дуализмини) биринчилардан бўлиб Эйнштейн тушунди. У шу айтилган четлашишларни ҳисоблаш формуласини келтириб чиқарди. Бу формула икки ҳад йиғиндисидан иборат, биринчи қўшилувчи — "квант ҳади" ёруғликни фотонларнинг оқими сифатида характерласа, иккинчи қўшилувчи — "тўлқин ҳади" тарқаладиган электромагнит тўлқиндаги флуктуацияларни характерлайди. Юқори частотада "квант ҳаднинг", паст частотада "тўлқин ҳаднинг" улуши катта бўлади. Маълум оптик ҳодисаларнинг қонуниятларини саралаб, тўлқин узунлиги камайган сайин (ёки частота ортган сайин) ёруғликнинг квант хоссалари аниқ сезила бошлашини (ва аксинча) кўриш мумкин.

Агар ёруғликнинг тарқалиш жараёнига статистик нуқтаи назардан қарасак, унинг корпускуляр-тўлқин дуализми тушунарли бўла бошлайди. Квант нуқтаи назардан ёруғлик — энергияси, импульси ва массаси бор зарралар — фотонларнинг оқими. Ёруғлик бирор оптик система орқали (масалан, дифракцион панжарадан) ўтганда фотонлар у билан таъсирлашиб, фазода қайта тақсимланиб таралади. Бунинг натижасида, масалан, дифракцион манзара кузатилади. Экраннинг берилган нуқтасининг E ёритилганлиги вақт бирлигида шу нуқтага тушган барча фотонлар энергияларининг йиғиндисига, яъни n_0 фотонлар сонига пропорционал. Демак, E ва n_0 катталиклари экраннинг берилган нуқтасига фотонларнинг тушиш эҳтимоллигига пропорционал. Тўлқин нуқтаи назар бўйича E ёритилганлиги интенсивликка, у эса амплитуданинг квадратига пропорционал, яъни $E \sim A^2$. Шу икки кўзқарашни солиштириб, қуйидаги хулосага келамиз: *фазонинг бирор нуқтасидаги ёруғлик тўлқини амплитудасининг квадрати шу нуқтага фотоннинг келиб тушиш эҳтимоллигини аниқлайди.*

Демак, ёруғликнинг корпускуляр ва тўлқин хоссалари бир-бирини инкор қилмайди, аксинча улар бир-бирини тўлдиради. Нурланишнинг корпускуляр хоссалари: унинг энергияси, импульси ва массаси узлукли зарраларда — фотонларда тўпланишига боғлиқ бўлса, тўлқин хоссалари шу фотонларнинг фазода жойлашишининг статистик қонуниятлари билан боғлиқ. Тажрибалар тўлқин хосса фақат фотонларнинг оқимигагина эмас, балки алоҳида фотонга ҳам хос эканлигини кўрсатди. Фотон

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

дифракцион панжарадан ўтгач экраннинг қайси нуқтасига келиб тушишини аниқ айтиш мумкин эмас, фақатгина ҳар фотон экраннинг бирор бир нуқтасига тушиш эҳтимоллигини ҳисоблаш мумкин. Бу мавзуда айтилганлардан, фотонлар Ньютон айтган корпускулалардан бутунлай ўзгача зарралар эканлигини кўрамиз. Ньютон корпускулалари оддий классик зарраларнинг хоссаларига эга бўлса, фотонлар ҳам зарра, ҳам тўлқин хоссаларига эга.

1. *Ёруғликнинг табиати ҳақидаги кўзқарашларнинг ривожланиши ҳақида айтиб беринг.*
2. *Ёруғликнинг тўлқин хоссаси қандай ҳодисаларда яққол кузатилади? Бу ҳодисалар ҳақида айтиб беринг.*
3. *Ёруғликнинг квант хоссаси қандай ҳодисаларда яққол кузатилади? Бу ҳодисалар ҳақида айтиб беринг.*

*4. *Боте тажрибасини тушунтиринг.*
*5. *Вавилов тажрибасини тушунтиринг.*
*6. *Ёруғликнинг корпускуляр- тўлқин хоссаларининг яхлитлигини асосланг.*
*7. *Нима сабабдан квант назария бўйича ёруғликнинг интенсивлигижуда оз бўлганда флуктуациялар кузатилади?*

54-§. Альфа-зарраларнинг сочилиши ҳақида Резерфорд тажрибалари. Бор постулатлари. Франк—Герц тажрибалари

Таянч тушунчалар:

- ✓ атомнинг планетар модели
- ✓ альфа-зарралар
- ✓ сцинтилляция
- ✓ атом ядроси
- ✓ стационар орбита
- ✓ атомнинг асосий ҳолати
- ✓ атомнинг уйғонган ҳолати
- ✓ энергия сатҳлари

Бугун дарсда:

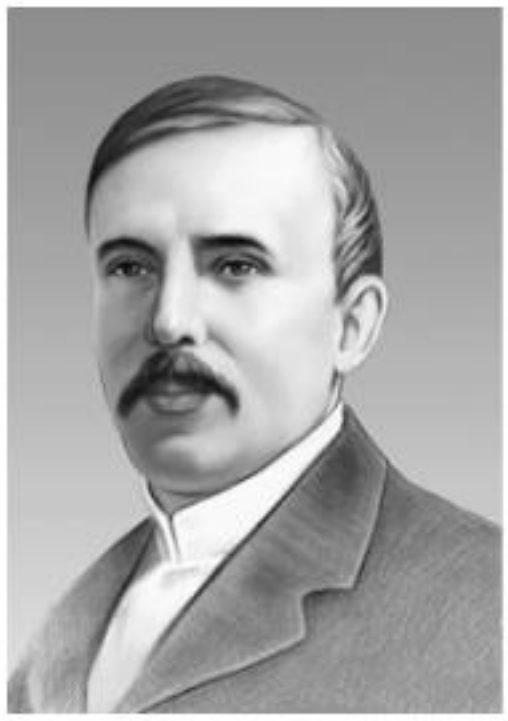
- альфазарраларнинг юпқа фольгадан сочилишини текширадиган Резерфорд тажрибалари билан, атомнинг планетар модели билан, Бор постулатлари ва Франк—Герц тажрибалари билан танишасиз.

Сиз буни биласиз

Атом сўзи “бўлинмас” деган маънони билдиради. Модда тузилиши ҳақидаги атомистик таълимот жуда қадимда, антик замонларда пайдо бўлган. Бироқ фақат XVIII асрда у назария сифатидаюзага келди. “Атом” сўзи ўзининг дастлабки маъносини XIX асрнинг охирларигача сақлаб келди.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



Эрнест Резерфорд
(1871—1937)

Фақат XIX аср охири — XX аср бошларидаги кашфиётларни ўрганиш борасида атомнинг тузилиши ҳақида янги саволлар юзага келди. Бундай кашфиётларга Менделеевнинг даврий системасини, Фарадейнинг электролизга оид тажрибаларини, Милликеннинг электроннинг зарядини ўлчаш тажрибаларини, термоэлектрон эмиссия, фотоэффект ҳодисаларини киритиш мумкин. Шу ва яна бошқа янгидан кашф қилинган ҳодисаларни тажрибада текширишлар атомнинг таркибига манфий зарядланган зарралар кириши кераклигини кўрсатди. Ундай бўлса, атомнинг ичида мусбат зарядлар ҳам бўлиши керак. Демак, "Атомнинг таркиби қандай?" деган савол ҳосил бўлади.

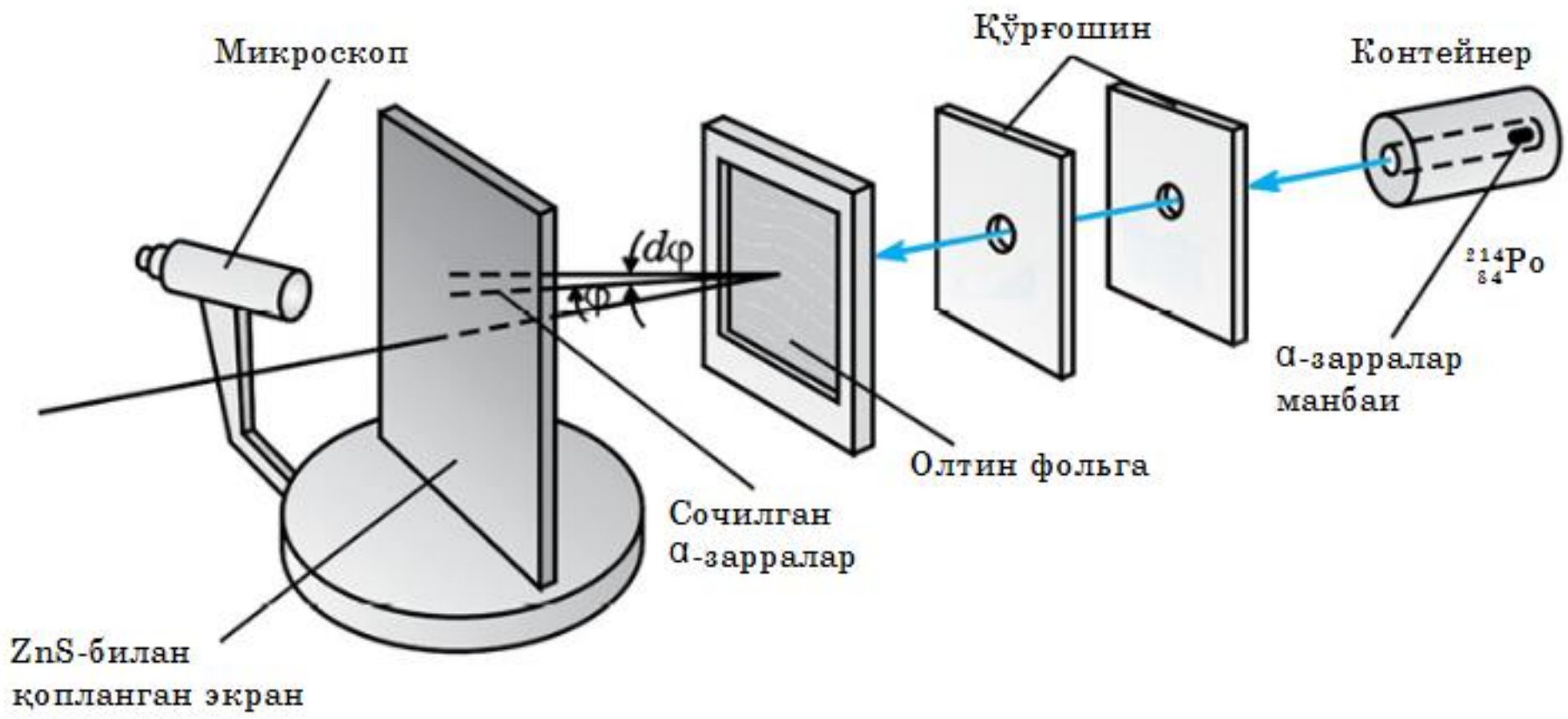
Атомнинг дастлабки моделларининг бирини Ж. Томсон таклиф қилди. Бу моделда атом радиуси ~10^{-10} м мусбат зарядланган шар сифатида қаралади. Шарнинг ичида мувозанат вазиятлар атрофида электронлар тебраниб туради. Электронларнинг манфий зарядларининг йиғиндиси шарга текис таралган мусбат зарядни мувозанатлайди, шу сабабли, яхлит олганда, атом электр жиҳатдан нейтрал зарра бўлади. Кейинги тадқиқотлар бу моделнинг тўғри эмаслигини кўрсатди, шу сабабли Томсон модели ҳозир фақат тарихий жиҳатдан қаралади.

Резерфорд тажрибалари. Атомнинг ичида электр зарядлари қандай жойлашишини аниқлаш мақсатида Э. Резерфорд ўзининг шогирдлари Г. Гейгер ва Э. Марсденнинг иштирокида 1911 йили альфа-зарраларнинг жуда юпқа фольгадан сочилишини кузатадиган тажрибалар ўтказди. Бу машҳур тажрибаларнинг натижаларини саралаб, у атомнинг *ядро* ёки *планетар моделини* таклиф қилди. Резерфорд тажриба борасида жуда юпқа (қалинлиги $l = 6 \cdot 10^{-7}$ м) олтин фольгани энергияси 7,68 МэВ тез альфа-зарралар билан бомбардимон қилган. Қўрғошин контейнернинг тубида жойлашган $^{214}_{84}$Po радиоактив элементдан чиққан альфа-зарраларнинг ингичка дастаси олтин фольгадан ўтганда сочилади, яъни дастлабки йўналишидан оғади (54.1-расм). Бу вақтда альфа-зарраларнинг мусбат зарядли ($2e$) гелий атомининг ядролари эканлиги маълум эди.

Фольгадан сочилган альфа-зарраларнинг қанчаси қандай бурчакка оғишини ҳисоблаб, шу оғишларни юзага келтирувчи объектлар — атомларнинг тузилишини аниқлашга бўлади. Фольганинг қалинлиги жуда кичик бўлганидан, ундан ўтишда ҳар бир альфа-зарра фақат биргина атом билан таъсирлашади, яъни бир мартагина сочилади деб ҳисоблаш мумкин. Сочилган альфа-зарралар рух сульфид (ZnS) билан қопланган экранга келиб урилади. Рух сульфид молекулалари альфа-зарра билан тўқнашганда нур чиқариш (чақнаш) хоссаси бор. Шу сабабли экраннинг

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



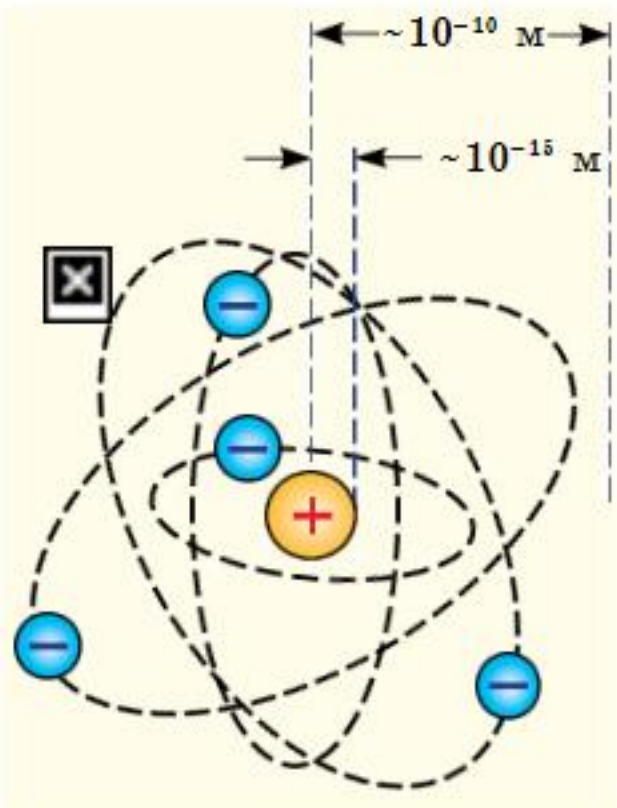
54.1-расм. Резерфорд тажрибасининг чизмаси

альфа-зарра келиб урилган жойларида сцинтилляция, яъни жуда кучсиз чақнашлар кузатилади. Тажрибанинг мақсади берилган вақт ичида кузатиладиган чақнашлар сонининг ϕ оғиш бурчагига боғлиқлигини аниқлаш бўлди.

Тажриба натижасида альфа-зарраларнинг кўпчилиги фольгадан ўтганда дастлабки йўналишдан оғишмаслиги (ϕ = 1—2°) аниқланди. Бу натижа, асосан, Томсон моделига оид ҳисоблашларга мос келди. Бироқ бир ҳолат — альфа-зарраларнинг жуда оз қисмини 90°-дан катта бурчакларга оғиши, яъни уларнинг фольгага урилиб, тескари йўналишда қайтиши ҳаммани ҳайрон қолдирди.

Жуда катта бурчакларга сочилувчи альфа-зарраларнинг сони ўта оз эканлигини яна қайта айтиб ўтиш керак, бу жуда муҳим натижа. Саккиз мингга яқин зарраларнинг биттасигина шундай катта бурчакка оғар экан! Буни Томсон модели асосида тушунтириш умуман мумкин бўлмади.

Тажрибада олинган натижаларни таҳлил қилиб, Резерфорд ўз моделини таклиф қилди. У атомнинг мусбат заряди унинг марказида жойлашган радиуси тахминан 10^{-15} м жуда кичик ҳажмга тўпланган деган хулосага келди. Бу марказий заррани Резерфорд *ядро* деб атади. Атомнинг массаси деярли тўлиқ ядрода тўпланган. Ядрони атрофида турли орбиталарда электронлар айланиб юради. Энг четки электрон орбитасининг радиуси атомнинг радиусига тенг, яъни $R_{ат}$ ~ 10^{-10} м (54.2-расм).



54.2-расм. Резерфоднинг атом модели

Расмда масштаб сақланмаганлигини эслатиб ўтамиз. Бу мумкин ҳам эмас. Сабаби аслида

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

бу нисбат жуда катта $\frac{R_{ат}}{R_{я}} \approx 100000$. Бу модел Қуёш системасининг тузилишига ўхшаш бўлганлигидан уни *атомнинг планетар модели* деб ҳам аталди. Модел бўйича атом ҳажмининг асосий қисми "бўш" бўлиб чиқади, ядронинг радиуси атомнинг радиусидан 100 000 марта кичик. Орбиталардаги электронларнинг манфий зарядларининг йиғиндиси ядронинг мусбат зарядига тенг, шу сабабли атом электр жиҳатдан нейтрал.

Атомнинг ичидаги бўш фазо "жуда катта". Шу сабабли фольга орқали ўтганда альфа-зарраларнинг кўпчилиги ядродан олисда ўтади ва оғмайди. Электронлар альфа-заррадан 8 минг марта енгил бўлганлигидан, унинг ҳаракат траекториясини ўзгартира олмайди. Фақат ядрога тўппа-тўғри келиб қолган альфа-зарраларгина у билан таъсирлашиб, ортга қайтади. Бундай зарралар сони ядро радиусининг атом радиусига нисбати билан аниқланади.

Юқорида биз Резерфорд тажрибаси натижаларига сифат жиҳатдан таҳлил юритдик. Резерфорднинг ўзи ўз модели ва Томсон модели асосида ҳисоблаш ишларини бажарди. Бунинг натижаси Резерфорд моделининг тўғрилигини кўрсатди. Бироқ классик физика бўйича бундай атомнинг стабил бўлиши мумкин эмас. Аввал айтилганидай, зарядланган зарра тезланишла ҳаракат қилса, албатта нурланиши (электромагнит тўлқинлар чиқариши) керак. Бу нурланишнинг частотаси электроннинг ядро атрофида айланиш частотасига тенг бўлиши керак. Электрон ядро атрофида доиравий орбита бўйлаб ҳаракатланса, унинг марказга интилма тезланиши бор. Ундай бўлса, электрон нур чиқариб, ўз энергиясини йўқотиб бориши лозим. Энергиянинг (орбитал тезликнинг) камайиши электроннинг ядрога кулон кучи таъсирида аста-секин яқинлашиб, охирида қулаб тушишига олиб келади. Бунга бор-йўғи 10^{-8} с га тенг вақт кетар экан. Бундан ташқари, классик назария бўйича бундай атомнинг нурланиш спектри туташ бўлиши керак, ҳақиқатда эса, атом спектрининг чизиқли эканлигини аввал кўриб чиққанмиз.

Демак, бу жойда классик физиканинг қонунлари бажарилмаслиги кўринди. Ҳатто юқорида айтилган атомнинг планетар модели ҳам, аниқ айтганда, бор-йўғи ҳақиқий атомнинг механик модели эканлигига аста-секин кўзимиз етади.

Бор постулатлари. Демак, атомнинг ядро модели альфа-зарраларнинг сочилишини кузатадиган тажриба натижалари билан мос келади, бироқ классик электродинамика нуқтаи назаридан қараганда бундай атом ностабил, яъни жуда қисқа вақтда электрон ядрога қулаб тушиши керак. Лекин амалда, атомлар жуда узоқ яшайди, улар стабил. Ундай бўлса, классик электродинамиканинг назарий хулосалари тажрибага мос келмайди.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Бу зиддиятдан чиқиш мақсатида Н. Бор 1913 йили ўзининг машҳур постулатларини таклиф қилди, улар классик физикада қонуниятларига зид эди.

Нильс Бор (1885—1962)

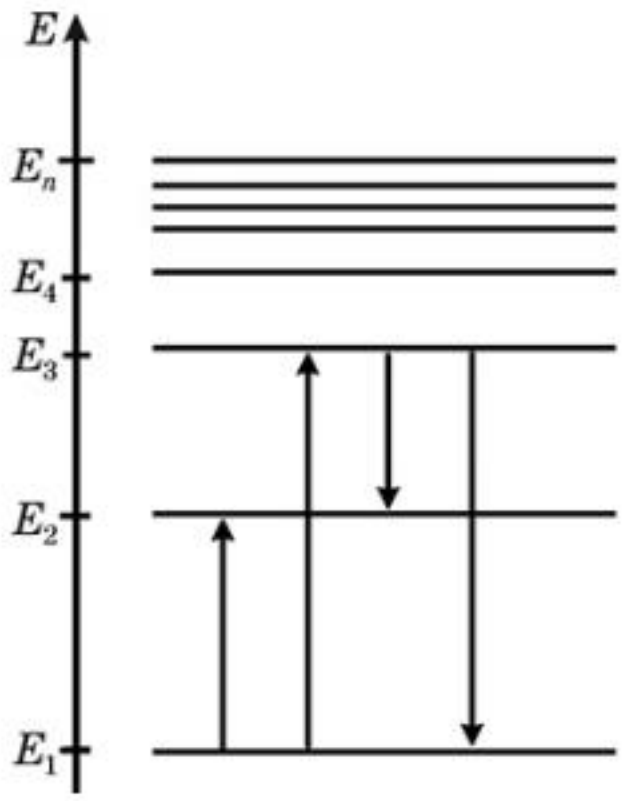
Борнинг биринчи постулати. *Атомда электронлар ҳаракатланадиган стационар орбиталар бор. Стационар орбитадаги электронлар нур чиқармайди.*

Борнинг иккинчи постулати. *Электрон энергияси E_n стационар орбитадан энергияси E_m стационар орбитага ўтганда энергия кванти ютилади ёки чиқарилади. Бу энергия қуйидагича аниқланади:*

$$h\nu = E_m - E_n. \qquad (54.1)$$

Бошқача айтганда, атом фақат маълум бир стационар ҳолатлардагина мавжуд бўла олади, бу ҳолатларда у нур чиқармайди. Шу сабабли стационар ҳолатлар стабил. Ҳар бир стационар ҳолатга энергиянинг маълум бир қиймати мос келади. У ҳолда, атомнинг энергияси исталган қийматга эга бўла олмайди, яъни атом энергияси узлуксиз эмас, узлукли, дискрет қийматлар қатори билан характерланади. Классик физикада бундай чеклаш йўқ, энергия узлуксиз ўзгариб, исталган қийматга эга бўла олади.

Атомларнинг энергетик ҳолатларини кўринарли тасвирлаш учун *энергетик диаграммалар* қўлланилади (54.3-расм). Атом энергиясининг ҳар бир қийматига мос ҳолати горизонтал чизиқлар билан тасвирланади, бу чизиқни *энергетик сатҳ* деб аталади. Энергетик сатҳлар қуйидан юқорига қараб жойлашади, яъни энергияси энг кам сатҳ энг пастда жойлашади. Атом энергиясининг энг кам ҳолати *асосий ҳолат* (E_1), бошқа ҳолатларнинг ҳаммаси *уйғонган ҳолат* (E_2, E_3, ... , E_n) деб аталади. Энергетик сатҳларнинг оралиғи шу сатҳларга мос энергия қийматларининг айирмасига пропорционал. Барча $n = 1$ дан $n = \infty$ гача сатҳларнинг энергиялари манфий катталик ($E < 0$). Бу ҳолатларда электронлар атомлар билан боғланган, *n сони* ортгани сайин энергетик сатҳлар бир-бирига яқинлаша боради ва $n = \infty$ бўлганда бирлашиб кетади. Энди энергия мусбат катталик ($E > 0$) ва узлуксиз ўзгаради, электрон атом билан боғланишини узиб, эркин ҳолатга ўтади.



54.3-расм. Атомнинг энергетик диаграммаси

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

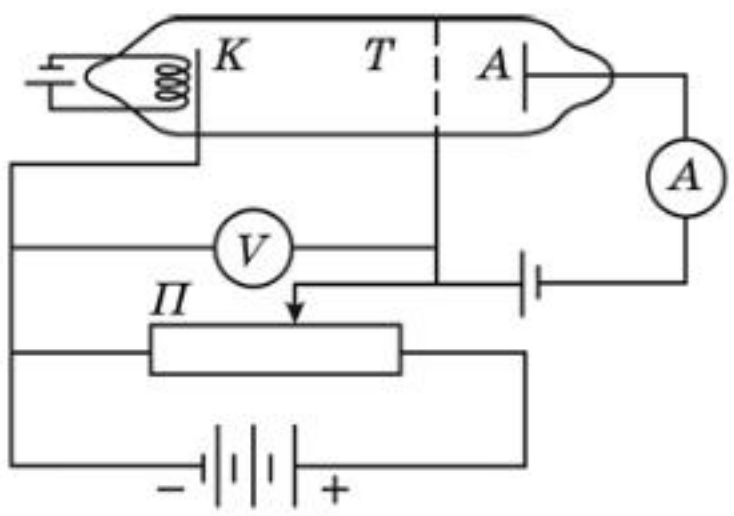
Уйғонган ҳолатдаги атом ўз ҳолича асосий ҳолатга ёки пастроқдаги энергияси камроқ уйғонган ҳолатга ўта олади. Бу вақтда, албатта, 2-постулатга кўра атом нурланади. Демак, атом асосий ҳолатдагина чексиз узоқ вақт бўла олади.

Франк—Герц тажрибаси. Атомнинг дискрет энергетик сатҳларининг борлигини исботлайдиган дастлабки тажрибаларнинг бирини 1913 йили Франк пен Герц бажарди (54.4-расм).

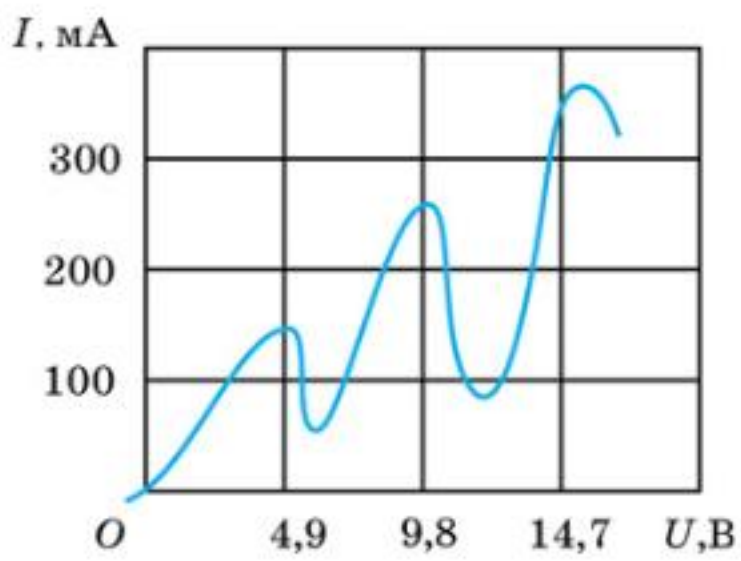
Тажриба ўтказиладиган қурилма паст босимдаги ($p \approx 1$ мм сим. ст.) симоб буғи тўлдирилган, ичида K катод, T тўр ва A анод, яъни уч электрод жойлашган трубкадан иборат. Катодни қиздирган вақтда ундан учиб чиққан электронлар катод ва тўрнинг орасига туширилган U кучланиш таъсирида анодга томон ҳаракатланади. Бу кучланишни $П$ потенциометр ёрдамида ўзгартиришга бўлади. Тўр мен аноднинг орасига тормозловчи кучланиш ($U_T = 0{,}5$ В) туширилади.

Тажрибада анод токининг катод ва тўрнинг орасидаги U кучланишга боғланиши текширилди. Тадқиқот натижалари 54.5-расмда кўрсатилган. Дастлаб кучланиш ортиши билан ток кучи ҳам текис ортиб, кучланиш $U_1 = 4{,}9$ В бўлганда максимал қийматига етади ва кейин кескин камаяди. Минимал қийматига етгач, ток кучи қайта орта бошлайди. Ток кучининг иккинчи максимум қиймати кучланишнинг $U_2 = 9{,}8$ В қийматига, учинчи максимум қиймати кучланишнинг $U_3 = 14{,}7$ В қийматига мос келади. Тажриба натижаларини симоб атомларининг энергетик ҳолатларини дискретлиги билан тушунтиришга бўлади. Анодга томон ҳаракатланаётган электрон билан тўқнашган атом энергияни фақат стационар ҳолатдаги энергияларнинг $\Delta E_1 = E_2 - E_1$ ёки $\Delta E_2 = E_3 - E_1$ ш.к. айирмаларига тенг улушлардагина чиқаради ёки ютади. Сабаби атом энергиясининг қийматлари фақат E_1, E_2, E_3, ... га тенг, бошқа қийматлари йўқ.

Катодтан учиб чиққан электрон электр майдонида тезланишли ҳаракатланиб, атом билан тўқнашганда унинг энергияси $\frac{m_e v^2}{2} = eU$



54.4-расм. Франк ва Герц тажрибасининг схемаси



54.5-расм. Франк ва Герц тажрибасининг вольт-ампер характеристикаси

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

қийматга етиши мумкин. Бундаги U — катод ва тўрнинг орасидаги тезлатувчи потенциалдар айирмаси. Агар бу энергия симоб атомининг уйғотиш энергиясидан, яъни симоб атомини асосий ҳолатдан биринчи уйғонган ҳолатга ўтказишига керакли энергиядан кичик бўлса, электрон ва атомнинг тўқнашиши эластик бўлади. Эластик тўқнашувда электроннинг энергияси ўзгармайди, шу сабабли у тўрдан ўтиб, анодга етади. Тўр ва анод орасидаги тормозловчи потенциални енга олмаган электронлар эса тўрдан ўта олмайди. Катод ва тўр орасидаги кучланиш қанча юқори бўлса, электронларнинг тўрга етгандаги энергияси шунча катта. Шу сабабли кучланиш ортгани сайин тормозловчи кучланишни енгиб, анодга етадиган электронлар сони ҳам ортади, анод токи ортади. Агар атом билан тўқнашиш пайтида электроннинг энергияси $\frac{m_e v^2}{2} = eU_1 = \Delta E_1$ бўлса, у ноэластик тўқнашув пайтида энергиясини тўлиқ атомга беради ва тормозловчи кучланишни енга олмай тўрда қолади. Симоб атомининг биринчи уйғотувчи потенциали $U_1 = 4{,}9$ В, яъни $\Delta E_1 = 4{,}9$ эВ. Масалан, бирорта электроннинг тўқнашишдан олдинги энергияси 5,3 эВ бўлсин дейлик. Унда атом билан тўқнашгач унинг энергияси $5{,}3 - 4{,}9 = 0{,}4$ эВ, тормозловчи кучланиш эса 0,5 В бўлади. Демак, бу электрон ҳам анодга ета олмайди. Демак, катод ва тўр орасидаги кучланиш $U = 4{,}9$ В бўлганда анод токи кескин камаяди.

Ноэластик тўқнашувда ΔE_1 энергия олган симоб атомлари биринчи уйғонган ҳолатга ўтади. Тахминан 10^{-8} с вақт ўтганда уйғонган атом ўз-ўзидан асосий ҳолатга ўтиб, частотаси $\nu = \frac{\Delta E_1}{h} = 1{,}2 \cdot 10^{15}$ Гц фотон чиқариши лозим.

Тажрибалар кучланиш $U < 4{,}9$ В бўлганда найда ҳеч қандай нурланиш кузатилмаслигини кўрсатди. Кучланиш $U_1 = 4{,}9$ В-га етгандан бошлаб найдаги симоб буғи частотаси $\nu = 1{,}2 \cdot 10^{15}$ Гц ультрабинафша ёруғлик чиқара бошлаган. Бу ҳам юқорида келтирилган фикрнинг тўғрилигини исботлайди. Кучланиш янада ортганда, ҳатто ноэластик тўқнашувдан кейин ҳам тўрдан ўтиб, анодга ета оладигандай юқори энергияли электронлар сони ортиб, анод токи яна орта бошлайди. Кучланиш $U_2 = 9{,}8$ В-га етганда электронлар симоб атомлари билан иккинчи марта ноэластик урилиши мумкин, бунинг натижасида анод токи яна кескин камаяди. Бироқ бундай электронларнинг улуши кам, шу сабабли графикдаги иккинчи қулаш биринчисидан кам.

Демак, Франк ва Герц тажрибасида атомларнинг дискретли энергетик сатҳларининг борлиги тўғридан-тўғри кузатилди. Шу баён қилинган жараёнларнинг маълум бир эҳтимоллик билан боришини эсдан чиқармаслик керак.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

1. *Томсоннинг атом моделини тавсифланг.*
2. *Резерфорд тажрибасини тушунтиринг.*
3. *Атомнинг ядро моделини тавсифланг.*
*4. *Нега классик назария бўйича олганда атомнинг ядро модели ностабил ҳисобланади?*
5. *Бор постулатларини айтиб беринг.*
6. *Атомнинг қандай ҳолатлари стационар деб аталади?*
*7. *Энергетик диаграмма деганимиз нима?*
*8. *Стационар ҳолатларнинг қайсиси асосий деб аталади? Нега?*
*9. *Франк—Герц тажрибасини тўлиқ тавсифланг.*
*10. *Франк—Герц тажрибасининг натижаларини тушунтиринг.*
*11. *Симоб атомлари нега энергиянинг фақат маълум бир миқдорини юта олади?*

55-§. Лазерлар. Ночизиқли оптика ҳақида тушунча

Таянч тушунчалар:

- ✓ лазер
- ✓ оптик квант генератор
- ✓ ўз-ўзидан нурланиш
- ✓ мажбурий нурланиш
- ✓ сатҳларнинг инверс бандлиги
- ✓ тўлдириш
- ✓ метастабил ҳолатлар
- ✓ ночизиқли оптика

Бугун дарсда:

- лазерларнинг тузилиши, ишлаш принциплари ва чизиқли оптика ҳақида тушунчалар, голографиянинг ривожланиш келажаги билан танишасиз.

Лазерлар. Янги принципда ишлайдиган ёруғлик манбалари — лазер қурилмаларини яратилиши XX асрда физика илмидаги энг муҳим ютуқлардан бири. “Лазер” сўзи инглизча “*liqht amplification by stimulated emission of radiation*” (ёруғликни мажбурий нурланиш ёрдамида кучайтириш) сўзларининг бош ҳарфларидан олинган. 1953 йили рус олимлари Н. Г. Басов ва А. М. Прохоров ва улардан мустақил америка олимлари Ч. Х. Таунс ва Д. Вебер сантиметрли диапазондаги электромагнит тўлқинларни кучайтириш учун мажбурий нурланишни қўллашни таклиф қилишди. Бундай қурилмаларни *мазер* деб аталди. Шу тадқиқотлари учун 1964 йили Н. Г. Басов, А. М. Прохоров ва Ч. Х. Таунсга Нобель мукофоти берилди. Оптик диапазонда ишлайдиган шундай қурилма — *лазер* (оптик квант генератор) дастлаб 1960 йили АҚШ-да Т. Мейман томонидан яратилди ва ишга туширилди. Бу асбоб мажбурий нурланиш эффекти асосида ишлайди.

Шу ҳодисани қараб чиқамиз.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Сиз буни биласиз

Атомлар фақат энергияси E_1, E_2, E_3, ... дискрет қийматларга тенг стационар ҳолатлардагина бўла олади, бу ҳолатларга энергия сатҳларимос келади. Энергиянинг E_1 минимал қийматига мос ҳолат асосий ҳолат, қолганлари уйғонган ҳолатлар деб аталади.

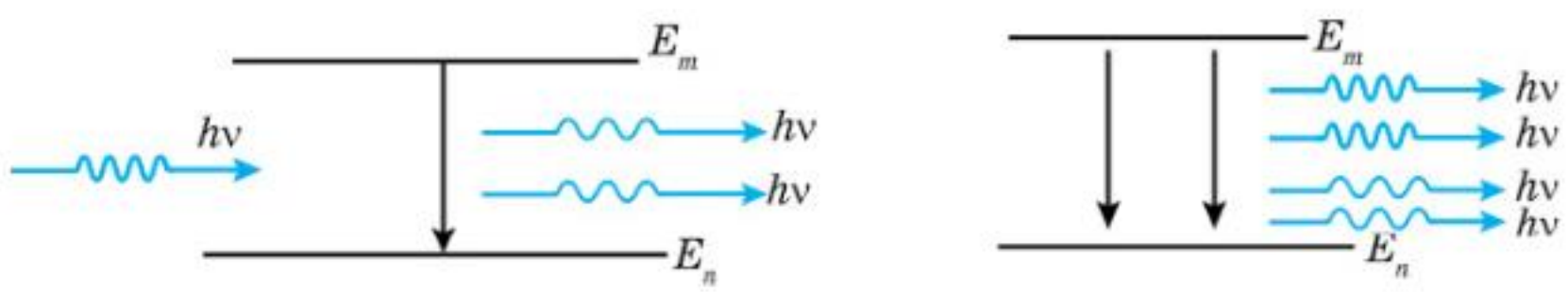
Қуйидаги жараёнлар бориши мумкин:

Энергияси E_n қийматга тенг ҳолатда турган атом, моддага тушган $E = h\nu$ нурланиш таъсирида энергияси $E_m (E_m > E_n)$ ҳолатга ўтиши мумкин. Бунинг учун $h\nu = E_m - E_n$ муносабат бажарилиши керак. Бундай жараёнда атом нурланиш энергиясини ютади.

E_m энергияли уйғонган ҳолатда турган атом жуда оз вақт ичида ($t \approx 10^{-8}$ с) ўз-ўзидан энергияси камроқ E_n ҳолатга ўтади. Бу жараён вақтида энергияси $h\nu = E_m - E_n$ фотон чиқарилади. Бундай жараён *спонтан (ўз-ўзидан) нурланиш* деб аталади.

1916 йили Эйнштейн абсолют қора жисм нурланишига оид илмий ишларида ютилиш ва спонтан нурланишдан ташқари, сифат жиҳатдан ўзгача нурланиш жараёнининг бўлиши мумкинлигини кўрсатди. Агар энергияси E_m уйғонган ҳолатдаги атомга энергияси $h\nu = E_m - E_n$ нурланиш тушса, атом мажбуран E_n ҳолатга, $h\nu = E_m - E_n$ энергияли фотон чиқариб ўтади. Шундай қилиб, дастлабки фотон атомни уйғонган ҳолатдан қуйи ҳолатга "қулатади", бунга қўшимча иккинчи фотон чиқарилади. Иккинчи фотон дастлабкисининг аниқ нусхаси бўлади, иккаласининг частотаси, фазаси, ҳаракат йўналиши бирдай. Бошқача айтганда, *мажбурий нурланиш мажбурловчи нурланишга айнан тенг, улар қатъий когерентдир.*

Жараёнда чиққан фотонлар бир йўналишда ҳаракатланиб, бошқа уйғонган атомларга таъсир қилади, натижада яна мажбурий нурланиш содир бўлади, шу тариқа давом этаверади ва фотонларнинг сони кўчкисимон ортади (55.1-расм). Бироқ, шу билан бирга, атомларнинг фотонларни ютиб, E_n қуйи энергияли ҳолатдан E_m юқори энергияли ҳолатга ўтиш жараёни ҳам боришини унутмаслик керак. Шу сабабли тушган ёруғлик ютилиб заифлашадими ёки мажбурий нурланиш ҳисобига кучаядими, бу қайси жараённинг устунлигига боғлиқ. Атомнинг бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтиш эҳтимоли шу ҳолатларда



55.1-расм. Мажбурий нурланишнинг пайдо бўлиши

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

атомларнинг *жойлашиш зичлигига* пропорционал, яъни маълум бир ҳолатдаги атомлар сонининг қанчалик кўп ёки озлигига боғлиқ.

Термодинамик мувозанат ҳолатида берилган энергетик сатҳдаги атомлар сони энергиянинг ортиши билан камайишини исботлаш мумкин. Бошқача айтганда, агар $E_m > E_n$, бўлса $N_m < N_n$, бу ерда N_m ва N_n – n ва m сатҳлардаги атомлар сони. Шу сабабли термодинамик мувозанат ҳолатида муҳит атомларининг тушаётган нурланишни ютиши уни чиқаришдан устун бўлади ва тушаётган ёруғлик нури заифлашади.

Тушаётган ёруғликни кучайтириш учун бирор усулда уйғонган ҳолатдаги атомларнинг жойлашиш зичлигини орттириш керак, яъни $E_m > E_n$ бўлганда $N_m > N_n$ бўладиган ҳолатга эришиш керак. Бундай номувозанатли ҳолатлар *сатҳларда атомларнинг инверс бандлик ҳолатлари* (“ўта бандлик”) деб аталади. Бундай ҳолатдаги моддaнинг уйғонган атомларининг сони уйғонмаган атомларининг сонидан кўпроқ, демак, нурланиш жараёни ёруғликни ютиш жараёнидан устун бўлади. Натижада энергетик сатҳларда атомларнинг инверс жойлашиши бор моддадан ўтган ёруғлик дастаси кучаяди. Бундай моддалар *актив муҳит* деб аталади.

Моддaнинг ўта банд энергетик сатҳларга ўтиш жараёни *тўлдириш жараёни* деб аталади. Уйғонган ҳолатда атомлар тахминан 10^{-8} с давомида бўлади ва фотон чиқариб ўз-ўзидан асосий ёки энергияси камроқ уйғонган ҳолатга ўтади. Уйғонган ҳолатдаги атомларнинг сони ортгани сайин бундай жараённинг рўй бериш эҳтимоллиги ортади. Бундан биз фақат иккита — уйғонган ва асосий сатҳлардан фойдаланиб, моддани ўта банд ҳолатга ўткизиш амалда мумкин эмаслигига ишонч ҳосил қиламиз.

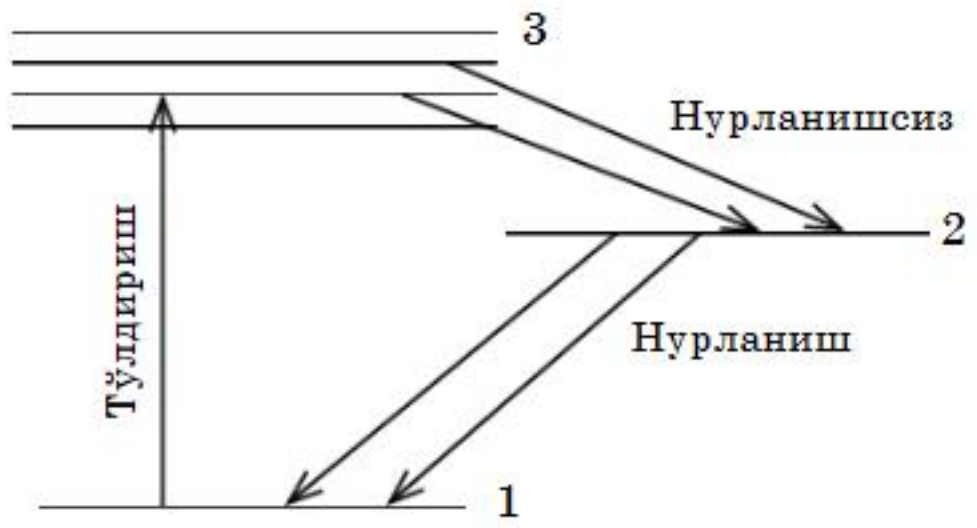
Баъзи моддалар атомларининг *метастабил* ҳолатларининг мавжудлиги лазерларни яратишга имкон берди. Метастабил ҳолатнинг энергияси асосий ҳолатнинг энергиясидан ортиқ, яъни у ҳам уйғонган ҳолат. Бироқ атом метастабил ҳолатда анча узоқ, тахминан 10^{-8} с гача бўла олади. Метастабил сатҳдаги атомлар сонининг асосий сатҳдагидан кўпроқ бўлиши моддани “ўта банд” ҳолатга ўтишига имкон беради. Амалда лазерларда уч сатҳли система — *уйғонган, метастабил ва асосий* энергетик сатҳлар қўлланилади.

Т. Мейман яратган лазерда ишчи жисм (фаол муҳит) сифатида ёқут цилиндр қўлланилади. Ёқут алюминий оксиди (Al_2O_3) ва унга оз миқдорда (0,03-дан 0,05% гача) қўшилган хром оксидидан (Cr_2O_3) ташкил топган. Алюминий оксидининг кристалл панжарасида баъзи Al атомлари Cr^{+++} ионлари билан алмаштирилган. Хром ионларининг уч энергетик сатҳлари бар: 1 — асосий, 3 — зич жойлашган уйғонган сатҳларнинг кенг йўлаги ва 2 — метастабил сатҳ (55.2-расм).

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

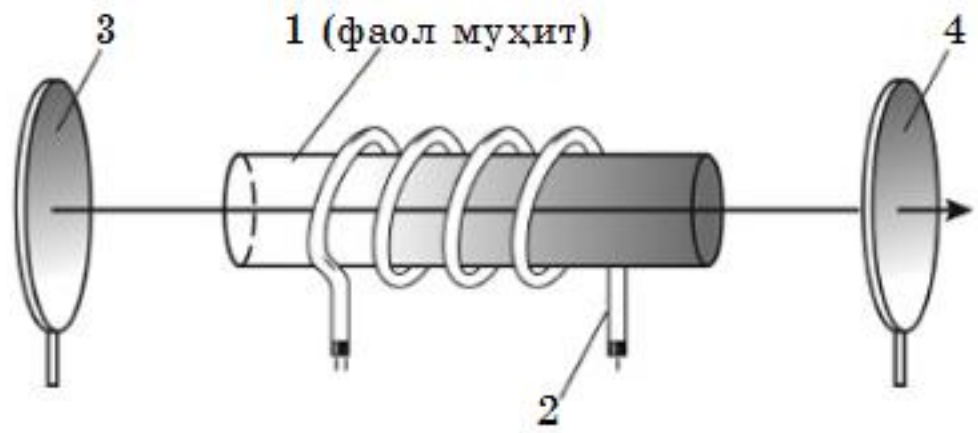
Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Лазерда ёқутга қувватли ксенон лампасидан ёруғлик туширилади (тўлдириш жараёни). Ксенон лампа асосан тўлқин узунлиги $\lambda = 560$ нм яшил ёруғликни чиқаради. Ёруғликни ютган хром ионлари 3-уйғонган сатҳга ўтади (55.2-расм). Бу сатҳдан ионларнинг кўпчилиги 2-метастабил сатҳга кўчади, сабаби $3 \rightarrow 1$ ўтишнинг эҳтимоллиги жуда кам, шу сабабли ўтиш ионларнинг кўпчилиги 2-метастабил сатҳга ўтади. Бу ўтишда ионлар ортиқча энергиясини ёқутнинг кристалл панжарасига беради ва ёруғлик чиқармайди. Натижада 2-энергетик сатҳдаги хром ионларининг сони 1-сатҳдагидан кўпроқ бўлади ва 2-сатҳда биринчига нисбатан инверс (ўта) бандлик кузатилади.



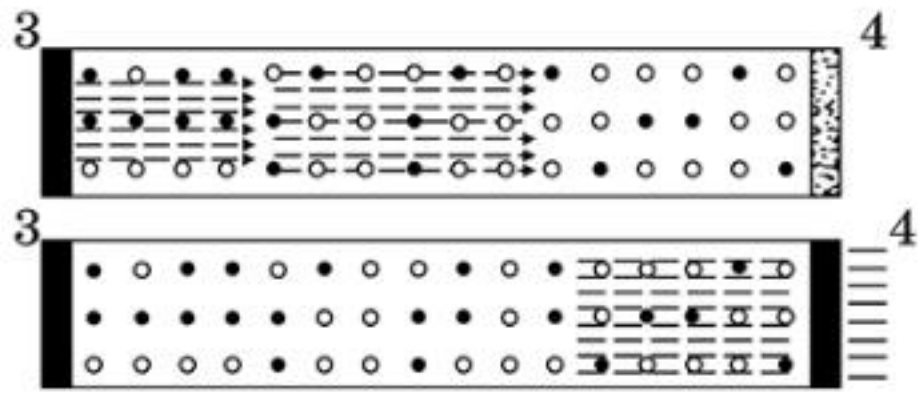
55.2-расм. Cr^{+++} ионларининг энергетик сатҳлари

Ўз-ўзидан $2 \rightarrow 1$ ўтишнинг эҳтимоллиги кам. Шундай бир ўтиш амалга ошди дейлик. Шу вақтда чиққан $h\nu = E_2 - E_1$ энергияли фотон хром ионларининг бирига таъсир этиб, уни мажбурий нурлантиради ва натижада яна битта худди аввалгидай фотон учиб чиқади. Энди мажбурий нурланишга иккита фотон қатнашиб, яна худди шундай икки фотон учиб чиқади. Энди мажбурий нурланишда тўрт фотон иштирок этади ва жараён шу тариқа давом этаверади. Бундай жараёнда фотонларнинг сони кўчкисимон ортади. Шундай фаол муҳитни (бу ҳолда ёқутни) ёруғлик тебранишларининг генераторига айлантириш учун нурларнинг бирор қисмини фаол муҳитдан қайта-қайта ўтказиб, устма-уст янги фотонларни мажбурий нурлантиришга шароит яратиш керак. Бу учун ёқут параллел икки кўзгунинг ўртасига жойлаштирилади (55.3-расм). Кўзгу ўрнига ёқут цилиндрининг ялтиратиб текисланган икки асосини (3 ва 4) олиш мумкин. Асосларга қайтарувчи қатлам суркалган. Икки кўзгунинг бири ярим шаффоф. Тўлдириш импульсли ксенон лампанинг ёрдамида бажарилади (2).



55.3-расм. Рубинли лазер

Ёқут цилиндрнинг ўқига параллел ҳаракатланиб келаётган фотонни қараб чиқайлик (55.4-расм). Цилиндр бўйлаб ҳаракатланаётган



55.4-расм. Рубин цилиндрида фотонлар кўчкисининг пайдо бўлиши

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

фотон ўз йўналишида ҳаракатланадиган фотонлар кўчкисини юзага келтиради, уларнинг бир қисми 4 асосдан қайтиб, цилиндр бўйлаб қарама-қарши йўналишда ҳаракатланиб, фотонлар кўчкисини янада орттиради. Шундан кейин 3 асосдан қайтган фотонлар оқими янада кучаяди. Шу тариқа фотонлар кўчкисининг кучайиши давом этаверади. Демак, кўзгулар ёрдамида исталган генератордаги каби *мусбат тескари боғланиш* вужудга келади. Бир неча марта кучайтирилган фотонлар оқими ярим шаффоф 4 кўзгудан чиқиб, ёритилганлиги жуда ҳам кучли, қатъий йўналтирилган лазер дастасини беради.

Ёқут лазери импульсли ҳисобланади. Ксенон лампасининг кучли чақнаши лазернинг когерент нурланиши импульсини ҳосил қилади, лампанинг ҳар бир чақнашида шу лазер импульси такрорланиб туради.

Газ лазерларида тўлдириш жараёни узлуксиз давом этади ва улар узлуксиз режимда ишлайди. Гелий-неонли лазернинг ишлаш принципини кўрайлик. Бунда тўлдириш зарядланган газ разряд трубкасида электр разряди ёрдамида амалга оширилади. Бу трубка босими 1 мм сим. уст. гелий ва неоннинг аралашмаси билан тўлдирилган. Трубканинг икки томонига жойлаштирилган икки кўзгунинг бири ярим шаффоф. Трубкада милтиллама разряд ҳосил қилингач, гелий атомлари электронлар билан тўқнашуви натижасида 3-уйғонган сатҳга ўтади (55.5-расм).

Бу сатҳ неоннинг 3′-уйғонган сатҳи билан мос келади. 3-сатҳнинг яшаш вақти катта. Тўқнашувларда гелийнинг уйғонган атомлари ортиқ энергиясини неон атомларига беради ва улар 3′-уйғонган сатҳга ўтади. Неон атомларининг бу сатҳдан 2′-сатҳга ўтиши лазер нурланишини ҳосил қилади.

Лазер нурланишининг асосий хусусиятларини айтиб ўтамиз:

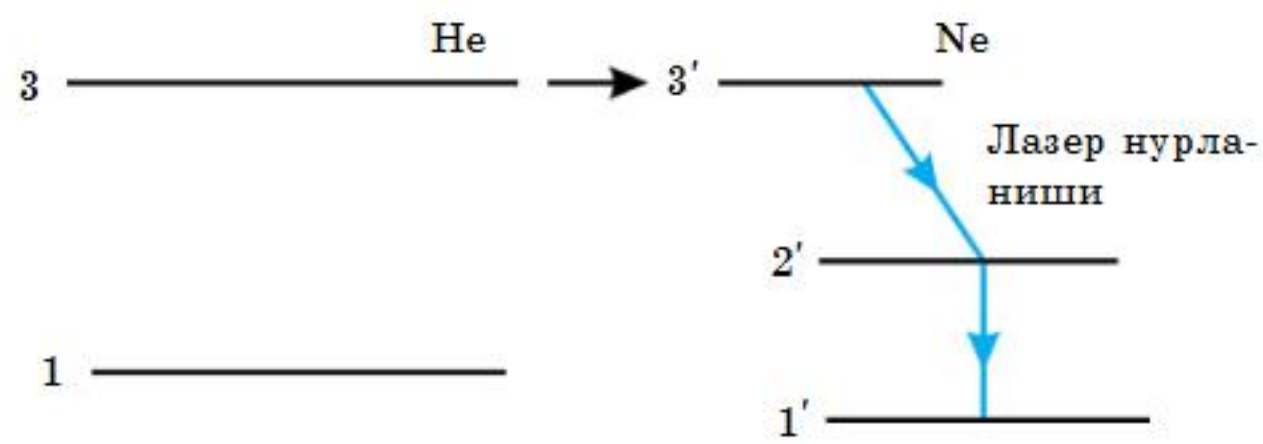
1) юқори даражадаги когерентлиги;

2) монохроматиклиги;

3) дастанинг қатъий йўналганлиги (лазер дастасининг ёйилиши жуда кичик);

4) нурларнинг катта қувватга эгалиги.

Ҳозирги вақтда лазерлар турли технологик жараёнларда фойдаланилади. Ўртача қуввати кичик лазерлар заргарликда ишлатилади. Лазер дастасини жуда ингичка фокуслаш, энергиясини жуда аниқ ўзгартириш



55.5-расм. Гелий-неонли лазердаги атомларнинг энергетик сатҳлари

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

мумкин. Бу ҳолатлар соат ясашда керакли ёқут ва олмос тошларни жуда ингичка қилиб тешиш технологиясини яратишга имкон берди. Олтин занжирлар ясашда, заргарлик буюмлари қисмларини бириктиришда лазерли пайвандлаш қўлланилади.

Ҳозирги компьютер орқали бошқариладиган лазерлар металл сиртига жуда аниқ ва нозик расмлар, логотиплар, нақшлар солишда фойдаланилади. Қуввати кичик импульсли лазерлар микроэлектроникада жуда майда деталларни бирлаштириб пайвандлашда, шунингдек фотолитографияда кенг қўлланилади.

Қувватли лазерлар билан қалин пўлат пластиналарни кесиш ва пайвандлаш, металнинг сиртини тоблаш, йирик деталларни эритиш мумкин. Машинасозлик ва қурилиш соҳаларида ҳам лазер технологиялари кенг қўлланилмоқда.

Дастанинг ингичкалиги, юқори монохроматиклиги қувватли импульсли лазерларни ҳарбий мақсадларда ҳам кенг қўллашга имкон бермоқда. Булар: лазерли локация, лазерли навигация системалари ва лазер қуроллари. Сўнгги йилларда лазер медицинада жарроҳлик мақсадларида кенг фойдаланилмоқда.

Ночизиқли оптика. Оддий (лазер эмас) ёруғлик манбаларидан чиқувчи ёруғлик тўлқинларининг $\vec{E}$ электр майдони кучланганлиги атом ичидаги майдон кучланганлигидан анча кичик. Шу сабабли муҳитнинг оптик хоссалари (масалан, синдириш кўрсаткичи) ёруғликнинг интенсивлигига боғлиқ эмас, ёруғлик тўлқинларининг тарқалиш қонуниятлари чизиқли дифференциал тенгламалар билан ифодаланади. Бу — *чизиқли оптика.*

Лазер ёрдамида интенсивлиги жуда катта ёруғлик дасталарини олиш мумкин, бундаги электр майдонининг кучланганлиги атомнинг ички майдонининг кучланганлигига тенг. Шундай ёруғлик дасталарида ночизиқли оптика ҳодисалари кузатилади. Масалан, синдириш кўрсаткичи $\vec{E}$ кучланганликка боғлиқ бўлади, тўлқинларнинг суперпозиция принципи бузилади ва ҳоказо.

Ночизиқли оптикадаги баъзи ҳодисаларни қараб чиқайлик.

1. *Ёруғликнинг ночизиқли қайтиши.* Интенсивлик жуда юқори бўлганда қайтган ёруғлик таркибида частотаси тушган ёруғликнинг частотасига тенг қайтган нурдан бошқа, частотаси ундан икки марта катта яна бир қайтган нур кузатилади. Демак, қайтган ёруғликда икки турли йўналишда тараладиган, частоталари ν ва 2ν икки нур кузатилади.

2. *Ёруғлик нурининг ўз-ўзидан фокусланиши.* Параллел ёруғлик дастаси вакуумда ёки бошқа исталган муҳитда тарқалганда дифракция натижасида сочилиши маълум. Ёруғликнинг интенсивлиги ортганда баъзи суюқликлар ва кристалларда ёруғлик дастасининг сочилиши камаяди. Интенсивлик маълум бир критик қийматга етганда ёруғлик

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

дастаси мутлақо сочилмасдан, параллел ҳолида қолаверади. Интенсивлик янада орттирилса, даста таралаётган вақтда сиқилиб, бир нуқтага йиғилади, яъни ўз-ўзидан фокусланади. Бу ҳодиса қуйидагича тушунтирилади: ёруғлик тўлқинлари электр майдонининг кучланганлиги $\vec{E}$ атом ичидаги майдон кучланганлигига тенглашганда муҳитнинг n синдириш кўрсаткичи $\vec{E}$ кучланганликка боғлиқ ортади. Шу сабабли даста таралаётган соҳадаги синдириш кўрсаткичи муҳитнинг бошқа соҳасидаги синдириш кўрсаткичидан катта, бу эса нурларни дастанинг ўқига томон эгилишига олиб келади.

3. *Кўп фотонли жараёнлар*. Интенсивлик унча катта бўлмаса, тушган фотоннинг энергияси $h\nu = E_m - E_n$, яъни икки энергетик сатҳнинг фарқига тенг бўлганда атом фотонни ютади. Бир ютишда атом фақат битта фотонни ютади. Интенсивлик жуда юқори бўлганда эса, бир атом бир ютишда бир нечта (2, 3 ва ундан кўп) фотонни бирдан юта олади.

Бунда атом фақат ν частотали эмас, балки қатар частоталари $\frac{\nu}{2}$; $\frac{\nu}{3}$ ва ҳоказо частотали фотонларни ҳам юта олади.

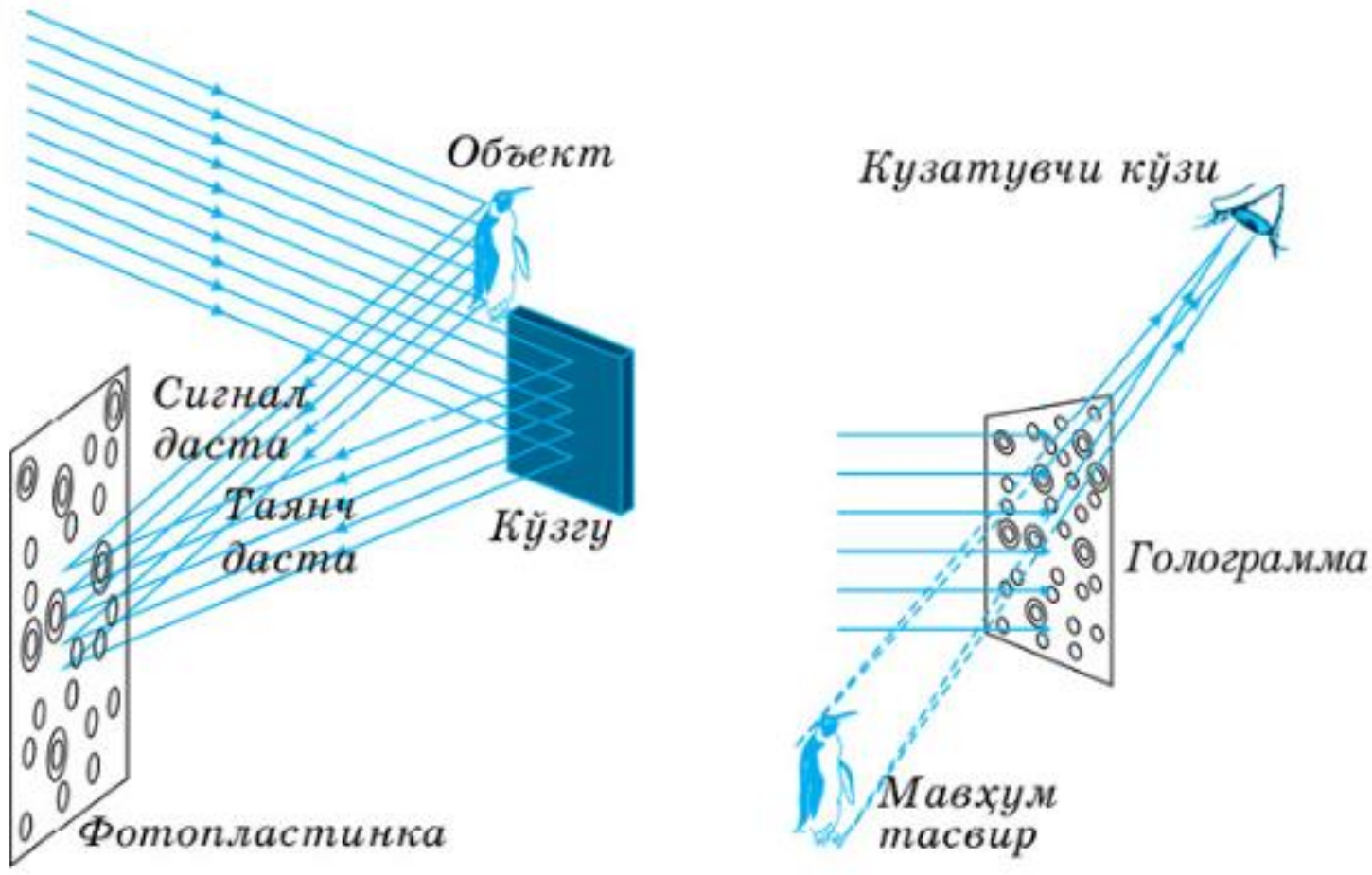
Бундай ютилиш ***кўп фотонли ютилиш*** деб аталади. Биз аввал кўриб ўтган кўп фотонли фотоэффект ҳодисаси ҳам ночизиқли оптика ҳодисаларига киради.

Голография. Фотосуратга олишнинг сизга маълум усулида фотоаппарат буюмдан қайтган нурларни фотоплёнкага туширади. Бу ҳолда буюмнинг ҳар бир нуқтаси тушган ёруғлик тўлқинини қайтарувчи муҳит бўлади, шу сабабли шундай ҳар бир нуқта объектив орқали фотоплёнканинг ёруғлик сезгир қатламида кичик доғ бўлиб сақланади. Буюмнинг тасвири шундай пайдо бўлади. Демак, тасвир буюм элементларининг ёруғлик сезгир қатламнинг ҳар бир нуқтасида ҳосил қилган тасвирларининг тўпламидан иборат. Бу ҳолда уч ўлчовли буюмнинг тасвири икки ўлчовли ясси тасвир бўлиб чиқади. Сабаби фотога туширганда фотоплёнкада фақат буюмдан қайтган ёруғликнинг интенсивлиги, яъни амплитудаси ҳисобга олинади. Бироқ буюмдан қайтган ёруғлик фақат амплитудасини эмас, балки буюм сиртининг берилган нуқтасидаги хоссаларига боғлиқ фазасини ҳам ўзгартиради. Бироқ фаза фотопленканинг қорайишига таъсир этмайди. Агар фотоплёнкага ёруғликнинг амплитудасинигина эмас, фазасини ҳам тушириш имкони бўлса, буюмнинг тасвири уч ўлчовли, худди ўзининг айнан нусхаси бўлиб чиқар эди.

Тўлқинларнинг интерференциясига асосланган буюмнинг уч ўлчовли тасвирини олиш усули (грек. *hylos* — тўлиқ, *grapho* — ёзаман) *голография* деб аталади. Голография ғоясини дастлаб 1948 йили инглиз физиги Д. Габор айтган. Бироқ бу ғояни техник томондан мураккаблиги шунчалик эдики, уни фақат лазерларнинг ёрдамида амалга ошириш мумкин бўлди.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



55.6-расм

Голограмма олиш учун иккига ажраладиган когерент ёруғликнинг кенг дастаси фойдаланилади (55.6-расм). Уларнинг бири буюмдан қайтиб, фотопластинкага тушади. Бу — *сигнал дастаси*. Иккинчи даста фотопластинкага кўзгудан қайтгандан сўнг тушади, бу — *таянч дастаси*. Шу икки когерент тўлқиннинг устма-уст тушиши натижасида фотопластинкада интерференцион манзара пайдо бўлади. Бу расмни очилтиргандан кейин олинадиган фотосурат *голограмма* деб аталади.

Голографиянинг ривожланиш келажаги. Голографиянинг келажакдаги баъзи ривожланиш йўналишларини қараб чиқайлик.

1. Голограммаларни таълим соҳасида қўллаш ўрганиладиган объектларнинг, ҳодисаларнинг ҳажмий тасвирларини кўрсатишга асосланган. Тарих дарсида ўқитувчи масалан, Хеопс пирамидаси ҳақида айтганда, унинг голографик расмини кўрсатади. Шунда ўқувчилар уни ҳар томонлама, барча майда деталларигача аниқ кузата олади, яъни пирамиданинг ўзини кўриб тургандай бўлади.

2. Медицинада голографик технологиялар жарроҳлик операцияси натижасида организмда бўлиши мумкин ўзгаришларни олдиндан билишга имкон беради.

3. Астрономияда голографик технологиялар галактикаларнинг, оламларнинг голографик проекцияларини ясашга, янги юлдузларнинг пайдо бўлиш жараёнларини моделлаштиришга ва бошқа кўплаган тадқиқотлар ўтказишга имкон беради.

4. Физика соҳасида бу — микрооламда рўй берадиган ҳодисаларнинг голографик проекцияларини ясаш, квант физиканинг тажрибаларини ўтказиш ва ҳоказо.

5. Биология соҳасида бу — бактериялар ва вирусларнинг ўзаро таъсирлашишларининг голографик проекцияларини ясаш ва ҳоказо.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

2017 йилнинг апрель ойида икки йирик оператор: Verizon (АҚШ) ва Korea Telecom (Жанубий Корея) бир-бири билан 5G технология ёрдамида дастлабки халқаро голографик қўнғироқ қилишди. Суҳбат борасида пайдо бўлган голограммалар суҳбатдошининг ҳаракатларини, эмоцияларини ва бошқа имо-ишораларини тўлиқ тасвирлаб берди.

Голография ёрдамида дарс ўтаётган профессорнинг лекциясини Ер шарининг исталган жойига таратиш мумкин. Масалан, 2015 йили Стэнфорд (АҚШ) университетининг профессори, Нобель мкофоти лауреати Карл Виман ўз иш ўрнида ўтириб, Сингапурдаги Наньян технология университетида лекция ўқиди. Лекция ўтказишга керакли голографик дисплейни тайёрлашга уч ҳафта вақт кетди.

Голографиянинг ёрдамида санъат асарларини сонли тасвирга ўтказиш мумкин. Масалан, 2017 йилнинг май ойида мадам Тюссо музейида дастлабки голограмма ҳайкал — немис видеоблогери Бьянка "Биби" Хайникенинг тасвирии қўйилди.

Россиянинг WayRay компанияси тўлдирилган реаллик технологияси асосида навигацион Navion системасининг лойиҳасини тайёрламоқда. Бу қурилманинг таркибига автомобилнинг олд ойнасига ёпиштириладиган голографик плёнка киради.

Японияда голографик телевизорларнинг бир неча лойиҳалари тайёрланмоқда.

Ҳозирги бозорда голографик проекторларга талаб катта. Бундай проекторлар голограммаларни 360° бурчак остида кўрсатади. Уларни катталаштириб, кичиклаштиришга, айлантиришга, менюдан қарашга бўлади.

Биз голографик технологиялар ривожланиши келажагининг баъзи йўналишларинигина қараб ўтдик.

1. *Лазер дегани нима?*
2. *Лазер нурланишининг асосий хусусиятлариҳақида айтиб беринг.*
3. *Атомларнгўз-ўзидан ва мажбурий нурланишлари ҳақида айтинг.*
4. *Энергиясатҳларинингинверс(ўта) бандлигидеб нимага айтилади?*
*5. *Ёқут лазерининг ишлаш принципини тушунтиринг.*
*6. *Гелий-неонлилазернинг ишлаш принципини тушунтиринг.*
*7. *Ночизиқли оптика ҳодисаларинингхусусиятлариқандай?*
8. *Ночизиқли оптика ҳодисаларигамисоллар келтиринг.*
9. *Голографиянима?*
*10. *Голографиянингривожланиш келажаги ҳақида айтиб беринг.*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

56-§. Бор назариясининг қийинчиликлари. Зарраларнинг тўлқин хоссалари. Де Бройль тўлқинлари

Таянч тушунчалар:

- ✓ электронларнинг дифракцияси
- ✓ микрозарралар оқимининг интерференцияси
- ✓ де Бройль тўлқинлари

Бугун дарсда:

- микрозарраларнинг тўлқин хоссалари билан танишасиз;
- Бор назариясининг қийинчиликларини қараб чиқасиз;
- де Бройль тўлқин узунлигининг формуласини қўллаб масалаечишни ўрганасиз.

Сиз буни биласиз

Альфазарраларнинг юпқа фольгалардансочилишини ўрганишга бағишланган Резерфорд тажрибаларининг натижалари ва шу асосда яратилган атомнинг ядро модели классик электродинамиканинг назарий хулосаларига қарама-қарши келди. Бу қарама-қаршиликдан чиқиш учун даниялик физик Н. Бор 1913 йили ўзининг машҳур постулатларинитаклифқилди.

Бу постулатлар асосида Бор водородсимон атомлар назариясини ишлаб чиқарди. Водородсимон атом — бу электрон қобиғида биргина электрони бор исталган элементнинг иони. У ўз ҳисоблашларида классик физика қонунлари — Ньютоннинг иккинчи қонуни ва Кулон қонунидан фойдаланиб, биринчи Бор орбитаси радиусининг формуласини келтириб чиқарди, атомнинг энергетик сатҳларининг мумкин бўлган қийматларини аниқлади, чизиқли спектрларнинг қонуниятларини тушунтирди.

Бор назариясининг қийинчиликлари. Бор назарияси атом тузилишининг назариясини яратишдаги дастлабки қадам бўлди. У классик физика қонунларини микроолам физикаси ҳодисаларига қўллаб бўлмаслигини яққол кўрсатиб берди. Бироқ дастлабки ютуқлардан кейин Бор назарияси кўплаган қийинчиликларга дуч келди. Масалан, у водороддан кейинги энг содда гелий атомининг назариясини яратишда тўлиқ муваффақиятсизликка учради. Бунинг бош сабаби назариянинг ички мантиқий зиддиятида эди, у ярим классик, ярим квант қонунларга асосланди. Ҳозирги вақтда Бор назарияси, асосан, тарихий аҳамиятга эга. Бироқ бу назария ҳозир ҳам бир қатор муҳим физик тушунчаларни (масалан, энергетик сатҳлар тушунчаси) киритишда қўлланиладиган қулай механик модель эканини ёдда тутган афзал. Шунингдек, Бор назарияси квант механикасининг яратилишида ўтиш даври ҳисобланади.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Микрозарраларнинг тўлқин хоссалари. Ҳозирги вақтда микрозарраларнинг тўлқин хоссалари батафсил ўрганилган, аниқ тасдиқланган экспериментал омил ҳисобланади.

Микрозарраларнинг тўлқин хоссалари борлиги ва зарранинг тўлқин узунлиги унинг импульси билан боғлиқ эканлиги ҳақидаги ғоя француз физиги Луи де Бройлга тегишли.

Де Бройль гипотезасининг дастлабки экспериментал исботи бўлган ҳодиса — бу электронларнинг дифракцияси. Америка физик олимлари К. Дэвиссон мен Л. Жермер 1927 йили никель кристалидан сочилган электрон дастаси яққол дифракцион манзара беришини аниқлашди. Бу манзара қисқа тўлқинли рентген нурланишининг кристалдан сочилганда ҳосил қиладиган дифракцион манзарага жуда ўхшаш бўлиб чиқди. Бу тажрибаларда кристалл табиий дифракцион панжаранинг ролини бажаради. Дифракцион максимумларнинг ўрнини аниқлаш орқали электрон дастасининг тўлқин узунлигини ҳисоблаш мумкин. Бундан ташқари, кейинроқ дифракцион ҳодисалар нейтронлар, протонлар, атомлар ва молекулалар дасталари учун ҳам аниқланди.

Электронларнинг тўлқин хоссаларини очилиши фаннинг янги бўлими — электрон оптикаси ва янги асбоб — электрон микроскопнинг пайдо бўлишига олиб келди. Исталган микроскопнинг ажрата олиш қобилияти қўлланаётган нурланишнинг тўлқин узунлиги билан аниқланади, шу сабабли ёруғлик нурларининг ўрнига электрон дасталаридан фойдаланиш микроскопнинг ажрата олиш қобилиятини минглаб марта орттиришга имкон берди. Электронларнинг дифракцияси кристалл моддаларнинг тузилишини аниқлаш учун қўлланилади.

Ўз вақтида зарраларнинг тўлқин хоссаларини таклиф қилиш, кейин уни тажрибаларда исботлаш физикада кашф этилган буюк янгилик бўлди. Сабаби у вақтда бир объектда ҳам тўлқин, ҳам зарра хоссасининг мавжуд бўлиши мумкин эмасдай эди. Физиклар электронни ҳамма томондан оддий классик зарра деб ҳисоблашди. Классик зарранинг энергияси ва импульси зарранинг ўзи турган жойда тўпланади, у бир қийматли аниқланган траектория бўйлаб ҳаракатланади. Бошқача айтсак, зарра дегани — узлукли, дискрет объект.

Монохроматик тўлқин вақт бўйича ҳам, фазода ҳам узлуксиз таралади. Аввал ёруғликнинг электромагнит тўлқин табиати ўрганилди. Кейинроқ ёруғликнинг корпускуляр хоссалари очилди. Шундан сўнг фотонларнинг иккиёқламалиги, яъни корпускуляр-тўлқин хоссалари ўрганилди. Микрозарралар учун эса ҳаммаси аксинча бўлди, дастлаб улар оддий классик зарралар ҳисобланди, кейинроқ уларнинг тўлқин хоссалари аниқланди.

Ҳозирги вақтда тинчлик массаси бор зарралар — атомларнинг, электронларнинг, протонлар ва нейтронларнинг фотон каби ҳам зарра, ҳам тўлқин хоссага эга эканлиги маълум. Бу — уларга хос улар-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

нинг ички хоссалари. Микрозарралар оламига классик физиканинг қонунларини тадбиқ қилиб бўлмайди. Бироқ квант назария классик назарияни йўққа чиқармайди. Квант назария классик назарияни ўз ичига олади (мослик принципи).

Юқорида айтиб ўтганимиздек, микрозарраларнинг тўлқин хоссалари ҳақидаги гипотезани 1924 йили де Бройль таклиф қилди. Де Бройль гипотезаси бўйича исталган ҳаракатдаги зарра, масалан, электрон тўлқин хоссага эга.

Масалан, массаси m зарра v тезликда ҳаркатлансин. Унинг энергияси E ва импульси p бўлсин. Биз энергия ва импульснинг нисбийлик назариясидаги формулаларини биламиз: $E = mc^2$, $\vec{p} = m\vec{v}$. Масса умумий ҳолда тезликка боғлиқ:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

бундаги m_0 — тинчлик массаси. Иккинчи томондан олганда, агар зарра тўлқин хоссаларга эга бўлса, у ν частота ва λ тўлқин узунлиги орқали тавсифланиши керак, яъни зарранинг корпускуляр ва тўлқин хоссаларининг орасида бир қийматли боғланиш бўлиши керак. Де Бройль тинчлик массаси бор зарралар учун ҳам фотонни тавсифловчи муносабатларни ёзишга бўлади деб ҳисоблади:

$$E = \$\omega; \quad \vec{p} = \hbar\vec{k}. \qquad (56.1)$$

бундаги $\vec{k}$ — тўлқин вектор, унинг модули $k = \frac{2\pi}{\lambda}$.

Ундай бўлса,

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi\hbar}{p} \text{ ёки}$$

$$\lambda = \frac{2\pi\hbar}{mv} = \frac{h}{mv}. \qquad (56.2)$$

Демак, импульси p заррага узунлиги (56.2) формуласи билан аниқланадиган тўлқин мос келади, у *де Бройль тўлқини* деб аталади.

Агар зарра секин ҳаракатланса, яъни $\left(\frac{v}{c}\right) \ll 1$ бўлса, унда (56.2) формуладаги m масса зарранинг тинчлик массасига тенг: $m = m_0$.

Ҳозирги вақтда микрозарраларнинг тўлқин хоссалари яхши ўрганилган экспериментал факт ҳисобланади.

Де Бройль тўлқинларининг фазонинг бирор соҳасидаги интенсивлиги заррани шу жойдан топиш эҳтимоллигига пропорционал. Де Бройль тўлқинини бундай тушунтиришнинг зарранинг тузилишига алоқаси йўқ, у классик зарра каби бутун, нуқтавий объект ҳолатида қолади.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

1. *Бор назариясининг қийинчиликлари ҳақида айтиб беринг ва улар нимага боғлиқлигини тушунтиринг.*
2. *Микрозарраларнинг тўлқин хоссалари сезиладиган тажрибаларни айтинг.*
3. *Де Бройль тўлқини нима?*

*4. *Нима сабабдан тўлқин хоссаларифақат микрозарраларда сезилади?*

Масала ечиш намунаси

Тезлиги 200 Мм/с бўлган электронга мос де Бройль тўлқин узунлигини аниқланг.

Берилган:
$v = 200$ Мм/с $= 2 \cdot 10^8$ м/с

λ — ?

Ечилиши. Электроннинг тезлиги анчагина катта $= 0{,}666...$, шу сабабли бу масалада электрон массасининг тезликка боғлиқ ўзгаришини ҳисобга олиш керак:

$$m = \frac{m_e}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

бундаги m_e — электроннинг тинчлик массаси.

$$\lambda = \frac{h}{m_e v} = \frac{h\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{m_e v} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \text{Дж} \cdot \text{с} \cdot \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 10^{16}\ \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{9 \cdot 10^{16}\ \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}\ \text{кг} \cdot 2 \cdot 10^8\ \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 0{,}272 \cdot 10^{-11}\ \text{м}.$$

Жавоби: $\lambda = 2{,}72$ пм.

26-машқ

1. Тезлиги $v = 1$ Мм/с бўлган электроннинг ва протоннинг де Бройль тўлқин узунлигини ҳисобланг.

   Жавоби: 727 пм; 0,396 пм.

2. Тезлиги 2,5 км/с нейтронларнинг де Бройль тўлқин узунлиги қандай? Нейтроннинг тинчлик массаси $1{,}67 \cdot 10^{-27}$ кг.

   Жавоби: 160 пм.

3. $U = 51$ В тезлатувчи потенциаллар айирмасини ўтган электроннинг де Бройль тўлқин узунлигини топинг.

   Жавоби: 172 пм.

4. Тўлқин узунлиги 4,20 пм электроннинг релятивистик массаси қандай?

   Жавоби: $10{,}5 \cdot 10^{-31}$ кг.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

*5. Кинетик энергияси $E_к$ = 100 эВ протоннинг де Бройль тўлқин узунлигини аниқланг. Протоннинг массаси $1{,}67 \cdot 10^{-27}$ кг.

Жавоби: 2,86 пм.

9-бобнинг асосий мазмуни

• **Нурланиш турлари:** иссиқликдан нурланиш ва люминесценция: электролюминесценция, катодолюминесценция, хемилюминесценция, фотолюминесценция.

Модда чиқарган нурнинг таркибида учрайдиган барча тўлқин узунликларининг тўплами **нурланиш спектри** деб аталади.

Берилган модда ютадиган ёруғликнинг таркибига кирувчи барча тўлқин узунликларининг тўплами **ютилиш спектри** деб аталади.

Модданинг нурланиш ёки ютилиш спектрини ўрганиш орқали унинг кимёвий таркибини аниқлайдиган усулни **спектрал анализ деб** аталади.

• **Иссиқликдан нурланиш** — бу нурланиш манбаининг ички энергияси ҳисобига пайдо бўладиган электромагнит нурланишнинг тури.

• Моддага туширилган нурланиш таъсирида унинг сиртига электронларнинг учиб чиқиш ҳодисаси **ташқи фотоэлектрик эффект** (фотоэффект) деб аталади.

• Фотоэффект учун Эйнштейн тенгламаси

$$h\nu = A_{чиқ} + \frac{mv_{max}^2}{2}.$$

• **Фотон** — тинчлик массаси йўқ, ёруғлик тезлигига тенг тезликда ҳаракатланадиган элементар зарра..

• Фотоннинг энергияси ва импульси $E = pc$; $\vec{p} = \hbar\vec{k}$.

• **Рентген нурлари** — бу тўлқин узунлиги жуда кичик, тахминан (10^{-12} — 10^{-9}) м диапазонда ётувчи электромагнит нурланиш. У тез электронлар модда ичида тормозланганда пайдо бўлади.

• **Атомнинг ядро модели.** Атом радиуси тахминан 10^{-15} м бўлиб, оғир ядро ва унинг атрофида турли орбиталарда ҳаракатланувчи электронлардан иборат.

• **Бор постулаттари:**

1. Атомда электронлар ҳаракатланадиган стационар орбиталар бор. Стационар орбитадаги электронлар нур чиқармайди.

2. Электрон энергияси E_n стационар орбитадан энергияси E_m стационар орбитага ўтганда энергия кванти ютилади ёки чиқарилади. Бу энергия қуйидагича аниқланади: $h\nu = E_n - E_m$.

• **Де Бройль тўлқинларининг** узунлиги $\lambda = \frac{2\pi\hbar}{mv} = \frac{h}{mv}$.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

57-§. Табиий радиоактивлик

Таянч тушунчалар:

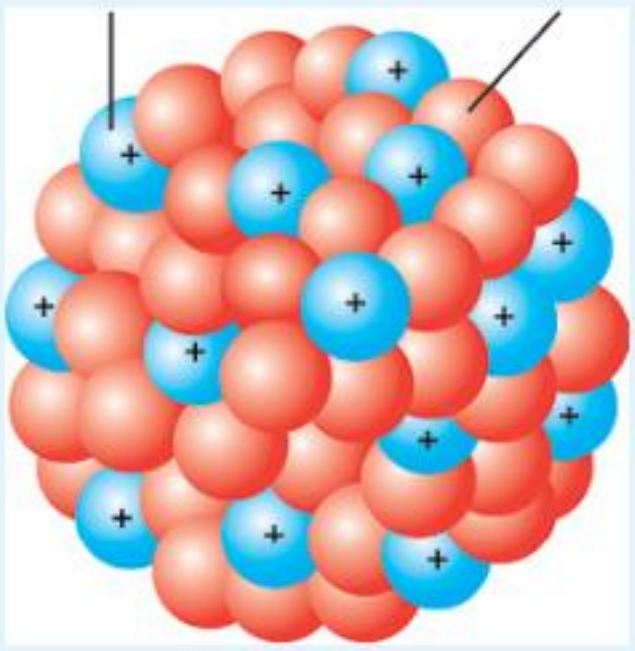
- ✓ радиоактивлик
- ✓ силжиш қоидаси
- ✓ альфа-емирилиш
- ✓ бета-емирилиш
- ✓ гамма-емирилиш

Бугун дарсда:

- радиоактивлик ҳодисаси ва радиоактив альфа, бета, гамма емирилишлар билан танишасиз.

Сиз буни биласиз

Атом ядроси ҳақидаги тушунчани 1911 йили Э. Резерфордкиритди. У ўзининг ходимлари Э. Марсден, Х. Гейгер билан бирга зарраларнинг юпқа металл қатламидан ўтишини ва сочилишини текширган. У ўз тажрибаларининг натижаларини тушунтириш учун атомнинг ядро моделини таклиф қилди. Атом мусбат зарядланган ядро ва манфий зарядланган электронлар тўплами — электрон қобиқлардан тузилган (57.1расм). Атом массаси деярли тўлиқ ядрода тўпланган. Атомга қараганда ядро жуда кичик ва у жуда мустаҳкам. Атом ядросининг кашф қилиниши назарий ва экспериментал физика олдига атом ядросининг тузилиши ва унинг хоссалари ҳақидаги янги масалани қўйди. Шу тариқа ядро физикаси деб аталувчи физиканинг янги бир тармоғи дунёга келди.



57.1-расм

Ядро физикаси атом ядросининг тузилишини, хоссаларини, унинг айланишларини, микроламда бўлаётган ҳодисаларни ўрганади. Элементар зарраларнинг табиатини, ўзаро таъсирлашишлари ва айланишларини ўрганади.

Ядро физикасининг ривожланиш тарихи 1886 йили француз олими А. Беккерель кашф қилган табиий радиоактивлик ҳодисасидан бошланади. А. Беккерель уран тузининг фотопластинага таъсирини ўрганган. Тажрибалар борасида у қуйидаги ҳодисани пайқаган: уран тузлари зич қора қоғоз билан ўралган фотопластинага таъсир қилиб, унинг қорайишини юзага келтирадиган, ўтувчанлиги юқори номаълум нурларни чиқарар экан. Аниқ тадқиқотлар натижасида Беккерель ўтувчанлиги юқори номаълум нурларни уран атомининг ўзи, ҳеч қандай ташқи таъсирларсиз, ўз-ўзидан чиқаришини аниқлади. Номаълум нурларнинг моддалар билан таъсирлашганда фотопластинани қорайтириши, яъни кимёвий таъсири, газларни ионлаштириши, баъзи

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

қаттиқ жисмлар ва суюқликларнинг люминесценциясини юзага келтириши каби хоссалари маълум бўлди.

Бу ҳодисани тадқиқ қилиш ишлари қизғин бошланиб кетди. Францияда 1898 йили М. Склодовская-Кюри ва П. Кюри торий (Th) элементининг ўз-ўзидан нур чиқаришини кашф қилишди. Ўз-ўзидан нур чиқарадиган кимёвий элементни *радиоактив*, нур чиқариш жараёнини эса *радиоактивлик* деб номлашни М. Склодовская-Кюри таклиф қилади. Радиоактивлик лотинча "radio" — нур чиқариш, "activus" — таъсир деган сўзлардан олинган. Шу йили эр-хотин олимлар тоннаб уран рудасини қайта ишлаш орқали икки янги радиоактив кимёвий элементни аниқлашди. Радиоактивлиги урандан миллион марта кучли элементни (Ra) радий, иккинчи элементни М. Склодовская-Кюри ватанининг ҳурматига полоний (Po) (лот. *Польша*) деб атаган. 1908 йили Резерфорд спектрал анализ усулида радиоактив газ — радонни (Rn) кашф қилди. Кенг миқёсда ўтказилган тажрибалар Менделеев жадвалида қўрғошиндан кейинги ҳамма оғир элементлар ядроларининг *табиий радиоактивликка* эга эканлигини кўрсатди. Баъзи енгил, масалан, калийнинг изотопи $^{40}_{19}K$, углероднинг изотопи $^{12}_{6}C$ ва ш.к. элементларнинг ҳам табиий радиоактивлик хоссалари аниқланди.

Мария Склодовская-Кюри (1867—1934)

БУ ҚИЗИҚ!

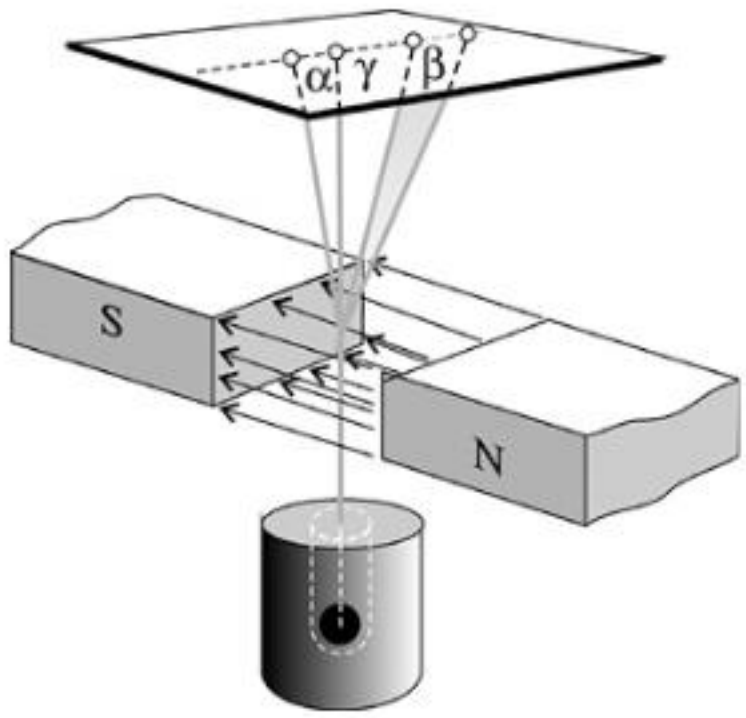
Пьер Кюри ва Мария Саломея Склодовская дастлаб 1894 йили танишади. Мария 1891 йили Польшадан Францияга Сорбонна университетига ўқишга келган. Тинимсиз меҳнатлар натижасида у Сорбонна университетининг энг илғор студенти, мустақил тажриба ўтказиш ҳуқуқига эга ва икки диплом (математика ва физикадан) эгаси бўлган.

Радий ва полоний элементларини кашф қилганни учун улар 1903 йили Нобель мукофотини олади. 1911 йили Мария иккинчи марта Нобель мукофотига сазовор бўлади.

Радиоактив емирилиш. Э. Резерфорд ва П. Кюри радиоактив нурланишнинг табиатини тадқиқ қилиб, унинг таркиби мураккаб эканлигини аниқлайди. Радиоактив радий Ra қўрғошиндан ясалган қалин идишнинг ичида жойлашган. Идишнинг ўртасида цилиндрсимон канал бор. Идиш тубидаги радийдан чиққан нурларга перпендикуляр йўналишда кучли магнит майдони таъсир қилади. Канал қаршисида фотопластина ўрнатилган ва барча асбоб вакуумда жойлаштирилган. 57.2-расмда кўрсатилгандек, радийдан чиқадиган нурлар оқими магнит майдонидан ўтгандан кейин уч дастага ажралган. Дасталарнинг

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



57.2-расм

бундай ажралишини фотопластинадаги қорайган жойлар бўйича аниқлайди. Уларни мос ҳолда α (альфа)-нур, β (бета)-нур ва γ (гамма)-нур деб аташган. **α-нур** деганимиз — мусбат *зарядланган зарралар* (α-*зарра*) *оқими*, **β-нур** деганимиз — жуда *тез ҳаракатланадиган ва тезликлари ҳар хил манфий зарядланган зарралар* (β-*зарра*) *оқими*. Магнит майдонида оғиш бурчагининг турлича бўлиши α-зарра ва β-зарра массаларининг бирдай эмаслигини ҳамда қарама-қарши зарядланганини кўрсатади. γ-нур магнит майдонда оғмайдиган, частотаси жуда юқори электромагнит нурланиш кванти экан. Атом ядросининг тузилиши ва таркибига, нуклонларнинг боғланиш энергиялари ҳақида маълумотларга таяниб, радиоактив нурланишнинг табиатини тушунтириш осон. *Таркибида нейтронларга қараганда протонларнинг сони кўп бўлган ядро стабил эмас, сабаби кулон таъсирлашишининг энергияси устунроқ.*

Нейтронлар сони протонлар сонига қараганда анча кўп бўлган ядронинг стабил бўлмаслигининг сабаби — нейтроннинг массаси протоннинг массасидан катта: $m_n > m_p$. Ядро массасининг ортиши унинг энергиясининг ортишига олиб келади. Ортиқча энергияси бор ядро шу энергиянинг ортиқ қисмини икки хил йўл билан ажратиб чиқариши мумкин.

1. Механик, термик ва бошқа ташқи таъсирларсиз ядро ўз-ўзидан емирилиб, радиоактив нур чиқаради ва бўлиниш натижасида ўзгариб янги элементнинг ядроси пайдо бўлади. Ўз-ўзидан емирилиш жараёнида α-зарралар ядродан учиб чиқса, уни *альфа- емирилиш* деб аталади.

2. Ядро ўзининг электр зарядини бир заряд бирлигига ўзгартириши, яъни нейтроннинг протонга ёки протоннинг нейтронга айланиши орқали емирилади. Бу жараён ядродан электроннинг ёки позитроннинг (мусбат зарядли электрон) учиб чиқиши билан бирга ўтади, уни *бета-емирилиш* дейилади.

Радиоактив ядроларнинг ўз-ўзидан емирилиши вақтида айланишлари 1913 йили инглиз олими Ф. Содди ифодалаган *силжиш қоидасига* бўйсунади. Радиоактив емирилишда электр зарядининг, масса сонининг ва импульс ва энергиянинг сақланиш қонунлари ҳам бажарилади.

Альфа-емирилиш. α-зарранинг табиатини 1908 йили Резерфорд кўплаган экспериментал тадқиқотлар натижасида аниқлади. Альфа-емирилишида ядродан ўз-ўзидан α-зарра — гелий атомининг ядроси $^{4}_{2}He$ (икки протон ва икки нейтрон) учиб чиқади ва янги кимёвий эле-

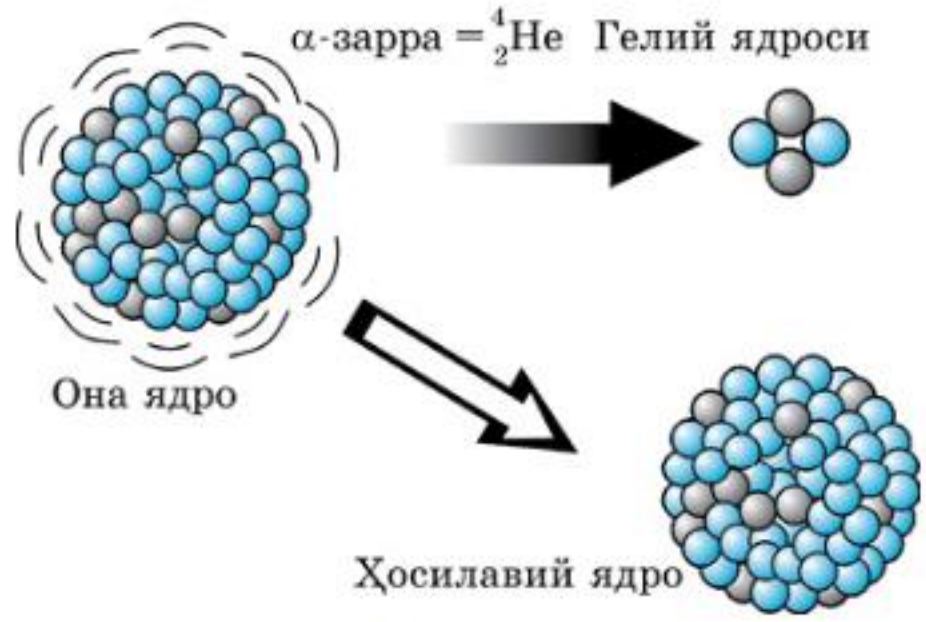
*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

ментнинг ҳосилавий ядроси пайдо бўлади. 57.3-расмда альфа-емирилиш жараёни кўрсатилган.

Альфа-емирилишда атом ядроси Z заряд сони иккига ва A масса сони тўртга кам ҳосилавий ядрога айланади. Натижада элемент Менделеев даврий системасининг бошига қараб икки катакка силжийди:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A-4}_{Z-2}Y + ^{4}_{2}He,$$



57.3-расм

бундаги X — бошланғич ядронинг белгиси, Y — ҳосилавий ядронинг белгиси. Гелий атомининг ядроси бўлган α-зарра учун $^{4}_{2}$He белгисидан фойдаланамиз.

Мисол келтирайлик. Уран $^{238}_{92}$U ядросининг α-емирилиш реакциясида ҳосилавий ядро — торий $^{234}_{90}$Th пайдо бўлади:

$$^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + ^{4}_{2}He$$

Яна бир α-емирилиш реакциясини ёзайлик:

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow ^{222}_{86}Rn + ^{4}_{2}He$$

$^{238}_{92}$U нуклиди ва $^{226}_{88}$Ra нуклиди *бошланғич ядро*, $^{234}_{90}$Th ва $^{222}_{86}$Rn нуклидлари эса *ҳосилавий ядро* деб аталади. Элемент белгисининг юқори томонидаги сонлар, яъни масса сонлари (нуклонлар сони) тенгликнинг икки томонида ҳам бирдай: 238 = 234 + 4, яъни массаларнинг сақланиш қонуни бажарилади. Шунингдек 92 = 90 + 2 электр зарядининг сақланиш қонуни ҳам бажарилади.

Бошланғич ядро емирилганда α-зарра билан ҳосилавий ядро маълум бир кинетик энергия билан турли томонларга сочилиб учади. Баъзи емирилишларда ҳосилавий ядро уйғонган ҳолатда бўлиши мумкин. Емирилиш энергиясини бошланғич ядро билан боғланган саноқ системасида энергиянинг сақланиш қонунини фойдаланиб ҳисоблашга бўлади. *Емирилиш энергияси* Q_α уйғониш энергияси ва кинетик энергияларнинг йиғиндисига тенг. Бошланғич энергия бошланғич ядронинг тинчлик энергиясига тенг эканини эътиборга олсак, унда

$$M_a c^2 = (M_т + M_{He})c^2 + Q_\alpha,$$

бундаги M_a — бошланғич, $M_т$ — ҳосилавий ядроларнинг, M_{He} — гелий атоми ядросининг массалари. Бундан емирилиш энергиясини топамиз:

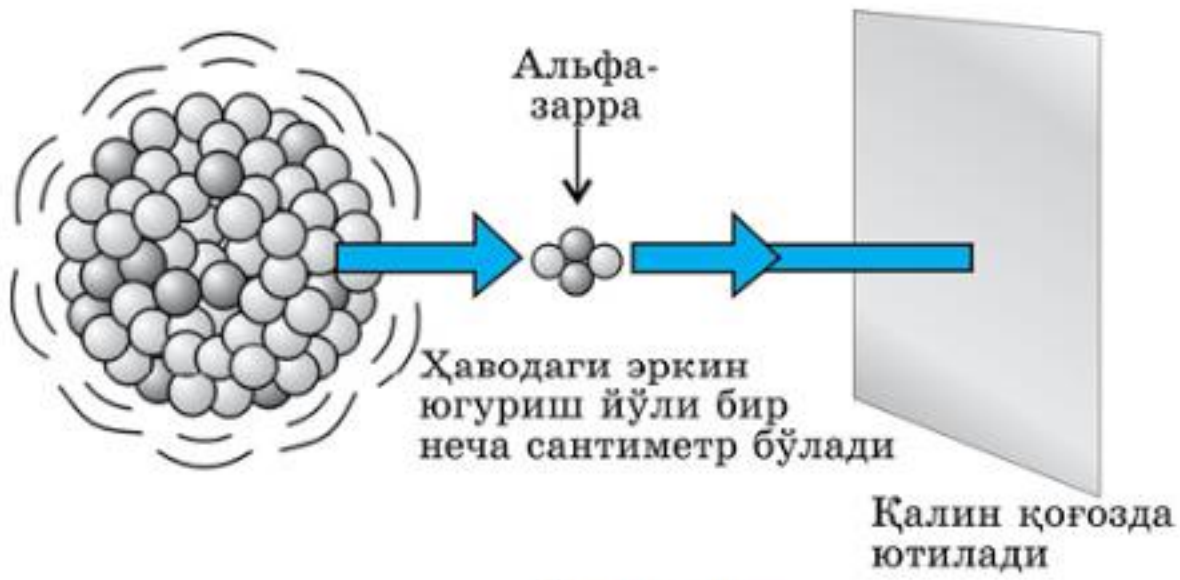
$$Q_\alpha = (M_a - M_т - M_{He})c^2.$$

Масалан, уранни α-емирилишида 4 МэВ энергия ажралиб чиқади.

Атом номери $Z \geqslant 82$ оғир ядроларда альфа-емирилиш кузатилади. 57.4-расмда тасвирлангандек, α-зарранинг ўтувчанлик қобилияти кам,

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



57.4-расм

ҳаводаги эркин югуриш йўли бор-йўғи 3—7 см. У қалинроқ қоғозда ютилади. Ионлаштириш қобилияти жуда юқори, шу сабабли энергиясини тез йўқотади.

Бета-емирилиш. β-нурининг табиатини 1899 йили Резерфорд кашф қилган. У — тез ҳаракатланадиган электронлар оқими. β-зарра $^{0}_{-1}e$ деб белгиланади. Масса сонининг $A = 0$ бўлиши электроннинг массаси массанинг атом бирлиги билан солиштирганда жуда кичик эканлигини кўрсатади. Силжиш қоидасини бета-емирилишга қўллайлик.

Бета-емирилишда атом ядросининг заряд сони Z бир заряд бирлигига ортади, масса сони ўзгармайди. Янги элемент Менделеев даврий системанинг охирига қараб бир катакка силжийди:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e + \tilde{\nu}$$

бундаги $\tilde{\nu}$ — электр заряди нолга тенг, тинчлик массаси йўқ *электрон антинейтриноси* деб аталадиган зарра. Масалан:

$$^{26}_{14}\mathrm{Si} \rightarrow {}^{26}_{15}\mathrm{P} + {}^{0}_{-1}e + \tilde{\nu}$$

Бундай емирилишни *электрон β-емирилиш* деб аталади. Радиоактив электрон β-емирилиш жараёни ядрода нейтроннинг протонга айланиши ва шу вақтда электрон ва антинейтринонинг бир вақтда чиқарилиши билан боради:

$$^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + \tilde{\nu}$$

Ядронинг ичида электроннинг пайдо бўлиши шу нейтрон емирилишининг натижаси экан. Бета-емирилишда ҳосилавий ядро билан электрон системасининг энергияси емирилишгача бўлган бошланғич ядро системасининг энергиясидан кам бўлишини ўлчашлар кўрсатди. β-емирилишда энергиянинг сақланиш қонунининг бажарилиши гумон остида қолди. 1930 йили В. Паули β-емирилишда ядродан электрондан бошқа яна бир масса сони ва заряд сони ($A = 0$, $Z = 0$) нолга тенг зарра ажралиб чиқади деб тахмин қилди. β-емирилишдаги энергиянинг сақланиш қонунининг бузилишига сабаб бўлиб етишмай турган энергия шу нейтрал заррага тегишли экан.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Буюк итальян олими Э. Ферминнинг таклифи бўйича бу заррани *нейтрино* ν (итал. *neutruno* — кичик нейтрон) деб аташган. Нейтринонинг электр заряди ва тинчлик массаси нолга тенг бўлганидан, унинг модда билан таъсирлашиши заиф, шу сабабли эксперимент орқали қайд қилиш жуда қийин бўлди. Узоқ давом этган изланишлар натижасида фақат 1956 йилдагина нейтрино қайд қилинди. Антинейтрино эса шу нейтринонинг антизарраси ҳисобланади. Электрон β^+-емирилишдан ташқари позитрон β^+-емирилиш жараёни ҳам ўтиши мумкин. Позитрон радиоактивликда ядродаги протоннинг биттаси нейтронга айланиб, позитрон ${}^{0}_{+1}e$ ва электрон нейтриноси ν ажралиб чиқади:

$$ {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e + \tilde{\nu} $$

Ядронинг Z заряд сони бир бирлик зарядга камаяди, натижада элемент Менделеев даврий системанинг бошига қараб бир катакка силжийди:

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e + \tilde{\nu}, $$

бундаги ${}^{0}_{+1}e$ — позитрон, электроннинг антизарраси, унинг массаси электроннинг массасига тенг.

β-емирилишга

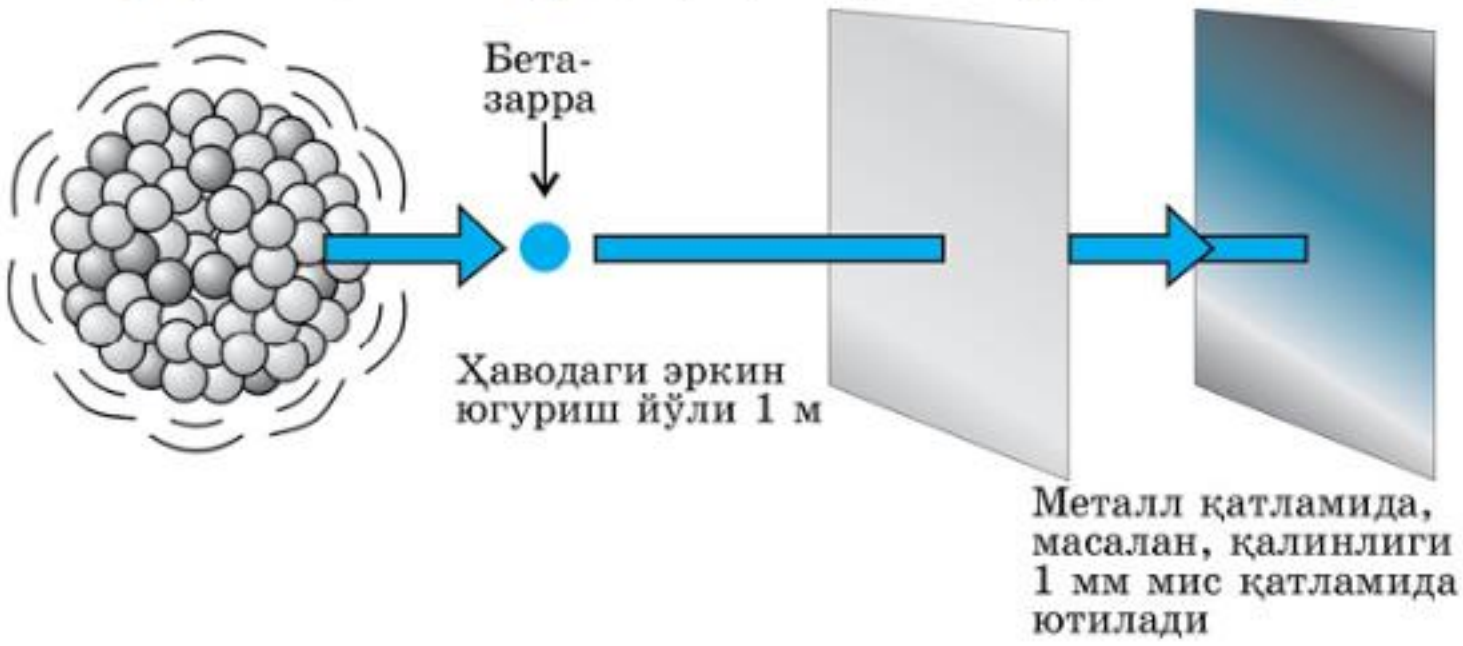
$$ {}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e + \tilde{\nu} \ (\beta^-\text{-емирилиш}); $$

$$ {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{0}_{+1}e + \nu \ (\beta^+\text{-емирилиш}) $$

реакцияларини мисол қилиб келтириш мумкин.

Бошланғич ва ҳосилавий ядролар — изобаралар.

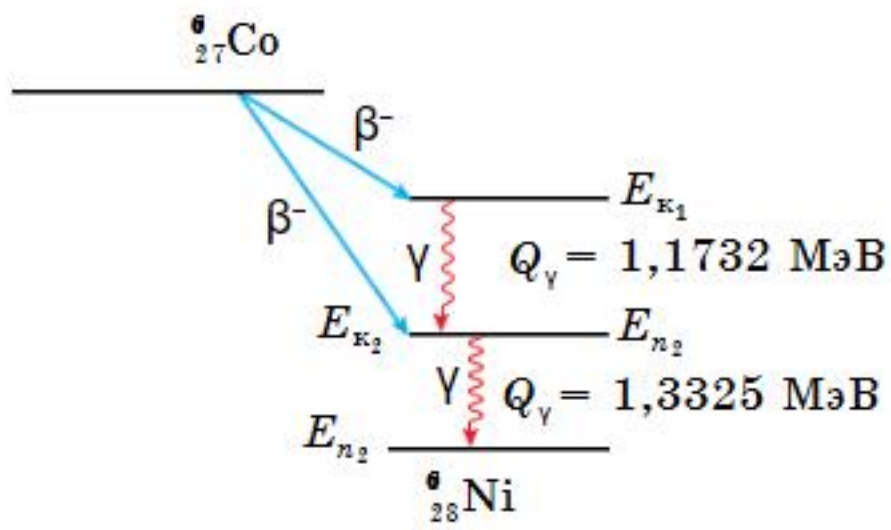
Бошланғич ядро билан боғланган саноқ системасида энергиянинг сақланиш қонунидан фойдаланиб, β-емирилишнинг Q_β энергиясини аниқласа бўлади: $M_a c^2 = M_т c^2 + Q_\beta$, бундан $Q_\beta = (M_a - M_т)c^2$. Бу емирилиш энергияси электрон (позитрон), антинейтрино (нейтрино) ва ҳосилавий ядрога берилади. Ҳосилавий ядро уйғонган ҳолатда бўлиши мумкин. β-электронларнинг вакуумдаги тезлиги тахминан $v_э = 2 \cdot 10^8$ м/с. 57.5-расмда тасвирлангандек, β-заррага қараганда α-зарранинг ўтувчанлиги кучли, ҳаводаги эркин югуриш йўлининг



57.5-расм

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



57.6-расм

узунлиги 1 м дай, бироқ қалинлиги 1 мм мис қатламидан ўта олмайди.

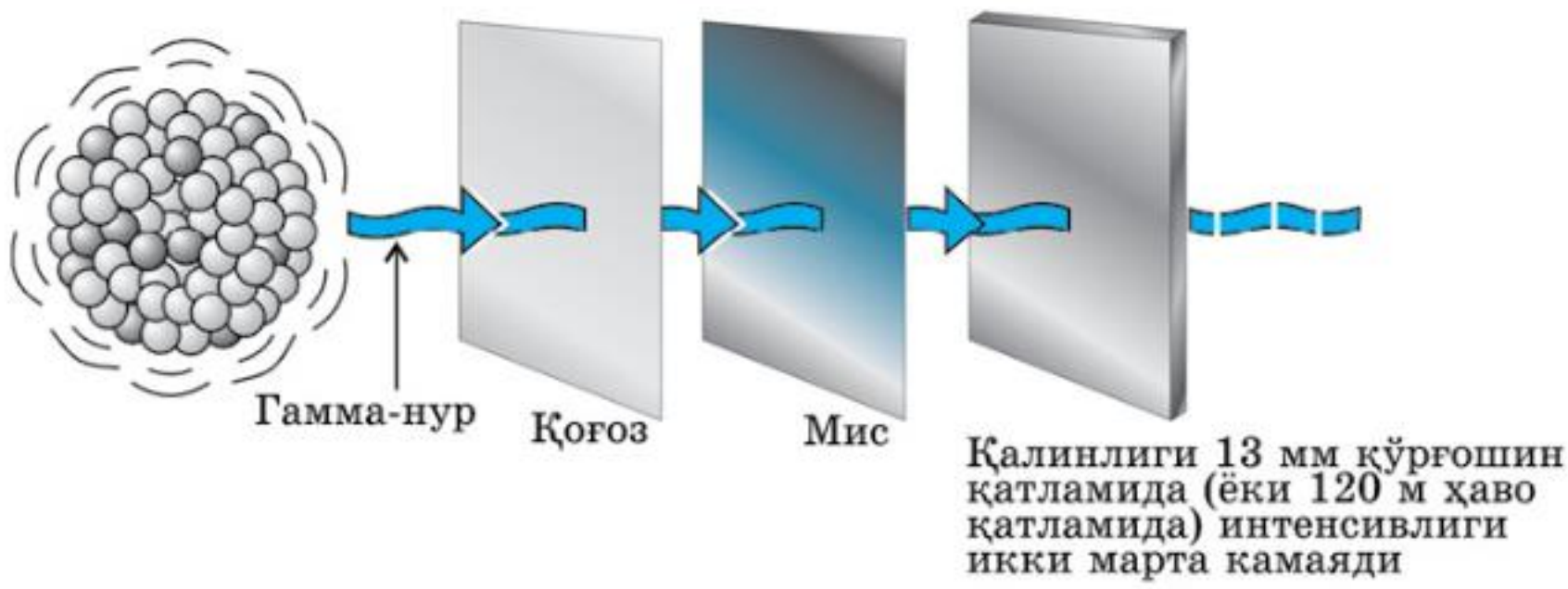
Гамма-емирилиш. 1900 йили П. Виллард ядровий нурланишнинг таркибидаги учинчи компонентнинг борлигини топди, уни *γ-нурланиш* деб атади. Гамма-нурланиш магнит майдонида оғмайди, демак, унинг заряди йўқ.

Гамма-нурланиш радиоактив емирилишнинг алоҳида бир тури эмас, у альфа- ва бета-емирилишлар билан бирга борадиган жараён. Юқорида айтганимиздек, ҳосилавий ядро уйғонган ҳолатда бўлади. Уйғонган ҳолатдаги ядро атом каби юқори энергетик сатҳдан қуйи энергетик сатҳга ўтганда $h\nu = E_к - E_n$ энергияли гамма квантини чиқаради, бундаги $E_к$ — уйғонган, E_n — нормал ҳолатдаги энергиялар (57.6-расм). Ядродан чиқувчи γ-нурлар фотонлар оқими экан.

Гамма-емирилишнинг формуласини ёзайлик:

$$^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma,$$

бундаги X^* — уйғонган бошланғич ядро, X — унинг нормал ҳолатдаги нуклиди. 57.6-расмда кобальт ядроси β-емирилишининг схемаси кўрсатилган. γ-нурнинг тўлқин узунлиги жуда қисқа: $\lambda = 10^{-8} - 10^{-11}$ см. Шу сабабли радиоактив нурларнинг ичида γ-нурланишнинг ўтувчанлик қобилияти энг юқори, ҳаводаги эркин югуриш йўлининг узунлиги 120 м. У 57.7-расмда кўрсатилгандек, қалинлиги 10 см қўрғошин қатламидан ўтиб кета олади.



57.7-расм

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

1. *Беккерельтажрибасининг аҳамияти нимада?*
2. *Радиоактив нурланишнинг таркиби қандай ва у қандай аниқланган?*
3. *Альфа-емирилиш деганимиз нима?*
4. *Соддининг силжиш қонунларини маъносини тушунтиринг.*
5. *Бета-емирилиш деганда нимани тушунасиз? Электрон ва позитрон β-емирилишларнинг фарқлари қандай?*
6. *Нейтринони қайд қилишнинг мураккаблиги нимада?*
*7. *Гамма- емирилишнинг механизмини тушунтиринг.*

Радиохирургиядаишлатиладиган“гаммапичоқ” ҳақида лойиҳа тайёрланг.

27-машқ

1. Ураннинг $^{238}_{92}U$ изотопининг α-емирилишида қандай ядро пайдо бўлади?
2. Актиний $^{225}_{89}Ac$ изотопи уч марта α-емирилишга учрагандан кейин қандай элемент пайдо бўлади?

   Жавоби: $^{213}_{83}Bi$
3. $^{209}_{82}Pb$ қўрғошин изотопининг радиоактив емирилиши вақтида β-зарра учиб чиқади. Қўрғошин изотопининг ядроси қандай элементнинг ядросига айланади?

   Жавоби: $^{209}_{82}Pb \rightarrow {}^{209}_{83}Bi + {}^{0}_{-1}e + \tilde{\nu}$
4. Ксенон $^{140}_{54}Xe$ ядроси 4 марта β^--емирилишга учрагандан кейин қандай стабил ядрога айланади?

   Жавоби: $^{140}_{58}Ce$
5. Торий $^{232}_{90}Th$ изотопининг ядроси икки α-емирилишга, икки электрон β-емирилишга ва яна бир α-емирилишга учрайди. Шу емирилишлардан кейин қандай элементнинг ядроси ҳосил бўлади?

   Жавоби: $^{220}_{86}Rn$
6. Олтиннинг $^{196}_{79}Au$ радиоактив изотопи электрон ҳамда позитрон емирила олади. Емирилиш реакциясини ёзинг.

   Жавоби: $^{196}_{79}Au \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{196}_{80}Hg + \tilde{\nu}$; $^{196}_{79}Au \rightarrow {}^{0}_{+1}e + {}^{196}_{78}Pt + \tilde{\nu}$
7. Висмутнинг $^{212}_{83}Bi$ ядроси α-емирилишдан сўнг таллийнинг $^{208}_{81}Tl$ изотопига ёки β^--емирилишдан сўнг полонийнинг $^{212}_{84}Po$ изотопига айланади. Шу емирилиш реакциясиларини ёзинг.

   Жавоби: $^{212}_{83}Bi \rightarrow {}^{208}_{81}Tl + {}^{4}_{2}He$; $^{212}_{83}Bi \rightarrow {}^{212}_{84}Po + {}^{0}_{-1}e + \tilde{\nu}$
8. $^{235}_{92}U$ ураннинг $^{207}_{82}Pb$ қўрғошинга айланиш занжирида қанча a- ва b-емирилишлар бор?

   Жавоби: $n_a = 7$; $n_b = 4$
9. Сунъий усулда олинган радиоактив $^{241}_{93}Np$ нептуний элементи қанча a- ва b-емирилишлардан кейин висмутнинг стабил $^{209}_{83}Bi$ изотопига айланади?

   Жавоби: саккиз α-емирилиш ва олти β-емирилиш.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

58-§. Радиоактив емирилиш қонуни

Таянч тушунчалар:

- ✓ емирилиш доимийси
- ✓ радиоактив емирилиш қонуни
- ✓ ярим емирилиш даври
- ✓ активлик

Бугун дарсда:

- радиоактив емирилиш қонуни асосида ядро қолдиқлари таъсири узоқ давом этиши сабабини тушунасиз;
- радиоактив емирилишнинг формуласини масала ечишда қўллашни ўрганасиз.

Экспериментал тадқиқотлар радиоактив емирилиш тўлиқ статистик қонуниятга бўйсинушини исботлади. Айни бир радиоактив изотопнинг ядролари бирдай бўлади. Атом ядросининг қачон емирилишини олдиндан билиш мумкин эмас. Қайси пайтда ва ядроларнинг қайси бири емирилиши тасодифий воқеа. Мисол учун бир нуклиднинг бирдай икки ядросини олайлик. Ядронинг биттаси 3 млрд йил аввал юлдузнинг портлаши пайтида, иккинчи ядро эса ядро реакторида 3 мин аввал пайдо бўлсин. Ядроларнинг пайдо бўлиш вақтига қарамай, келаси бирор вақт моментида иккисининг ҳам емирилиш эҳтимоллиги бирдай. Статистик ҳодисаларни тавсифлаш учун "воқеанинг эҳтимоллиги" тушунчаси қўлланилади. Вақт бирлиги ичида ядронинг емирилиш эҳтимоллигини *емирилиш доимийси* деб атаб, λ ҳарфи билан белгилайди. Бирдай изотоп ядролари учун емирилиш доимийси бирдай, турли изотоплар ядролари учун емирилиш доимийси ҳар хил бўлади. $t_0 = 0$ пайтда емирилиш доимийси λ бўлган радиоактив изотопнинг N_0 емирилмаган ядроларининг сони маълум бўлсин. Шунда жуда оз dt вақт оралиғида емириладиган ядроларнинг dN сони шу пайтда емирилмаган ядролар сонига пропорционал бўлиши керак деб айта оламиз:

$$dN = -\lambda N dt, \qquad (58.1)$$

бундаги "–" ишораси вақт ўтган сайин ядролар сонининг камайишини билдиради. (58.1) формуладан маълум бир t вақт интервали ўтганда емирилмаган N ядролар сонининг вақтга боғлиқлигини аниқлайлик. Бунинг учун (58.1) тенгламанинг икки томонини dt-га бўламиз:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda \cdot N.$$

Бундан ядро емирилишининг вақтга боғлиқлиги келиб чиқади:

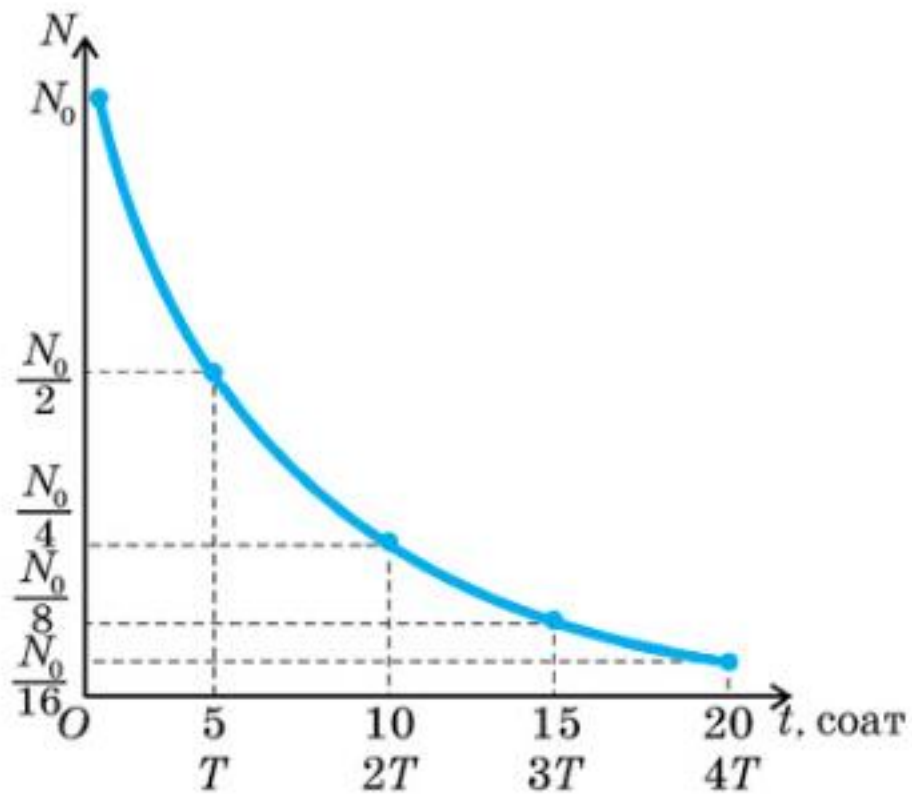
$$N = N_0 e^{-\lambda \cdot t}, \qquad (58.2)$$

бундаги e — натурал логарифмининг асоси ($e = 2{,}718, \ldots$), t — емирилиш вақти, N_0 — бошланғич вақтдаги ($t_0 = 0$) ядролар сони, N — t вақт ичида емирилмай қолган ядроларнинг сони, λ — емирилиш доимийси, ўлчов бирлиги c^{-1}. Юқоридаги муносабат *радиоактив емирилиш қонуни*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

деб аталади. Вақт ўтишига боғлиқ ҳолда емирилмаган радиоактив ядролар сони экспоненциал камаяди. 58.1-расмда $N = f(t)$ боғланишнинг графиги кўрсатилган.



58.1-расм

Радиоактив ядролар сонининг ярми емириладиган вақт оралиғи T *ярим емирилиш даври* деб аталади. Демак, радиоактив ядроларнинг дастлабки сони N_0 бўлса, T вақт ўтгандан кейин уларнинг сони $N = \frac{1}{2}N_0$ бўлади. (58.2) ифодадан $\frac{1}{2}N_0 = N_0e^{-\lambda T}$ оламиз. Бу тенгламани логарифмласак,

$\ln\frac{1}{2} = -\lambda \cdot T$ ёки $-\ln 2 = -\lambda \cdot T$, бундан $T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$ чиқади. λ доимий катталик бўлганидан, ярим емирилиш даври ҳам ўзгармас катталик.

Радиоактив емирилиш қонунини 1902 йили Э. Резерфорд ва Ф. Содди кашф қилишган. Ярим емирилиш даврини фойдаланиб, (58.2) формулани $N = N_0e^{-\frac{\ln 2}{\lambda}\cdot t} = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ кўринишга келтириш мумкин. Сизга бу формула 9-синф физика курсидан таниш. Ҳисоблашлар радиоактив ядронинг ўртача яшаш вақтини

$$t = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{0,693} = 1,44 \cdot T$$

ифода орқали аниқлаш мумкинлигини кўрсатди. Ядронинг ўртача яшаш вақти ярим емирилиш даврига пропорционал.

Радиоактив ядронинг емирилиш хоссасини характерловчи яна бир катталикни мавжуд. *Вақт бирлиги ичида емириладиган ядролар сони билан аниқланадиган катталикни радиоактив модданинг (элементнинг) активлиги* (A) деб *аталади:*

$$A = \left|\frac{dN}{dt}\right| = \lambda N.$$

Активликнинг Халқаро бирликлар системасидаги ўлчов бирлиги — *беккерель.*

1 беккерель (Бк) — 1 с *вақт бирлиги ичида битта емирилиш содир бўладиган радиоактив модданинг активлиги:*

$$[A] = 1\ \text{Бк} = \frac{1\ \text{емирилиш}}{1\ \text{с}}.$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

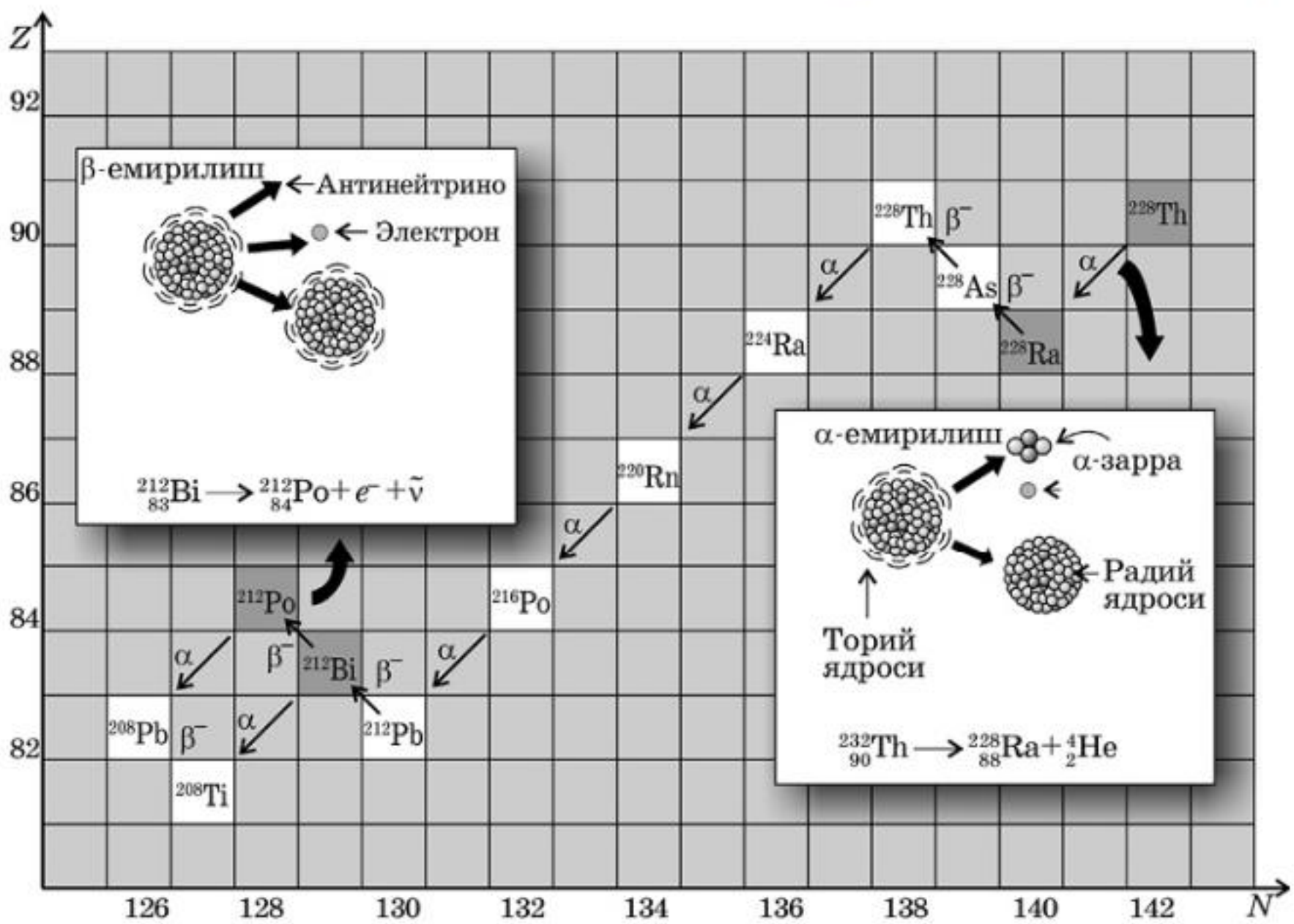
Амалда активликнинг яна бир ўлчов бирлиги қўлланилади, у — *кюри* (Ки):

$$1\ \text{Ки} = 3{,}7 \cdot 10^{10}\ \text{Бк}; \quad 1\ \text{мКи} = 3{,}7 \cdot 10^{7}\ \text{Бк}.$$

Менделеев жадвалидаги кимёвий элементларнинг ярмидан кўпининг табиий радиоактив изотоплари бар. Уларнинг ярим емирилиш даврлари диапазони жуда катта. Масалан, уран $^{238}_{92}U$ изотопининг ярим емирилиш даври $T = 4{,}5$ млрд йилга, торий изотопининг ярим емирилиш даври $T = 14$ млрд йилга тенг. Ер сайёрасининг пайдо бўлганига 4-5 млрд йил ўтди деб ҳисобласак, уран ва торийнинг тўлиқ емирилиб бўлмаганлиги ўз-ўзидан тушунарли.

Табиатда ярим емирилиш даври қисқа, ҳаттоки секунднинг миллиондан бир улушига тенг бўлган элементлар ҳам бор. Масалан, радий $^{226}_{88}Ra$ изотопи учун $T = 1600$ йил, радон учун $T = 3{,}28$ сутка бўлса, полоний $^{218}_{84}Po$ учун $T = 3$ мин. Радиоактив емирилишнинг ажойиблиги шундаки, ярим емирилиш даври қисқа бўлган изотопларни эртага ҳам, индинга ҳам, ҳатто 100 йилдан кейин ҳам табиатда учратиш мумкин.

Радиоактив изотоптар “кексаймайди”, сабаби вақт ўтиши билан емирилиш тезлиги ўзгармайди. Уран ва торий изотоплари ядроларининг емирилишида пайдо бўлган ҳосилавий ядролар беқарор, радиоактив бўлади. Шу тариқа узлуксиз занжирли ядро емирилиш жараёни стабил ядро, яъни радиоактив бўлмаган ядро ҳосил бўлгунча давом этаверади. Бу емирилиш занжирини *радиоактив қатор* деб аталади (58.2-расм).



58.2-расм

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Радиоактив емирилиш қонуни статистик қонуниятларга бўйсунганлиги учун, у ядроларининг сони жуда кўп атомлар учун ўринли.

Ёш аниқлашнинг радиоуглерод усули. Биологик келиб чиқишга эга археологик топилмаларнинг ёшини аниқлашнинг радиоуглерод усули 1000 йилдан 75 000, ҳатто 100 000 йилгача оралиқни ўз ичига олади. Худди шу усулда Миср мумиёларининг, организмлар, суяклар, ёғочлар ва бошқа материалларнинг ёши аниқланади.

Ер атмосферасига келиб тушган космик нурлар, асосан, протонлардан иборат. Ер атмосферасининг атомлари билан тўқнашган протонлар улардан иккиламчи протонларни ва нейтронларни узиб чиқаради, улар ўз навбатида, азот ядроси билан янги ядровий реакцияга киришади:

$$^{1}_{0}n + ^{14}_{7}\mathrm{N} \rightarrow ^{14}_{6}\mathrm{C} + ^{1}_{1}\mathrm{H}$$

$^{14}_{6}\mathrm{C}$ углерод атоми β-радиоактив ва у $T = 5730$ йиллик ярим емирилиш даври билан емирилади.

Атмосферада емирилган ва қайта тузилган $^{14}_{6}\mathrm{C}$ атоми ядроларининг сони тенглашади. $^{14}_{6}\mathrm{C}$ ва $^{12}_{6}\mathrm{C}$ атомининг ядролар сони $1 : 1{,}5 \cdot 10^{-12}$ нисбатида бўлади. Радиоактив $^{14}_{6}\mathrm{C}$ углерод ҳаводаги кислород билан бирикиб, углерод икки оксидига айланади. Барча ўсимликлар карбонат ангидрид газини ютганда $^{12}_{6}\mathrm{C}$ атоми ядроси билан бирга, маълум бир миқдорда радиоактив $^{14}_{6}\mathrm{C}$ углеродни ҳам ютади. Ўсимликлардан фойдаланган одамлар ва жониворлар организмига ҳам шу $^{14}_{6}\mathrm{C}$ радиоактив углерод киради. Бироқ тирик организм ўлганда $^{14}_{6}\mathrm{C}$ атомининг сони радиоактив емирилиш қонунига мувофиқ камаяди. Емирилиш тезлигини аниқлаб, исталган археологик қазилманинг ёши аниқланади. Бу кашфиёти учун америка физиги У. Либби 1960 йили Нобель мукофотига сазовор бўлган.

1. *Атом ядроларининг радиоактив емирилиши қандай қонуниятларга бўйсунади?*
2. *Емирилиш доимийсининг маъносини қандай тушунасиз?*
3. *Радиоактив емирилиш қонунининг моҳияти нимада?*
4. *Ярим емирилиш даври T = const бўлиши қандай қоидани тасдиқлайди?*
5. *Радиоактив изотопнинг активлиги нима? Беккерель қандай катталикнинг ўлчов бирлиги?*
6. *Ҳосилавий ядро стабил. Вақт ўтиши билан шу элементда қандай ўзгаришлар бўлади?*

*7. *Ернинг ёши бир неча миллиард йил, радийнинг ярим емирилиш даври эса 1600 йил эканлиги маълум. Унда нима сабабдан Ерда ҳозирги кунгача радийнинг маълум бир миқдори сақланган?*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Масала ечиш намуналари

1-масала. Радиоактив натрийнинг $^{24}_{11}Na$ ярим емирилиш даври 14,8 соат. Массаси 1 г радиоактив натрийнинг 7,4 соат ичида емирилган атомларининг сонини аниқланг. Натрийнинг моляр массаси $24 \cdot 10^{-3}\ \frac{кг}{моль}$.

Берилган:
$T = 14{,}8$ соат
$m = 1$ г
$t = 7{,}4$ соат
$M = 24 \cdot 10^{-3}\ \frac{кг}{моль}$

Топиш керак:
ΔN — ?

Ечилиши. Емирилган атомларнинг маълум бир t вақт оралиғидаги ΔN сонини аниқлайлик: $\Delta N = N_0 - N$, бундаги N_0 — атомларнинг бошланғич ($t = 0$) сони, N — t вақт моментидаги емирилмаган атомларнинг сони. Радиоактив емирилиш қонунининг (59.2) формуласини $N = N_0 e^{-\lambda t}$ фойдаланамиз, унда

$$\Delta N = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = N_0(1 - e^{-\lambda t}) = N_0(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} \cdot t}) =$$

$$= N_0\left(1 - \left(e^{\ln 2}\right)^{-\frac{t}{T}}\right) = N_0\left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)$$

тенгламани оламиз. Атомларнинг сонини аниқлаш учун қуйидаги формулани қўллаймиз:

$$N_0 = \frac{m}{M} \cdot N_A,$$

бундаги m — модда массаси, N — Авогадро доимийси, M — моляр масса. Сўнгги икки ифодадан

$$\Delta N = \frac{m}{M} \cdot N_A\left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) = \frac{10^{-3}\ кг}{24 \cdot 10^{-3}\ \frac{кг}{моль}} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}\ моль^{-1}\left(1 - 2^{-\frac{7{,}4}{14{,}8}}\right) =$$

$$= 7{,}5 \cdot 10^{21}.$$

Жавоби: $7{,}5 \cdot 10^{21}$.

2-масала. Радиоактив кобальтнинг массаси 4 г. Агар кобальтнинг ярим емирилиш даври 72 сутка бўлса, унда 216 сутка ичида унинг қанча грами емирилади?

Берилган:
$m_0 = 4$ г
$t = 216$ сутка
$T = 72$ сутка

Топиш керак:
Δm — ?

Ечилиши. Модданинг массаси атомлар сонига тўғри пропорционал бўлганидан, масса ҳам вақтга боғлиқ экспоненциал қонун бўйича ўзгаради:

$$m = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}.$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Ундай бўлса, $\frac{\Delta m}{m_0} = \frac{\Delta N}{N_0} = \frac{N_0 - N}{N_0} = N_0 \frac{\left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)}{N_0}$ деб ёза оламиз.

Бундан $\frac{\varnothing m}{m_0} = 1 - 2^{-\frac{t}{T}}$ бўлади. Бундан $\mathrm{D}m = m_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)$,

$\mathrm{D}m = 4\text{ г} \cdot (1 - 2^{-3}) = \frac{4\text{ г} \cdot 7}{8} = 3{,}5\text{ г}.$

Жавоби: 3,5 г.

3-масала. Радиоактив изотопнинг бошланғич ядроларининг $\frac{5}{8}$ қисми 849 с ичида емирилган бўлса, шу изотопнинг ярим емирилиш даврини аниқланг.

Берилган:
$t = 849$ с
$\frac{\varnothing N}{N} = \frac{5}{8}$

Топиш керак:
T — ?

Ечилиши. Радиоактив емирилиш қонунининг формуласини ёзайлик: $N = N_0 e^{-\lambda t}$ ёки $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$.

Масала шартига кўра t вақт оралиғида ядроларнинг $\frac{5}{8}$ қисми емирилган. Демак,

$$\frac{\varnothing N}{N_0} = \frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - \frac{N}{N_0},$$

бундаги N_0 — бошланғич ядролар сони, N — t вақт ўтганда емирилмаган ядролар сони. Шу тенгликлардан фойдаланайлик:

$$\frac{5}{8} = 1 - e^{-\lambda t}, \text{ бундан } e^{-\lambda t} = \frac{3}{8}.$$

Тенгликнинг икки томонини логарифмласак,

$$-\lambda t = \ln\frac{3}{8}, \quad \lambda t = \ln\frac{3}{8}, \quad \lambda = \frac{\ln\frac{3}{8}}{t}.$$

Ярим емирилиш даврининг формуласини қўллаб,

$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2 \cdot t}{\ln\frac{3}{8}} = \frac{\ln 2 \cdot 849\text{с}}{\ln\frac{3}{8}} = 600\text{ с} = 10$ мин оламиз.

Жавоби: 10 мин.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

28-машқ

1. Бир сутка ичида массаси 1 г препаратдаги полонийнинг $^{210}_{84}Po$ нечта атоми емирилади?

Жавоби: $\Delta N = 1{,}44 \cdot 10^{19}$ атом.

2. Бир секунд ичида массаси 1 г висмутдан $N = 4{,}58 \cdot 10^{15}$ β^--зарра учиб чиқиши маълум бўлса, $^{210}_{83}Bi$ висмутнинг ярим емирилиш даврини аниқланг.

Жавоби: $T = 5$ сутка.

3. Бошланғич радиоактив ядроларнинг $\frac{7}{8}$ улуши 150 с ичида емирилган. Элементнинг ярим емирилиш даврини аниқланг.

Жавоби: $T = 50$ с.

4. Йод $^{131}_{53}I$ изотопининг ярим емирилиш даври 8 суткага тенг. Препаратнинг бошланғич массаси 40 г бўлса, 80 суткадан сўнг радиоактив изотопнинг қанча ядроси қолади?

Жавоби: $1{,}8 \cdot 10^{20}$.

5. $^{137}_{55}Cs$ радиоактив цезий изотопининг $t = 20$ суткада қанча атоми емирилишини топинг. Цезийнинг ярим емирилиш даври $T_{1/2} = 30$ сутка.

Жавоби: $\Delta N = 1{,}6 \cdot 10^{18}$.

*6. Қадимий ёғоч буюмлардаги $^{14}_{6}C$ углерод изотопининг активлиги янги кесилган дарахтдаги шу изотоп активлигини 2/3 қисмидай бўлди. Агар $^{14}_{6}C$ атомлари ядроларининг ярим емирилиш даври 5570 йил бўлса, қадимий буюмнинг ёшини минг йилгача аниқликда топинг.

Жавоби: ≈3000 йил.

*7. Уран рудасидаги қўрғошин уран занжиридаги емирилишнинг охирги маҳсулот ҳисобланади, шу сабабли рудадаги уран массасини қўрғошин массасига нисбати орқали руданинг ёшини аниқлашга бўлади. Агар рудадаги $^{238}_{92}U$ ураннинг $m_{ур} = 1$ кг массасига $^{206}_{82}Pb$ қўрғошиннинг $m_{қор} = 320$ г массаси тўғри келса, уран рудасининг t ёшини топинг.

Жавоби: $t = 3 \cdot 10^9$ йил.

*8. Радиоактив элементлари бор фойдали қазилмаларда доим қўрғошин учрайди. Торийнинг радиоактив қатори қўрғошиннинг изотопи билан тугаши маълум ($^{234}_{90}Th \rightarrow ^{208}_{82}Pb$). Торий рудасининг ёши $t \approx 4 \cdot 10^9$ йил десак (тахминан Қуёш системасининг ёши), массаси 1 кг торийдан пайдо бўлган қўрғошиннинг массасини ҳисобланг.

Жавоби: $m_2 = m_1 \frac{M_1}{M_2} \cdot 2^{\frac{t}{T}} \approx 0{,}16$ кг.

*9. Археологик топилмаларнинг ёшини уларнинг таркибидаги ярим емирилиш даври 5730 йилга тенг радиоактив углерод орқали аниқлашга бўлади. Атмосферадаги углероднинг радиоактивлиги ҳар 1 г учун $A = 0{,}255$ Бк-дан тўғри келади. Топилган буюмнинг таркибидаги 100 мг углеродда соатига 35 емирилиш кузатилса, топилманинг ёшини аниқланг.

Жавоби: $t = T \cdot \ln\left(\frac{\tau m_2 \cdot A}{m_1 \cdot N}\right) / \ln 2 = 65000$ йил.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

59-§. Атом ядроси

Таянч тушунчалар:

- ✓ ядронинг заряди
- ✓ ядронинг массаси
- ✓ массанинг атом бирлиги
- ✓ нисбий атом масса

Бугун дарсда:

- атом ядросининг характеристикаси билан танишасиз;
- ядро физикасида ишлатиладиган ўлчов бирликларини биласиз.

Атом ядросининг заряди. Атом ядросининг асосий характеристикаларидан бири унинг электр заряди ҳисобланади. Атом ядросининг зарядини дастлаб 1913 йили Г. Мозли ўлчаган. Ал ядронинг зарядини тўғридан-тўғри ўлчашни инглиз физиги Ж. Чедвик 1920 йили амалга оширди. Атом ядросининг заряди элементар e электр зарядининг Менделеев жадвалидаги кимёвий элементнинг Z тартиб (атом) номерига кўпайтмасига тенг бўлади:

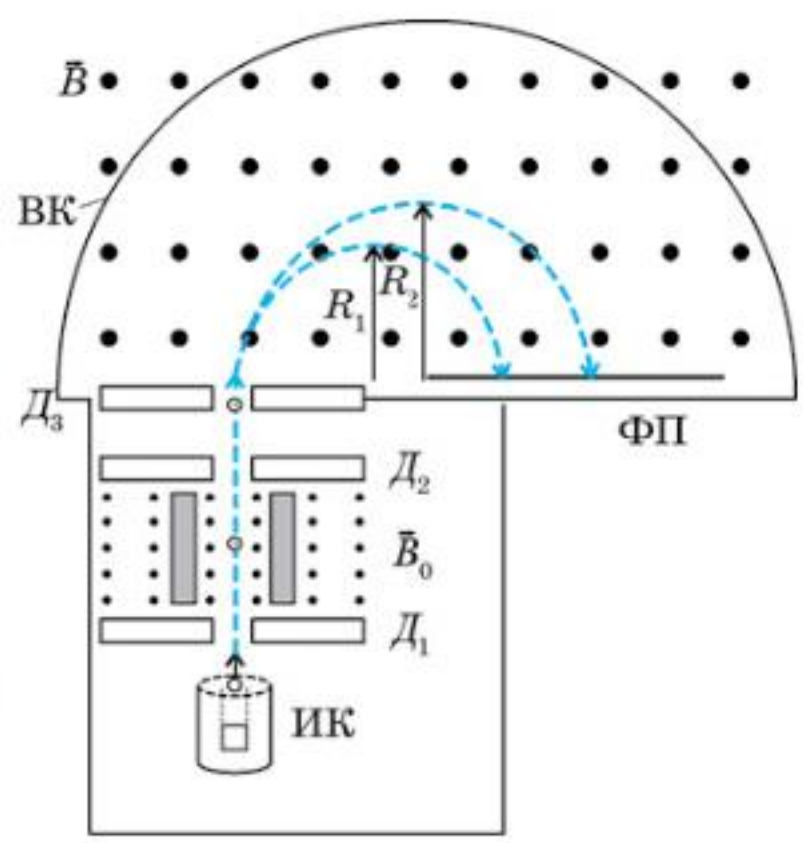
$$q = Z \cdot e. \qquad (59.1)$$

Демак, Менделеев жадвалидаги кимёвий элементнинг тартиб номери исталган элемент атомининг ядросидаги мусбат зарядларнинг сони билан аниқланади. Шу сабабли элементнинг Z тартиб номерини *заряд сони* деб атайди.

Атом ядросининг массаси. Атом ядросининг физик хоссалари унинг заряди билан бирга, массаси билан ҳам аниқланади. Ядрони характерлайдиган катталиклар ичида энг муҳимларидан бири — масса.

Ядро физикаси ионлар ва атом ядроларининг массаларини кўпинча масс-спектрографнинг ёрдамида аниқлайди. 59.1-расмда масс-спектрографнинг схемаси келтирилган.

Текшириладиган модданинг атомлари ионлар манбаида (ИМ) мусбат ионланиб, заиф электр майдонининг таъсирида $Д_1$ диафрагма орқали ҳар хил тезликда ўтади. $Д_1$ ва $Д_2$ диафрагмалари орасида мусбат ионлар электр майдонида тезланувчан ҳаракатланади ва шу пайтда мусбат ионларга индукцияси $\vec{B}_0$ бўлган магнит майдони ҳам таъсир қилади. Шу тариқа тезлатилган мусбат ионлар бир-бирига перпендикуляр йўналган $\vec{E}_0$ электр ва $\vec{B}_0$ магнит майдонлари орқали ўтади. $Д_2$ диафрагма орқали бурилмай



59.1-расм

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

ўтиш учун $F_э = F_м$ ёки $qE_0 = vqB_0$ шарти бажарилиши керак. Бу тенгламадан тезликни аниқлайлик:

$$v = \frac{E_0}{B_0}. \qquad (59.2)$$

Шу тезликка эга бўлган мусбат ионлар бир жинсли $\vec{B}$ магнит майдонида жойлашган ВК вакуумли камерага ўтади. Магнит майдонининг $\vec{B}$ индукция вектори ионлар тезлиги векторига перпендикуляр жойлашган. Магнит майдонида ҳаракатланган мусбат ионларга модули $F = qvB$ бўлган Лоренц кучи таъсир қилади. Ионлар шу кучнинг таъсирида айлана бўйлаб ҳаракатланади. Ярим доира чизиб, массалари бирдай ионлар ФП фотопластинанинг бир жойига, турли массали ионлар эса турли радиусли ярим айланалар бўйлаб ҳаракатланиб турли жойларга тушади. $F_п = F_{цт}$ ёки $M \cdot \frac{v^2}{R} = qvB$ бўлганидан, ионнинг массасини

$$M = \frac{qBR}{v} \qquad (59.3)$$

формула бўйича етарлича аниқ топиш мумкин. Атом ядросининг массасини M ҳарфи билан белгилаш қабулланган.

Ядро физикасидаги ўлчов бирликлари. Ўлчов бирликларининг Халқаро бирликлар системасида қўлланиладиган узунлик, масса ҳамда шу каби сизга таниш ўлчов бирликлари билан бирга, ядро физикасида махсус бирликлар қўлланилади. Бу зарурият ядровий жараёнларнинг субатом оламида ўтишидан юзага келади.

Масалан, ядро физикасидаги энг катта масофа — атом радиусининг ўзи 10^{-10} м-га тенг. Узунлик бирлиги сифатида *феммтометр* олинади: 1 фм = 10^{-15} м. Массанинг бирлиги сифатида углерод $^{12}_{6}C$ атоми массасининг $\frac{1}{12}$ қисми олинади, у *массанинг атом бирлиги* (м.а.б.) ҳисобланади:

$$1 \text{ м.а.б.} = 1{,}660546 \cdot 10^{-27} \text{ кг}, \; 1 \text{ кг} = 6{,}023091 \cdot 10^{26} \text{ м.а.б.}$$

Нисбий атом масса $A_r = \frac{m_A}{1 \text{ м.а.б.}}$ *атомнинг абсолют массасида нечта атом бирлиги борлигини кўрсатади.* Масалан, водород учун $A_r = 1{,}00783$, углерод учун $A_r = 12{,}0$, кислород учун $A_r = 15{,}99482$.

Ядро физикасида энергия электронвольтларда ўлчанади: 1 эВ = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Ж.

Каррали қийматлар ҳам қўлланилади: 1 кэВ = 10^3 эВ; 1 МэВ = 10^6 эВ; 1 ГэВ = 10^9 эВ.

Кўпинча элементар зарраларнинг массаларини массанинг атом бирлигидан ташқари, энергиянинг ўлчов бирликлари МэВ ёки ГэВ билан ҳам ўлчайди. Шу сабабли массанинг атом бирлигига мос бўлган энергия эквивалентини аниқлайлик. Масса ва энергиянинг ўзаро боғланишдалиги Эйнштейннинг $E = mc^2$ формуласидан маълум.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Массаси m = 1 м.а.б. тенг бўлган зарранинг массаси учун $E_0 = 1{,}660546 \cdot 10^{-27}$ кг $\cdot$ (299792458 м/с)$^2 \approx 1{,}4924 \cdot 10^{-10}$ Ж. Бу энергияни мегаэлектронвольтда ифодалайлик:

$$E = \frac{1{,}4924 \cdot 10^{-10}\ \text{Ж}}{1{,}60218 \cdot 10^{-12}\ \text{Ж/МэВ}} \approx 931{,}5\ \text{МэВ}.$$

Демак, 1 м.а.б. = 931,5 МэВ.

Атомдаги электронлар массаси ядронинг массаси билан солиштирганда жуда оз, уни ҳисобга олмаса бўлади. Шу сабабли массанинг атом бирлигида олинган ва атом массасига энг яқин бутун сонни *масса сони* деб аталади. У A ҳарфи билан белгиланади. У юқори аниқликни талаб қилмайдиган ҳисоблашларда, хусусан массаларнинг нисбати қатнашадиган ифодаларда ядро массасининг катталиги сифатида қўлланилади. Масалан, гелий атомининг массаси M_{He} = 4,0026 м.а.б. бўлса, масса сони A = 4 бўлади.

Атом ядросининг шакли ва ўлчами. Кўплаган экспериментал тадқиқотлар атом ядросининг шакли сфера шаклида эканини кўрсатди. Атом ядросининг радиусини қуйидаги формула бўйича тахминан аниқлашга бўлади:

$$R = R_0 A^{\frac{1}{3}}, \qquad (59.4)$$

бундаги $R_0 = 1{,}25 \cdot 10^{-15}$ м, A — масса сони. Ядро радиусининг унинг масса сонининг куб илдизига пропорционал эканлигидан ядро моддасининг ўртача зичлиги учун

$$\rho = \frac{M_я}{V} = \frac{M_я}{\frac{4}{3}\pi R^3} \qquad (59.5)$$

чиқади, бундаги $M_я$ — ядронинг массаси. Ҳисоблашлар ядро моддасининг ўртача зичлиги тахминан $\rho \approx 2{,}7 \cdot 10^{17}\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ эканини кўрсатди. Модданинг бундай улкан зичлиги коинотдаги нейтрон юлдузлар — пульсарлар учун ҳам характерли.

*1. *Даврий системадаги элементнинг тартиб номери унинг ядросининг заряди билан қандай боғланишда?*
2. *Нега ядронинг заряди атомнинг кимёвий хоссаларини ифодалайди?*
3. *Ядро физикасида қўшимча қандай ўлчов бирликлари ишлатилади?*
4. *Масс-спектрограф қандай мақсадда қўлланилади? Унинг тузилиши ва ишлаш принципи қандай?*
5. *Масса сони дегани нима?*
6. *Атом ядросининг радиуси қандай ҳисобланади?*
7. *Ядро моддасининг ўртача зичлиги қандай?*
8. *Атом ва атом ядросининг ўлчами қандай?*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

29-машқ

1. $^{9}_{35}Br$ бром атомининг радиуси унинг ядроси радиусидан қанча марта катта? $R_{атом}$ = 94 пм.

Жавоби: $\approx 17{,}5 \cdot 10^3$.

2. $^{235}_{92}U$ уран атоми ядросининг радиусини аниқланг.

Жавоби: $8{,}03 \cdot 10^{-15}$ м.

3. Массаси 133 м.а.б. бўлган цезийнинг бир зарядли иони кучланиши 2000 В электр майдонида тезлатилгач, масс-спектрографнинг бир жинсли магнит майдонида ҳаракатланади. Магнит майдони индукцияси 0,25 Тл бўлса, ион ҳаракатланадиган айлананинг радиусини аниқланг.

Жавоби: 29,6 см.

60-§. Ядронинг нуклон модели

Таянч тушунчалар:

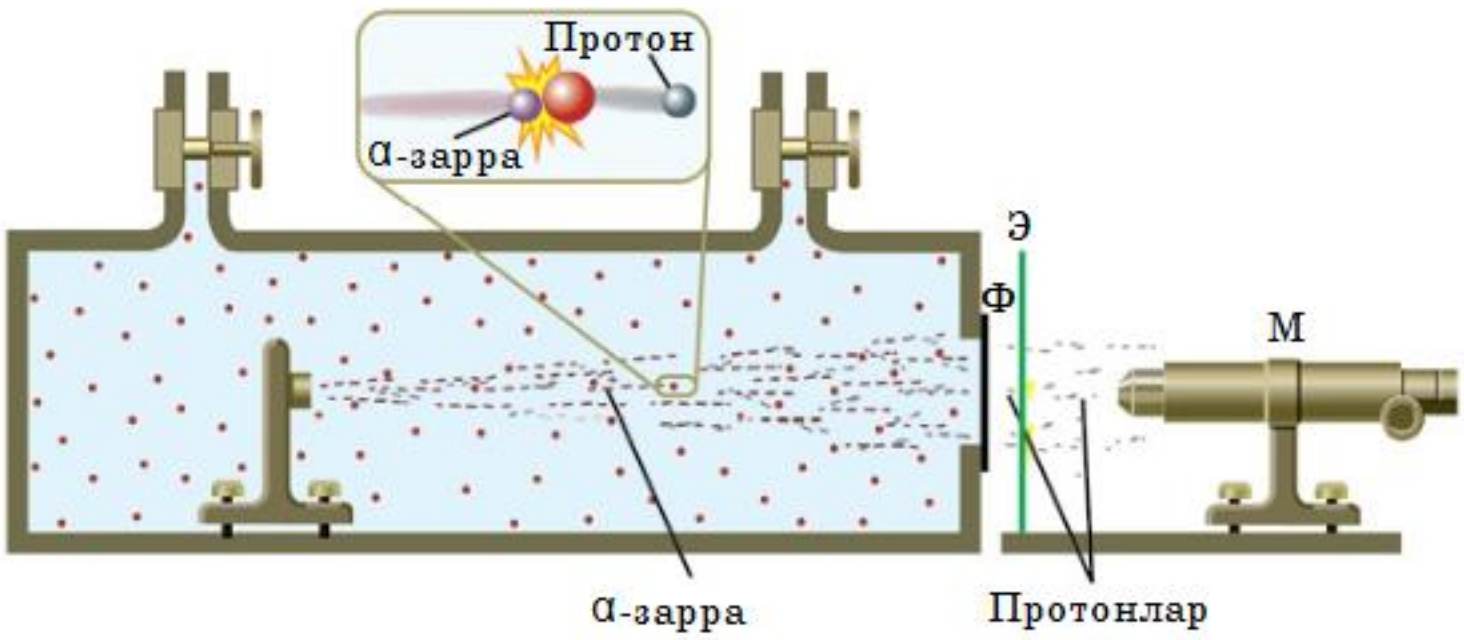
- ✓ протон
- ✓ нейтрон
- ✓ масса сони
- ✓ нуклонлар
- ✓ нуклидлар
- ✓ изотоплар
- ✓ изобаралар

Бугун дарсда:

- ядронинг протон-нейтрон моделини билиб оласиз;
- изотоплар билан танишасиз.

Протоннинг кашф қилиниши. Атом ядроси аниқлангандан кейин унинг тузилиши қандай деган савол юзага келди. 1919 йили Э. Резерфорд α-зарралар билан ўтказган тажрибаларини давом эттириб, ядронинг таркибига кирадиган биринчи заррани аниқлади.

Ёпиқ идиш ичида α-заррани чиқарувчи элемент Ra радий ва рух сульфиди билан қопланган шаффоф Э экран бор (60.1-расм). Ёпиқ идишдан ҳаво сўриб олинган. α-зарралар экран билан тўнашганда



60.1-расм

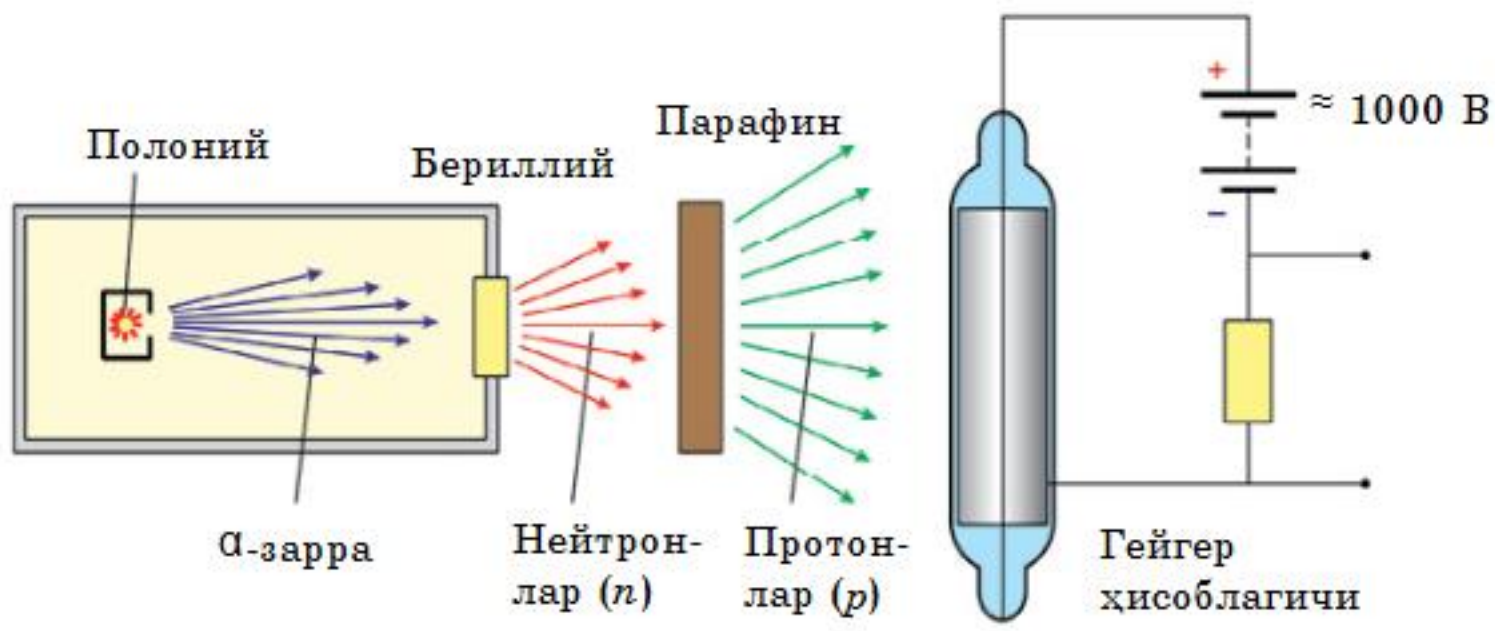
*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

чақнашлар содир бўлади. Бу чақнашлар *М* микроскоп орқали кузатилади. Навбатдаги экспериментда идиш азот гази билан тўлдирилади. Энди α-зарралар ўзининг энергиясини азотнинг атомларини ионлашга ва уларни уйғотишга сарфлаб, экранга етолмайди. Лекин жуда сийрак бўлса ҳам экранда чақнашлар кузатилган. Ионланишда пайдо бўлган электронлар бундай чақнашларни ҳосил қила олмайди. Демак, α-зарра азот атоми билан тўқнашганда унинг ядросидан номаълум бир зарядланган зарра учиб чиққан. Магнит ва электр майдонларининг шу номаълум зарраларга таъсирини ўрганиш натижалари унинг мусбат электр зарядли зарра эканини кўрсатди ва бу зарранинг массаси водород атоми ядросининг массасига тенг бўлиб чиқди. Бу тажриба бошқа моддалар билан (фтор, натрий, бор, алюминий ва ш.к.) такрорланди. Уларни α-зарралар билан бомбардимон қилганда ҳар доим водород атомининг ядроси учиб чиқди. Бу ядро таркибига водород атоми ядросининг киришини исботлайди. Мана шу водород атомининг ядроси *протон* (грек. *protos* — биринчи) деб аталди.

Протон мусбат зарядланган ва унинг заряди электроннинг элементар зарядига ($e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл) тенг. Протоннинг массаси $m_p = 1{,}6726 \cdot 10^{-27}$ кг = 1,00728 м.а.б. Энергетик эквиваленти m_p = 938,27 МэВ. Протоннинг кашф қилиниши аввалига атом ядросининг протон-электрон моделини таклиф қилишга имкон берди. Бироқ тажрибалар ва ҳисоблашлар атом ядросининг протон ва электронлардангина тузилиши мумкин эмаслигини исботлади.

Нейтроннинг кашф қилиниши. Ядронинг таркибига кирадиган яна бир заррани топишга интилганлар — немис олимлари В. Боте ва Г. Беккер. Улар 1930 йили ўтказган тажрибаларида литий ва бериллийни α-зарралар билан бомбардимон қилганда протоннинг ўрнига жуда оз ютиладиган бошқа зарралар учиб чиқишини кузатишди. Бу зарралар қалинлиги 20 см бўлган қўрғошин қатламидан ўтиб кетган. Бу масалани француз олимлари Ирен ва Фредерик Жолио-Кюрилер ўрганишди. Улар бериллийни α-зарралар билан бомбардимон қилганда пайдо бўлган нур йўлига парафин пластинасини қўйганда, 60.2-расмда кўрсатилгандек,



60.2-расм

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

водородга тўйинган парафиндан протонлар учиб чиқади деб тахмин қилади. Инглиз олими Ж. Чедвик шу йили бериллийни α-зарралар билан бомбардимон қилганда ундан чиқадиган табиати номаълум нурнинг хоссаларини тадқиқ қилиш ишларини ўтказади.

Энергия ва импульстинг сақланиш қонунларига асосланиб бажарилган ҳисоблашлар натижасида номаълум зарранинг массасини аниқлашди. Чедвик бу нур электр жиҳатдан нейтрал зарралар оқими эканини исботлади. Номаълум зарранинг массаси тахминан протоннинг массасина тенг бўлиб чиқди. Атом ядросининг таркибида протон каби оғир, бироқ нейтрал зарранинг бор бўлиши мумкин деган илғор фикрни 1920 йили Э. Резерфорд айтган ва уни нейтрон деб аташни таклиф қилган эди. Демак, янги зарра *нейтрон* деб аталди. Нейтроннинг электр заряди нолга тенг, шу сабабли унинг модда орқали ўтувчанлик қобилияти жуда юқори. Ҳозирги аниқ ўлчашларга кўра нейтроннинг массаси $m_n = 1{,}6749 \cdot 10^{-27}$ кг = 1,00866 м.а.б. = = 939,56 МэВ.

Нейтрон ${}^1_0n$ символи орқали белгиланади, электр заряди йўқ, нисбий атом массаси бирга яқин. Нейтроннинг массаси протоннинг массасидан 2,5 электрон массасига ортиқ. Узоқ вақт давомида ҳавода ҳам, ерда ҳам нейтрон эркин ҳолатида учрамади. Фақат 1950 йилигина шу ҳодисанинг сири очилди. Нейтрон барқарор зарра эмас. Ядродан ажралиб чиққан нейтрон 14 минут ичида протонга, электрон ва тинчлик массаси йўқ зарра *антинейтринога* ўз-ўзидан емирилади. Бу ҳақида келгуси мавзуларда кенгроқ тўхталамиз.

Атом ядросининг таркиби. 1932 йили нейтрон кашф қилингач рус олими Д. Д. Иваненко ва немис олими В. Гейзенберг ядронинг *протон-нейтрон* модели ҳақида тахминларини таклиф қилишди. Ҳозирги вақтда атом ядросининг протон-нейтрон таркиби тадқиқотларда исботланган ва илмий қабул қилинган факт ҳисобланади. Нормал шароитда атом электр нейтрал бўлганидан, протоннинг заряди модули бўйича электроннинг зарядига, яъни ядродаги протонларнинг сони атом қобиқчасидаги электронларнинг сонига тенг. Унда, протонлар сони заряд сонига (Z) тенг бўлиши керак. Ядронинг таркибига кирувчи мусбат зарядли протон ва электр нейтрал нейтронларни *нуклонлар* деб аташга келишилган (лот. *nukluus* — ядро). Ядродаги нуклонларнинг умумий сони A *масса сони* деб аталади:

$$A = Z + N. \qquad (60.1)$$

Шу ифодадан ядронинг таркибидаги N нейтронлар сонини аниқлаш мумкин: $N = A - Z$.

Ядронинг таркибини тавсифлаш учун унинг Менделеев жадвалидаги атом номери Z билан масса сони A қўлланилади. Атомдаги электронларнинг массаси ядро массасига қараганда ҳисобга олмаса бўладиган

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

даражада кичик. Шу сабабли атом ядросининг масса сони A бутун сонгача аниқликда яхлитлаб олинган кимёвий элементнинг нисбий атом массасига тенг. Тартиб номери Z, масса сони A бўлган кимёвий элементнинг ядроси $^{A}_{Z}X$ деб белгиланади. Масалан, $^{12}_{6}C$ белгилаш — атом номери $Z = 6$, масса сони $A = 12$ бўлган углерод атоми ядросининг белгиси.

Протон $^{1}_{1}p$, нейтрон $^{1}_{0}n$ кўринишида белгиланади. Протон водород атомининг ядроси бўлганидан, уни баъзан $^{1}_{1}H$ деб ҳам белгилаш мумкин. *Атом ядроси* деган термин ўрнига унинг муқобил атамаси сифатида *нуклидлар* деган атама ҳам кенг қўлланилади.

Изотоплар. Атом ядроларининг массаларини аниқ ўлчашлар кимёвий элементларнинг кўпчилигида заряд сонлари бирдай, бироқ массалари ҳар хил атомлар борлигини кўрсатди. *Ядро зарядлари (тартиб номерлари Z) бирдай, масса сонлари A ҳар хил элементларнинг атомларини* ***изотоплар*** (грек. *usos* — бирдай ва *topos* — жой) *деб аталади.* Масалан, табиатда тартиб номери $Z = 18$- га тенг аргоннинг ядроси таркибида $N = 18; 20; 22$ нейтронлар борлиги учун унинг $^{36}_{18}Ar$, $^{38}_{18}Ar$, $^{40}_{18}Ar$ изотоплари учрайди. Атом қобиғидаги электронларнинг сонлари бирдай бўлганидан изотопларнинг, кимёвий хоссалари ҳам бирдай. Ядроларнинг массалари ҳар хил, шу сабабли изотопларнинг физик хоссаларида фарқлар бор.

Табиатдаги энг оғир элементнинг бири — уран $^{238}_{92}U$, $^{235}_{92}U$, $^{234}_{92}U$ кўринишида учрайди. Энг енгил элемент водородда учта изотоп — $^{1}_{1}H$, $^{2}_{1}H$ ва $^{3}_{1}H$ бор. Водороднинг енгил изотопи $^{1}_{1}H$ — *протий*, $^{2}_{1}H$ изотопини *дейтерий* деб аталишини 9-синфнинг физика курсидан биласиз. Дейтерийнинг табиий водород таркибидаги улуши 0,015%. У кислород билан бирикканда оғир сув ҳосил бўлади. Водороднинг учинчи $^{3}_{1}H$ изотопи *тритий* деб аталади ва у табиатда учрамайди.

Масса сонлари A бирдай, заряд сонлари Z ҳар хил нуклидларни ***изобаралар*** (*бирдай оғир деган сўз*) *деб аталади.*

Ҳозирги вақтда кимёвий элементларнинг ҳаммасининг ҳам изотоплари борлиги маълум.

1. *Протон қандай кашф қилинди?*
2. *Чедвик тажрибаларининг мақсади қандай эди?*
3. *Масса сони деганимиз нима?*
*4. *Табиатда эркин нейтронлар нега кам учрайди?*
5. *Нуклонлар ва нуклидлар деганимиз нима?*
6. *Кимёвий элемент изотопларидаги асосий фарқ нимада?*
7. *Изобаралар деб нимага айтилади?*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

30-машқ

1. Бериллий, кремний ва бром атомларидаги ядроларнинг таркибини аниқланг.
2. Атом ядросида 7 протон ва 7 нейтрон, 51 протон ва 71 нейтрон, 101 протон ва нейтрон бўлган кимёвий элементларни аниқланг.
3. ${}^{3}_{2}He$, ${}^{7}_{4}Be$, ${}^{15}_{5}O$ изотопларидаги протонларни нейтронлар билан, нейтронларни протонлар билан алмаштирсак, унда қандай элементларнинг ядролари ҳосил бўлади?

   Жавоби: H^{3}_{1}, ${}^{7}_{3}Li$, ${}^{15}_{10}Ne$

4. Қуйидаги нейтрал атомларда қанча электрон, протон, нейтрон ва нуклон бор: а) ${}^{24}_{12}Mg$, ${}^{26}_{12}Mg$; б) ${}^{40}_{18}Ar$, ${}^{40}_{20}Ca$; в) ${}^{13}_{6}C$, ${}^{14}_{7}N$? Ҳар бир гуруҳни нима бирлаштиради?

   Жавоби: а) изотоплар; б) изобаралар.

61-§. Ядродаги нуклонларнинг боғланиш энергияси

Таянч тушунчалар:

- ✓ ядро кучлари
- ✓ боғланиш энергияси
- ✓ масса дефекти
- ✓ сеҳрли сонлар

Бугун дарсда:

- атом ядросининг боғланиш энергиясини ҳисоблаш ва солиштирма боғланиш энергиясининг ядронинг масса сонига график боғлиқлигини биласиз.

Ядро кучлари. Оламдаги фундаментал таъсирлашиш кучларининг икки тури — гравитацион ва электромагнит кучлар билан танишсиз. Сиз 9-синфда атом ядросини ташкил қилган нуклонлар орасидаги ўзаро таъсирлашиш кучи ҳақида бошланғич маълумот олгансиз. Уран ${}^{238}_{92}U$ атом ядросидаги мусбат зарядланган протонларнинг орасида $F = k\frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$ қувватли электростатик итаришиш кучи мавжудлиги маълум. Оғир элементларнинг ядроларида, масалан, уранда 92 протон бор, уларнинг ўзаро итаришиш кучи бир неча минглаган ньютонга етади. Шунда бир-биридан итариладиган протонларни, электр заряди нолга тенг нейтронларни ядрода ушлаб турган қандай куч?

Бу массаларга боғлиқ протонлар ва нейтронларни ушлаб турган гравитацион куч $F_g = G_1\frac{m_p \cdot m_n}{r^2}$ бўлса керак деган хулосага келиш мумкин. Бироқ ҳисоблашлар ядродаги икки протон орасидаги гравитацион тортишиш кучи улар орасидаги электростатик кулон итаришиш кучидан анча кичик эканлигини кўрсатди:

$$\frac{F_\gamma}{F_{эл}} = \frac{1}{10^{36}}.$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Атом ядроларининг барқарорлиги ядроларнинг ичида шу кунгача маълум кучлардан табиати мутлоқ бошқача, жуда улкан тортишиш кучининг мавжудлигини исботлайди.

Ядродаги нуклонларни емирилиб кетишдан сақлаб, унинг мустаҳкамлигини таъминлайдиган кучлар ***ядро кучлари*** *деб аталади.* Ҳозирги кунда тажрибалар асосида ядро кучларининг хоссалари яхши ўрганилган. Уларнинг ичидаги энг муҳим хоссаларни қараб чиқайлик.

1. Масалан, протоннинг марказидан $r = 10^{-15}$ м масофада ядро кучлари кулон кучидан 35 марта, гравитацион кучдан 1038 марта кучли бўлади. Шу сабабли, ядро кучлари ***кучли ўзаро таъсир*** деб аталади ва табиатдаги фундаментал ўзаро таъсир кучларидан бири ҳисобланади.

2. Ядро кучлари — қисқа масофадагина таъсир этувчи кучлардир. Масофа ортгани сайин ядро кучлари жуда тез камаяди. Таъсир этиш соҳаси радиуси $r > 3 \cdot 10^{-15}$ м дан катта бўлганда ядро кучининг таъсирини эътиборга олмаса ҳам бўлади. Нуклонлар орасидаги тортишиш кучининг энг катта қиймати $r = 1{,}41 \cdot 10^{-15}$ м масофада кузатилади. Масофа $r < 0{,}5 \cdot 10^{-15}$ м бўлганда нуклонлар орасида жуда катта итаришиш кучи пайдо бўлади. Демак, ядро кучлари тортишиш кучлари ҳисобланади.

3. Тажрибалардан кўринишича, протон-нейтрон, нейтрон-нейтрон ва протон-протон жуфтларининг орасидаги ядровий тортишиш кучлари барча ҳолларда ҳам бирдай бўлади. Демак, ядро кучлари нуклонларнинг электр зарядлари бор ёки йўқлигига боғлиқ эмас.

4. Ядро кучлари тўйиниш хоссасига эга, бу нуклоннинг ядродаги барча нуклонлар билан эмас, фақат ўзига яқин қўшнилари билангина таъсирлашишини кўрсатади.

5. Ядро кучлари кулон кучи каби марказий кучларга кирмайди. Ядро кучлари ёки кучли ўзаро таъсир — атом ядросидаги энг катта интенсивликда ўтадиган ҳодисаларни бошқарадиган кучлар. Улар элементар зарралар орасида кучли боғланишни ҳосил қилади. Фақат кучли ўзаро таъсиргина атом ядросидаги протонлар ва нейтронларни бир-бири билан маҳкам боғлаб туради ва барча моддалар ядроларининг барқарорлигини таъминлайди. Ядро кучларининг шу ва бошқа хоссаларини тушунтириш учун унинг ўз назарияси керак. Ядровий ўзаро таъсирларнинг мураккаблигидан шу вақтгача ядро кучларининг мукаммал назарияси яратилмаган.

Нуклонларнинг ядродаги боғланиш энергияси. Ядронинг заряди унинг таркибига кирувчи протонлар зарядларининг йиғиндисига тенглиги ўлчашлар орқали аниқланган. “Нуклонлар массаларининг йиғиндиси атом ядросининг массасина тенгми?” деган савол туғилади. Масс-спектрограф ёрдамида ўтказилган жуда аниқ ўлчашлар ихтиёрий кимёвий элементнинг тинчликдаги атоми ядроси массаси уни ташкил

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

қилган алоҳида протон ва нейтронлар массаларининг йиғиндисидан доимо кичик эканини кўрсатди:

$$M_я < Z \cdot m_p + N \cdot m_n. \qquad (61.1)$$

Унда массаларнинг фарқи қайга йўқолади? Бунинг жавобини масса ва энергиянинг ўзаро боғланишини ифодаловчи Эйнштейннинг $E = mc^2$ формуласи асосида беришга бўлади. Атом ядросидан бир нуклонни ажратиб олиш учун уни ушлаб турган ядро кучларига қарши иш бажарилиши, яъни ядрога маълум бир миқдорда энергия берилиши керак. *Атом ядросини алоҳида нуклонларга батамом парчалаб юбориш учун зарур минимал энергия* ***ядронинг боғланиш энергияси*** *деб аталади.*

Энергиянинг сақланиш қонуни бўйича худди шундай энергия алоҳида протонлар ва нейтронлар ядрога бирикишида ажралиб чиқади. *Ядро тортиш кучларининг иши ҳисобига нуклонлардан атом ядроси тузилганда ҳосил бўладиган массалар фарқи* ***масса дефекти*** *деб аталади.* Масса дефектини ҳисоблаш формуласини ёзамиз:

$$\Delta M = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_я.$$

Энди ядронинг боғланиш энергиясини ҳисобласак бўлади:

$$E_б = \Delta M \cdot c^2 = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_я) \cdot c^2. \qquad (61.2)$$

Ядро физикасида массанинг атом бирлиги (1 м.а.б.), энергия учун эса мегаэлектронвольт (МэВ) қўлланишини инобатга олиб, (61.2) формулани шу бирликлар учун мослаб ёзамиз:

$$E_б = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_я) \cdot 931{,}5 \text{ МэВ}.$$

Демак, алоҳида нуклонлардан ядро тузилганда ядронинг $E_б$ боғланиш энергиясига тенг энергия ажралиб чиқади. Энергиянинг ажралиб чиқиши ядро массасининг масса дефекти миқдоригача камайишига олиб келади:

$$\mathrm{D}M = \frac{E_б}{c^2}.$$

Ядронинг боғланиш энергияси ядронинг барқарорлигини характерловчи жуда муҳим катталик ҳисобланади. Шунингдек, ядро физикасида *солиштирма боғланиш энергияси* деган тушунча ҳам қўлланилади.

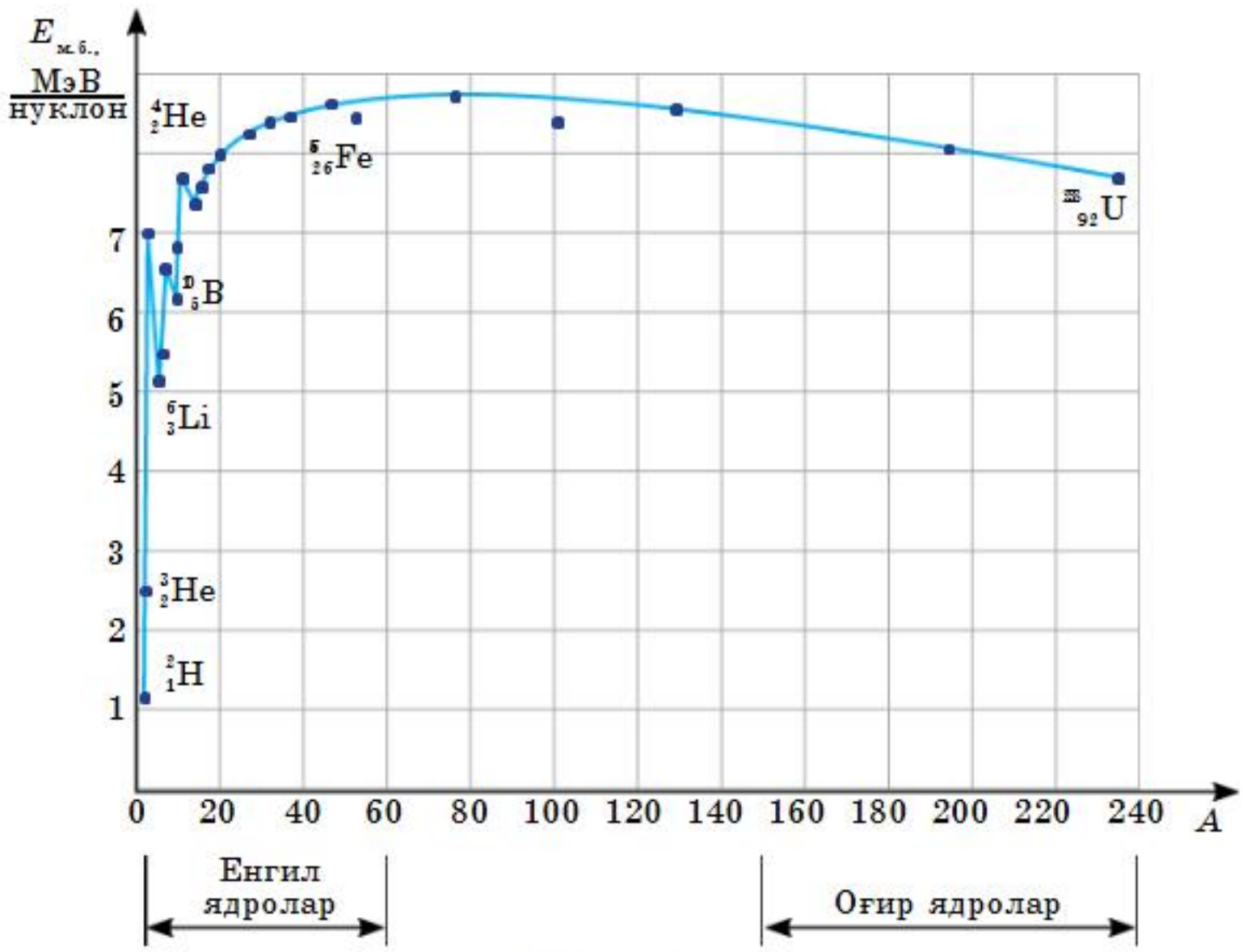
Солиштирма боғланиш энергияси *деб ядронинг боғланиш энергиясини A масса сонига нисбатига, яъни бир нуклонга тўғри келадиган боғланиш энергиясига айтилади:*

$$E_{с.б.} = \frac{E_б}{A}. \qquad (61.3)$$

Нуклонларнинг солиштирма боғланиш энергияси турли атом ядроларида турлича. Ядродаги *нуклонлар солиштирма боғланиш энергиясининг A масса сонига боғлиқлиги* 61.1-расмда кўрсатилган. Масса A сонининг ортиши билан солиштирма боғланиш энергияси ^2_1H дейте-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



61.1-расм

рий ядроси учун 1,1 $\frac{МэВ}{нуклон}$ қийматидан темирнинг $^{56}_{26}Fe$ изотопи учун 8,8 $\frac{МэВ}{нуклон}$ қийматигача ортади.

Солиштирма боғланиш энергияси максимал бўлган элементларнинг ядролари энг барқарор ядролар бўлади. Энди масса сони A ортиши билан, солиштирма боғланиш энергияси камаяверади, масалан, ураннинг $^{238}_{92}U$ изотопи учун у

$$E_{м.б.} = 7{,}6\ \frac{МэВ}{нуклон}.$$

Протонлар сонининг ортиши натижасида оғир элементлар ядроларидаги нуклонларнинг солиштирма боғланиш энергияси камаяди. Бунинг таъсирида уларнинг орасида кулон итаришиш кучларининг миқдори ортади.

Ядродаги нуклонларнинг солиштирма боғланиш энергияси атомдаги электронларнинг боғланиш энергиясидан юз минглаган марта ортиқ.

Енгил элементлар солиштирма боғланиш энергиясининг камайиши ядро сиртидаги ҳодисаларга боғлиқ. Ядронинг сиртига яқин жойлашган нуклонларнинг ядронинг ичидаги нуклонларга қараганда ўзаро таъсирлашадиган қўшниларининг сони камроқ. Сабаби ядро кучлари қисқа масофалардагина таъсир қилади. Шунинг учун ядронинг ичидаги нуклонларга қараганда ядронинг сиртидаги нуклонларнинг боғланиш энергияси кам. Радиуси кичик ядроларда нуклонларнинг кўпчилиги ядро сиртига яқин жойлашади. Шу сабабли енгил ядроларнинг солиштирма боғланиш энергияси кам.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Протонлар сонининг ортиши кулон итаришиш кучининг ортишига олиб келади, натижада оғир элементлар ($Z > 82$) ядроларининг солиштирма боғланиш энергияси камаяди. Демак, оғир элементлар ядролари беқарор бўлади. Кулон кучлари ядрони парчалашга ҳаракат қилади. *Табиатда кўп учрайдиган ва ядродаги протонларининг ёки нейтронларининг сони* ***сеҳрли сонлар*** *деб аталувчи* 2, 8, 20, 24, 50, 82, 126 *сонларга тенг ядролар барқарор бўлади.* Агар протонларнинг ҳам, нейтронларнинг ҳам сони сеҳрли сонларга тенг бўлса, унда *иккиланган сеҳрли сонли ядро* ўта барқарор бўлади. Табиатда шундай бешта ядро бор: $^{4}_{2}He$, $^{16}_{8}O$, $^{40}_{20}Ca$, $^{48}_{24}Ca$, ...

Сеҳрли ядроларнинг барқарорлиги ядронинг қобиқ модели асосида тушунтирилади.

1. *Атом ядросида нуклонларни қандай куч ушлаб туради?*
2. *Ядро кучларининг асосий хусусиятлари қандай?*
3. *Масса дефекти нима?*
4. *Ядронинг боғланиш энергиясинимани характерлайди?*
5. *Солиштирма боғланиш энергиясинингмаъносини тушунтиринг.*

*6. *Нега рух ядроси уран ядросигақараганда барқарор бўлади?*

31-машқ

1. Масса дефекти ҳисобланадиган $\Delta M = Zm_p + (A - Z)\ m_n - M_я$ ва $\Delta M = ZM_H + (A - Z) \cdot m_n - M_a$ (бунда $M_я$ — ядронинг массаси, M_a — атомнинг массаси) формулаларининг тенг кучли эканлигини исботланг.
2. Бор $^{11}_{5}B$ ядросининг масса дефектини килограм ва массанинг атом бирликларида ҳисобланг.

   Жавоби: 0,08181 м.а.б.; $1{,}358 \cdot 10^{-28}$ кг.

3. $^{4}_{2}He$ гелий ядросининг боғланиш энергиясини топинг.

   Жавоби: 28,3 МэВ.

4. $^{7}_{3}Li$ литий ядросининг боғланиш энергиясини топинг.

   Жавоби: 39,3 МэВ.

5. $^{40}_{20}Ca$ кальций ядросини протон ва нейтронларга парчалаш учун қандай минимал иш бажариш керак?

   Жавоби: 342 МэВ.

6. $^{6}_{3}Li$ литий ядросидаги нуклонларининг солиштирма боғланиш энергиясини аниқланг.

   Жавоби: 5,33 МэВ/нуклон.

7. Темир $^{56}_{26}Fe$ ядросидаги нуклонларининг солиштирма боғланиш энергиясини ҳисобланг.

   Жавоби: 10,3 МэВ/нуклон.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

8. Уран $^{238}_{92}U$ нуклиди нуклонларининг солиштирма боғланиш энергиясини ҳисобланг.

Жавоби: 7,68 МэВ/нуклон.

9. $^{2}_{1}H$ дейтерийнинг боғланиш энергияси 2,23 МэВ. Ядронинг массаси ва нейтрал атомнинг массасини аниқланг.

Жавоби: 2,01356 м.а.б.; 2,01411 м.а.б.

***10.** Бериллийнинг бир изотопи ядросининг боғланиш энергияси $^{9}_{4}Be$ унинг изотопи ядросининг боғланиш энергиясидан $\Delta E_б$ = 38,6 МэВ-га ортиқ, улар атомлари массаларининг фарқи ΔM = 5,00188 м.а.б. Бериллийнинг номаълум изотопини топинг.

Жавоби: $^{14}_{4}Be$

***11.** Агар углероднинг $^{15}_{6}C$ ва $^{12}_{6}C$ изотоплари атомдлари массаларининг фарқи 3,0106 м.а.б. бўлса, $^{15}_{6}C$ изотоп ядросининг боғланиш энергияси $^{12}_{6}C$ изотоп ядросининг боғланиш энергиясидан қанча катта бўлади?

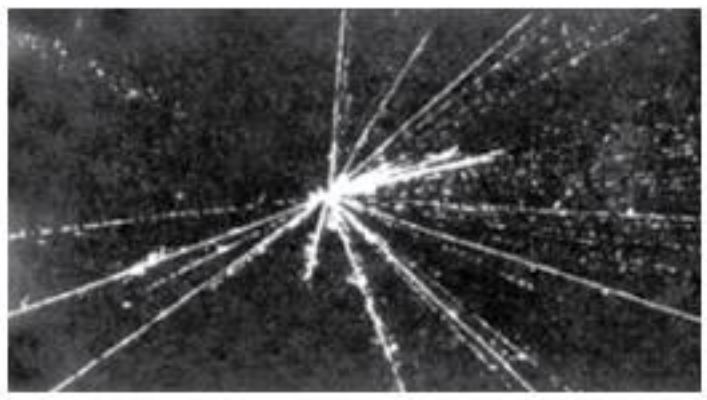
Жавоби: 14,6 МэВ.

62-§. Ионловчи нурланишларни қайд қилиш усуллари

Ионловчи зарралар ва γ-квантларни қайд қилишнинг асосий усули уларнинг модда билан ўзаро таъсирлашиб, атомларни уйғотиши ва ионлашига асосланган.

Фотоэмульсия усули. Уран тузларидан ўз-ўзидан учиб чиқадиган α-зарраларнинг фотопластинанинг фотоэмульсиясини ионлашини текшириш натижасида 1886 йили Беккерель табиий радиоактивликни кашф қилди. Албатта, оддий фотоаппаратда ишлатиладиган фотоплёнка бу мақсад учун яроқсиз. Унинг фотоэмульсия қатлами 10—20 мкм га тенг.

Тез ҳаракатланувчи зарядланган зарраларни қайд қилиш учун қалинлиги 0,5—1 мм фотоэмульсия қатлами бор фотопластинкалардан фойдаланилади. Фотоэмульсия қатламида кумуш бромиднинг жуда кўп миқдорда майда кристаллари бор. Энергияси юқори зарядланган зарра фотоэмульсия қатламидан бром атомини ионлаштириб ўтганда ўзининг ҳаракат траекторияси бўйлаб тасвирнинг яширин марказларини ҳосил қилади. Очилтирилганда кристаллардаги металл кумуш қайта ўз ҳолига келади, бирламчи зарра билан ядровий таъсирлашиш натижасида пайдо бўлган зарядланган зарралар траектория бўйлаб кумуш доначалари занжири — *зарралар трекини*



62.1-расм

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

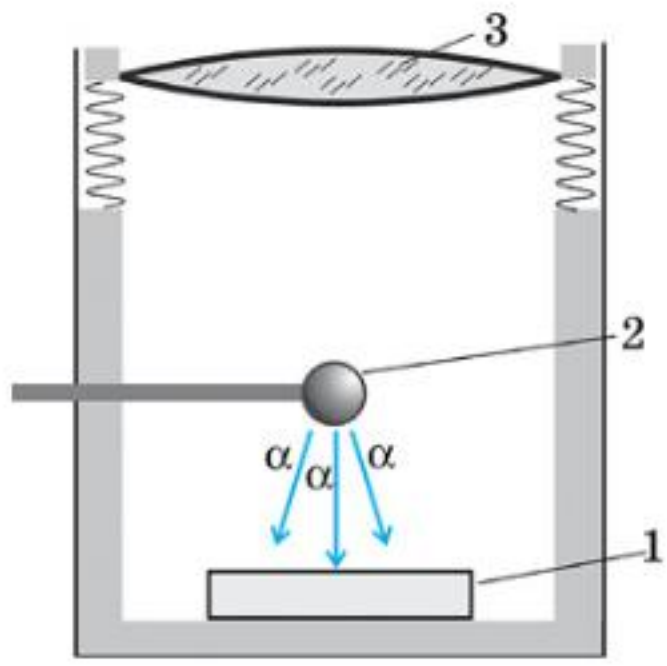
Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

(инг. *track* — из, йўл) ҳосил қилади (62.1-расм). Фотосуратдаги трекнинг қалинлиги ва узунлигига қараб, зарранинг энергиясини, массаси ва зарядини аниқлаш мумкин. Зарралар таъсирини узлуксиз қайд қилиб, маълумотларни тўплаб туриши фотоэмульсия усулининг афзаллиги ҳисобланади.

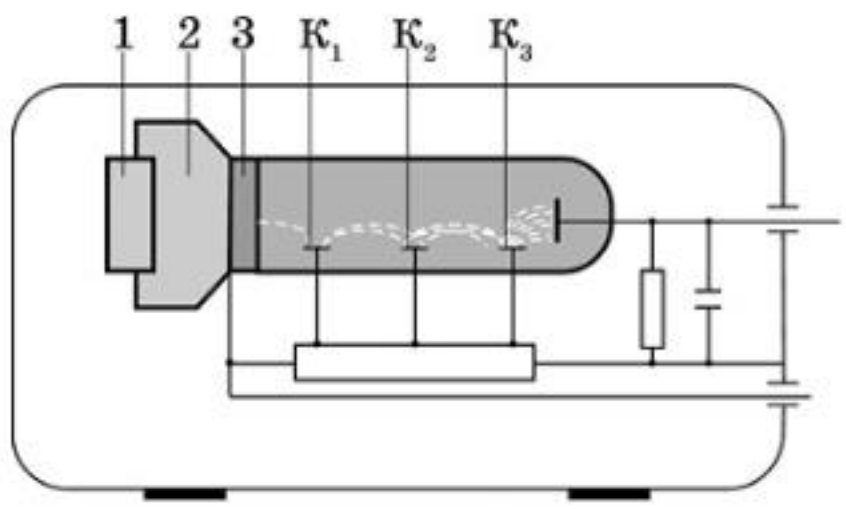
Сцинтилляцион санагич. Энергияси юқори, тез ҳаракатланувчи зарядланган зарралар люминесцент кристалга (NaИ, ZnS ва ҳ.к.) урилганда модданинг ялт этиб чақнаб, ёруғлик чиқаришини, яъни *сцинтилляция* деб аталувчи ҳодисани юзага келтиради. Мана шу чақнашларни санаш орқали шу модда билан таъсирлашувчи зарядланган зарраларнинг сони ҳисобланади. Яккаланган α-зарраларни қайд қиладиган содда қурилмани *спинтарископ* дейилади. Унинг тузилиши 62.2-расмда кўрсатилган. Альфа-радиоактив препарат стерженнинг учида жойлашган. Унга яқин жойда рух сульфиди билан қопланган экран 1 бор. Препаратдан учиб чиқадиган α-зарралар рух сульфидининг кристалига урилганда ёруғлик чақнаши ҳосил бўлади, уни қисқа фокусли окуляр 3 орқали кузатиш мумкин. Ҳозирги вақтда сцинтилляцияни санаш учун ўта сезгир фотоэлементлар — фотоэлектрик кўпайтиргичлар қўлланилади. Бундай сцинтилляцион санагичнинг схемаси 62.3-расмда тасвирланган.

β-зарралар ва γ-квантлар таъсиридаги сцинтилляцияни α-зарралар каби кўз билан кузатиш мумкин эмас, шу сабабли фотоэлектрон кўпайтиргичдан фойдаланилади.

Люминесцент экран 1 ёруғлик йўналтиргич 2 орқали фотоэлектрон кўпайтиргичнинг катодига 3 уланган. Зарядланган зарра ёки γ-квант сцинтилляцион кристалга тушганда ёруғлик чақнаши рўй беради. Ёруғлик йўналтиргич орқали фотокатодга тушган фотонлар унинг сиртидан фотоэлектрон эмиссия натижасида электронларни уриб чиқаради. Энди фотоэлектрон кучланиш манбаига уланган $К_1$ катодга келиб урилади ва катоддан иккиламчи электронларни узиб чиқаради. Электр майдони таъсирида тезланиш билан ҳаракатланган



62.2-расм



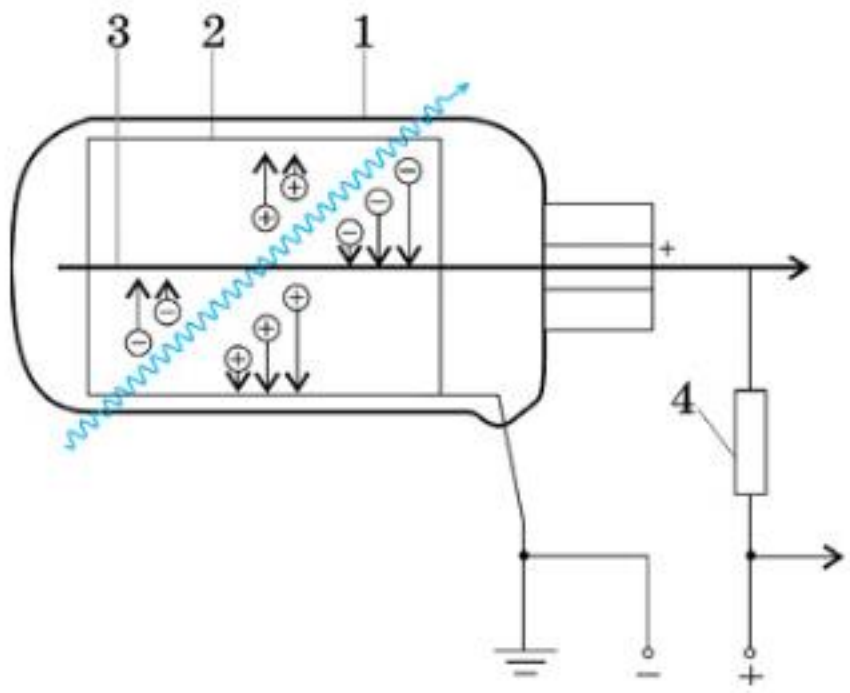
62.3-расм

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

электронлар K_2 катодга урилиб, яна электронларни узиб чиқаради. Иккиламчи электронлар сони кескин кўчкисимон ортиб, электр токининг импульси ҳосил бўлади. У кучайтирилиб, қайд қилинади. Электр импульсининг амплитудасини текшириб, тушган нурларнинг энергетик спектри аниқланади.

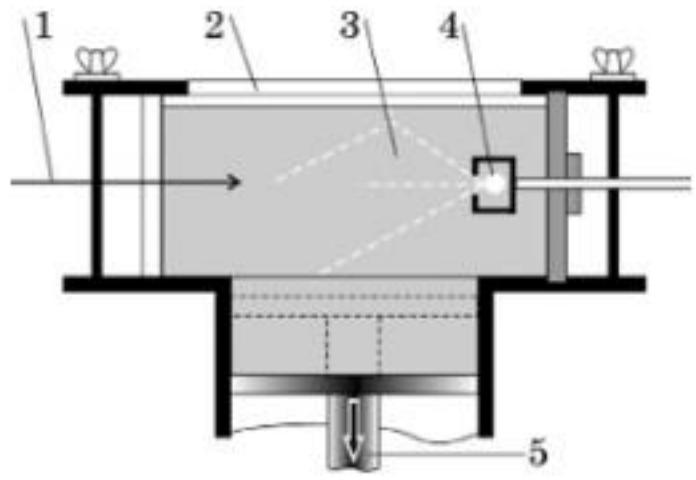
Гейгернинг газ разряд санагичи. Немис олимлари Х. Гейгер ва Э. Мюллер кашф қилган газ разряд санагичи α-зарралар билан β-зарраларни ва энергияси юқори γ-квантларни қайд қилиш учун қўлланилади. Гейгер—Мюллер санагичи (62.4-расм) ички сирти металл билан қопланган 2 (катод) ёпиқ шиша най 1 ва най ўқи бўйлаб тортилган ингичка симдан 3 (анод) иборат. Найнинг ишчи ҳажми 100—200 мм.сим.уст. гача сийраклатилган газ аралашмаси, одатда метил спирти ва аргоннинг аралашмаси билан тўлдирилади. Катод ва аноднинг орасига ўзгармас юқори кучланиш берилади. Санагичнинг ишлаш принципи зарраларнинг газ атомлари билан тўқнашганда уларни ионлашига асосланган. Учиб келаётган зарядланган зарра газ атомидан электронларни юлиб олади ва натижада мусбат ионлар ва эркин электронларни юзага келтиради. Электр майдони таъсирида эркин электронлар анодга, мусбат ионлар катодга томон тезланувчан ҳаракатланади. Анод атрофида электр майдонининг кучланганлиги юқори бўлганидан, электронлар нейтрал атомлар билан урилганда уларни ионлашга етарли энергиягача тезлатилади. Ионлар ва электронлар кўчкиси юзага келади ва санагичда ток импульси кескин ортади. Резисторга 4 тушган кучланиш импульси кучайтиргич орқали қайд қилувчи асбобга берилади. У чирсиллаган товуш чиқаради ёки электрон ҳисоблагич асбоблар орқали қайд қилинган зарраларнинг сонини кўрсатади. Заррани қайд қилиш пайтида кўчки разряд ўчади, сабаби резисторнинг қаршилиги $10^8 - 10^9$ Ом бўлганидан, унда кучланиш тушиши катта бўлади. Шу сабабли катод ва анод орасидаги кучланиш камаяди ва газларнинг ионланиш жараёни тўхтайди. Ток импульси йўқолгач, қайтадан катод ва анод орасидаги кучланиш ортади. Санагич навбатдаги заррани қайд қилишга автоматик тарзда қайта тайёр бўлади. Ионлаш қобилияти паст бўлганлигидан, Гейгер санагичи γ-квантларни бевосита қайд қилмайди. Бунинг учун шиша найнинг ички деворини γ-квантлар электронларни уриб чиқара оладиган металл билан қоплайди. Гейгер—Мюллер санагичининг камчилиги у зарранинг энергиясини аниқлай олмайди. Бошқа принциплар асосида ишлайдиган санагичлар ҳам ишлаб чиқарилган.



62.4-расм

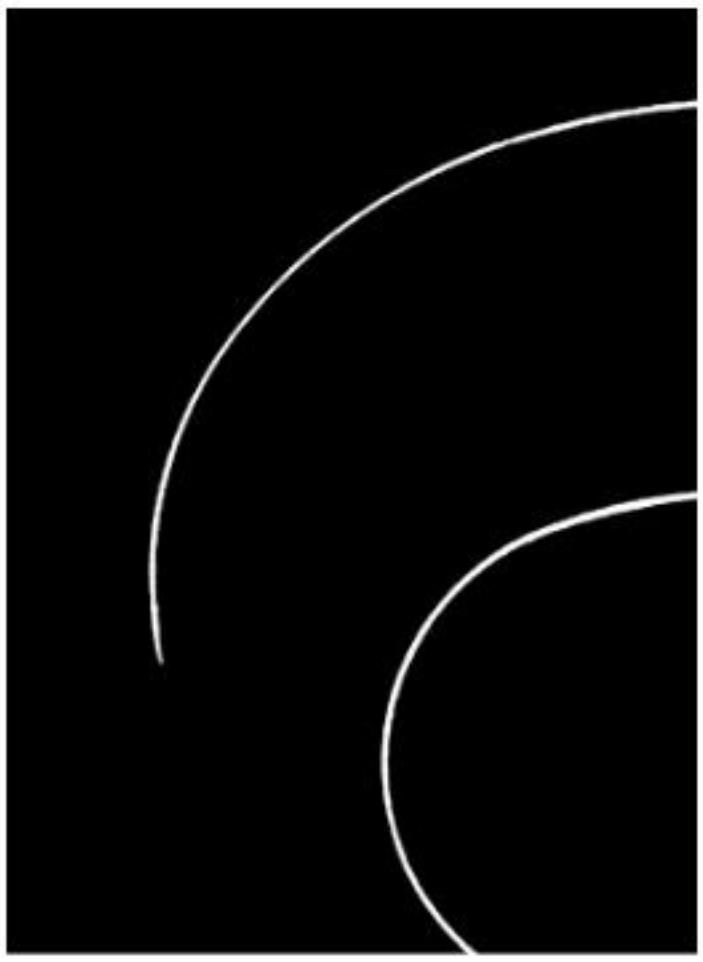
*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



62.5-расм

Вильсон камераси. Инглиз олими Ч. Вильсон 1912 йили ясаган қурилма — зарядланган зарраларни кузатишга ва уларнинг изларини, яъни трекларини фотосуратга тушириб олишга имкон берувчи ядро физикасидаги энг ажойиб асбоб. Вильсон камераси — поршенли (5), цилиндр шаклидаги (62.5-расм) герметик ёпиқ идиш. Идишнинг тепа қисми шишадан (2) ясалган. Идиш ичида аралашмасиз тоза ҳаво ва тўйинишга яқин спиртнинг ёки сувнинг буғи бор. Вильсон камерасининг ишлаш принципи ўта тўйинган буғнинг зарядланган зарраларда сув томчиларини ҳосил қилиб конденсацияланишига асосланган. Поршень кескин пастга тушганда камерадаги ҳаво ва буғ адиабатик равишда тез кенгайиб, буғ совийди ва ўта тўйиган ҳолатга ўтади. Бу ҳолатда буғнинг конденсацияланиши жуда осон, сабаби бу — буғнинг беқарор ҳолати. Радиоактив препаратдан (4) учиб чиқадиган зарядланган зарралар траекторияси бўйлаб ионлашган газлар занжири пайдо бўлади. Ионлар конденсация маркази бўлади. Ўта тўйинган буғ шу ионларда конденсацияланиб, сув томчиларини ҳосил қилади. Бу сув томчиларининг занжири учиб кетаётган зарра траекторияси бўйлаб кўринадиган изни — *трекни* ҳосил қилади. Камера ёритилганда трекни кўриш ва фотосуратга олиш мумкин. Шундан кейин камера бошланғич ҳолатига қайта келтирилади, электр майдони орқали эса ионлар нейтралланади. Навбатдаги адиабатик кенгайишдан олдин бу электр майдони йўқотилади. Вильсон камерасини бир жинсли магнит майдонига жойлаштириб, қайд қилинадиган зарраларнинг физик хоссаларини янада аниқроқ билиш мумкин. Бу усулни рус олимлари П. Капица ва Д. Скобельцин таклиф қилган. Магнит майдонда ҳаракатланадиган зарядланган зарраларнинг траекторияси Лоренц кучининг таъсирида эгриланади (62.6-расм). Зарранинг заряди қанча катта ва массаси қанча кичик бўлса, трекнинг эгрилиги шунча катта бўлади.



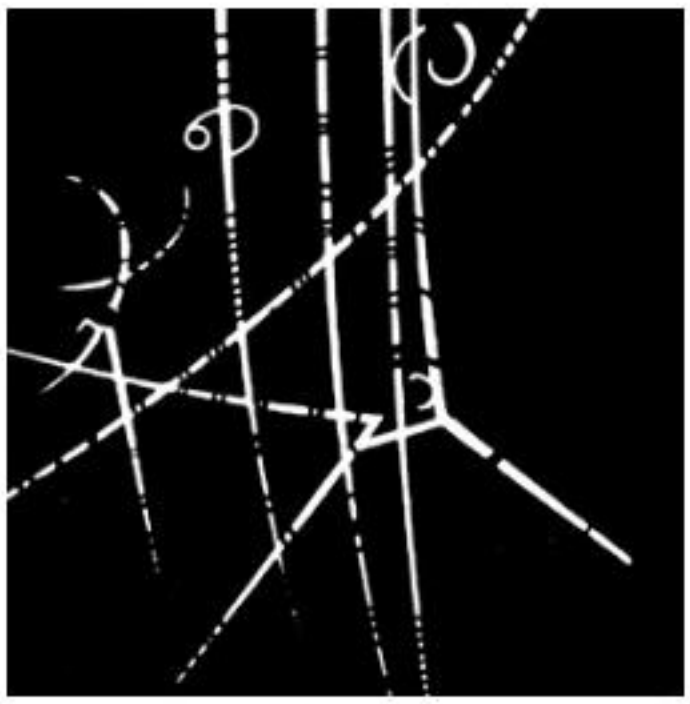
62.6-расм

Траекториянинг эгрилик радиуси ва тезлиги бўйича зарра зарядининг унинг массасига $\frac{q}{m}$ нисбати ва агар зарранинг заряди маълум бўлса, унинг массаси аниқланади. Зарранинг энергияси қанча кўп бўлса, треги шунча узун бўлади. Трек йўғон бўлса, зарранинг заряди катта бўлади.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Пуфакли камера. Пуфакли камера тузилиши Вильсон камерасига ўхшаш. Фарқи ўта тўйиган буғнинг ўрнига ўта қиздирилган суюқлик қўлланилади. Пуфакли камерани 1952 йили америка физиги Д. Глейзер яратди. Суюқлик сифатида кўпинча пропан, суюқ водород, дейтерий, ксенон ва бошқа суюқликлар фойдаланилади. Дастлаб ёпиқ камерадаги суюқлик қайнаш ҳароратигача қиздирилгани билан, уни қайнаб кетишдан сақлайдиган юқори босимда ушлаб турилади. Босим кескин пасайганда суюқлик ўта қиздирилган ҳолатга ўтади ва қисқа вақт беқарор ҳолатга ўтади. Худди шу пайтда камера деворидаги юпқа шишадан ўтувчи тез ҳаракатланадиган зарядланган зарралар ўзларининг йўлида ионлар занжирини ҳосил қилади. Ионларда ортиқча кинетик энергия бўлганидан, шу ортиқча энергия ҳисобига ҳар бир ион атрофидаги кичик ҳажмда суюқликнинг ҳарорати кўтарилиб, у қайнай бошлайди. Буғнинг пуфакчалари зарранинг изини, яъни трекни кўрсатади (62.7-расм). Пуфакли камерадаги суюқликнинг зичлиги Вильсон камерасидаги буғ зичлигидан минг марта катта. Шу сабабли пуфакли камера энергияси юқори зарраларни қайд қилишга имкон беради. Сабаби зарраларнинг югуриш йўли узунлиги анча қисқа. Глейзер камераси тез ҳаракатланадиган зарраларнинг атом ядролари билан ўзаро таъсирлашишини ва зарраларнинг кетма-кет бир неча айланишларини кузатишга имкон беради, натижада тадқиқотларнинг самараси жуда юқори бўлади.



62.7-расм

1. *Қалин қатламли фотоэмульсия усули асосида зарядланган зарралар қандай қайд қилинади?*
2. *Сцинтилляцион санагичнинг ишлаш принципини тушунтиринг.*
3. *Вильсон камерасининг аҳамияти нимада?*
4. *Гейгер—Мюллер санагичининг ишлаш принципини тушунтиринг. Санагич ёрдамида қандай зарралар қайд қилинади?*
5. *Вильсон камерасиби ржинслимагнит майдониганима учун жойлаштирилади?*
6. *Пуфакли камеранинг Вильсон камерасидан афзаллигинимада?*
7. *Ионловчи зарраларни, γ-квантларни қайд қилишда қайси усул ва қурилма зарралар ҳақида энг кўп маълумот бера олади?*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

63-§. Ядро реакциялари. Сунъий радиоактивлик

Таянч тушунчалар:

- ✓ ядро реакцияси
- ✓ ядро таркиби
- ✓ сунъий радиоактивлик
- ✓ экзотермик реакция
- ✓ эндотермик реакция

Бугун дарсда:

- ядро реакциясини ёзишда масса ва заряд сонининг сақланиш қонунини қўллашни ўрганасиз.

Ядро реакцияси тушунчасининг маъноси кенг. Кўпинча унга ядровий ўзаро таъсирлар иштирокида борадиган исталган икки ёки ундан ортиқ элементар зарраларнинг тўқнашувидан ҳосил бўладиган ҳодисаларни киритилади. Албатта, ядролар иштирокида борадиган тўқнашувлар ҳам ядро реакцияларига киради. Баъзан эса шу ядролар иштирокида ўтадиган айланишларнингина ядро реакцияси деб тушунилади. Ядро физикасида ядролар ҳам, элементар зарралар ҳам ўрганилади, шу сабабли ядро реакцияси тушунчаси кенг маънода қўлланилади. *Атом ядросининг бошқа ядро билан, элементар зарралар ва γ-квантлар билан ўзаро таъсирлашишида ҳосил бўладиган айланишлар* ***ядро реакциялари*** *деб аталади.*

Ядро реакцияси $a + A \rightarrow B + b$ ёки қисқача $A(a, b)B$ *деб* ёзилади, бундаги A — бошланғич ёки нишон ядро, a — бомбардимон қилувчи зарра, B — ҳосилавий ядро, b — ядродан ажралиб чиққан зарра.

Аввалги мавзуларда айтилганидек, биринчи ядро реакциясини, α-зарралар билан азот ядросини бомбардимон қилганда, унинг кислород ядросига айланишини 1919 йили Э. Резерфорд амалга оширган эди:

$$^{14}_{7}N + a \rightarrow ^{17}_{8}O + p$$

ёки

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$$

Табиий радиоактив емирилишда ҳам атом ядросининг ҳосилавий ядрога айланиши маълум. Ядро реакциясида ҳам шундай ўзгаришлар бўлади. Жараёнлар ўхшаш бўлгани билан, асосий фарқ: радиоактив емирилиш ташқи таъсирсиз, ўз-ўзидан боради, ядро реакцияси эса бомбардимон қилувчи зарранинг таъсирида амалга ошади.

Ядро реакцияларидаги сақланиш қонунлари. Ядро реакцияларида энергиянинг, импульснинг, импульс моментининг, электр зарядининг ва нуклонлар сонининг сақланиш қонунлари бажарилади. Сақланиш қонунлари асосида ядро реакцияларининг қандай ўтиши мумкинлигини олдиндан билиш мумкин.

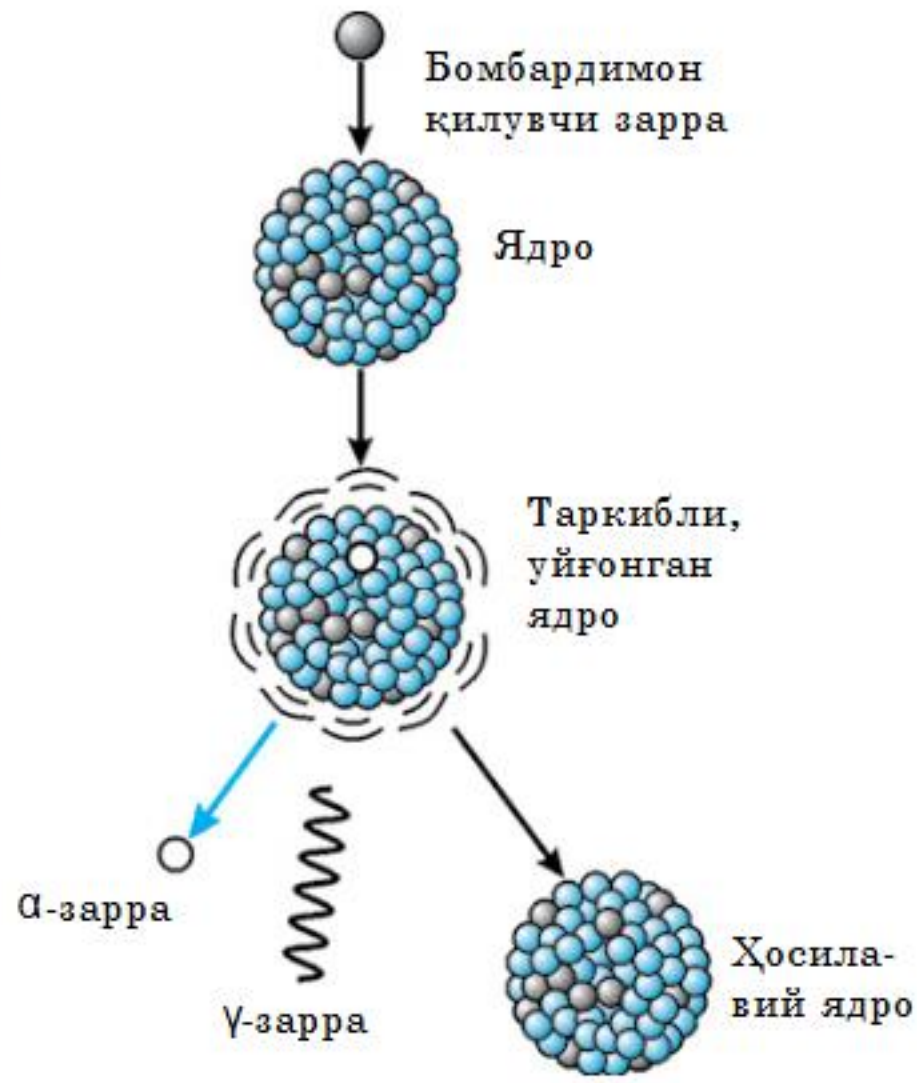
Ядро реакциясининг механизми. Ядро реакцияси бориши учун зарралар ёки ядролар ядро кучларининг таъсир этиш соҳасига кириши, яъни

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

10^{-15} м масофагача яқинлашиши керак. Мусбат зарядланган зарра ёки ядрога кулон итаришиш кучларини енга оладиган миқдорда кинетик энергия берилгандагина нишон ядрога яқинлаша олади. Нейтрон каби зарядсиз зарранинг ядрога кириши эса юқори кинетик энергияни талаб қилмайди. Нейтроннинг кашф қилиниши ядро реакцияларини текширишда муҳим бурилиш бўлди.

Реакция бориши учун зарядланган зарралар ва атом ядроларига электр ёки магнит майдонларида ўнлаб мегаэлектронвольтдан юзлаб гигаэлектронвольтгача энергия махсус тезлаткичларда (циклотрон, синхрофазотрон ва ш.к.) тезлатилиш натижасида берилади.



63.1-расм

Бомбардимон қилувчи зарраларнинг энергияси жуда юқори бўлмаганда, реакция 1936 йили Н. Бор ядро реакциялари механизмини тушунтиришда таклиф қилган икки босқичда ўтади. Аввал бомбардимон қилувчи зарра нишон ядрога урилганда ядро заррани қамраб олади (63.1-расм). Бунинг натижасида уйғонган ҳолатдаги *таркибли ядро* пайдо бўлади.

Бирлашиб таъсирлашиш натижасида ядронинг уйғониш энергияси барча нуклонларга тез тақсимланади. Ҳар бир нуклоннинг энергияси унинг ядродан чиқиб кетишига етмайди. Таъсирлашиш натижасида нуклонлар бир-бири билан энергия алмашинади. Тасодифий бир пайтда бир нуклонда ёки нуклонлар гуруҳида тўпланган энергия ядронинг боғланиш энергиясидан ортиқ бўлади. Шунинг таъсирида реакциянинг иккинчи босқичи бошланиб, таркибли ядро емирилишга учрайди. Ядронинг емирилиш йўллари протонли, нейтронли, γ-заррали ва ҳ.к. бўлиши мумкин. Шундай қилиб, ядро реакциясини нишон ядрони протонлар, дейтронлар (оғир водороднинг $^{1}_{1}H$ ядроси), α-зарралар ва оғир элементларнинг кўп зарядли ионлари билан бомбардимон қилиш орқали амалга ошириш мумкин.

Сунъий радиоактивлик. Ядро реакциясида ер сиртида табиий ҳолда учрамайдиган радиоактив ядролар ҳосил бўлади. Ядро реакцияси натижасида олинган изотопларнинг радиоактивлигини 1934 йили француз физиклари Ирен ва Фредерик Жолио-Кюрилар кашф қилди. Ўлар бу ҳодисани *сунъий радиоактивлик* деб аташди. Улар алюминийнинг, борнинг ва бошқа енгил элементларнинг ядроларини α-зарралар би-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

лан бомбардимон қилиб, реакция маҳсулотларини магнит майдонида жойлашган Вильсон камераси ёрдамида ўрганиб, позитроннинг учиб чиқишини аниқлашди. α-зарралар билан бомбардимон қилиш тўхтатилганда ҳам позитрон учиб чиқиши давом этган. Бироқ вақт ўтиши билан уларнинг сони радиоактив емирилиш қонунига кўра $N = N_0 e^{-\lambda t}$ камая бошлаган. Шу тариқа сунъий радиоактивлик ҳодисаси кашф этилди. Сунъий радиоактивликнинг кашф қилиниши ушбу ядро реакциясининг ёрдамида амалга ошди:

$$^{27}_{13}\mathrm{Al} + ^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow ^{30}_{15}\mathrm{P}^{*} + ^{1}_{0}n,$$

бундаги "*" белгиси радиоактив изотоп эканини кўрсатади.

Фосфорнинг радиоактив изотопи β^{+}-нурларининг манбаидир. Унинг ядросидан позитрон ва электрон нейтрино учиб чиқади:

$$^{30}_{15}\mathrm{P}^{*} \rightarrow ^{30}_{14}\mathrm{S} + ^{0}_{+1}e + \nu$$

Сунъий электрон радиоактивликни азот ядросини нейтронлар билан бомбардимон қилиб олиш мумкин бўлган реакцияни ёзайлик:

$$^{14}_{7}\mathrm{N} + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{14}_{6}\mathrm{C}^{*} + ^{1}_{1}p,\ ^{14}_{6}\mathrm{C}^{*} \rightarrow ^{14}_{7}\mathrm{N}^{*} + ^{0}_{-1}e + \tilde{\nu}$$

Тез нейтронлар билан литий ядросини бомбардимон қилганда биринчи марта унинг ядросининг емирилиш реакцияси амалга оширилди:

$$^{7}_{3}\mathrm{Li} + ^{1}_{1}p \rightarrow ^{4}_{2}\mathrm{He} + ^{4}_{2}\mathrm{He}$$

Охирги вақтларда радиоактивликнинг яна бир тури — *протон радиоактивлик* аниқланди. Бу жараёнда ядродан ўз-ўзидан протон учиб чиқади.

Сунъий радиоактив изотопларнинг қўлланиш соҳаси кенг: медицинада, саноатда, ҳарбий мақсадларда, узоқ вақт ишлайдиган ток манбаи сифатида ва ҳ.к.

Ядро реакцияларидаги энергия айланишлари. Ядро реакцияларида ядро айланишлари билан бирга, унинг ички энергияси, яъни боғланиш энергияси ўзгаради. Масса ва энергиянинг ўзаро боғланиш қонунини эътиборга олиб, реакциялардаги энергиянинг ўзгаришини ҳисоблаш мумкин. Ядро реакциялари учун энергиянинг сақланиш қонунини ёзайлик: $E_{01} + E_{k1} = E_{02} + E_{k2}$, бу ерда E_{01} ва E_{02} — реакцияга олдинги ва реакциядан кейинги системаларнинг тинчлик энергиялари, E_{k1} ва E_{k2} — мос ҳолда уларнинг кинетик энергиялари.

$A + a \rightarrow B + b$ схема бўйича борадиган реакциянинг энергиясини тавсифлаш учун қуйидаги формулалардан фойдаланайлик:

$$E_{01} = M_A c^2 + m_a c^2; \qquad E_{02} = M_B c^2 + m_b c^2;$$

$$E_{k1} = E_{kA} + E_{ka}; \qquad E_{k2} = E_{kB2} + E_{kb}.$$

Алмаштиришлар орқали $\Delta E = E_{01} - E_{02} = E_{k2} - E_{k1}$ тенгламани оламиз.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Зарралар ва ядроларнинг реакцияга киришишдан аввалги ва реакциядан кейинги тинчлик энергияларининг айирмаси ***ядро реакциянинг энергетик чиқиши деб*** *аталади.*

Агар $\Delta E > 0$ *бўлса, унда реакцияда энергия ажралади, тинчлик энергияси ҳисобига реакция маҳсулотларининг кинетик энергияси ортади.*

Демак, ядро реакциясида кинетик энергияларнинг ўзгариши реакцияда иштирок этган зарралар ва ядроларнинг тинчлик энергияларининг ўзгаришига тенг. Бундай реакция ***экзотермик*** *деб аталади.*

Агар $\Delta E < 0$ *бўлса, онда реакцияда энергия ютилади, кинетик энергиянинг камайиши ҳисобига системанинг тинчлик энергияси (массаси) ортади. Бундай реакция* ***эндотермик*** деб аталади.

Ядро реакциясида ажралиб чиқадиган энергиянинг миқдори жуда катта. Ядро энергиясини инсон манфаати йўлида фойдалана билиш, унинг хавфсизлигини ва самарадорлигини орттириш — ҳозирги замон фанининг олдида турган мураккаб масалаларнинг бири.

1. *Ядро реакцияси деганимиз нима?*
2. *Ядро реакцияси тенгламасини ёзинг. Реакция вақтида қандай сақланиш қонунлари бажарилади?*
3. *Табиий радиоактив емирилиш билан ядро реакцияларининг фарқлари нимада?*
4. *Ядро реакциясининг бориш механизмини тушунтиринг.*
5. *Қандай зарралар билан ядро реакциясини амалга ошириш самаралироқ?*
6. *Ядро реакциясининг энергиясинима?*

*7. *Нима сабабдан кимёвий реакцияга қарагандаядро реакциясидажуда катта энергия ажралади?*

8. *Сунъий радиоактивлик қандай ҳосил қилинади?*

Масала ечиш намуналари

1-масала. Бор $^{11}_{5}B$ ядроларини протонлар билан бомбардимон қилганда бериллийнинг 8Be ядроси пайдо бўлади. Реакция тенгламасини ёзинг. Бу реакцияда энергия ажраладими ёки ютиладими?

Берилган:

$M_{^{11}_{5}B} = 11{,}0931$ м.а.б.

$M_{^{1}_{1}H} = 1{,}00783$ м.а.б.

$M_{^{8}_{4}Be} = 8{,}00538$ м.а.б.

$M_{^{4}_{2}He} = 4{,}00260$ м.а.б.

Топиш керак: ΔE — ?

Ечилиши. $^{11}_{5}B + ^{1}_{1}H = ^{8}_{4}Be + ^{A}_{Z}X$. Зарядларнинг сақланиш қонуни бўйича $5 + 1 = 4 + Z$; $Z = 2$, масса сонининг сақланиш қонуни бўйича $11 + 1 = 8 + A$; $A = 4$. У ҳолда,

$$^{11}_{5}B + ^{1}_{1}He \rightarrow ^{8}_{4}Be + ^{4}_{2}He$$

Реакцияда энергия чиқиши формуласини ёзайлик:

$$\Delta E = E_{01} - E_{02}$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

ёки

$$\Delta E = [(M_{B} + M_{H}) - (M_{Be} + M_{He})]\ 931{,}5\ \text{МэВ}.$$

Бундан реакцияда ажраладиган энергияни аниқлайлик:

$\Delta E = [(11{,}00931 + 1{,}00783) - (8{,}00531 + 4{,}00260)] \cdot 931{,}5$ МэВ =
$= 0{,}00923 \cdot 931{,}5$ МэВ $\approx 8{,}6$ МэВ.

Жавоб: $\Delta E = 8{,}6$ МэВ энергия ажралиб чиқади.

2-масала. ${}^{2}_{1}H + \gamma \rightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{1}_{0}n$ кўринишидаги реакция бориши учун керак бўлган γ-квантнинг минимал энергиясини топинг.

Берилган:

$M_{{}^{2}_{1}H} = 2{,}01410$ м.а.б.

$M_{n} = 1{,}00866$ м.а.б.

$M_{p} = 1{,}00783$ м.а.б.

Топиш керак: ΔE_{γ} — ?

Ечилиши. Реакцияда ажраладиган (ютиладиган) энергиянинг формуласини ёзамиз:

$$\Delta E_{\gamma} = [M_{{}^{2}_{1}H} - (M_{n} + M_{p})] \cdot 931{,}5\ \text{МэВ}.$$

Энди реакция пайтидаги энергияни:

$$\Delta E_{\gamma} = [2{,}01410 - 2{,}01649] \cdot 931{,}5\ \text{МэВ}.$$

Жавоб: $\Delta E_{\gamma} = -2{,}2$ МэВ энергия ютилади.

32-машқ

1. Менделеев жадвалидан фойдаланиб, номаълум X, Y, Z, A катталикларни аниқлаб, ядро реакцияларини тўлдириб ёзинг:
   а) ${}^{32}_{16}S + {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{32}_{15}P + {}^{1}_{1}H$ б) ${}^{40}_{20}Ca + \gamma \rightarrow {}^{A}_{Z}X + p + n$
   в) ${}^{A}_{Z}X + {}^{10}_{Z}Y \rightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{13}_{6}C$ г) ${}^{A}_{4}X + \alpha \rightarrow {}^{12}_{Z}Y + n$

   Жавоби: а) ${}^{1}_{0}n$; б) ${}^{38}_{19}K$; в) ${}^{4}_{2}He$; г) ${}^{9}_{4}Be$

2. ${}^{14}_{7}N$ азот ядросининг нейтронни қамраб олиши натижасида номаълум элемент ва α-зарра пайдо бўлган. Ядро реакциясини ёзиб, номаълум элементни аниқланг.

   Жавоби: ${}^{11}_{5}B$

3. Қуйидаги реакциялар қандай зарралар таъсирида амалга ошади:
   а) ${}^{10}_{5}B + ? \rightarrow {}^{7}_{3}L + {}^{4}_{2}He$ б) ${}^{3}_{2}He + ? \rightarrow {}^{4}_{2}He + 2{}^{1}_{1}p$

   Жавоби: ${}^{1}_{0}n$; ${}^{3}_{2}He$

4. Ядро реакциясининг энергетик чиқишини ҳисобланг:

   $${}^{27}_{13}Al + {}^{4}_{2}He \rightarrow + {}^{30}_{14}Si + {}^{1}_{1}H$$

   Жавоби: 2,3 МэВ

*5. Қуйидаги ядро реакциясида энергия ютиладими ёки ажраладими?

   $${}^{7}_{3}Li + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{8}_{4}Be + {}^{1}_{0}n$$

   Жавоби: 15 МэВ

*6. Эндотермик реакциянинг ${}^{17}_{8}O + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{17}_{7}N$ энергияси $\Delta E = -7{,}89$ МэВ. Нейтрал атомларнинг жадвалдаги массалари бўйича азот изотопининг массасини аниқланг.

   Жавоби: 17,00899 м.а.б.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

64-§. Оғир ядроларнинг бўлиниши

Таянч тушунчалар:

- ✓ ядронинг бўлиниши
- ✓ ядронинг томчи модели
- ✓ спонтан бўлиниш

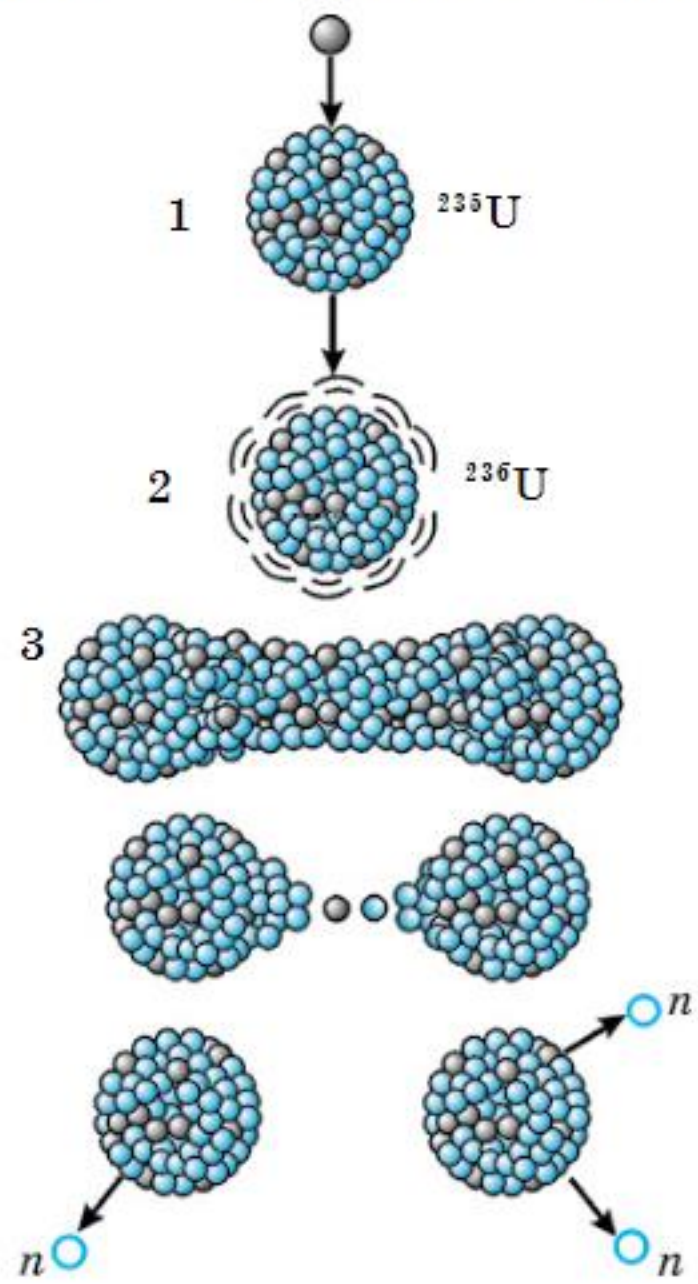
Бугун дарсда:

- ядронинг бўлинишини томчи модели асосида билиб оласиз.

Ядро реакцияларининг ичида оғир ядроларнинг, хусусан уран ядроларининг ташқи факторлар таъсирида бўлинишининг аҳамияти катта. Сабаби атом ядросида жуда катта энергия захираси тўпланган. Ядронинг ички энергиясини икки йўл билан, яъни оғир ядроларнинг бўлиниш реакциясини ва енгил ядроларни синтез реакцияларини амалга ошириш орқали ажратиб олиш мумкин.

Уран ядросининг бўлиниш реакцияси. Нейтронлар билан уран ядроларини бомбардимон қилиш ядро реакциясида пайдо бўлган сунъий радиоактивликни ўрганишни 1934 йили итальян физиги Э. Ферми бошлаган.

И. Жолио-Кюри ва П. Савичнинг 1938 йили уран ядроларини нейтронлар билан бомбардимон қилгандаги кузатишларидан ядро реакцияси маҳсулотларидан бири La лантан атомининг ядроси экани аниқланди. Шу йили немис физиклари О. Ган ва Ф. Штрассман уран ядроларини нейтронлар билан бомбардимон қилганда Менделеев жадвалиинг ўрта қисмидаги барий Ba ва криптон Kr каби урандан икки марта енгил янги элементларнинг пайдо бўлишини аниқлашди. Бу натижаларни 1939 йили инглиз олими О. Фриш ва австралиялик олим Л. Мейтнер нейтронни қамраб олган уран ядросининг икки парчага бўлиниши деб тушунтирди. Бу ҳодисани *ядронинг бўлиниши* деб аталди.



64.1-расм

Ядронинг бўлиниш механизми. 1939 йили Я. Френкель, Н. Бор ва Ж. Уилер ядронинг бўлиниш қонуниятларини “ядронинг томчи модели” асосида тушунтиришди ва бўлинишнинг механизмини таклиф қилишди. Нуклидларни сиқилмайдиган зарядланган суюқлик томчисига ўхшатиш мумкин (64.1-расм). Уран-235 ядросининг шакли шарга ўхшаш. Нейтронни ютиб олган ядро (1) оралиқ ядрога (2) айланади.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Нейтроннинг кинетик ва боғланиш энергиялари ҳисобига ортиқча энергия олган оралиқ ядро уйғониб, деформациялана, яъни чўзила бошлайди (3). Шу вақтда унинг ҳажми ўзгармайди, сирт юзи ортади. Суюқликнинг сирт энергияси суюқлик сиртининг юзига тўғри пропорционал экани маълум. Демак, сирт энергия ортади. Бу пайтда бўлиниш энергетик жиҳатдан эффектив эмас. Шу сабабли сирт таранглик кучи ядрони шарсимон дастлабки ҳолатига келтиришга тиришади. Аксинча протонлар орасидаги кулон итаришиш кучлари ядрони янада чўзишга ҳаракат қилади.

Нуклонлар орасидаги масофа ортса, кулон итаришиш кучлари камайиб, бўлиниш осонроқ бўлади. Ядро тез тебрана бошлайди ва уйғониш энергияси кўпроқ бўлган ҳолда кулон итаришиш кучлари нуклонларнинг тортишиш кучларидан кўп бўлади. Шундай қилиб, ядро икки бўлакка ажралади. Бу бўлиниш парчалари кулон итаришиш кучларининг таъсирида жуда катта тезликда ҳар томонга учади.

Уран ядросининг бўлиниши, ядронинг тинчлик массаси бўлинишда пайдо бўладиган парчаларнинг тинчлик массаларининг йиғиндисидан катта бўлгани учун амалга ошади. Тинчлик массасининг камайишига тенг бўлган энергия ажралиб чиқади. Тўлиқ масса сақланади, чунки катта тезликда ($v = 10^7$ м/с) ҳаракатланадиган парчаларнинг массаси уларнинг тинчлик массаларидан ортиқ бўлади. Оғир ядроларда нейтронлар сони кўпроқ бўлгани учун, ядронинг бўлинишида парчалар билан бирга, нейтронларнинг ҳам ажралиб чиқишининг кашф қилиниши муҳим янгилик бўлди.

Ҳар бир ядро бўлинганда 2 ёки 3 нейтрон ажралиб чиқади. Уран-235 нинг бўлиниш реакциясини ёзайлик:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{236}_{92}U^* \rightarrow ^{147}_{57}La + ^{87}_{35}Ba + 2\,^{1}_{0}n$$

ёки

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{236}_{92}U^* \rightarrow ^{144}_{56}Ba + ^{89}_{36}Kr + 3\,^{1}_{0}n$$

бу ерда $^{236}_{92}U^*$ — уйғонган оралиқ ядро, яъни бу — беқарор изотоп.

Ураннинг солиштирма боғланиш энергияси 7,6 $\frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$ нуклон эканини ҳисобга олсак, бўлиниш парчаларининг ўртача солиштирма боғланиш энергияси 8,5 $\frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$ бўлади. Бунда солиштирма боғланиш энергиялари фарқи 0,9 $\frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$. Демак, уран ядроси бўлинганда 200 МэВ энергия ажралиб чиқиши керак. Бажарилган ўлчашлар бунинг тўғрилигини кўрсатди. Шу ажралган энергиянинг асосий қисми (≈165 МэВ) парчаларнинг кинетик энергиясига айланади, қолган қисми нейтронлар ва реакцияда ажралиб чиқадиган γ-нурларнинг энергиясига айланади.

Эркин нейтронларнинг энергияси жуда кичик $5 \cdot 10^{-3}$ эВ дан бошлаб, бир неча миллион электронвольтгача ораликда ётади. Ядронинг

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

бўлинишида ҳосил бўлаган парчаларнинг массалари кўпинча, 2 : 3 каби нисбатда бўлади. Парчалардаги нейтронларнинг сони кўп, шу сабабли уларнинг радиоактивлиги юқори. Бирнеча электрон β-емирилиш натижасида барқарор ядроли изотоп ҳосил бўлади.

Рус физиклари Г. Флеров ва К. Петржак 1940 йили уран ядросининг *спонтан (ўз-ўзидан) бўлинишини* кашф қилишди. Ташқи таъсирсиз, яъни уран ядросини нейтронлар билан бомбардимон қилмасдан ҳам уран ядроси ўз-ўзидан бўлиниши мумкин экан.

1. *Ядронинг бўлиниши деб қандай реакцияга айтилади?*
2. *Уранядросинингбўлинишини ядронингтомчи моделиасосидатушунтиринг.*
3. *Нега уран ядроси бўлинганда жуда катта, тахминан 200 МэВ энергия ажралиб чиқади?*
4. *Негаядро бўлинганда бир неча нейтронлар учиб чиқади?*
5. *Нега парчалар β^--емирилишга учрайди? Қанча β^--емирилишдан сўнг* $^{143}_{56}Ba \rightarrow ^{143}_{50}Na$ *турланиш юзага ошади?*

33-машқ

1. Қуйидаги ядро реакциясининг энергетик чиқишини ҳисобланг:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{144}_{56}Ba + ^{89}_{36}Kr + 3\,^{1}_{0}n$$

Жавоби: ≈188 МэВ.

2. Қуйидаги ядро реакциясининг энергетик чиқишини ҳисобланг:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{140}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 2\,^{1}_{0}n$$

Жавоби: ≈208 МэВ.

3. Уран-235 изотопининг бир атомини икки парчага бўлганда 208 МэВ энергия ажралиб чиқади. 1 г уран тўлиқ бўлинганда ажралиб чиқадиган энергияга тенг энергия олиш учун қанча керосин керак? Керосиннинг солиштирма ёниш иссиқлиги $4{,}3 \cdot 10^7$ Ж/кг.

Жавоби: 2 т.

*4. Уранинг 235-изотопининг ядроси масса сонлари 92 ва 138 бўлган икки парчага ажралади. Реакция вақтида қанча нейтрон пайдо бўлади? Парчаларнинг умумий кинетик энергиясини 158 МэВ деб олиб, ҳар бир парчанинг кинетик энергиясини ҳисобланг. Нейтронларнинг кинетик энергияларини ҳисобга олинмасин.

Жавоби: 94,8 МэВ; 63,2 МэВ.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

65-§. Занжир ядро реакциялар

Таянч тушунчалар:

- ✓ занжир бўлиниш реакцияси секинлатгичлари
- ✓ иссиқлик нейтронлари
- ✓ кўпайиш коэффициенти
- ✓ критик масса
- ✓ атом бомбаси

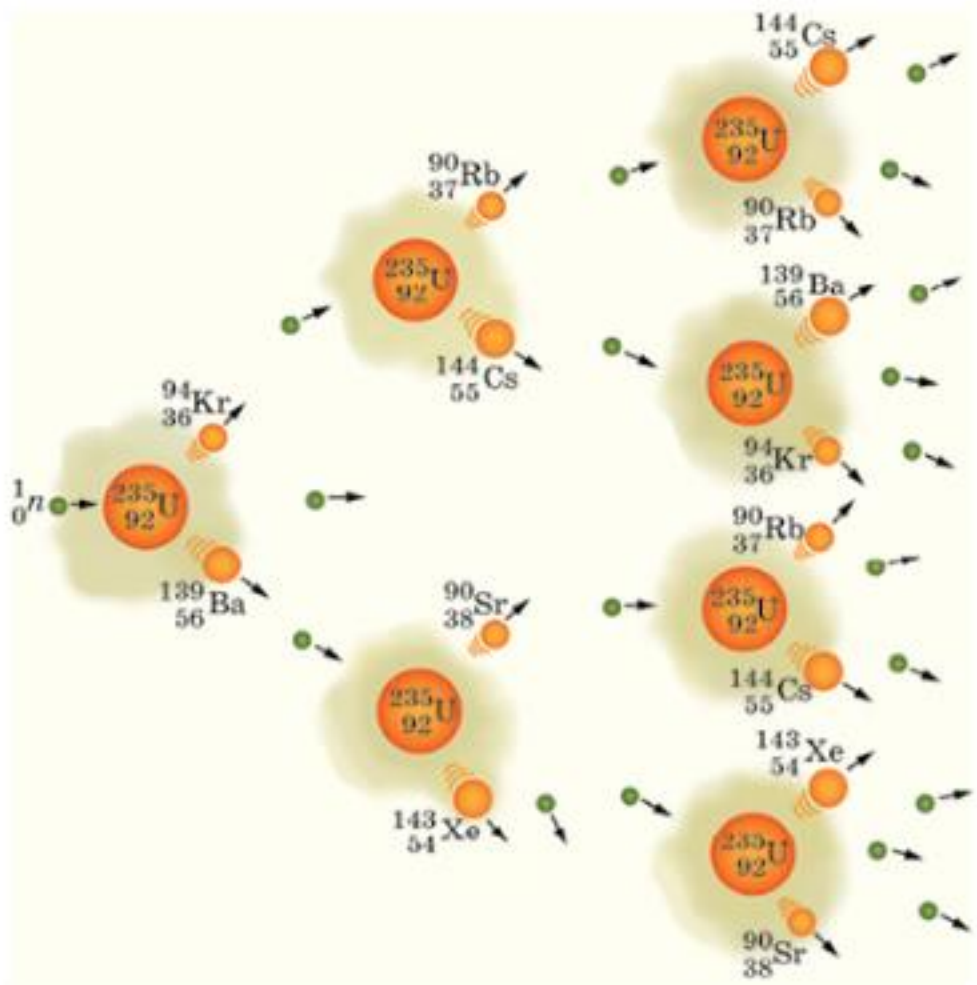
Бугун дарсда:

- ядро синтезининг ва табиий радиоактив емирилишнинг табиатини тушунасиз.

Оғир ядроларнинг нейтронлар таъсирида бўлиниш реакцияси боришида янги бир неча нейтронларнинг бўшаб чиқиши жуда муҳим. Аввалги мавзуда айтганимиздай, уран-235 изотопининг ҳар бир ядроси бўлинганда ўртача 2-3 та *иккинчи тартибли* ёки *ҳосилавий* деб аталадиган нейтронлар пайдо бўлади. Шу бўлинишдан чиққан нейтронларнинг иккитаси қўшни икки ядрони бўлсин. Бу бўлинишга учраган икки ядродан учиб чиққан ҳосилавий нейтронлар навбатдаги қўшни тўрт ядрони бўлади. Шу тариқа давом этиб, нейтронлар сони ва улар бўладиган ядроларнинг сони кескин кўчкисимон ортади. Мана шундай бўлинадиган ядролар сонининг кўчкисимон ортиши ҳодисаси *занжирли бўлиниш реакцияси* деб аталади.

***Занжир ядро реакцияси** деб, маълум бир ядро реакцияси навбатдаги худди шундай реакцияни ҳосил қиладиган жараёнга айтилади.*

65.1-расмда уран ядроси бўлинишининг бошқарилмайдиган занжир реакцияси кўрсатилган.



65.1-расм

Занжир реакциясини амалга ошириш учун нейтронлар таъсирида емириладиган исталган оғир ядролардан фойдаланишга бўлмайди.

Сабаби, уран ядроси бўлинганда ажралиб чиқадиган нейтронларнинг кўпчилигининг энергияси 1—4 МэВ атрофида. Бу пайтда уларнинг тезликлари $v = 10^7$ м/с га етади ва уларни *тез нейтронлар* деб аталади. Табиий уран икки изотопнинг ($^{238}_{92}U$ ва $^{235}_{92}U$) аралашмасидан иборатлиги маълум. Унда уран-238 изотопи 99,3%, уран-235 изотопи 0,7%. Тез нейтронларни уран-238 изотопининг ядроси бў-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

линмай ютади, фақат тахминан беш нейтроннинг биттасигина ядрони бўлади. Шу сабабли уран-238 изотопи занжир реакцияни амалга ошириш учун яроқсиз. Оз миқдорда учрайдиган уран-235 ядроси билан реакцияга киришиш эҳтимоллигин орттириш учун тез нейтронларнинг тезлигини камайтириш керак. Бу *секинлатгичлар* деб аталувчи моддаларнинг ёрдамида амалга оширилади. Яхши секинлатгичлар қаторига оддий сув, оғир сув (H_3O) ва графит киради. Уларнинг ядролари билан тўқнашганда нейтронларнинг энергияси камаяди.

Тезлиги хона ҳароратидаги иссиқлик ҳаракатининг тезлигига $v \approx 2000$ м/с га тенг бўлган нейтронларни *иссиқлик* (*суст*) *нейтронлар* дейилади. Уран-235 ядроларини иссиқлик нейтронларининг таъсирида бўлиниши эҳтимоллиги тез нейтронлар билан бўлинишига қараганда юзлаб марта ортиқ. Занжир ядро реакцияси узлуксиз бориши учун вақт ўтиши билан ҳосилавий нейтронларнинг ўртача сони ўзгармаслиги керак. Лекин бўлинишда пайдо бўлган нейтронларнинг ҳаммаси ҳам ядро бўлиниши реакциясини юзага келтирмайди, янги ядроларнинг баъзиларини реакцияга қатнашмайдиган бошқа ядролар ютиб олади, бироқ реакция бормайди, баъзилари ташқи муҳитга сочилиб кетади. Нейтронларнинг кўпайиш жадаллигини характерловчи физик катталикни *нейтронларнинг кўпайиш коэффициенти* (k) дейилади. ***Нейтронларнинг кўпайиш коэффициенти*** *деб нейтронларнинг исталган бир "авлоддаги" сонининг ундан аввалги "авлоддаги" сонига нисбатига айтилади:* $k = \frac{N_i}{N_{i-1}}$, бу ерда N_i, N_{i-1} катталиклари i ва $i - 1$ авлодлардаги нейтронлар сони. Агар $k = 1$ бўлса, унда нейтронлар сони вақт ўтиши билан ўзгармайди ва занжир реакцияси барқарор, бир маромда ўтади. Агар $k > 1$ бўлса, занжир реакциянинг тезлиги жуда тез ортиб, ядро портлаши юз беради. Агар $k < 1$ бўлса нейтронларнинг сони вақт ўтиши билан камаяди ва занжир реакция тўхтайди.

Критик масса. Занжир ядро реакцияси узлуксиз бориши учун яна бир муҳим шартни ҳисобга олиш керак. Уран массасининг маълум бир миқдорида занжир реакция бир текис ўтади. Агар уран массаси шу миқдордан кам бўлса, нейтронлар ўзларининг ҳаракат йўлида етарлича миқдордаги ядроларни учратмайди ва ташқи муҳитга сочилиб кетади. Натижада, занжир реакция тўхтаб қолади.

Занжир бўлиниш реакцияси барқарорлигини таъминлаб турувчи парчаланадиган моддaнинг (ураннинг) энг кам массаси ***критик масса*** *деб аталади.* Тоза уран-235 учун критик масса 50 кг га яқин. Зичлиги 18950 кг/м^3 урандан ясалган массаси шундай шарнинг радиуси тахминан 8,5 см бўлади. Плутоний-239 учун ўлчови теннис тўпидай келадиган шарнинг критик массаси 5,6 кг.

Атом бомбаси (А-бомба). *Бошқарилмайдиган занжир ядро реакцияси* натижасида жуда улкан энергия ажраладиган ядро портлаши содир

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

бўлади. Уни атом бомбанинг портлашида амалга оширилади. Атом бомбасида тоза уран-235 ёки плутоний-239 фойдаланилади. Бомбадаги металл уран бир-биридан ажратилган икки бўлакдан иборат ва ҳар бўлакнинг массаси критик массадан кичик бўлади. Шу сабабли уларда занжир реакция бора олмайди. Оддий портловчи модда ёрдамида уранннинг икки бўлаги тез сиқиш орқали бирлаштирилганда жадал занжир реакцияси бошланиб, бомба портлайди.

Бир онда ҳарорат миллионлаган градусга етиб, кўз камаштирадиган қувватли нурланиш пайдо бўлади. Уран ва унинг атрофидаги моддалар газга айланади. Ўта қизиган газли шар тез кенгайиб, йўлида учраган барча нарсани вайрон қилади. Атом бомбанинг портлашида пайдо бўлган реакция маҳсулотлари жуда радиоактив ва улар табиат ҳамда тирик организмлар учун жуда хавфли. Дастлабки атом бомбалари АҚШ да 1945 йили ишлаб чиқилди, шу йили Японияннинг (6 августда) Хиросима ва (9 августда) Нагасаки шаҳарларига ташланди. Хиросимада портлаган умумий массаси 4 т бомбадаги занжир реакциясида иштирок этган соф уран массаси 64 кг атрофида эди. Портлашда бор-йўғи 600 мг уран моддасигина тўғридан-тўғри энергияга айланди, шунинг ўзи 200 000 одамнинг ҳаётдан олиб кетди. Реакцияда ажралган энергия 18 000 т тринитротолуол портлагандаги энергияга тенг. Ядро урушларини ва Ер юзидаги ҳаётнинг йўқ бўлиб кетишини олдини олишнинг ягона йўли дунёдаги ядро қуролларини ва унинг захираларини йўқ қилишдир. Қозоғистон Республикаси ўзидаги ядро қуролларидан холи бўлган ва уни таратмаслик йўлини тутган дунёдаги етакчи давлатлардан бири ҳисобланади.

1. *Занжирли бўлининш реакцияси қандай амалга ошади?*
2. *Энергияларидаги фарқларига қараб нейтронлар қандай гуруҳларга бўлинади?*
3. *Нега табиий уранда* (U^{238}) *занжир реакция амалга ошмайди?*
4. *Нейтронларнинг кўпайиш коэффициенти дегани нима? Унинг занжир реакциясининг боришига таъсири қандай?*
5. *Қандай масса критик масса дейилади?*
*6. *Атом бомбанинг инсоният учун қандай хавфи бор?*

“Ядро қуролсизланиши: вазифаларив истиқболи” мавзусида синфда конференция ташкиллаштиринг ва гуруҳга бирлашиб баённома тайёрланг.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

66-§. Радиоактив нурларнинг биологик таъсири. Радиациядан ҳимояланиш

Таянч тушунчалар:

- ✓ радиация
- ✓ экспозицион доза
- ✓ эквивалент доза
- ✓ радиацион фон

Бугун дарсда:

- альфа,бета ва гамма нурларининг табиатини, хоссаларив биологик таъсирини тушунасиз.

Радиоактив нурлар, нейтронлар оқими атроф-муҳитга, айниқса тирик организмга зарарли таъсир қилади. Радиоактив нурларни *ионловчи нурлар* ёки қисқача *радиация* деб аталади. Маълум энергияга эга бу нурлар ва зарралар жисмларнинг молекулалари ҳамда атомларини ионлайди. Уларнинг кимёвий фаоллиги ўзгаради, ҳужайралар мутацияга учрайди, хромосомадаги генларни шикастлаб, турли физиологик ўзгаришларни юзага келтиради. Табиат заҳарланади. Нурланишнинг интенсивлиги юқори бўлса, хавфли ўсмалар ва нурланиш касаллиги пайдо бўлиб, тирик организмлар ҳалок бўлиши мумкин. Нурланиш наслга кучли ва зарарли таъсир кўрсатади.

Радиациянинг хавфлилиги шундаки, нурланиш ҳатто хавфли дозаларда ҳам касаллик аломатлари бирдан сезилмайди. Ионловчи нурлар энг аввал иликни шикастлайди, натижада қон айланиш жараёни бузилади. Сўнгра овқат ҳазм қилиш йўли ва бошқа органларнинг ҳужайралари шикастланади. Радиоактив нурларнинг, масалан, γ-нурларининг чекли миқдордаги дозаси тиббиётда хавфли рак ҳужайраларини йўқотиш учун ишлатилади.

Ионловши нурларнинг биологик таъсири махсус катталиклар билан характерланади. Тирик организмлар тўқималарининг радиациядан олган энергиялари ортгани сайин кимёвий реакциянинг фаоллиги тез ўзгариб, шикастланиш даражаси ортади. Шу сабабли радиациянинг тирик организмга берадиган энергия миқдорини тўғри аниқлаш муҳим аҳамиятга эга.

Нурланишнинг ютилган дозаси *деб ютилган ионловчи нурланиш энергиясининг нурланган модда массасига нисбатига айтилади*:

$$D = \frac{E}{m}.$$

ХБ системасида нурланишнинг ютилган дозасининг ўлчов бирлиги 1 Гр (грэй).

Массаси 1 кг *нурланаётган моддага* 1 Ж *ионловчи нурланиш энергияси узатилганда ютилган дозаси бир грэйга* (1 Гр) *тенг*:

$$1\ \text{Гр} = 1\ \frac{\text{Ж}}{\text{кг}}.$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Амалда нурланишнинг *экспозицион дозаси* деган катталик қўлланилади. У рентген ва гамма-нурларнинг қуруқ ҳавони ионлаш эффекти бўйича ўлчанади. Унинг ХБ системасига кирмайдиган ўлчов бирлиги 1 Р (рентген):

$$1\ \text{Р} = 2{,}58 \cdot 10^{-4}\ \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}.$$

Радиацияни ўлчайдиган дозиметрларда **1 Р ≈ 0,01 Гр** деб олинади. Тирик организмларнинг нурланишдан шикастланиши нурланиш турларига боғлиқ. Ионловчи нурларнинг биологик таъсирини рентген ва гамма-нурларнинг биологик таъсирлари билан солиштириш қабул қилинган. Шу сабабли нурланишнинг тирик организмларга таъсири махсус катталик — *эквивалент доза* билан характерланади.

Ютилган нурланишнинг эквивалент дозаси *деб ютилган доза билан биологик эффективлик (самаралилик) коэффициентининг кўпайтмасига тенг катталикка айтилади:*

$$D_{\text{экв}} = k \cdot D,$$

бу ерда k — биологик эффективлик коэффициенти, у тажрибаларда аниқланади. Рентген, β-нур, γ-нур учун $k = 1$, суст нейтрон учун $k = 2{,}3$, тез нейтрон учун $k = 10{,}0$, α-нур учун $k = 20{,}0$ бўлади.

Эквивалент дозанинг ўлчов бирлиги сифатида *зиверт* — 1 Зв қабулланган.

Радиоактив нурларнинг таъсирига биз доим учраб турамиз. Бундай радиация манбаи — космик нурлар. Ердаги радиоактив моддаларга — бинолар, рентген трубкалари, телевизор, одамнинг танаси (бизнинг танамизда 0,01 г радиоактив $^{40}_{19}K$ калий бор) киради. Булар *табиий радиация фони* дейилади. Табиий радиация фонининг ҳисобига одам бир йилда $2 \cdot 10^{-3}$ Гр доза олади. Радиациядан ҳимояланишнинг халқаро комиссияси нурланиш билан ишлайдиган одамлар учун бир йилдаги дозанинг чекли миқдорини 0,05 Гр деб белгилаган.

Радиациядан ҳимояланиш. Атом электростанцияларида радиоактив изотоплар, радиоактив қолдиқлар билан ишлайдиган одамларнинг радиациядан ҳимояланиш чоралари бажарилиши лозим. Радиоактив нурларнинг интенсивлиги масофанинг квадратига тескари пропорционал камайишини ҳисобга олсак, хавфли зонадан ишчиларни етарлича узоқроқ масофада жойлаштирган афзал. Радиоактив препаратларни қўл билан ушламай, махсус узун қисқичлардан, механик роботлардан фойдаланиш керак. Рентген ва гамма-нурлардан ҳимояланишда уларни яхши ютадиган қўрғошин ишлатилади. Радиоактив моддалар нафас олиш йўллари ва тери орқали одам организмига ўтмаслиги учун махсус ҳимоя материалларидан фойдаланилади. Озиқ-овқат маҳсулотлари қатъий назоратдан ўтказилади. Чернобиль АЭС ида бўлган ҳалокат инсониятга радиоактив нурларнинг, изотопларнинг ўта хавфли эканини кўрсатди. Радиациядан ҳимояланиш чораларини билиш ва доим уни эсда сақлаш лозим.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

1. *Радиоактив нурларнинг тирик организмларга қандай хавфи бор?*
2. *Ютилган доза деб нимага айтилади? Унинг ўлчов бирлиги нима?*
3. *Эквивалент доза нима?*
4. *Табиий радиация фони нурланиш касаллигини юзага келтирадими?*
5. *Радиациядан қандай ҳимояланаши мумкин?*

67-§. Ядро реактори. Ядро энергетикаси

Таянч тушунчалар:

- ✓ ядро реактор
- ✓ иссиқлик чиқарувчи элементлар
- ✓ ростловчи стерженлар
- ✓ бридерлар
- ✓ ядро энергетикаси

Бугун дарсда:

- ядро реакторларининг тузилиши ва ишлаш принципи билан танишасиз;
- ядро энергетикасининг риводланиш даврлари ҳақида маълумот оласиз.

Бошқариладиган занжир бўлиниш реакциясини амалга оширадиган қурилма ***ядро реактори*** *деб аталади.* Биринчи ядро реактори АҚШда Э. Ферми бошчилигида 1942 йили ишга туширилди. Иккинчи реакторни Россияда И. В. Курчатов етакчилигидаги олимлар гуруҳи 1946 йили ишга туширди.

Ҳозирги вақтда дунёнинг кўпгина ривожланган давлатларида ядро реакторлари бор қурилмалардан фойдаланилади. Реакторлар қувватлари бўйича ва қўлланиш мақсадларига қараб бир неча турларга бўлинади:

— илмий текшириш реакторлари;

— ишлаб чиқариш, яъни радиоактив изотопларни ишлаб чиқарувчи реакторлар;

— ядронинг энергиясини электр энергиясига айлантирувчи энергетик реакторлар.

Суст нейтронлардаги ядро реакторлари. Энергетик қурилмага эга ядро реакторининг асосий қисмлари ва тузилиши 67.1-расмда кўрсатилган. Исталган ядро реактори қуйидаги асосий қисмлардан тузилади:

— занжир реакция борадиган актив ҳудуд;

— нейтронларни секинлатгич;

— актив ҳудудда ажраладиган энергияни узатувчи иссиқлик элтгич;

— нейтронларни қайтаргич;

— занжир реакциясининг тезлигини ростловчи стерженлар;

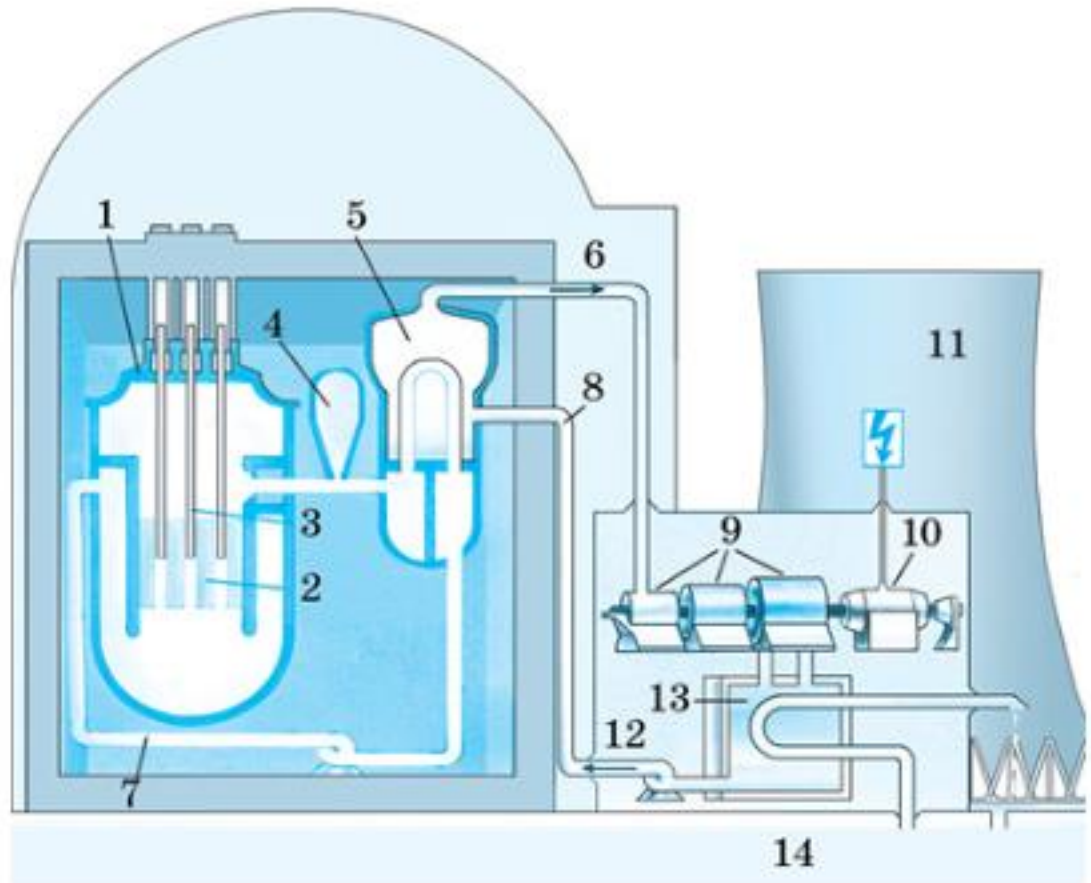
— пўлатдан ясалган ҳимоя қобиғи;

— темир-бетонли биологик қўрғон;

— автоматик бошқариш системаси.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



67.1-расм

1 — реактор қозони; 2 — иссиқлик чиқарувчи элемент (ИЭ); 3 — ростловчи стерженлар; 4 — босимни ростлагич; 5 — буғ генератори; 6 — буғ; 7 — биринчи контур; 8 — иккинчи контур; 9 — турбиналар; 10 — генератор; 11 — совитувчи градирня; 12 — сув ; 13 — конденсатор; 14 — совитгич

Иссиқлик нейтронли реакторнинг актив ҳудудида ядро ёқилғиси сифатида уран-235 дан фойдаланилади. Табиий урандаги 235-изотопининг миқдори 0,7%, шу сабабли унинг миқдорин 5% гача орттириб, бойитилади. Бойитилган урандан ясалган *иссиқлик чиқарувчи элементлар* деб аталувчи ядро ёқилғиси герметик ёпиқ пўлат қувурнинг ичига жойлаштирилади. Иссиқлик чиқарувчи элементлари бор қувурларни *нейтронларни секинлатгич* сув ёки оғир су ўраб туради. Секинлатгич сифатида, реакторнинг турига қараб графит ҳам қўлланилади.

Реакцияда ажраладиган энергияни иссиқлик элтувчи ёрдамида олиб чиқилади. Кўпинча иссиқлик элтувчи сифатида жуда юқори босимдаги оддий сувдан фойдаланилади. Жуда юқори босим сувни қайнаб кетишдан сақлайди. Яхши иссиқлик элтувчиларга *оғир сув, сув буги, гелий гази, суюқ натрийлар* киради.

Актив ҳудуд нейтронларнинг ташқи муҳитга сочилишини камайтириб, уларни ортга қайтарадиган *бериллий* қатлами билан ўралади. Унинг сирти ўтувчанлиги юқори γ-нурлари нейтронлардан ҳимояланиш учун пўлат ва қалинлиги бир неча метрлик темирбетон билан қопланади. Нейтронларни яхши ютадиган *бор* ёки *кадмийдан* ясалган ростловчи стерженлар орқали реакциянинг тезлиги бошқарилади. Ростловчи стерженлар актив ҳудудга тўлиқ ботирилганда реактор ишламайди.

Нейтронларнинг асосий қисми ютилганлиги учун, занжир бўлиниш реакцияси ривожланмайди. Актив ҳудудда занжир реакция бошланиб, барқарор бўлгунча ростловчи стерженлар аста-секин чиқарилаверади. Реакторнинг қуввати белгиланган миқдордан оша бошлаганда авари-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

яни олдини олувчи ростловчи стерженлар автоматик равишда актив ҳудудга киритилади.

Иссиқлик нейтронларидаги занжир реакция 67.2-расмда кўрсатилган. Иссиқлик чиқарувчи элементлардаги занжир ядро реакциясида ажралган энергиянинг асосий қисми парчалар ва нейтронларнинг кинетик энергиясига, қолгани γ-нурларнинг электромагнит энергиясига айланади. Парчалар ва нейтронлар сув орқали ўтганда уни юқори (330°С) ҳароратгача қиздиради. Ўта қизиган сув насос ёрдамида реактор ва қувурлардан, буғ генераторидан иборат биринчи контур бўйлаб ҳаракатга келтирилади. Буғ генераторида иккинчи контурдаги сув буғга айланади. Юқори босимдаги буғ қувватли генераторнинг роторига уланган турбиналарни айлантиради.

67.2-расм

Тез нейтронли реактор. Таркибидаги $^{235}_{92}U$ изотопининг аралашмаси 15%—20% дан кам бўлмаган бойитилган уранда занжир реакцияси тез нейтронларни секинлаштирмаса ҳам боради. Секинлатгичсиз бундай реакторни *тез нейтронли реактор* деб аталади.

Занжир реакцияда ажраладиган тез нейтронларнинг $\frac{1}{3}$ қисми уран-238 изотопининг ядроларида ютилади. Тез нейтронларни ютиб олган уран-238 изотопи қуйидаги кетма-кетлик бўйича плутоний $^{239}_{92}Pu$ изотопига айланади: $^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{239}_{92}U$. Ҳосил бўлган бўлган $^{239}_{92}U$ изотопи 23 минутдан сўнг β⁻-емирилиш натижасида нептунийнинг $^{239}_{93}Np$ изотопига айланади: $^{239}_{92}U \rightarrow ^{239}_{93}Np + ^{0}_{-1}e$

$^{239}_{93}Np$ — сунъий усулда олинган *биринчи трансуран кимёвий элемент*. Нептунийнинг ўзи β⁻-радиоактив, емирилиш жараёнида иккинчи трансуран элемент — плутоний пайдо бўлади: $^{239}_{92}Np \rightarrow ^{239}_{94}Pu + ^{0}_{-1}e$

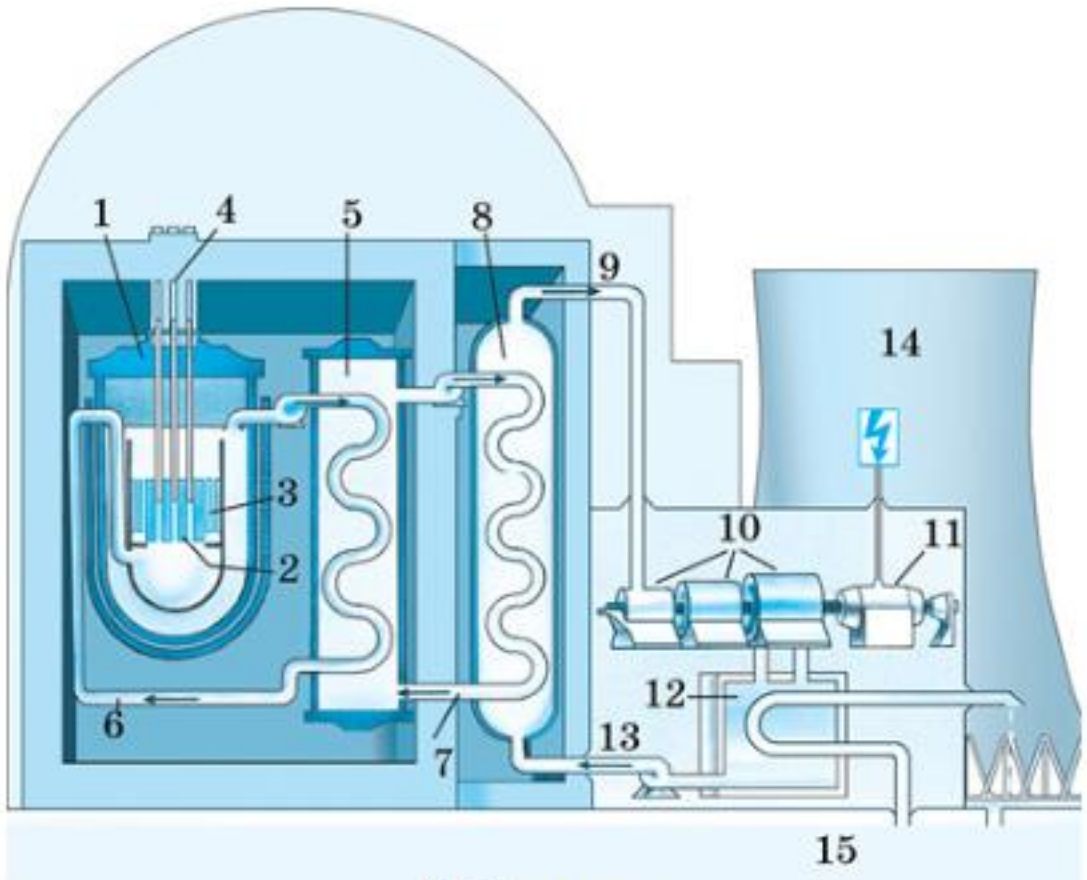
Юқорида айтилган реакцияларни ёзамиз:

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{239}_{92}U \xrightarrow{b^-} ^{239}_{93}Np \xrightarrow{b^-} ^{239}_{94}Pu$$

Плутоний ҳам $^{235}_{92}U$ изотопи каби иссиқлик нейтронларининг таъсирида бўлиниб, занжир реакцияси боради ва кўп миқдорда энергия чиқаради. Тез нейтронли реакторда актив ҳудуд сифатида $^{238}_{92}U$ ёки $^{234}_{90}Th$ изотоплари билан бойитилган уран қотишмаси ишлатилади. У нейтрон-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



67.3-расм

1 — реактор қозони; 2 — иссиқлик чиқарувчи элемент; 3 —ишлаб чиқарувчи элемент; 4 — ростловчи стерженлар; 5 — оралиқ иссиқлик алмаштиргич; 6 — биринчи натрийли контур; 7 — иккинчи натрийли контур; 8 — буғ генератори; 9 — буғ; 10 — турбиналар; 11 — генератор; 12 — конденсатор; 13 — сув; 14 — градирня; 15 — совутгич

ларни оз миқдорда ютади. Бундай реакторда секинлатгич бўлмайди. Бу соҳа *қайта ишлаб чиқариш соҳаси* дейилади. Шу сабабли тез нейтронли реакторлар *кўпайтиргич реакторлар* ёки бридерлар (инг. *to dreed* — кўпайиш) деб аталади. Бу реакторнинг чизмаси 67.3-расмда кўрсатилган.

Реакторда иссиқлик элтувчи вазифасини суюқ натрий бажаради. Бундай реакторларда 1 кг уран-235 изотопи бўлинганда 1,5 кг гача плутоний ҳосил бўлади.

Ядро энергетикаси. Занжир реакцияларда ажраладиган ядро энергиясидан амалий мақсадда фойдаланишнинг энг самарали йўли уни электр энергиясига айлантиришдир. Бу реакторлар ёрдамида атом электр станцияларида (АЭС) амалга оширилади. СССРда 1954 йили Обнинск шаҳрида қуввати 5000 кВт бўлган биринчи атом электр станцияси ишга туширилди. 1971 йилдан Қозоғистонда Оқтов шаҳрида тез нейтронли реакторга эга атом электр станцияси ва денгиз сувини чучуклаштириш қурилмаси ишлай бошлади. Саноати ривожланган давлатларда гидро электр станцияларини қуриш қийинлиги ва органик ёқилғи захирасининг чекланганлигидан ядро энергетикаси соҳаси жадал ривожланмоқда. Органик ёқилғида ишлайдиган иссиқлик электр станцияларига қараганда атом электр станцияларининг афзалликлари бор. Атом электр станциялари атроф-муҳитни тутун ва кул билан ифлосламайди, ҳаводаги кислородни сарфламайди. Лекин ядро энергетикасининг ҳам атроф муҳит учун зарарли ва хавфли таъсирлари бор. АЭСда ишлайдиган одамларни γ-нурлари ва нейтронлар оқимининг зарарли таъсирларидан ҳимоялаш масалаларига катта аҳамият берилади. Сабаби радиоактив ифлосланиш жуда хавфли. Уран ядросининг

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

бўлинишида пайдо бўлган радиоактив чиқиндиларни, ишлатилиш муддати тугаган иссиқлик чиқарувчи элементларни ва бошқа моддаларни кўмиш пайтида мураккаб муаммолар учрайди. АЭСларининг ишлаш муддати 20 йил атрофида. Бу муддат ўтгач узоқ йиллар давомида унинг барча қисмлари ва материалларига радиация таъсир этганлигидан уни қайта ўз ҳолига келтириш ва ишлатиш мумкин эмас. 1986 йили Чернобиль АЭСида бўлган авария юз минглаган одамларнинг уй-жойларини ташлаб, кўчишга мажбур қилди. Унинг асоратлари ҳали яна ўнлаб, ҳатто юзлаб йиллар давомида сезилади.

Албатта, ядро энергетикасининг инсоният учун аҳамияти катта. Ҳозирги вақтда ядро реакторларининг хавфсизлигини орттириш мақсадида ҳар тарафлама изланишлар юритилиб, бу соҳага катта эътибор берилмоқда.

1. *Ядро реакторининг асосий қисмларини атанг ва ҳар бирининг вазифасини тавсифланг.*
2. *Суст нейтронли реакторда нима учун нейтронларни секинлатгич ишлатилади?*
3. *Занжир реакция қандай бошқарилади?*
4. *Суст ва тез нейтронли реакторларда ядро ёқилғиси сифатида нимадан фойдаланилади?*
5. *Реактордагиураннинг критик массасини камайтиришга бўладими?*
6. *Кўпайтиргич реакторларидеб қандай реакторларгаайтилади?*
7. *Ядро энергиясиэлектр энергиясигақандай айлантирилади?*

*8. *Ядро энергетикасинингбошқа энергетика турларига қараганда жадал ривожланишининг сабаби нимада?*

Масала ечиш намунаси

ФИКи 25% бўлган атом электр станциясининг қуввати 1 млн кВт. Бир йилда сарфланадиган уран-235 изотопининг массасини аниқланг. Ураннинг бир ядроси емирилганда 200 МэВ энергия ажралади.

Берилган:

$P = 10^9$ Вт

$t = 3{,}16 \cdot 10^7$ с

$E_0 = 3{,}2 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Ж}}{\text{ядро}}$

$\eta = 0{,}25$

$M = 0{,}235 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$

Топиш керак: m — ?

Ечилиши. Ядроларнинг сонини молекулалар сонини аниқлайдиган формула орқали топамиз:

$$N = \frac{m}{M} N_A,$$

бу ерда m — уран-235 изотопининг бир йилда сарфланадиган массаси, M — изотопнинг моляр массаси, N_A — Авогадро сони. Емирилишда ажраладиган энергия

$$E = E_0 \cdot N = E_0 \cdot \frac{m}{M} \cdot N_A.$$

Истеъмолчига бериладиган энергия $W = P \cdot t$,

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

$$\eta E = W \text{ ёки } \eta E_0 \frac{m}{M} N_A = P \cdot t,$$

$$\text{бундан } m = \frac{PtM}{\eta E_0 N_A} = \frac{10^9\,\text{Вт} \cdot 3{,}16 \cdot 10^7\,\text{с} \cdot 0{,}235\,\frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{0{,}25 \cdot 3{,}2 \cdot 10^{-11}\,\frac{\text{Ж}}{\text{ядро}} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}\,\text{моль}^{-1}} = 1542\ \text{кг}.$$

Жавоби: 1542 кг.

34-машқ

1. ФИКи 20% бўлган атом электр станциясининг қуввати 1000 МВт. 1 суткада сарфланадиган уран-235 изотопининг массасини топинг.

   Жавоби: 5,3 кг.

2. АҚШнинг "Наутилус" атом сувости кемасининг иссиқлик қурилмасининг қуввати 14,7 МВт, ФИКи 25%. Ёқилғи сифатида бойитилган уран ишлатилади, унинг 1 кг массасидаги ядролар бўлинганда 6,9·1013 Ж энергия чиқади. Кема бир йил давомида сузиши учун қанча ёқилғи заҳираси керак?

   Жавоби: 26,9 кг.

3. Агар атом музёрари двигателининг қуввати $3{,}2 \cdot 10^4$ кВт ва атом реактори суткасига 200 г уран-235 дан фойдаланса, атом музёрари двигателининг ФИК ини ҳисобланг. Уран атомининг бир ядроси бўлинганда 200 МэВ энергия ажралади.

   Жавоби: $\eta = 17\%$.

68-§. Термоядро реакциялари

Таянч тушунчалар:

- ✓термоядро реакцияси
- ✓термоядро синтези

Бугун дарсда:

- термоядро реакцияси ҳақида маълумот оласиз.

Ядро реакцияларида улкан энергия ажралиб чиқадиган реакциянинг бир тури *енгил элементлар* (^1_1H; ^2_1H; ^3_1H ва ш.к.) *ядроларининг синтези* (бирикиши) ҳисобланади. Енгил элемент ядроларининг синтези миллионлаган градус ($10^7 - 10^9$ K) ҳароратдагина амалга ошади.

Ўта юқори ҳароратда енгил ядроларнинг бирикиб оғир ядроларни ҳосил қилиши реакциясини ***термоядро реакцияси*** *деб аталади.* Икки енгил элемент ядроларининг тинчлик массаларининг йиғиндиси уларнинг бирикишидан ҳосил бўлган ядронинг тинчлик массасидан катта. Масса дефекти натижасида кўп миқдорда энергия ажралиб чиқиши керак.

Ҳисоблашлар бу фикрнинг тўғрилигини исботлади. Масалан, водород изотоплари дейтерий ^2_1D ва тритий ^3_1T ядроларининг бирикиш реакция-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

сида гелий $^{4}_{2}He$ атомининг ядроси ҳосил бўлади ва 17,6 МэВ энергия ажралади: $^{2}_{1}D + ^{3}_{1}T \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$ + 17,6 МэВ. Термоядро синтезида бир нуклонга $\frac{17,6}{5}$ = 3,5 МэВ энергия, уран ядросининг бўлиниш реакциясида эса бир нуклонга 0,9 МэВ энергия мос келади. Демак, енгил ядроларнинг синтезида ажраладиган солиштирма энергия ядроларнинг бўлиниш реакциясидаги солиштирма энергиядан 4 марта катта. Термоядро синтезини амалга оширишнинг қийинчиликлари қуйидагиларга боғлиқ. Мусбат зарядланган енгил ядроларнинг бирикишига кулон итаришиш кучлари қаршилик қилади. Уни фақат юқори ҳароратгача қиздирилган плазма зарраларга улкан кинетик энергия бериш орқали енгиш мумкин. Бир-бирига 10^{-14} м гача яқинлашганда ядро кучининг таъсир соҳасига кирган ядролар бирикиб, янги ядрони ҳосил қилади ва жуда катта энергия ажралади. Ҳозирги маълумотлар бўйича Қуёш ва юлдузлар марказидаги энергиянинг манбаи — термоядро реакция. Қуёш ядросидаги ҳарорат 15 млн ($1,5 \cdot 10^{7}$ К) градусга яқин, босими 200 млрд атмосферага тенг. Қуёш моддасининг атомлари бундай ҳароратда ташқи электронларидан айирилиб, ядролардан (протондан) ва эркин электронлардан ташкил топган ионлашган газ — *плазмага* айланади.

Америка физиги Х. Бете 1938 йили *протон-протонли термоядро циклда* водороднинг гелийга айланиши юлдузлардаги энг асосий реакция эканини кашф қилди. Икки протоннинг бирикишида дейтерий пайдо бўлади ва позитрон билан нейтрино чиқарилади:

$$^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{2}_{1}H + ^{0}_{+1}e + n$$

Энди дейтерийнинг ўзи протон билан таъсирлашиб, натижада гелий изотопининг $^{3}_{2}H$ ядроси ҳосил бўлади ҳамда γ-квант тарзида энергия ажралади:

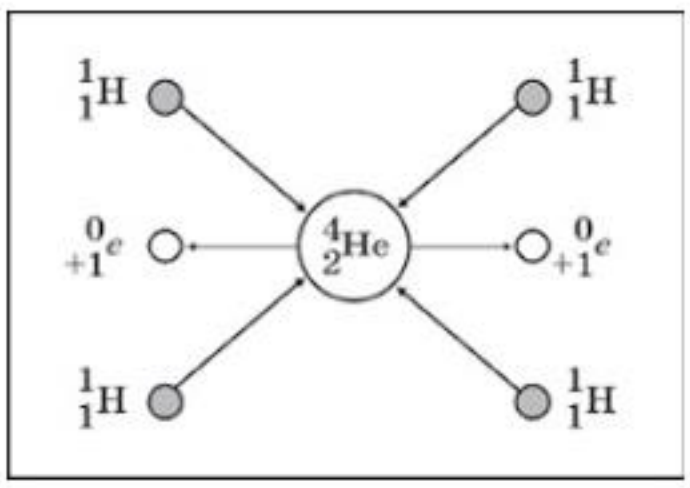
$$^{2}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + \gamma$$

Реакцияларда пайдо бўлган $^{3}_{2}He$ изотопи икки ядросининг бирикишидан $^{4}_{2}He$ ядроси ҳосил бўлади:

$$^{3}_{2}He + ^{3}_{2}He \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H$$

Хулоса қилиб айтганда, водороднинг тўрт ядроси гелийнинг бир ядросини ҳосил қилади ва реакция борасида 25 МэВ энергия ажралади (68.1-расмда шу жараён тасвирланган):

$$6^{1}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + 2^{1}_{1}H + 2^{0}_{+1}e + 2n + 2\gamma + 25 \text{ МэВ}$$



68.1-расм

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Юлдузларда бошқа термоядро синтези ҳам ўтиши мумкин. Водороднинг "ёниб" тугашига қараб, юлдузнинг марказида гелийдан ташкил топган ядро ҳосил бўлади. Энди *углерод-азот цикли* бошланиб, реакциянинг сўнгги маҳсулотларидан бири $^{4}_{2}$He изотопи синтезланади. Цикл мобайнида 26,7 МэВ энергия ажралиб чиқади.

Қуёш ҳар секундда нурланиш орқали $4 \cdot 10^{26}$ Ж энергиясини йўқотади, яъни унинг массаси 4,3 млн тоннага камаяди. Лекин шунда ҳам Қуёшдаги "ёқилғи" захираси яна 6 млрд йилга етади.

Демак, юлдузлар эволюциясида термоядро реакциялар ҳал қилувчи аҳамиятга эга.

Водород бомбаси (Н-бомба). Ер юзида биринчи термоядро реакцияси 1952 йили 1 ноябрда Тинч океанининг жанубида амалга оширилса, навбатдаги реакция 1953 йили Қозоғистонда (Семей полигони) водород бомбасини портлатиш орқали амалга оширилди. Дейтерий ва тритий аралашмаси атом бомбаси билан ($^{235}_{92}$U ёки $^{239}_{94}$Pu) бирга умумий қобиқ ичида жойлашади. Бошқарилмайдиган термоядро реакцияни амалга оширишга керакли ҳарорат ва босим атом бомбасини портлатиш орқали олинади. Шу тариқа атом бомбасининг портлаши ($\approx 10^{-6}$ с) термоядро (водород) бомбасининг портлашига улашиб кетади.

Бошқариладиган термоядро синтези. Термоядро реакцияси энергиясидан тинчлик мақсадларда фойдаланиш — ҳозирги кунда ҳали ечими топилмаган мураккаб масала. Ер қаъридаги углеводород ёқилғисининг захираси 200 йилга, ураннинг захираси минг йилгагина етишини ҳисобга олсак, инсоният учун бошқариладиган термоядро реакторларини ясаш, уни бошқариш катта аҳамиятга эга. Сабаби Ерда водороднинг амалда чексиз захираси бор.

Водороднинг оғир изотоплари — дейтерий ва тритийнинг синтези — энг самарали реакциялардан бири. Бунинг учун плазманинг ҳароратини ўнлаган миллион градусга ($\approx 5 \cdot 10^{7}$ K) кўтариш керак ва плазмадаги дейтерий ва тритий аралашмасининг зичлиги 1 м^{3} ҳажмда 10^{22} заррадан кам бўлмаслиги лозим. Юқори ҳароратни плазмада жуда қувватли электр разрядини (1 млн А) юзага келтириб олишга бўлади.

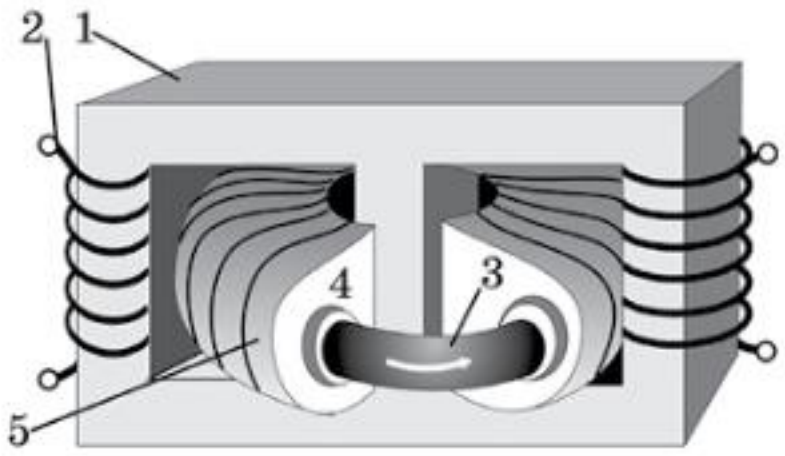
Миллионлаган градусгача қиздирилган плазмадаги реакцияни ушлаб туриш — асосий қийинчиликларнинг бири. Бундай ҳароратга реактор девори ясаладиган ҳеч бир моддaнинг чидамаслиги тушунарли, у буғга айланиб кетади. Юқори ҳароратдаги плазмани совуқ деворларга теккизмасдан *кучли магнит майдонида* ушлаб туриш усулини 1950 йили Россия физиклари А. Д. Сахаров ва И. Е. Тамм таклиф қилди. Шу ғояга асосланиб ясалган тажриба қурилмасини "Токомак" деб аташган. Унинг асосий қисмлари 68.2-расмда кўрсатилган.

Токомак пўлат ўзакли трансформатордан (1), ўзгарувчан магнит майдонини ҳосил қиладиган ўрамдан (2), тороидал вакуумли камерадан, (4),

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

плазмадан (3) ва бўйлама магнит майдонини юзага келтирувчи (5) ўрамдан ташкил топган. Термоядро синтезини амалга оширишнинг иккинчи усули — дейтерий ва тритий аралашмасидан иборат газли шиша шарни ўта қувватли импульсли лазер нурлари билан қиздириш. Тажрибада плазманинг ҳарорати ўнлаб миллион кельвинга кўтарилган. Плазмада портлаш бўлгунга қадар реакция ўтиб бўлади.



68.2-расм

Бу усулни *инерцион* деб аталади. Дунё олимларининг XXI асрда бошқариладиган термоядро реакторларнинг ишга туширилиб, энергетик муаммолар тўлиқ ҳал қилинишига ишончлари комил.

1. *Термоядросинтези деб нимага айтилади?*
2. *Реакциядагиэнергетикчиқиш қандай ҳоллардакатта бўлади:ядроларнинг бўлинишидами ёки синтезидами*
3. *Нега юлдузларда термоядро реакцияси ўз-ўзидан боради?*
4. *Юлдузлар ўчадими?*
5. *Бошқариладигантермоядрореакциясиниамалгаошириш йўллариқандай?*

*6. *Нега термоядро энергетикасинингкелажаги порлоқ?*

35-машқ

1. $^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He$ термоядро реакциясида қандай энергия ажралиб чиқади?

Жавоби: 23,8 МэВ.

2. Дунёда йилига $3 \cdot 10^{20}$ Ж га яқин энергия истеъмол қилинади. Инсониятнинг энергетик эҳтиёжини таъминлаш учун термоядро реакторида йилига қанча дейтерий "ёқиш" керак?

Жавоби: 6300 т.

3. Агар α-зарра 19,7 МэВ энергияга эга бўлса, $^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + g$ термоядро реакциясида пайдо бўладиган γ-нурланиш частотасини топинг.

Жавоби: 10^{21} Гц.

10-бобнинг асосий мазмуни

• *Ядро физикаси* атом ядросининг тузилишини, хоссаларини, унинг айланишларини, микроламдаги рўй берадиган ҳодисаларни ўрганади.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

• Резерфорд тажрибалар асосида атомнинг ядро моделини таклиф қилди. Ядронинг ўлчоми 10^{-15} м бўлиб чиқди.

• Резерфорд дастлаб атом ядроларини α-зарралар билан бомбардимон қилиб, уларнинг сунъий айланишларини амалга оширган. У 1919 йили *протонни* кашф қилди, Чедвик эса 1932 йили ядронинг таркибига кирувчи иккинчи зарра — *нейтронни* кашф қилди.

• В. Гейзенберг ва Д. Иваненко атом ядросининг *протон-нейтрон моделини* таклиф қилишди. Бу моделга асосан ядро протонлар ва нейтронлардан, яъни нуклонлардан тузилган: $A = Z + N$.

• Ядронинг ичида нуклонларни қисқа масофалардагина таъсир этувчи ядро кучлари ушлаб туради.

• Ядро физикасида нуклонларнинг боғланиш энергияси жуда муҳим характеристика ҳисобланади. Боғланиш энергияси ядрони алоҳида нуклонларга парчалаш учун сарфланадиган энергияга тенг.

• 1896 йили А. Беккерель табиий радиоактивлик ҳодисасини кашф қилди. Радиоактив элементлар ўз-ўзидан α-, β-ва γ-нурларни чиқаради. Бу нурларнинг табиати аниқланди: α-нурлар — гелий атомларининг ядролари, β-нурлар — электронлар оқими, γ-нурлар эса узунлиги ўта қисқа электромагнит тўлқинлар экан.

• Атом ядроларининг турли зарралар ва нурлар чиқариб, ўз-ўзидан ўзгариш қонунини, яъни радиоактив емирилиш қонунини Резерфорд кашф қилди:

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} \text{ ёки } N = N_0 e^{-\lambda \cdot t}.$$

• Атом ядролари ва элементар зарраларнинг бир-бирига айланишлари ва тўқнашишларини ўрганиш ва қайд қилиш учун Гейгер санагичи, Вильсон камераси, пуфакли камера, фотоэмульсия, сцинтилляцион санагич қўлланилади.

• Атом ядроларининг бир-бири билан ва элементар зарралар билан ўзаро таъсирлашишида таркибий ўзгариши *ядро реакциялари* деб аталади. Ядро реакцияларида энергия ажралиши ёки ютилиши мумкин.

Оғир ядролар (U, Th, Pu ва ш.к.) нейтронлар таъсирида бўлинади. Бўлиниш вақтида икки-уч нейтрон ва 200 МэВ га яқин энергия ажралиб чиқади. Ядро реакторларида бошқариладиган занжир ядро реакцияси ажраладиган энергиядан фойдаланиш мақсадида амалга оширилади.

• Ўта юқори ҳароратда енгил ядроларнинг синтезланиш реакцияси — термоядро реакцияси амалга оширилади. Термоядро энергияси ҳисобига Қуёш ва юлдузларда миллиардлаган йиллар давомида энергия чиқарилмоқда.

• Радиоактив нурлар маълум бир чекли миқдордан ошиб кетса, тирик организмларга катта зарар келтиради.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

VI бўлим. НАНОТЕХНОЛОГИЯ ВА НАНОМАТЕРИАЛЛАР

11-боб. НАНОТЕХНОЛОГИЯВА НАНОМАТЕРИАЛЛАР

69-§. Нанотехнологиянинг асосий ютуқлари, муҳим масалалари ва ривожланиш босқичлари. Наноматериаллар

Таянч тушунчалар:

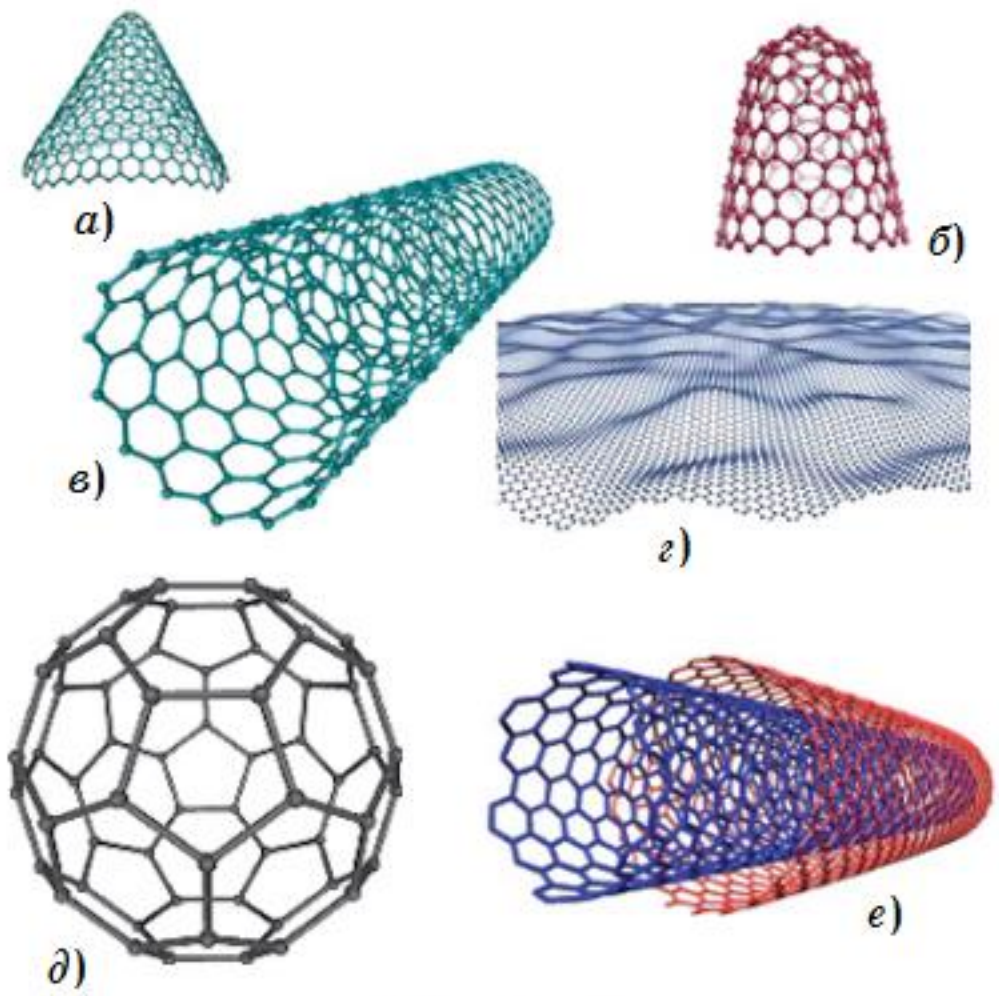
- ✓ нанотехнология
- ✓ наноматериаллар
- ✓ 3D принтер
- ✓ нанороботлар

Бугун дарсда:

- наноматериалларнинг физик хоссаларини ва уларни олиш йўлларини тушунасиз;
- нанотехнологиянинг қўлланилишини муҳокама қиласиз.

Нанотехнология *деб алоҳида бир янги хоссали материаллар олиш мақсадида атом, молекуляр ва супрамолекуляр (бир неча молекула) сатҳларда материя (модда) билан таъсирлашиш усулларига айтилади.* Одатда, бу энг камида модданинг бир ўлчови 1—100 нм чамасидаги тузилмалар билан таъсирлашиш ҳисобланади. Масалан, машҳур графен ясси наноматериал: яъни икки ўлчови жуда катта, учинчи ўлчови бир атомли, углерод нанонайчаси *чизиқли наноматериал*, фуллерен эса нуқтавий наноматериал бўлиб топилади (69.1-расм).

Наноматериал *— нанозарралардан тузилган ёки нанотехнология асосида ясалган макроскопик модда.* Бирдай кимёвий таркибли модданинг нанозарраси унинг йирик схемасидан физик, кимёвий, оптик, биологик хоссалари бўйича жуда катта фарқ қилади. Масалан, ўлчови 5 нм олтин нанозаррасининг эриш ҳарорати оддий олтиндан 250°С-га паст. Бунинг бир сабаби — зарра сиртидаги атомларнинг сони зарradаги тўла атомлар сони билан солиштирганда кўп бўлишида (сирт эффектлар). Яна бир муҳим сабаби — квант хоссалар улушининг ортиши. Нанотехноло-



69.1-расм.

а) нанокон; *б*) нанохорн; *в*) нанонайча; *г*) графен; *д*) фуллерен; *е*) қўш қаватли нанонайча

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Ричард Филлипс Фейнман (1918—1988)

гиялар билан нанофанлар шуғулланади. Уларга наномеханика, наноионика, наноэлектроника, нанофотоника, нанороботика, нанотоксикология, наномедицина ва ш.к. киради. Нанофанларнинг жадал ривожланишига боғлиқ ҳолда уларга охирги йиллари кўплаган янги соҳалар қўшилмоқда.

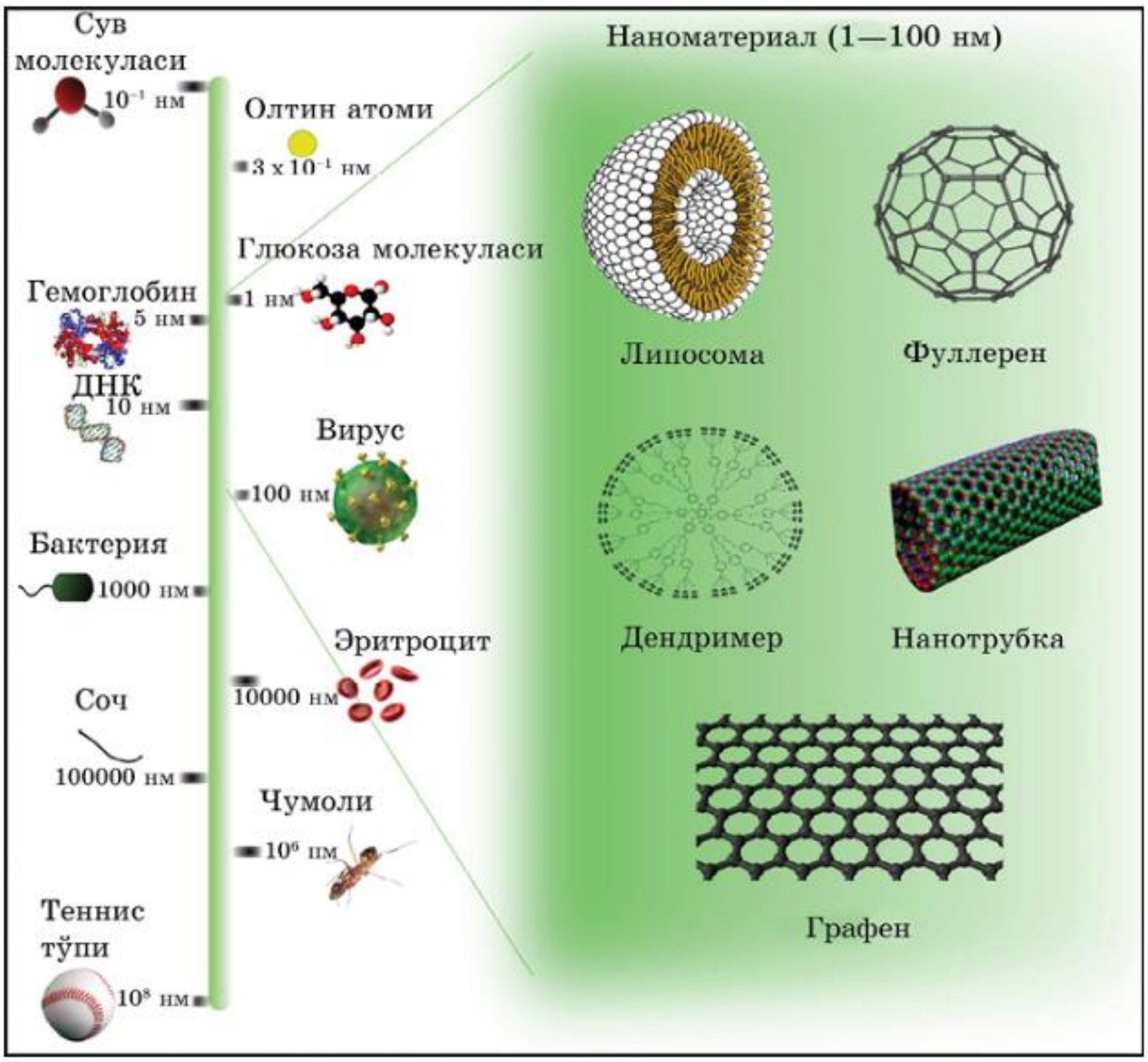
"Нано" қўшимчаси миллиарддан бир қисм маъносини беради беради (1 нм = 10^{-9} м), у грек тилида "карлик" деганни билдиради. Айтиб ўтиш керакки, баъзи ҳолларда нано қўшимчаси нисбатан анча кичик, майда деган маънода ҳам қўлланилади. Масалан, наноспутник — массаси бирнеча килограмм бўлган спутник, нанотираннус эса — бўйи бир-икки метр бўлган карлик тиранозавр. Наносатҳдаги моддаларнинг бошқа ўлчовлардаги моддалардан фарқини 69.2-расмдан кўришга бўлади.

Нанотехнологиялар ҳақида дастлаб илмий турда америка олими Р.Ф.Фейнман Калифорния технология институтидаги Америка физиклари жамиятининг мажлисида 1959 йили 29 декабрда берган "There's Plenty of Room at the Bottom" ("Қуйида жуда кўп бўш ўрин бор") номли дарсида баён қилган. Бироқ у вақтда нанотехнология термини бўлмаган. "Нанотехнология" терминини дастлаб 1974 йили япон олими Норио Танигути таклиф қилди. Фан соҳаси сифатида нанотехнология тушунчаси 1980 йилдан шакллана бошлади. 1981 йили немис олими Герд Карл Бинниг ва швейцариялик олим Генрих Рорер атомларни тасвирлаш билан бирга, улар устида амаллар бажаришга имкон берадиган сканерловчи туннелли микроскоп ихтиро қилиб, нанофанлар учун реал асбоб яратишди (69.3-расм). Нанотехнологиялар даври шундан бошланди дейин мумкин.

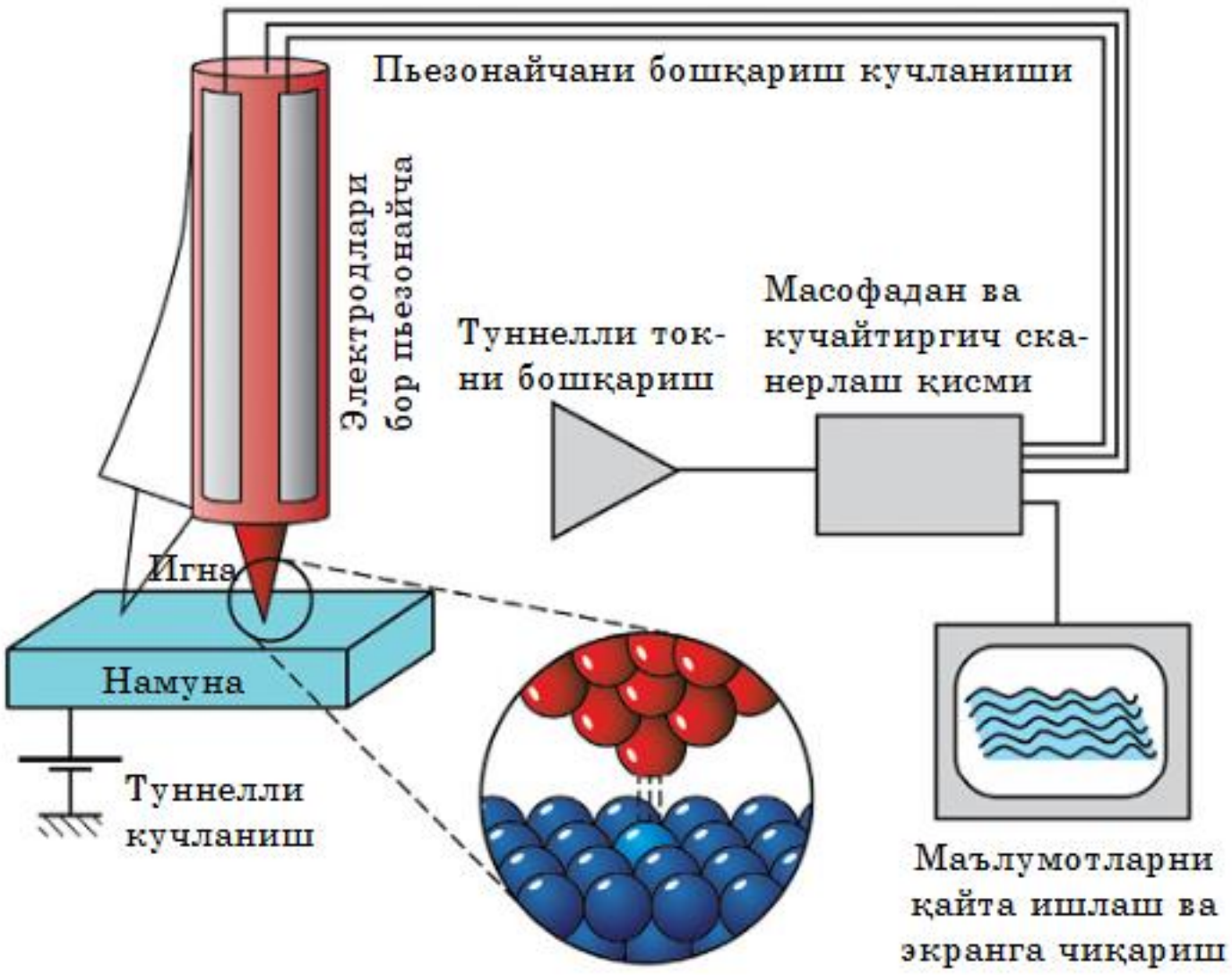
Инсонлар нанотехнологияларнинг қўлланилишини 2000 йиллардан бошлап сеза бошлади. Худди шу вақтдан бошлаб ривожланган давлатлар нанотехнологияни ривожлантиришнинг давлат дастурларини тузиб, молия бўла бошлашди. Нанотехнология физика, кимё, биология, медицина, электроника соҳаларида ва қишлоқ хўжалигида кенг қўлланишга эга бўлиб, наноматериалдар ва нанозарралар кундаликда ишлатиладиган моддаларнинг таркибига кира бошлади. Замонавий нанотехнология бўйича олдинги ўринда энг кўп патентга эга Samsung корпорацияси турибди. Бу компания 2021 йили процессор ясашнинг бугунги кундаги (2019 й.) энг илғор 3 нм технологиясини коммерциялик ишлаб чиқаришда йўлга қўйишини эълон қилди. Шунингдек бу соҳадаги илмий изланишлар бўйича LG (Корея), IBM (АҚШ) ва Toshiba (Япония) компаниялари, АҚШ, Европа жамияти, Хитой, Япония, Россия илмий тадқиқот ташкилотлари пешқадамлик қилмоқда.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



69.2-расм. Наносатҳни бошқа ўлчовлар билан солиштириш



69.3-расм. Сканерловчи туннелли микроскоп

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

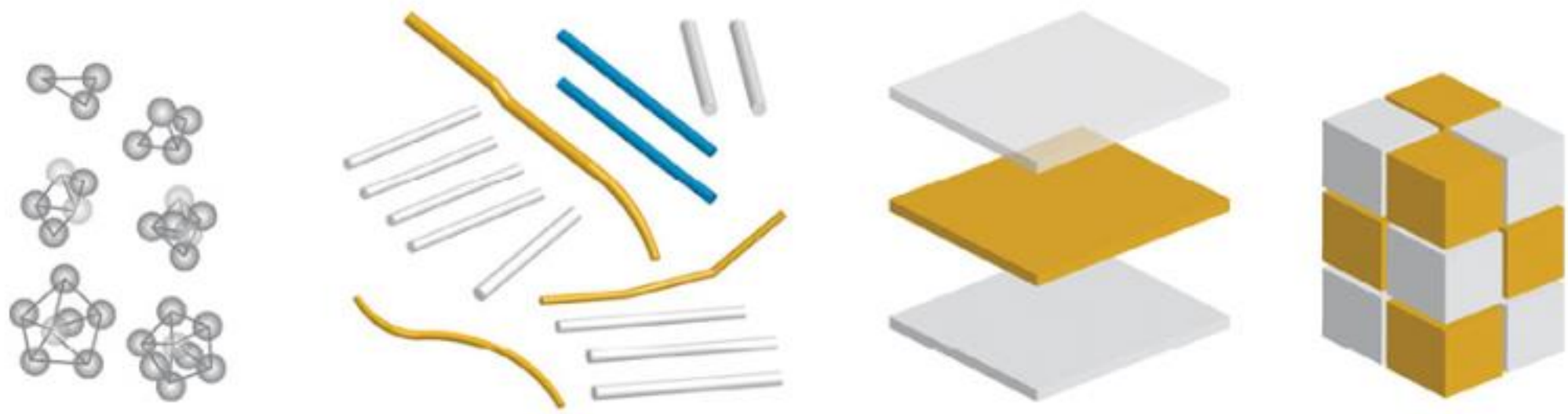
Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Нанотехнологиялар умумлашган услубларига кўра *юқоридан пастга* ва *пастдан юқорига* деб иккига бўлинади. Юқоридан пастга усули бўйича нанометрли зарралар йирик зарралар ёки қаттиқ жисмларни механик ёки бошқа усулларда майдалаш орқали олинади. Бундай тур технологияларга наноматериаллар ва нанотузилмаларни ҳажмли моддалардан олиш учун қўлланиладиган усуллар: махсус майдалагичлар; аморф қотишмаларни кристаллаш; тез пластик деформациялаш; электр портлатиш ва бошқалар киради. Пастдан юқорига усули бўйича нанозарралар атомлар ва молекулалардан шакллантирилади, яъни энг кичик ўлчовли тузилмаларни нанометрли ўлчамларгача катталаштириш амалга оширилади. Бундай тур технологияларга конденсацион газфазали синтез; конденсацияли плазмокимёвий синтез; коллоидли эритмаларни тиндириш; газ фазасидан қобиқчаларни кимёвий ва физик тиндириш (CVD ва PVD), қобиқчаларни электр тиндириш ва бошқалар киради.

Ҳамма наноматериаллар 3D, 2D, 1D ва 0D ўлчовли бўлиб бўлинади (69.4-расм).

3D принтерлар. 3D принтерлар — ҳажмий моддани қатламларни устма-уст тушириш орқали ясайдиган аддитив технология асосида ишлайдиган асбоб. Ҳозирги вақтда қатламларни нанозарраларни лазер билан эритиб ясайдиган 3D принтерлар яратилмоқда. Бу асбоблар наноматериалларни ясашда қувватли қурол бўлиб ҳисобланади.

Нанороботлар. 1986 йили американлик олим Эрик Дрекслер “Яратиш машиналари: келаётган нанотехнология даври” (Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology) китобида ўлчовлари 100 нм дан ошмайдиган, ҳаракатланиш, амаллар бажариш, дастурлаш, ахборот алмашиш ва қайта ишлаш қобилиятларига эга машиналарни ясаш мумкинлигини қараб чиқиб, “наноробот” терминини киритди. Бундай машиналар ясалган тақдирда инсоният ривожланишнинг навбатдаги янги босқичига ўтиши аниқ. Ҳозирги вақтда нанороботларни ясаш



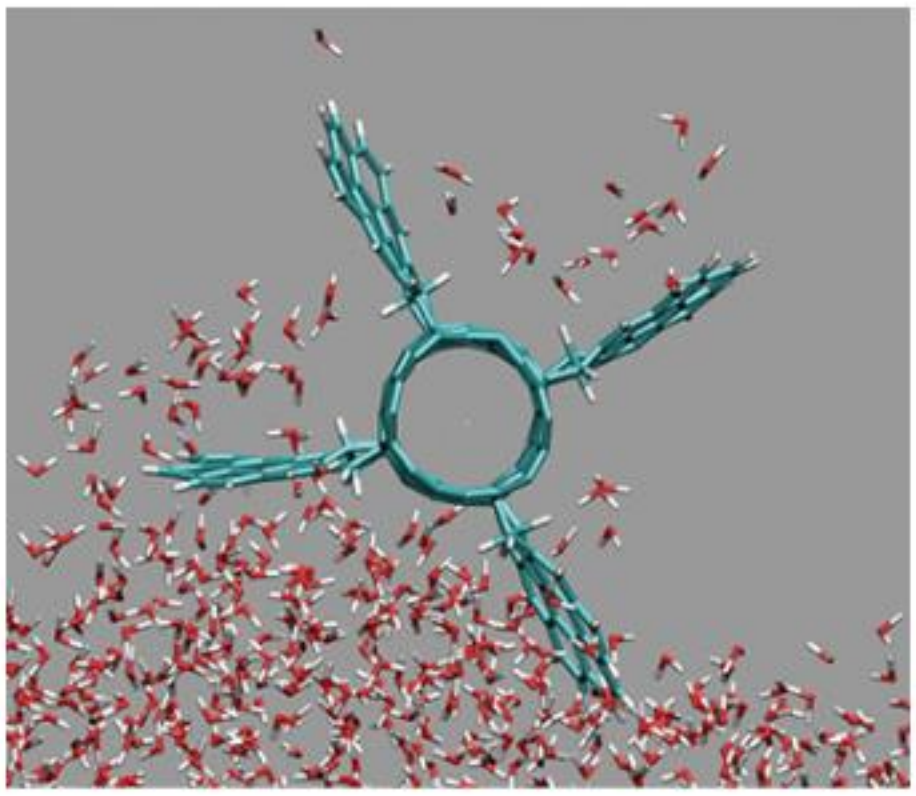
Кластерлар 0D | Нанонайчалар, толалар, стержень 1D | Плёнкалар ва қатламлар 2D | Поликристаллар 3D

69.4-расм. Наноматериаллар турлари

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

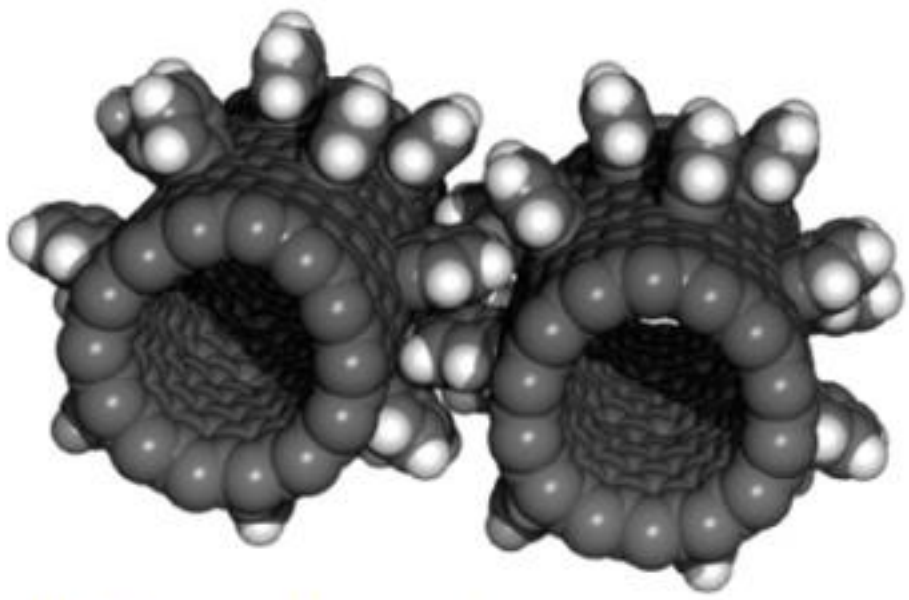
Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

бўйича жадал изланишлар олиб борилмоқда. Ҳатто уларнинг баъзи таркибий қисмлари яратилди ҳам. Наносатҳда беморларни даволовчи (зарарли бактериялар ва вируслар-ни йўқотиб, заҳарли моддаларни зарарсизлантирадиган, организмни тузатадиган, дориларни керакли жойга ташийдиган, диагностика қиладиган) медицина нанороботлари-ни ясаш режалаштирилмоқда.



69.5-расм. Нанопропеллер

Нанотехнологияни қўллашнинг фойдаси билан бирга хавфли томон-лари ҳам мавжуд. Нанозарраларнинг тирик организмга таъсири турли ту-ман. Нанозарра ўлчамига, шаклига, концентрациясига ва таъсир этиш объектига боғлиқ ҳолда турлича таъ-сир кўрсатиши мумкин: бир ҳолда даволаса, бошқа ҳолда заҳарлаши мумкин. Масалан, фуллерен маълум бир мойлар билан аралаштирил-ганда соғлиқ учун фойдали бўлса, сувга солинган жуда оз концентра-циядаги коллоиди тери ва буйрак ҳужайралари учун заҳарли (69.5-расм). Углерод нанонайчаларининг кўпчилиги тирик организмларни мутацияга учратиб, ҳужайраларнинг апоптозига сабаб бўлади (69.6-расм). Шу сабабли наноматериалларни ишлаб чиқарганда атроф-муҳитни ифлосламасликка, халқаро ташки-лотлар ва давлатлар томонидан нанотехнологияларга тегишли кели-шилган хавфсизлик чораларини сақлашга алоҳида эътибор берилмоқда.



69.6-расм. Нанонайчалардан ясалган тишли ғилдирак

Қозоғистонда нанотехнологик изланишлар барча техник ва тадқиқот университетларида жадал олиб борилмоқда. Масалан, Назарбаев уни-верситети, ал-Форобий номидаги Қозоқ миллий университети, Бокетов номидаги Қарағанда давлат университетлари қошидаги нанолаборато-рияларда илмий изланишлар олиб борилмоқда.

1. *Нанотехнологиямодданинг қандай хоссаларигаасосланган?*
2. *Нанотехнологияусулларинимаси билан фарқланади?*
3. *Наноматериалларкатта бўлиши мумкинми?*
4. *Нанозарралар организмгақандай таъсир кўрсатади?*
5. *Нанороботлар қайси соҳалардақўлланилиши мумкин?*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

11-бобнинг асосий мазмуни

• **Нанотехнология** — алоҳида бир ўзгача ва янги хоссали материаллар олиш мақсадида атом, молекуляр ва супрамолекуляр (бир неча молекула) сатҳларда материя (модда) билан таъсирлашиш усулларига айтилади.

• **Наноматериал** — нанозарралардан тузилган ёки нанотехнология асосида ясалган макроскопик модда.

• **Сканерловчи туннелли микроскоп** — атомларни тасвирлаш билан бирга, улар устида амаллар бажаришга имкон берувчи нанофанлар учун жуда муҳим асбоб.

• **3D принтерлар** — ҳажмий моддани (наноматериални) кичик ўлчовли қатламларни устма-уст жойлаштириш орқали ясайдиган аддитив технология асосида ишлайдиган асбоб. Бу асбоблар наноматериалларни ясашда қувватли қурол ҳисобланади.

• **Нанороботлар** — ўлчамлари 100 нм дан ошмайдиган, ҳаракатланиш, амаллар бажариш, дастурлаш, ахборот алмашиш ва қайта ишлаш қобилиятларига эга машиналар.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

VII бўлим. КОСМОЛОГИЯ

12-боб. КОСМОЛОГИЯ

70-§. Астрономия, астрофизика ва космология

Таянч тушунчалар:

- ✓ астрономия
- ✓ астрофизика
- ✓ астрометрия
- ✓ космология

Бугун дарсда:

- коинотни ўрганадиган фан — астрономиянинг тадқиқот соҳаси ва унинг бўлимларининг ўзаро боғланиш билан танишасиз.

Табиат қонунларини тадқиқ қилишдаги замонавий ютуқлар инсонинг табиатга бўлган кўзқарашини анча чуқурлаштириб, кўп фанлар орасидаги чегарани тахминан белгилайдиган ҳолга етказди. Астрономиянинг охирги ютуқлари асосида унинг ўрганиш объектлари қатори коинотдаги кўринмайдиган материядан бошлаб, тирик организмларгача оралиқни ўз ичига олади дейиш мумкин. Агар физикани табиат ва уни ташкил қилган материянинг энг асосий, имкон қадар умумий ва фундаментал қонуниятларини ўрганадиган фан десак, астрономияни физиканинг методларидан фойдаланиб, Коинотни батафсил тадқиқ қиладиган фан деб айтишга бўлади.

Астрономия сўзи юнонча "*астрон*" — "*юлдуз*" ва "*номос*" — "*атама, қонун*" сўзларидан келиб чиққан. Бу бобда қараладиган маълумотларга кўра астрономия бу осмон жисмларининг, уларнинг системаларининг ва бутун Коинотнинг физик тузилишини, пайдо бўлишини, ҳаракатини ва эволюциясини ўрганадиган фандир. Астрономиянинг Коинотдаги асосий тадқиқот объектлари — Қуёш, планеталар ва уларнинг йўлдошлари, метеор жисмлар, туманликлар, юлдузлар, юлдуз тўдалари, галактикалар ва ш.к. космик объектлар. Ерни Қуёш системасининг бир планетаси сифатида осмон жисми деб қарасак, у ҳам астрономиянинг тадқиқот объекти ҳисобланади. Астрономиянинг ўзига хос йўналишларидан яна бири — ердан ташқаридаги цивилизацияларни излаш ва улар билан боғланиш ўрнатиш. Бу савол инсониятнинг олдидаги энг асосий масалаларнинг бири бўлиб қолмоқда.

Сиз буни биласиз

Зодиакал юлдуз туркумлари эклиптика бўйлаб жойлашган. Қуёш, Ой ва планеталар осмон сферасида эклиптика яқинида айланади.

Астрономиянинг асосий тадқиқот усули — кузатиш. Кузатишлар, асосан, турли телескоплар ёрдамида бажарилади. Оптик диапазондан

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

ташқаридаги электромагнит нурларни қайд қилиш, спектрал таҳлил қилиш, фотога ва видеога тушириш, электрон-ҳисоблаш машиналаридан фойдаланиш кузатиш ва унинг таҳлил имкониятларини анча кенгайтирди. Космонавтиканинг ривожланишига боғлиқ астрономияда тажриба ўтказиш имконияти пайдо бўлди. Космик кемалар ва сунъий Ер йўлдошлари ёрдамида астрономлар Оламни тадқиқ қилишнинг янги босқичига кўтарилди. Қуёш системасини ўрганишда планеталараро космик кемаларни қўллаш астрономияда кўплаб янгиликларни очилишига олиб келди. Осмон жисмларини тадқиқ қилишнинг яна бир йўли — космик нурлар ва метеоритларни ўрганиш.

БУ ҚИЗИҚ!

Астрономияда зодиакал юлдуз туркумлари сони 13 та. Бироқ кўпчилик уларнинг сони 12 та деб билади. Сабаби қадимда бу юлдуз туркумлари сони 12 та бўлган. Кўпчиликка таниш астрология шу эски системадан фойдаланади. Астрономлар 1928 йили юлдуз туркумлари чегарасини қайта қарагач, уларнинг сони 13 та бўлди.

Осмон жисмларини ўрганишда асосан уч масала аниқланади:

Осмон жисмларининг кўринма ўрни ва ҳаракатини, уларнинг ҳақиқий ўрни ва ҳаракатини аниқлаш ва бу маълумотлар асосида эса ўлчамлари ва шаклини аниқлаш.

Осмон жисмларининг физик тузилиши, кимёвий таркиби, ундаги физик шароитларни (босим, ҳарорат, зичлик) аниқлаш.

Осмон жисмлари ва уларнинг системаларининг пайдо бўлиши ва ривожланиши масалаларини аниқлаш.

Астрономия унда ишлатадиган маълумотлар характерига кўра, асосан, тўрт бўлимга бўлинади: *астрометрия*, *осмон механикаси*, *астрофизика* ва *космология*.

Астрометрия — *осмон жисмларининг кўринма ўрни ва ҳаракатини, Ернинг айналишини ўлчашнинг назарий ва техник методларини топишни, уларни математик қайта ишлаш усулларини аниқлаш ва янада ривожлантиришни ўрганади.* Астрометрия осмон координата системаларини киритиш, Ернинг айланишини мумкин қадар тўлиқ тавсифловчи параметрлар тўпламини топиш, астрономик кузатишлар асосида аниқ вақтни аниқлаш (вақт хизмати), тақвим (календарь) тузиш, кузатишлар асосида ер сиртининг географик координаталарини аниқ топиш каби муҳим масалаларни ўрганади. Астрометрияни, асосан, вақт ўлчаш системалари ва осмон жисмларининг кўринма ўрни ва ҳаракатини аниқлашнинг математик методларини ўрганадиган "Сферик астрономия" ва кузатишлар билан астрономик асбобларни ясаш назарияси — "Амалий астрономия" деб икки қисмга бўлиш мумкин.

Осмон механикаси — *осмон жисмлари ва уларнинг системаларининг ўзаро таъсирлашиши (асосан, Бутун олам тортишиш қонуни) натижасида бўладиган ҳаракатини ўрганади.* Осмон механикасининг

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

асосий амалий масалалари — кузатишлардан олинган маълумотларга асосланиб, осмон жисмлари (шунингдек сунъий йўлдошлар ва космик кемалар) орбиталарининг элементларини аниқлаб, уларнинг траекториясини топиш, ҳаракатининг турғунлигини аниқлаш. Осмон механикасининг "Назарий астрономия" деб аталувчи қисми осмон жисмларининг кўринма ўринлари (эфемеридалари) ва орбиталарини ҳисоблаш билан шуғулланади. Космик кемаларни учириш зарурати осмон механикасининг жадал ривожланишига ижобий таъсир этмоқда.

Астрофизика — у осмон жисмларининг пайдо бўлишини ("Космология"), улардаги физик шароитни, физик тузилиши ва кимёвий таркибини, улар сиртидаги ва марказидаги борадиган жараёнларни, уларнинг орасидаги муҳитнинг (юлдузлараро ва ш.к.) хоссаларини ўрганади. Юлдузлар ва уларнинг системаларни батафсил ўрганадиган "Юлдуз астрономияси" астрофизиканинг бир қисми бўлиб топилади. Умуман олганда, астрофизикани назарий ва кузатиш қисмларидан иборат деб қараш мумкин. Кузатиш астрофизикаси таркибига оптик астрофизикадан бошқа астроспектроскопия, радиоастрономия, шунингдек астрофизикада XX асрнинг иккинчи ярмида пайдо бўлган соҳалар сифатида инфрақизил, ультрабинафша, рентген, гамма-астрономия, нейтрино астрономияси ва XXI асрда пайдо бўлган гравитацион-тўлқин астрономиясини киритиш мумкин. Астрофизикада муҳим ўрин тутган, сўнгги вақтларда алоҳида йўналиш сифатида қаралаётган космология бўлими жуда жадал ривожланишда. Замонавий космология Эйнштейннинг умумий нисбийлик назарияси яратилгандан сўнг юзага келди. Космология Оламни яхлит олганда, унинг пайдо бўлиши ва ривожланишини, геометрик тузилишини, ундаги модданинг қандай пайдо бўлганини, қоронғу энергия ва қоронғу материянинг табиати ва уларнинг Олам ривожланишидаги ўрнини ўрганади. Бизнинг элимизда астрономия соҳасидаги илмий тадқиқотлар 1940 йили сентябрь ойида Қуёшнинг тўлиқ тутилишини кузатишдан бошланди. Алмати шаҳрида Қуёшнинг тўлиқ тутилишини кузатиб, ўрганиш учун Совет Иттифоқининг турли шаҳарларидан астрономлар келишди. Қозоқ Фанлар академиясининг биринчи президенти академик Қаниш Имантайўғли Сатпаевнинг ташаббуси билан академия қошида Астрономия ва астрофизика илмий институти ташкил топди (кейинчалик Фесенков номидаги Астрофизика институти деб аталди). Бу институт ҳозирги кунда ҳам ўз фаолиятини давом эттирмоқда.

1. *Космологиянима?*
2. *Астрономия нимани ўрганади?*
3. *Астрономия қандай бўлимларга бўлинади?*
4. *Космологияҳақида қисқа эссеёзинг.*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

71-§. Юлдузлар олами. Юлдузларгача масофа. Ўзгарувчан юлдузлар

Таянч тушунчалар:

- ✓ юлдуз туркумлари
- ✓ зодиак
- ✓ ёрқинлик
- ✓ ёруғлик йили
- ✓ протоюлдуз
- ✓ оқ карлик
- ✓ нейтрон юлдуз
- ✓ қора ўра

Бугун дарсда:

- юлдузларгачамасофаниқандай аниқланишини билиб олиб, юлдузларнинг шаклланиши ва ривожланиши қандай бориши ва тугаши билан танишасиз.

Юлдуз *деб водород ва гелийдан иборат, марказида термоядро реакциялари бориши натижасида атрофга доимий энергия (ёруғлик ва зарралар тарзида) таратадиган, плазма ҳолатидаги массаси улкан шарсимон осмон жисмига айтади.* Юлдузларга уларнинг эволюциясининг сўнгги босқичи бўлган ***оқ карлик*** ва ***нейтрон*** юлдузлар ҳам киритилади.

Юлдузларнинг асосий характеристикалари: ёрқинлиги, сирт ҳарорати, радиуси, кимёвий таркиби ва массаси. Уларнинг кўпчилиги Қуёш характеристикалари бирлигида берилади (71.1-жадвал).

71.1-жадвал

Қуёшнинг асосий характеристикалари

Номи	Белгиланиши	Қиймати
Қуёш массаси	$M_☉$	$1{,}989 \cdot 10^{30}$ кг
Қуёш радиуси	$R_☉$	$6{,}957 \cdot 10^{8}$ м
Қуёш ёрқинлиги	$L_☉$	$3{,}827 \cdot 10^{26}$ Вт

Бунга қўшимча ўта гигант юлдузлар ўлчамлари *астрономик бирликларда* (1 а.б. = 149597870700 м) ўлчанади. Юлдузларгача масофа *ёруғлик йили билан* (ёруғлик бир Юлиан йилида (356,25 сутка) учиб ўтадиган масофа — 1 ё.й. = $9{,}46 \cdot 10^{15}$ м = 63241,1 а.б. = 0,306 пк)

$$1 \text{ ё.й.} = 365{,}25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ с} \cdot 2{,}99 \text{ м/с} = 9460730472580800 \text{ м}$$

ёки парсекларда (1а.б. тик қараганда 1 с бурчак остида кўринадиган масофа — 1 пк = $3{,}09 \cdot 10^{16}$ м = 206264,8 а.б. = 3,262 ё.й.) ўлчанади:

$$1 \text{ пк} = \frac{1 \text{ радиан}}{1''} \text{ а.б.} = \frac{360 \cdot 60 \cdot 60}{2\pi} \text{ а.б.} = 3{,}0856776 \cdot 10^{16} \text{ м.}$$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Юлдузлар, асосан, галактика ичида жойлашиб, унинг маркази атрофида айланадилар. Юлдузлар галактика ичидаги юлдузлараро муҳитдан (газ-чанг туманликдан (булутлардан)) пайдо бўлишидан бошлаб, ҳаёти давомида турли эволюцион босқичлардан ўтади.

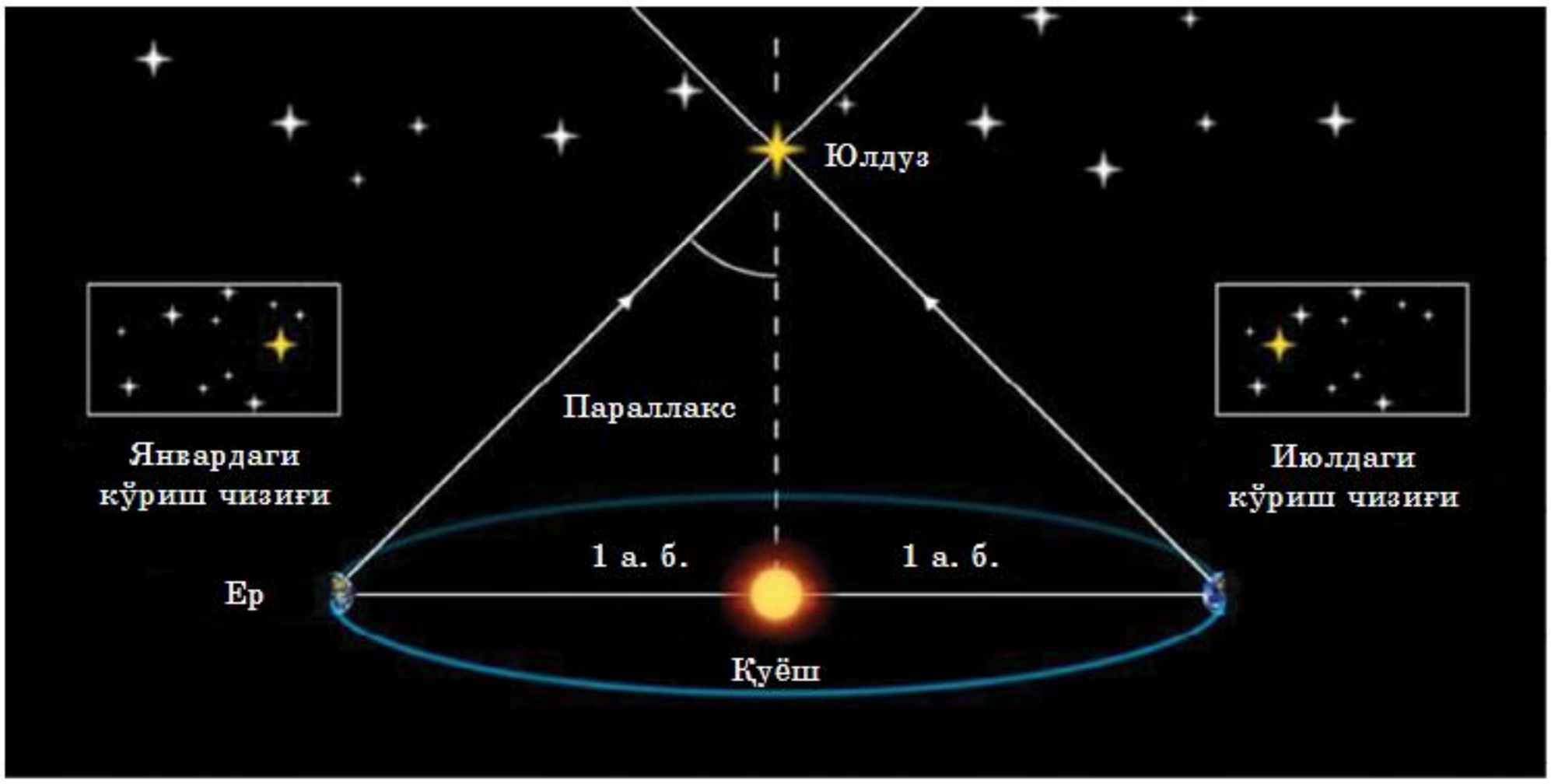
Юлдузларгача масофа. Қуёш — бизга энг яқин жойлашган юлдуз. Қуёшга энг яқин юлдуз — Центавр юлдуз туркумининг Проксима юлдузи. Унгача масофа 4,244 ёруғлик йили.

Бизга яқин юлдузларгача масофалар параллакс усулида аниқланади (71.1-расм). Ҳозирги оптик телескоплар параллаксни ~0,001% нисбий хатоликда ўлчай олади. Ернинг йўлдошидаги орбитал телескопдан 1000 пк гача масофани ўлчаш мумкин. Ер сиртидан эса атмосферадаги чайқалишлар туфайли 100 пк гача масофани ўлчаш мумкин. Радиотелескоплар ёрдамида 10 Мпк масофагача ўлчашлар юритилади.

Сиз буни биласиз

Ёруғлик Қуёшдан Ергача тахминан 8 минутда етиб келади.

Юлдузларни ўрганиш учун фотокамера, спектрограф, магнитограф ва бошқа кўплаган асбоблар билан жиҳозланган махсус телескоплар қўлланилади. Юлдузлар ҳақида маълумотларни олимлар, улардан келган ёруғликни спектрга ажратиб ўрганиш орқали олади. Спектр орқали юлдуз сиртининг (юлдуз фотосфераси) ҳарорати ва кимёвий таркиби аниқланади. Юлдузнинг узлуксиз спектрда нурланадиган энг



71.1-расм. Юлдузнинг йиллик параллакси

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

кўп миқдордаги энергияга мос келган тўлқин узунлигини **Виннинг силжиш қонуни** бўйича аниқлашга бўлади:

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T} = \frac{2900}{T},$$

бу ерда λ_{max} — микрометрларда олинган тўлқин узунлиги, b — Вин доимийси, T — абсолют ҳарорат. Кузатишлар асосида юлдуз спектрида максимум нурланиш соҳасини аниқлаб, унинг ҳароратини Вин қонуни орқали ҳисоблашга бўлади.

Ҳарорати маълум бўлган ҳолда **Стефан—Больцман қонуни** орқали юлдузнинг тўлиқ энергетик ёрқинлигини (бирлик юздан бирлик вақтда спектрнинг барча соҳаси бўйича нурланиш энергиясининг миқдори, ўлчов бирлиги [Вт/м^2]) топиш мумкин:

$$R_т = \sigma T^4,$$

бу ерда σ — Стефан—Больцман доимийси.

БУ ҚИЗИҚ!

Қуёш ядросида пайдо бўлган фотон Қуёш сиртига юз минг йилдан кўп вақтда етади..

Кўринма юлдуз катталиги деган тушунчани грек астрономи Гиппарх эр.ав. II асрда киритди. Кўринма юлдуз катталиги юлдузнинг ёрқинлиги (юлдузнинг бирлик вақтда чиқарадиган ёруғлик энергияси) катталигини кўрсатади. Икки юлдузнинг кўринма юлдуз катталиклари m ва уларнинг ёрқинлиги L бўлса, улар орасидаги муносабатни **Погсон формуласи** орқали ифодалаш мумкин:

$$m_2 - m_1 = -2{,}5Lg\frac{L_2}{L_1}.$$

Бундан 1^m юлдузининг ёрқинлиги $6m$ юлдузининг ёрқинлигидан 100 марта катта эканлиги кўринади. Ёрқинлиги ва равшанлиги маълум юлдузларгача масофани тескари квадрат қонуни бўйича топишга бўлади. Ёрқинлиги маълум ёруғлик манбалари астрономияда ***стандарт шамлар*** деб аталади.

Юлдузлар биздан ҳар хил масофаларда жойлашган, шу сабабли уларнинг кўринма юлдуз катталиклари юлдузнинг ҳақиқий нурланиш қувватини (унинг ҳақиқий ёрқинлигини) аниқлай олмайди. Юлдузнинг ҳақиқий (астрономияда “абсолют” деб аташга келишилган) ёрқинлиги аниқлаш учун унгача масофани топиш керак.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Агар юлдузнинг кўринма катталиги ва парсекда ифодаланган унгача масофа берилса, қуйидаги формула ёрдамида бу юлдузнинг абсолют юлдуз катталигини ҳисоблаб топиш мумкин:

$$M = m + 5 - 5Lgr.$$

Ўзгарувчан юлдузлар. Кузатишлар натижасида оддий юлдузлардан ташқари, равшанлиги вақт ўтиши билан ўзгарадиган юлдузлар ҳам кашф қилинди. Бундай юлдузлар **ўзгарувчан юлдузлар** деб аталади. Улар уч гуруҳга бўлинади: пульсацияланувчи ўзгарувчан, эруптив ўзгарувчан ва тутилма ўзгарувчан юлдузлар.

Пульсацияланувчи ўзгарувчан юлдузлар. Пульсацияланувчи ўзгарувчан юлдузларга ўзгариши уларнинг бағридаги жараёнлар билан боғлиқ юлдузлар киради. Бу жараёнлар юлдуз равшанлигининг даврий ўзгаришига ва натижада юлдузнинг бошқа характеристикалари — сиртининг ҳарорати, фотосферанинг радиуси ва бошқаларнинг ўзгаришларига олиб келади.

Цефеидлар — Цефейнинг δ юлдузи шарафига номланган даврий ёрқинлик ўзгариши етарлича аниқ бўлган пульсацияланувчи ўзгарувчан юлдузлар гуруҳи. Энг таниқли цефеидлардан бири — Қутб юлдузи. Астрономлар цефеидлар ёрқинлигининг даврий ўзгаришига асосланиб, улардан жуда узоқдаги объектларгача масофани аниқлашда ёрқинлик эталони сифатида фойдаланади.

Эруптив ўзгарувчан юлдузлар. Бу гуруҳга равшанлиги тасодифий ўзгарадиган ёки кузатишлар борасида бир мартагина ўзгарадиган юлдузлар киради. Эруптив юлдузларнинг равшанлигининг барча ўзгаришлари уларнинг сиртидаги ёки атрофидаги портлаш жараёнлари билан ёки юлдузларнинг ўзларининг портлашлари билан боғлиқ. Ўзгарувчан юлдузларнинг бу синфи ўз навбатида икки гуруҳга бўлинади: диффуз туманликлар билан боғлиқ ҳамда янги ва ўта янги юлдузларга ўхшаш ўзгарувчан юлдузлар.

Тутилма ўзгарувчан юлдузлар. Бундай ўзгарувчан юлдузларга натижавий равшанлиги вақт ўтиши билан даврий ўзгарадиган қўшалоқ юлдуз системалари киради. Равшанликнинг ўзгариш сабаблари юлдузларнинг ўзаро тутилишига ёки қўшни системалар билан ўзаро тортишиш кучи таъсирида шаклларининг ўзгаришига, демак ўзгарувчанлиги физик ўзгаришларига эмас, геометрик факторларнинг ўзгаришига боғлиқ бўлади.

Ўзгарувчан юлдузлар ва уларнинг юлдузлар характеристикаларини аниқлашдаги роли. Эталон ўзгарувчан юлдузлар “стандарт шамлар” деб аталади. Текширишга қизиқарли объектлар — даврий ўзгарувчан юлдузлар. Бундай юлдузлар равшанлигининг ўзгариши давридан уларнинг абсолют ёрқинлигини, массаларини, ўлчамларини ва бошқа

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

характеристикаларини аниқлайди. Масалан, цефеиднинг ўртача абсолют юлдуз катталиги ва даври қуйидаги қонуният билан ифодаланади:

$$M = -2{,}43LgT - 1{,}62,$$

бу ерда T суткаларда олинган. Мос ҳолда масофа

$$5Lgr = m + 5 - M.$$

Юлдузларнинг пайдо бўлиши. XX асрнинг иккинчи ярмида астрономлар кузатишлар натижасига асосланиб, юлдузларнинг юлдузлараро муҳитдаги, асосан, водород ва гелийдан иборат молекуляр булутлардан пайдо бўлганини кашф қилишди.

Тасодифий кучлар таъсирида (масалан, гравитацион майдон тебранишлари, ташқи зарб тўлқини ва ш.к.) бу булут ўз гравитацияси ҳисобига марказга қараб сиқила бошлайди. Зичлик анча катталашганда сиқилувчи соҳа *глобулага* (қоронғу газ-чанг туманлигига) айланади (71.2-расм). Глобула ичида сферасимон соҳа тузилиб, модда бу соҳа марказига қулай бошлаганда (аккреция) *протоюлдуз* пайдо бўлади.

71.2-расм. λ Центавр туманлигидаги Такери глобулалари

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

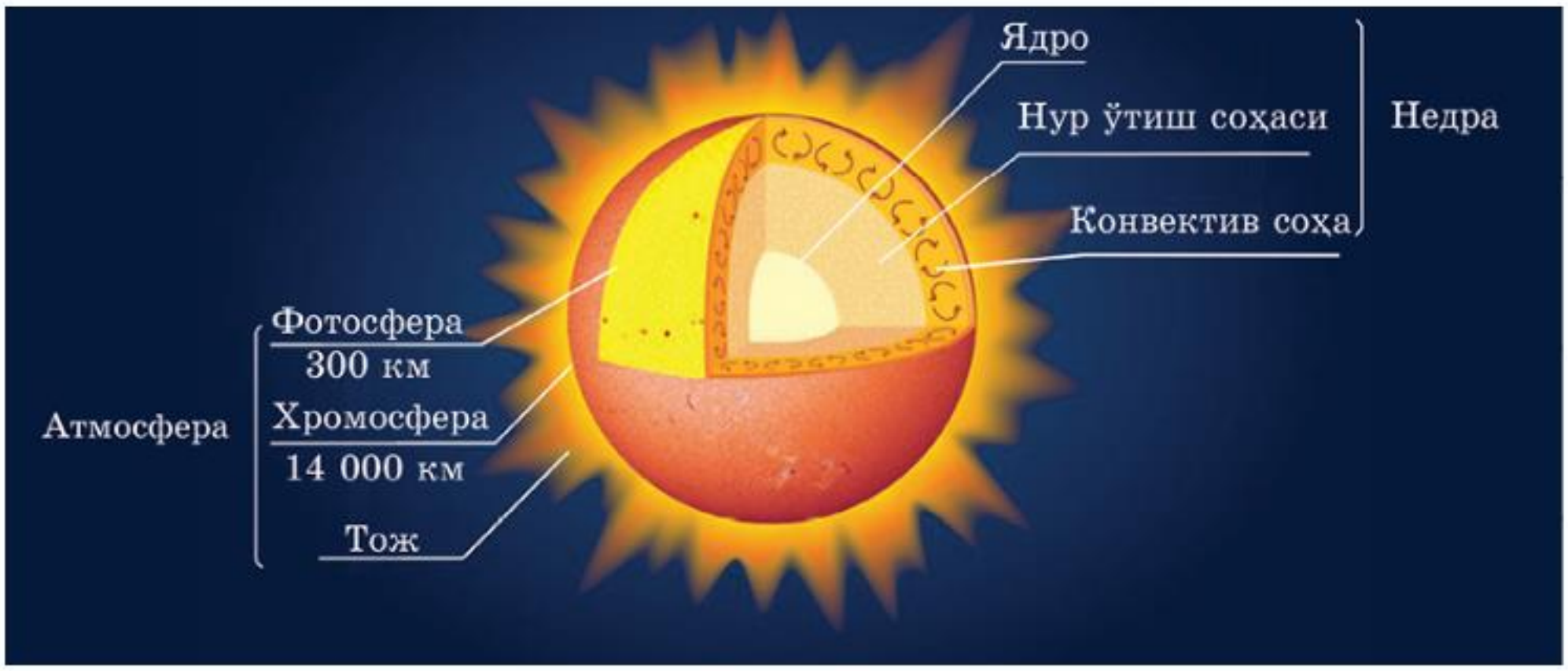
Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Сиқилаётган протоюлдузнинг гравитацион энергияси унинг ички қатламларини қиздиради. Ҳароратнинг ортиши билан чанг газга айланади, газ эса ионлашиб, молекулалар диссоциацияланади. Протоюлдуз марказидаги ҳарорат водороднинг гелийга синтезланиши термоядро реакцияси бошланадиган 15—20 млн К га етганда босим кескин ортиб, сиқилиш тўхтайди, протоюлдуз юлдузга айланади.

Бу жараён Қуёшга ўхшаш юлдузлар учун тахминан 50 млн йил давом этади. Сиқилиш соҳаси қанча катта бўлса, пайдо бўлган юлдуз массаси шунча катта бўлади. Юлдузнинг кейинги тақдирини унинг массаси ва таркиби аниқтайди, сабаби юлдуз муҳитида водород ва гелийдан бошқа элементлар ҳам бўлиши мумкин. Улар эса термоядро реакцияси боришини тезлатиб, юлдуз эволюциясига таъсир этади.

Юлдуз ядросида ажралган энергия туфайли пайдо бўлган босим ташқи қатламларга етиб, юлдуз катталашади. Катталашган сайин ҳарорат пасайиб, босим камаяди ва гравитацион куч таъсирида юлдуз қайта сиқилади: янги пайдо бўлган юлдузларнинг бундай ўзгарувчанлик даврининг узоқлиги миллионлаган йилларга чўзилиши мумкин. Охир оқибатда тебранишлар сўниб, юлдуз бу икки куч мувозанатлашган барқарор ҳолатга ўтади ва оддий ёруғлик чиқарадиган юлдузга айланади.

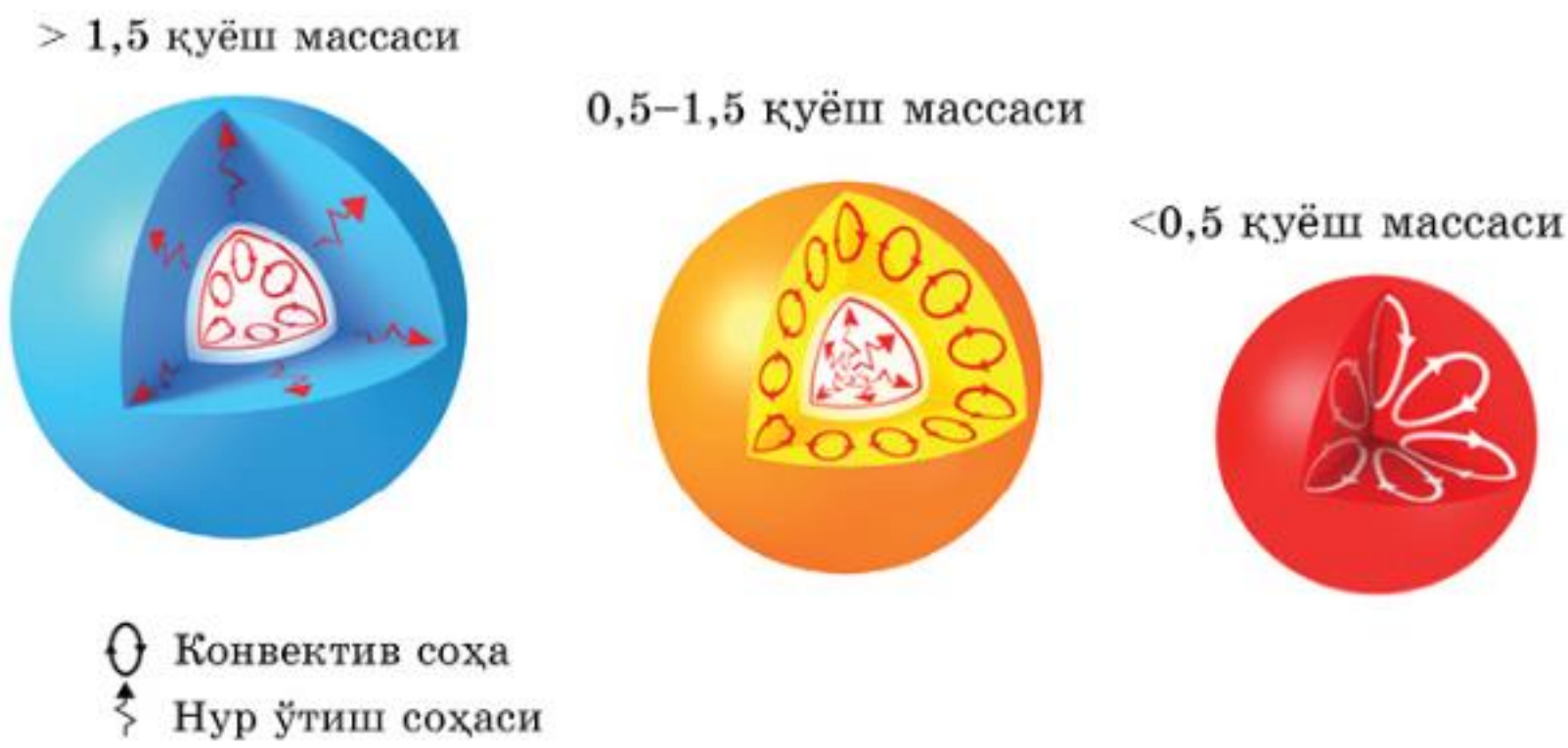
Юлдузлар ҳаётининг нормал босқичида (водороднинг ёниб тугаш даври) тузилиши уч ҳудуддан иборат: термоядро реакцияси ҳудуди (ядро); нурланиш орқали энергияни ўтказиш ҳудуди (радиацион соҳа) ва конвектив ҳудуд. Массалари Қуёш массасига яқин юлдузларнинг бу ҳудудлари ўхшаш бўлади (71.3-расм).



71.3-расм. Қуёшнинг тузилиши

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



71.4-расм. Рангига ва массасига боғлиқ юлдузнинг конвектив ва нурланиш энергияни ўтказиш ҳудудларининг жойлашиши

Юлдузнинг массаси қанчалик катта бўлса, унинг равшанлиги шунчалик катта бўлади. Унинг сиртқи қатламининг ҳарорати қанчалик юқори бўлса, унинг конвектив ҳудуди шунча кичик бўлади (71.4-расм).

Юлдузларнинг спектрал синфлари. Юлдуз спектрлари олина бошлангач, уларнинг спектрал классификацияси тузилди. XX асрнинг бошларида Герцшпрунг ва Рассел юлдузларни "абсолют юлдуз каттолик" — "спектрал синф" шкалалари бўйича мослаштириб, диаграмма ясашди. Астрономияда спектрал синфни ҳарфлар билан белгилаш қабул қилинган: *O* — ҳаво ранг, *B* — оқ, *A*, *F*, *O* — яшил-сариқ, *K*, *M* — қизғиш-сариқ). Юлдузларнинг ёрқинлиги абсолют юлдуз катталиклари билан берилади.

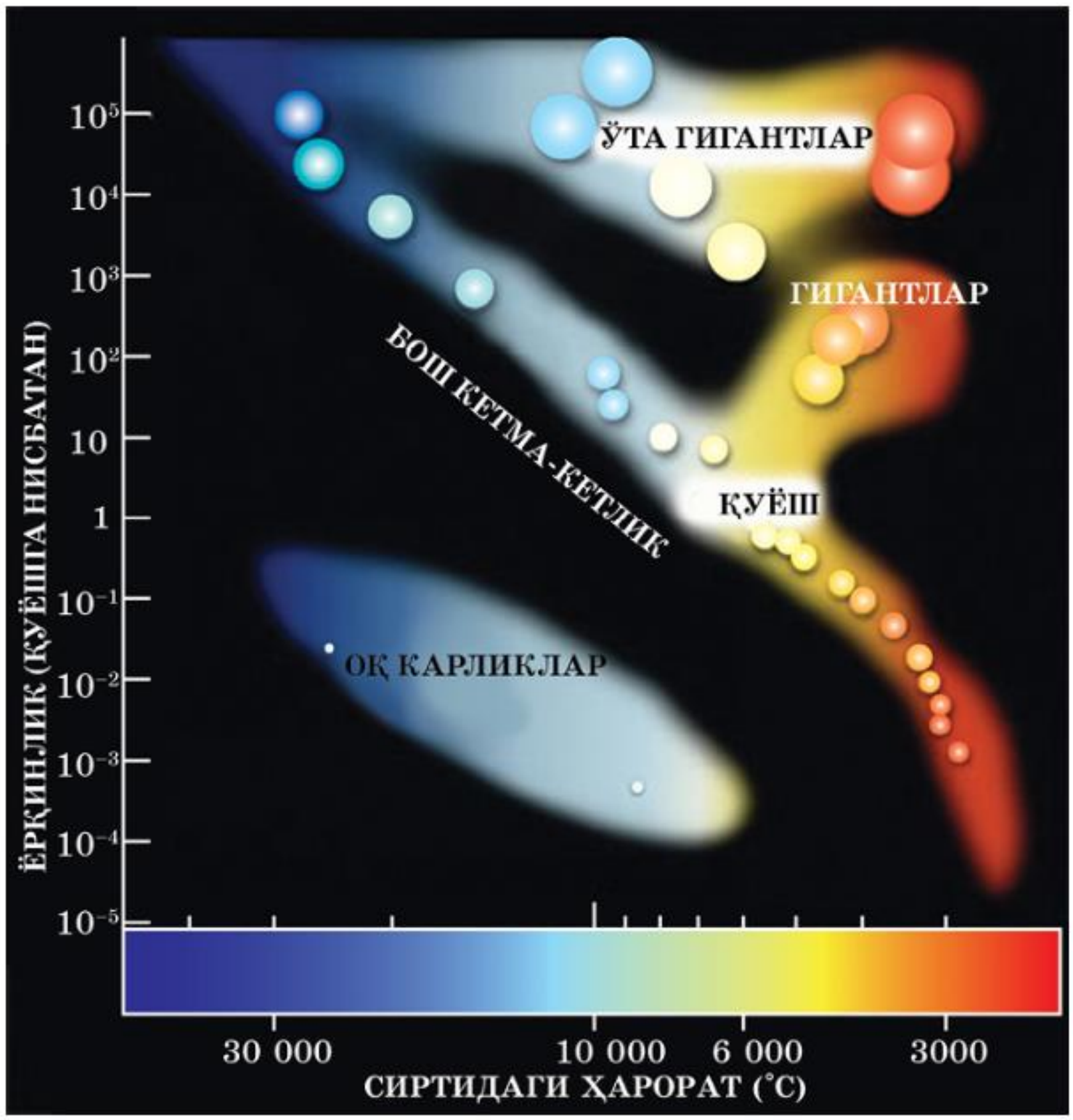
Бу диаграммада (71.5-расм) юлдузлар маълум бир чизиқлар бўйлаб жойлашади. Уларнинг кўпчилиги (70%) бош кетма-кетлик деб аталувчи чизиқ бўйлаб жойлашади. Бу юлдузлар марказларида водород ёниши ўрин олган. Вақт ўтиши билан бу юлдузлар қизил гигантларга айланиб, бошқа чизиқларга кўчади. Умуман олганда, Герцшпрунг—Рассел диаграммаси юлдузлар эволюциясини тавсифлайди.

Диаграммага эътибор берилса, юлдузлар эволюциясига тегишли яна бир қонуниятни сезиш мумкин. Уч соҳа юлдузлар ҳаётининг уч босқичини кўрсатади: бош кетма-кетлик — юлдузлар ҳаётининг асосий босқичи, гигант ва ўта гигантлар ҳудуди — юлдузларнинг "қариган вақти" ва оқ карликлар ҳудуди "юлдузлар қабристони" (сўнган юлдузлар). Бу диаграмма яна бир қонуниятни кўрсатади: юлдуз қанча катта бўлса, у бош кетма-кетликнинг шунча юқори қисмида жойлашади.

Юлдузларнинг нормал даври уларнинг массаларига ҳам боғлиқ. Юлдузларнинг ҳаёти миллионлаган йиллардан миллиардлаган йилларга чўзилиши мумкин. Юлдузнинг массаси қанча катта бўлса, унинг ҳаёти шунча қисқа бўлади. Қуёшдан массаси ўн марта ортиқ юлдузлар Қуёшга

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



71.5-расм. Герцшпрунг—Рассел диаграммаси

қараганда миллион марта ортиқ ёруғлик чиқаради. Натижада улардаги водород заҳираси бир неча ўн миллион йилларгагина етади. Массалари Қуёш массасига яқин юлдузлар ўзларининг водород ёқилғисини анча секин сарфлаб, миллиардлаган йиллар давомида доимий ёруғлик чиқариб туради.

Юлдузларнинг сўниши. Юлдузлар пайдо бўлиш пайтидаги каби сўниш пайтида ҳам беқарор ҳолга ўтар экан.

Юлдуз ядросида водород ёниб гелийга айланади. Гелий водороддан оғир бўлганлигидан юлдуз ядросига йиғилиб, ёниш ҳудуди ядро сиртига томонга силжийди. Ёниш ҳудуди юлдуз сиртига яқинлашганда босим гравитациядан ортиқ бўлиб, моддани сиртга итаради, юлдузнинг ўлчамлари ортади, сирт ҳарорати эса камаяди. У рангини ўзгартириб, **қизил гигантга** айланади. Қизил гигант — ядроси энергия узатувчи юпқа қатлам билан ўралган, қолган қисми эса конвектив ҳудуд бўлган, ўлчамлари 100—800 Қуёш радиуси оралиғидаги жуда катта ўлчамли юлдуз.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Ядронинг ички ҳарорати ортиб, юлдузнинг массаси унинг ядросининг ҳарорати 100 млн градусгача кўтарилишига етарли бўлганда гелий ёна бошлайди (гелий чақнаши массаси ~2,25 $M_{☉}$ гача бўлган юлдузларда кузатилади).

Юлдуз эволюциясининг сўнгги босқичи унинг массаси билан аниқланади (71.2-жадвал).

71.2-жадвал

Юлдузларнинг массасига боғлиқ эволюцияси

Масса, $M_{☉}$	Ядро реакциясининг бориши	Эволюция жараёнлари	Эволюциянинг якуни
0,1—0,5	Водород қатлами, энергия манбаи	Айниган He ядро тузилади, вақт ўтиши билан ташқи қобиқ тарқалиб кетади	0,5 $M_{☉}$ гача гелийли оқ карлик
0,5—8	Водород қатлами, кейин қўш қаватли энергия манбаи	Айниган CO ядро тузилади, вақт ўтиши билан портлаш натижасида ташқи қобиқ планетар туманлик ҳосил қилади (~10^4 йилда тарқалиб кетади)	0,5—1,2 $M_{☉}$ оралиғида углерод-кислородли оқ карлик ва планетар туманлик
8—12	Водород қатлами, кейин қўш қаватли энергия манбаи, кейин углероднинг ёниши	Айниган O-Ne-Mg ядро тузилиб, портлаш натижасида ташқи қобиқ тарқалиб кетади	Массаси ~1,38—1,44 $M_{☉}$ кислород-неон-магнийли оқ карлик
		Углеродли ядронинг детонацияси — II тип ўта янги юлдуз кузатилади	Портлаш вақтида юлдуз тўлиқ тарқалиб кетади
12—30	Ядродаги термоядро реакцияси темир гуруҳининг (Fe, Co, Ni) элементлари пайдо бўлгунча боради	Массаси 1,5—2 $M_{☉}$ ядро нейтрон юлдузга айланади, II тип коллапс ёки Ib/c ўта янги юлдуз кузатилади. Ташқи қобиқ ўта янги юлдуз қолдиғи сифатида ~10^4 йил давомида кузатилади	Нейтрон юлдуз
> 30	Номаълум	Номаълум	Қора ўра

Оқ карлик— *айниган электрон газ босими билан мувозанатда турувчи моддадан тузилган (хоссалари металларга мос келади), ўлчамлари Ерга ўлчовдош, массаси* 0,1—1,44 $M_{☉}$ *оралиғидаги осмон жисми*. Оқ карликлар уларда энергия манбаи бўлмаганидан бошланғич ~10^4 K ҳароратдан ўнлаган миллиард йиллар давомида совиб, иссиқ оқ карлик ҳолатидан қўнғир ҳолат босқичига алмашади, кейин вақт ўтиши билан кўзга кўринмайдиган қора карликка айланади. Оқ карликнинг зичлиги тахминан 10^5—10^9 г/см^3 оралиғида, яъни бир сантиметр кубга 100 кг дан бошлаб (гелийдан иборат бўлса) миллион тоннагача ораликда, магнит майдони эса 10^5 Тл гача бўла олади.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

71.6-расм. Нейтрон юлдуз тузилиши, ρ_0 — атом ядроси зичлиги

Сиз буни биласиз

Галактиканинг марказида ўта улкан қора ўра бор.

Нейтрон юлдуз — *асосан, нейтронлардан иборат, ўлчамлари* 10 *км атрофида, кузатилган массаси* (назарияда 0,1—2,8) 1,3—1,5 $M_☉$ *оралиғида, зичлиги атом ядросининг зичлигидай* ($2{,}8 \cdot 10^{17}$ кг/м^3) *бўлган осмон жисми* (71.6-расм). Унинг бир сантиметр куб ҳажмидаги модда массаси тахминан 10 млрд тонна, магнит майдони 10^{11} Тл гача бўлади.

Массаси 30 $M_☉$ ортиқ гигант юлдузлар ядроси унинг ҳаётининг сўнгида **қора ўрага** айланади. Қора ўра радиуси қуйидаги формуладан аниқланади:

$$r_g = \frac{2GM}{c^2},$$

бундаги r_g — "*гравитацион радиус*", радиуси r_g бўлган сфера "*Шварцшильд сфераси*" деб аталади. M — юлдуз массаси, G — гравитацион доимий, c — ёруғлик тезлиги. Нейтрон юлдузларнинг радиуслари уларнинг гравитацион радиусларидан бир неча мартагагина катта. Шварцшильд сферасига кирган исталган модда (ҳатто ёруғлик нури ҳам) қайтиб чиқа олмайди, шу сабабли у "Қора ўра" деган ном олган.

БУ ҚИЗИҚ!

Қора ўранинг радиуси унинг массасига тўғри пропорционал. Демак, агар массаикки марта ортса, унда радиус ҳам икки марта ортади. Оқ карликларнинг радиуси эса массасига тескари пропорционал, яъни унинг массаси ортганда ўлчами аксинча камаяди.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

1. *Юлдузлар нурланиш учун керакли энергияни қаердан олади?*
2. *Ўта янги юлдуз портлагач унинг ўрнида нима қолади?*
3. *Герцшпрунг—Расселдиаграммасининг бош кетма-кетлигидаги юлдузларнинг ўрни нимага боғлиқ?*
4. *Юлдузларда қандай реакция ҳисобига водород элементидан бошқа енгил кимёвий элементларпайдо бўлади?*
5. *Юлдузнинг ранги орқали унинг сиртидаги ҳароратни қандай аниқлаш мумкин?*
6. *Қуёш ва Ерни "қора ўра" гача сиқиш мумкинми?*

Масала ечиш намунаси

Юлдузнинг йиллик параллакси 1″ бўлса, унгача масофани астрономик бирликларда ҳисобланг.

Берилган:
$S = 1''$
$a = 1$ а.б.

Топиш керак:
r — ?

Ечилиши. $r = 206265'' \; a/p$ формуласидан фойдаланамиз, бу ерда $p = 1''$, $a = 150\,000\,000$ км $= 1$ а.б. Бу берилганларни формулага қўйиб, $r = 206265'' \cdot 1$ а.б./ $1'' = 206\,265$ а.б. оламиз.

36-машқ

1. Веганинг йиллик параллакси 0,12″га тенг. Унгача масофа парсекда, ёруғлик йилида, астрономик бирликда, километрда ўлчаганда қандай бўлади?

   Жавоби: 8,3 пк.; 27,17 ё.й.; 1718 875 а.б.; 2,58 · 10 км.

2. Қуёшнинг абсолют юлдуз катталиги $M = +4{,}8^m$. Унинг кўринма юлдуз катталигини топинг. Қуёшгача масофани 150 млн км деб ҳисобланг. Агар юлдузнинг абсолют юлдуз катталиги 5 бўлса, унинг Қуёш массасига нисбатан массаси қандай?
3. Қуёш ва Ернинг "гравитацион радиуси" қандай бўлишини ҳисобланг.
4. Агар юлдузнинг нурланиш максимуми 400 нм тўлқин узунлигига мос келса, унинг ҳароратини топинг.
5. Юлдуз 30 км/с тезликда ҳаракатланади. 300 000 йил ичида унинг қандай масофани ўтишини парсекда аниқланг.

   Жавоби: 9,2 пк.

6. Ўта янги юлдузлар равшанлигининг ўзгариши ниманинг ҳисобига бўлади?
7. Цефейлар орқали юлдузнинг массасини аниқлашга бўладими?
8. Пульсарлар ўзгарувчан юлдузларнинг қандай турига киради?
9. Юлдуз катталиги 15, равшанлигининг тебраниш даври 5 кун бўлган цефейгача масофани аниқланг.

   Жавоби: 41 687 пк.

10. Цефей равшанлигинингг тебраниш даври 20 кун бўлса, унинг зичлиги қандай?

    Жавоби: 0,0029 кг/см^3.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

11. Янги юлдуз чақнаганда вақтда унинг ёрқинлиги 10 000 марта ортади. Унинг кўринма юлдуз катталиги қанчага ўзгаради?

12. 1987 йили Катта Магелланда чақнаган ўта янги юлдузнинг абсолют юлдуз катталигини баҳоланг. Уни максимум равшанликдаги кўринма юлдуз катталиги 3^m га тенг.

Жавоби: -18^m.

13. Қуёшдан 10 пк масофада атмосфераси 10000 км/с тезликда сочиладиган ўта янги юлдуз чақнади. 50 йилдан кейин нима кузатилади?

Жавоби: осмонда ўлчами 20° ёруғ туманлик пайдо бўлади.

14. Одатда, янги юлдузларнинг равшанлиги фотосферанинг кенгайиши оқибатида, доимий ҳароратда ортади. Агар янги юлдуз равшанлигининг ўзгариши 5 юлдуз катталикка тенг бўлса, юлдузнинг зичлиги қандай ўзгаради?

***15.** Қуёшгача масофа 150 млн км бўлса, унинг абсолют юлдуз катталигини ҳисобланг.

Жавоби: $+4{,}8^m$.

***16.** Қуёшда бўлган чақнаш натижасида артофга плазма улоқтирилди. Бу Қуёш плазмаси 3 суткадан сўнг Ерга етиб, магнитосферада кучли ғалаёнларни юзага келтирди. Плазманинг қандай тезликда ҳаракатланганлигини аниқланг (1 а.б. = 150 млн км).

Жавоби: 578 км/с.

72-§. Қуёш-Ер боғланишлари

Таянч тушунчалар:

- ✓ магнитосфера
- ✓ ионосфера
- ✓ Қуёш активлиги
- ✓ Қуёш космик нурлари
- ✓ Магнит бўрони
- ✓ космик об-ҳаво

Бугун дарсда:

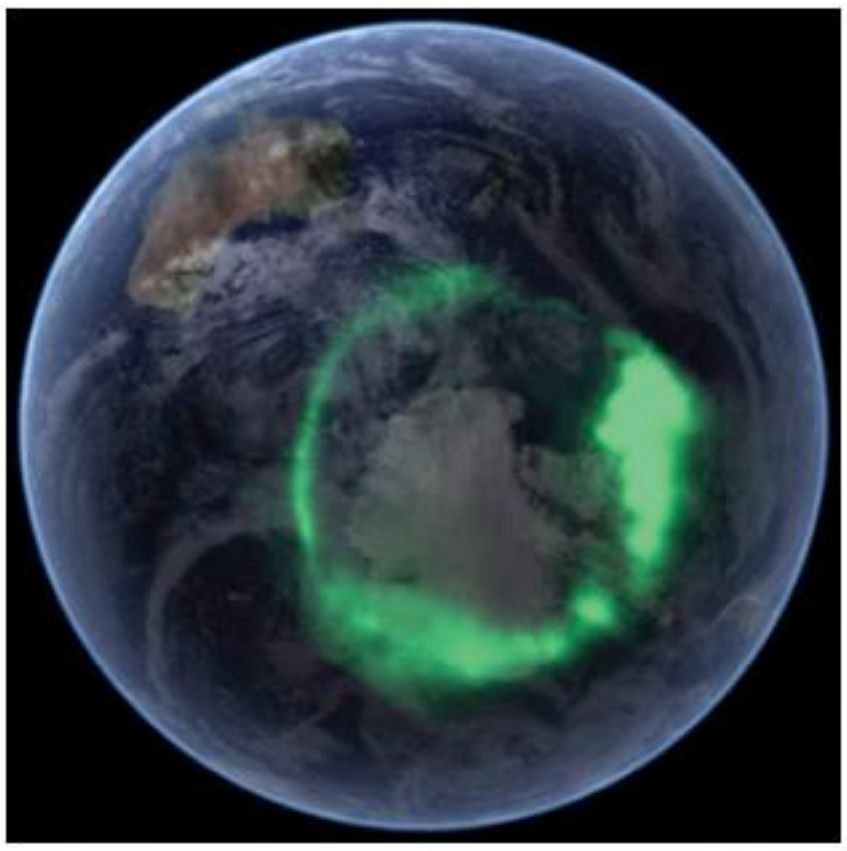
- Қуёш ва Ер орасида қандай боғланишлар борлигини; қутб ёғдуси, магнит бўрони, Қуёш шамоли ҳақида маълумотлароласиз.

Ер сиртида Қуёшнинг таъсирига боғлиқ кўплаган жараёнлар боради. Қуёш — Ер сиртидаги ҳаёт учун ёруғлик ва иссиқлик манбаи. Ердаги иқлим тўлиқ Қуёшга боғлиқ. Шамол, сув айланиши Қуёш энергияси орқали юз беради. Ердаги ҳаво, сув қобиқларининг ва Ер пўстлоғининг суткалик кўтарилишлари (прилив) ҳодисаси Ой ва Қуёшнинг бирга-ликдаги таъсирига боғлиқ.

Қуёш энергиясини уйларни электрлаштириш ва иситиш учун қўлланилади. Бунинг учун Қуёш батареялари (электр токи) ва Қуёш коллек-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



72.1-расм. Космосдан туширилган Антарктида устидаги ёғду

торларидан (иситиш) фойдаланилади. Бу — келажаги зўр арзон, экологик тоза энергия манбаи.

Бундан ташқари Қуёшдан чиқадиган ёруғликдан бошқа нурлар ва зарралар кўпгина ҳодисаларни юзага келтиради. Масалан, одатда, ернинг қутбларига яқин жойларда тунги осмонда кўринадиган ёғду.

Қуёшдан чиқадиган зарядланган зарралар оқими (Қуёш шамоли) Ернинг магнит майдони билан (магнитосфера) таъсирлашганда қутбларга томон силжийди. Улар атмосферанинг ионлашган юқори қатламига (ионосфера 50—1000 км) етганда ундаги кислород ва азот молекулалари билан тўқнашади ва уйғониб ёруғлик чиқаради (люминесценция). Қутбий люминесценциянинг ранги ёруғликни қайси молекулалар чиқаришига боғлиқ: кислород сариқ ва яшил рангни, азот қизил ва бинафша рангни беради. Бу жуда бир чиройли табиий ҳодиса Ернинг шимолий ва жанубий магнит қутбларига яқин жойлашган минтақалар учунгина хос (72.1-расм). Бироқ Қуёш шамоли жуда кучли бўлган пайтларда бошқа жойларда ҳам кўриниши мумкин. Ёғдунинг баландлиги 80—1000 км оралиғида (72.2-расм).

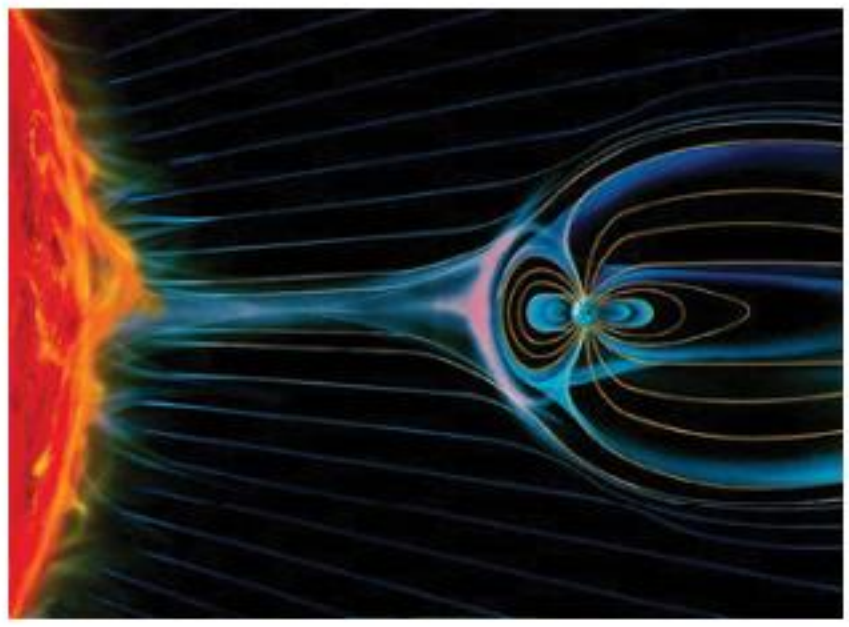
72.2-расм. Қутб ёғдуси

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Қуёш шамоли Ер сиртидаги юқори технологик системаларга, электр тармоқларига, демак бир қатор Ер сиртидаги ўсимликлар, ҳайвонлар ва обҳавога таъсир қилади.

Қуёш активлиги — Қуёш сиртидаги кўплаган ҳодисаларнинг мажмуи. Қуёш доғи — шу ҳодисаларнинг бири, уни қора шиша орқали исталган кузатувчи кўра олади. Қуёш активлиги юқори вақтда қуёш чақнашлари қуёш шамолини кучайтириш билан бирга, қувватли зарралар оқимини юзага келтиради (Қуёш космик нурлари). Буларнинг таъсирида, асосан, юқори баландликда радиацион аҳвол ёмонлашади (баланд тоғлар ва ҳаводаги самолётларда сезиларли бўлади). Қуёш активлигидан пайдо бўладиган **магнит бўронлари** таъсирида ёғдунинг интенсивлиги ортади (72.3-расм). Бу вақтда ионосферанинг нормал ҳолатининг бузилишидан радиоалоқа ёмонлашиб, электр тармоқларида геоиндукцион ток юзага келиши оқибатида улар ишдан чиқиши мумкин. Магнит бўрони пайтида организми геомагнит майдонининг ўзгаришига сезгир одамлар ўзини ёмон ҳис қилади. Шу сабабли Қуёшнинг активлигини ўрганиш муҳим ҳисобланади. Бу масалалар билан ҳозирги вақтда янгидан шаклланиб келаётган **космик об-ҳаво** хизмати шуғулланади.



72.3-расм. Қуёш шамоли ва магнитосфера

72.4-расм. “Улисс” космик аппарати

Ҳозирги вақтда “Космик об-ҳаво” деб, Ер атрофидаги космик фазо ва Қуёшдаги ҳодисалар активлиги билан аниқланадиган атмосферанинг юқори қатламларидаги ҳодисаларга айтилади. Атроф муҳитни тадқиқ қилиш энг долзарб масалаларнинг бири бўлиб турган ҳозирги вақтда Қуёш-Ер боғланишларининг илмий ва илмий-амалий аҳамияти катта.

Қуёшда бўлаётган жараёнларнинг Ерга қандай таъсир этишини билиш учун Қуёшга махсус зондлар юборилган. Шундай зондларнинг бири — “Улисс” (72.4-расм).

У Ердан кўринмайдиган Қуёшнинг қутблари ва орқа томони ҳақида системали равишда маълумотлар тўплаб, изланишлар олиб бориш мақсадида учирилган.

Қуёшга боғлиқ кўплаган аниқланмаган масалалар бор. Шу пайтгача Қуёш нейтриносининг сири, аниқроқ айтсак, унинг ўлчанган

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

миқдорининг ҳисоблаш натижаларидан кам бўлиши сабаби номаълум. Шу каби сон-саноқсиз саволларга жавоб топиш учун кўплаб янги тажрибалар ўтказиш ва янги космик аппаратларини учириш керак.

Ҳозир Қуёш ўрта ёшга келди. Энди бир неча миллиард йиллар ўтгач Қуёш сўнади. Бироқ ундан аввал қизил гигант босқичига ўтган вақтда Меркурий ва Венера планеталарини ютиб олади. Ерда океанлар қайнайди, Сатурн йўлдоши Титанда музлар эриб, сиртини сув босади ва унда вақт ўтиши билан ҳаёт пайдо бўлиши мумкин. Бироқ Қуёшнинг ўзи узоқ ўтмай сўна бошлайди. Аста-секин сиқилиб, ҳаётининг сўнгги босқичига етади. Ташқи қатламлари атрофга тарқалиб кетиб, ўлчами Ер ўлчамидай оқ карлик юлдуз қолади. Секин совиб, ҳарорати бўш фазодаги жуда паст ҳароратгача пасайган Қуёш ўзининг ҳаётини кўринмайдиган қора жисм сифатида якунлайди.

Инсоният Қуёш ва юлдузларнинг табиатини тўғри тушуниш ва уларнинг коинотдаги ҳақиқий ўрнини билиш учун узоқ йиллар меҳнат қилди. Бугун Қуёшнинг сариқ карлик юлдуз эканини, унинг сўнгги 5 млрд йил давомида иссиқлик ва ёруғлик чиқариб турганини биламиз. Қуёш 200 млрд га яқин юлдузлари боар галактиканинг чеккасига яқин жойлашган ёриткич. У фақат бизнинг планеталар системамиз учунгина асосий юлдуз ҳамда ундаги ёруғлик ва ҳаёт манбаи ҳисобланади. У Қуёш системасидаги барча жисмларнинг яшашини таъминлайди.

Ҳозирги вақтда Қуёш ҳақида қуйидаги маълумотлар маълум: Қуёшнинг массаси Ернинг массасидан 332 940 марта катта; Қуёшнинг чизиқли диаметри Ерникидан 109 марта, ҳажми 1 301 019 марта катта; сиртидаги ҳарорат 5772°С, марказидаги ҳарорат 15 700 000°С; Қуёш секундига 4 млн тонна моддасини йўқотади; Қуёш сиртидаги эркин тушиш тезланиши ердагидан 27,9 марта катта; Қуёш доимийси 1,4 кВт/м^2; ёрқинлиги $3{,}8 \cdot 10^{26}$ Вт; абсолют юлдуз катталиги $4{,}83^m$, кўринма юлдуз катталиги $-26{,}8^m$.

1. *Қутб ёғдусини пайдо бўлишини тушунтиринг.*
2. *Магнит бўронларининг Ергақандай таъсирлари бор?*
3. *“Космик об-ҳаво” дегани нима?*

Жуда баландда учиб бораётган самолётдаги одамларга қуёш чақнаши ва космик радиация хавфлибўладими?

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

73-§. Юлдузларнинг планетар системалари. Ер гуруҳидаги планеталар ва гигант планеталар. Қуёш системасидаги кичик жисмлар

Таянч тушунчалар:

- ✓ юлдузнинг ҳаёт соҳаси
- ✓ экзопланеталар
- ✓ Койпер белбоғи
- ✓ оорт булути
- ✓ астероид
- ✓ метеороид
- ✓ метеорит
- ✓ комета
- ✓ Тициус—Боде қоидаси

Бугун дарсда:

- Қуёш системасининг тузилиши, планеталарнинг тузилиши, бошқа юлдуз планеталари, астероидлар ва кометалар ҳақида маълумотларо ласиз.

Замонавий маълумотларга асосан юлдузларнинг асосий кўпчилигининг планеталар системаси бор. 2009 йили 7 мартда учирилиб, 2018 йили 30 октябрда фаолиятини тугатган Кеплер космик телескопи тўплаган маълумотларга кўра 3000 дан ортиқ планетар системаларда 4000 дан ортиқ планеталар (экзопланеталар) кашф қилинган (73.1-расм).

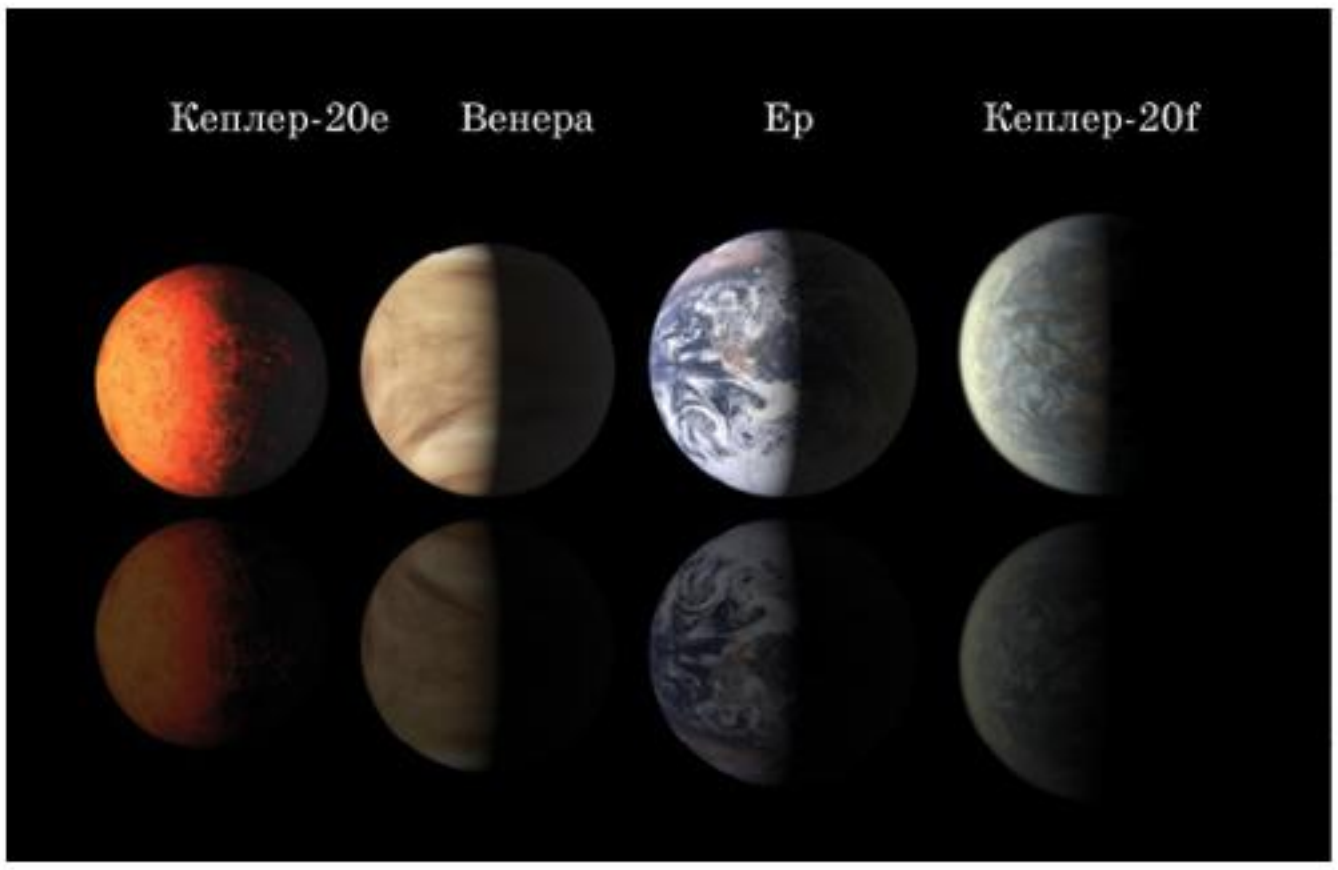
Олимларни жуда қизиқтиргани юлдузнинг яшаш ҳудудида (ҳарорат шароити сув суюқ ҳолатда бўла оладиган масофада) жойлашган ерга ўхшаш планеталар бўлди.

Бундай планеталарда ҳаёт бўлиш эҳтимоллиги юқори. Кузатишлар натижасида бундай ҳудудларда Ерга ўхшаш 30 га яқин планета топилди.

73.1-расм. Кеплер космик телескопи

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

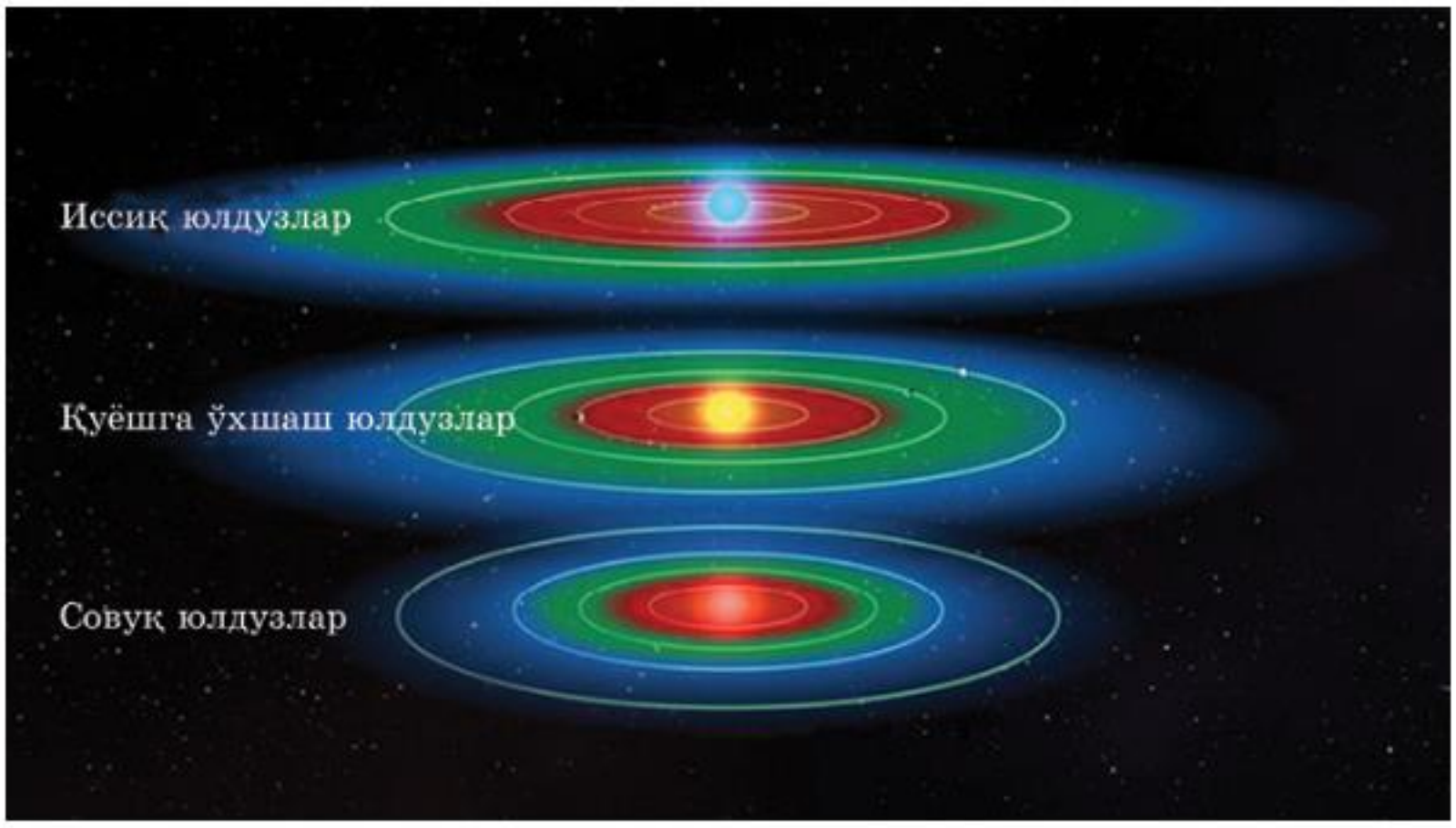


73.2-расм. Дастлаб кашф қилинган Ерга ўхшаш планеталарнинг нисбий ўлчамлари

Ҳозирги вақтда Қуёшга ўхшаш юлдузларнинг 23%и атрофидаги яшаш ҳудудларида Ерга ўхшаш планета бор деб ҳисобланади (73.2-расм).

Қуёш системаси. Қуёш системаси, бошқа планетар системалар каби, газ- чангди булутидан пайдо бўлган. У 4,57 млрд йил аввал, Қуёшни ва Қуёш системасининг планеталарини тузиш учун керакли барча элементлари бор, коинотда сузиб юрган, массаси 1,0014 $M_{☉}$, ўлчами $15 \cdot 10^{11}$ км дан кичик эмас газ-чанг туманликдан шаклланган (73.3-расм).

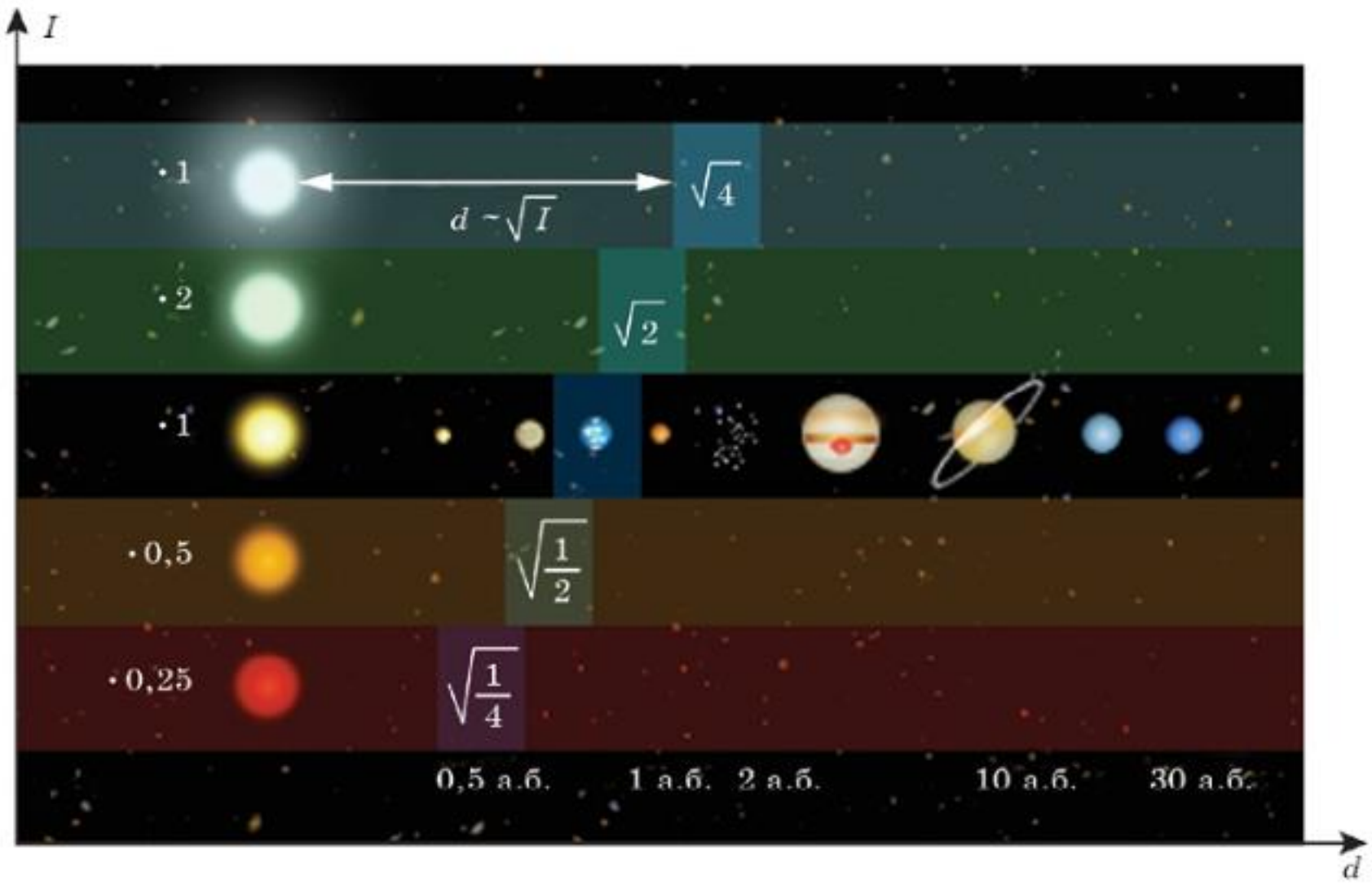
Янгидан тузилган Қуёш ва уни ўраб олган шарсимон доиравий газ-чанг булутининг кимёвий таркиблари бирдай бўлган. Водород ва гелийнинг умумий массаси уларда 98%, қолган оғир элементлар фақат 2%. Газ-чанг булути таркибида жуда енгил чанг аралашмалари, углерод, азот ва кислород, метан, аммиак, сув, карбонат ангидрид



73.3-расм. Сариқ ва қизил карлик юлдузлар атрофидаги яшаш ҳудуди

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



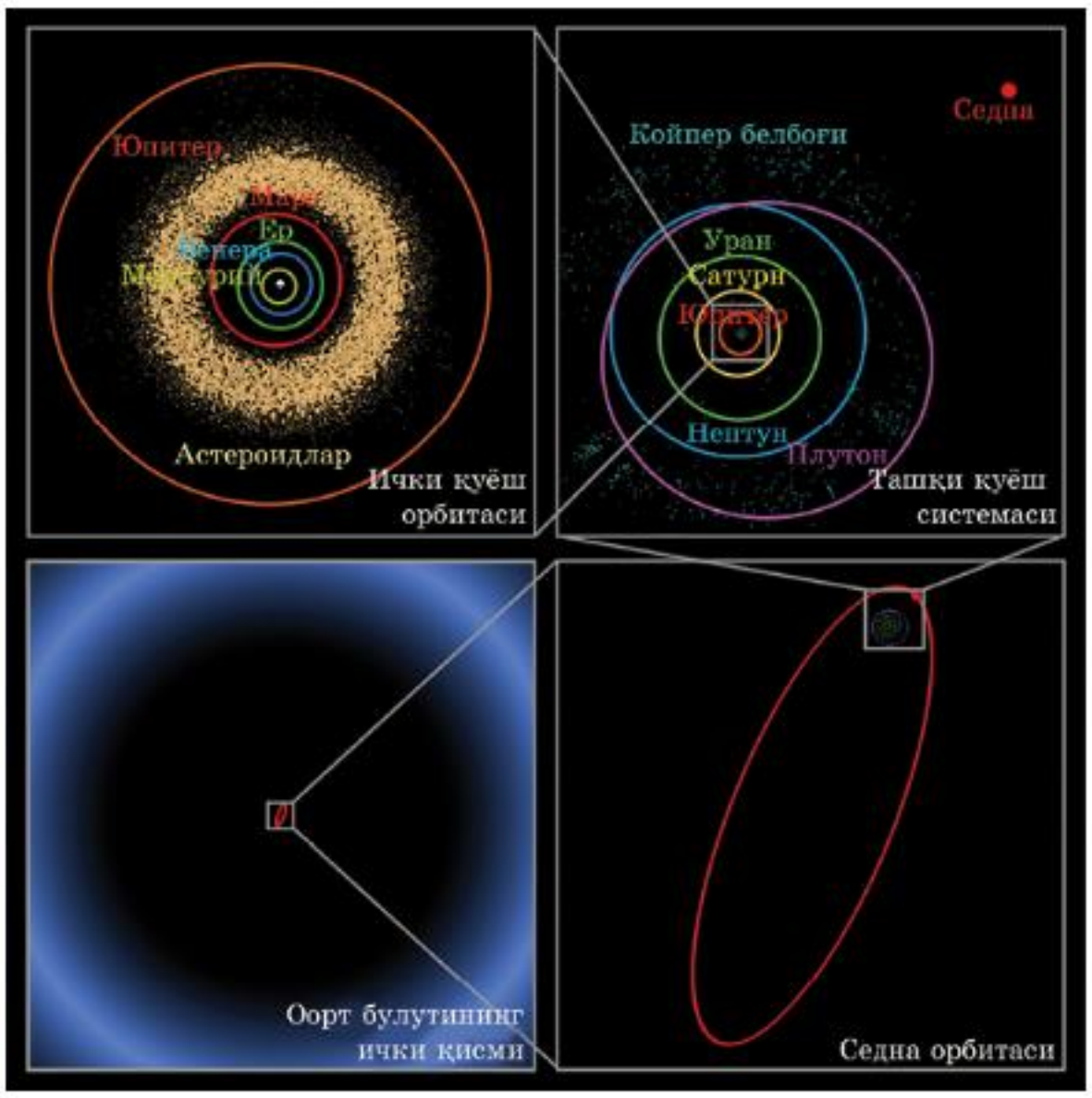
73.4-расм. Юлдузнинг спектрал синфига боғлиқ яшаш ҳудудининг узоқлиги ва ўлчамлари

газа бўлган. Бу таркиб юлдузлараро туманликларнинг кузатишлардан олинган 99% газ ва 1% чанг заррасидан иборат таркибига мос келади. Вақт ўтиши билан булутнинг айланиш текислигида юпқа чанг қавати тузилади. Булутнинг концентрли қатламларга бўлиниши зарралар ўлчамининг бир неча сантиметргача катталашиши билан бирга боради (73.4-расм). Эволюциянинг кейинги босқичида кўплаган қуйқасимон майда зарралар пайдо бўлади. Дискнинг айланма ҳаракати натижасида бу зарралар бир-бири билан тўқнашиб, зичлашиб, катталаша боради. Ўлчами бир километрларга етган протопланетанинг тузилиши планетагача булутларда учрайдиган зарралар ва чангнинг бирикишини тезлатиб, натижада планета ҳосил бўлади. Қуёшдан нурлана бошлаган зарралар шамоли Қуёшнинг атрофидаги енгил газ-чанг моддани ўзидан узоқроққа силжитади. Шу сабабли Қуёш яқинида 4 та кремнийли зич планеталар, Марс орбитасидан кейин эса, асосан, водород ва гелийдан иборат 4 та гигант планеталар пайдо бўлади. Моддаларнинг бир қисми планеталар таркибига кирмай, планеталарнинг йўлдошларига, астероидларга, кометаларга (думли юлдузларга) айланади. Умуман олганда, Қуёш системаси Қуёш ва планеталар билан бирга *Койпер белбоги ва Оорт булутидан* ташкил топган (73.5-расм).

Таркиби асосан силикатлар ва металлардан иборат Ер гуруҳидаги 4 планетанинг (Меркурий, Венера, Ер, Марс) ўлчамлари кичик ва йўлдошлари деярли йўқ (73.6-расм). Водород ва гелийдан иборат газли гигант планеталарнинг (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун) йўлдошлари кўп ва зичлиги эса кичик (73.7-расм).

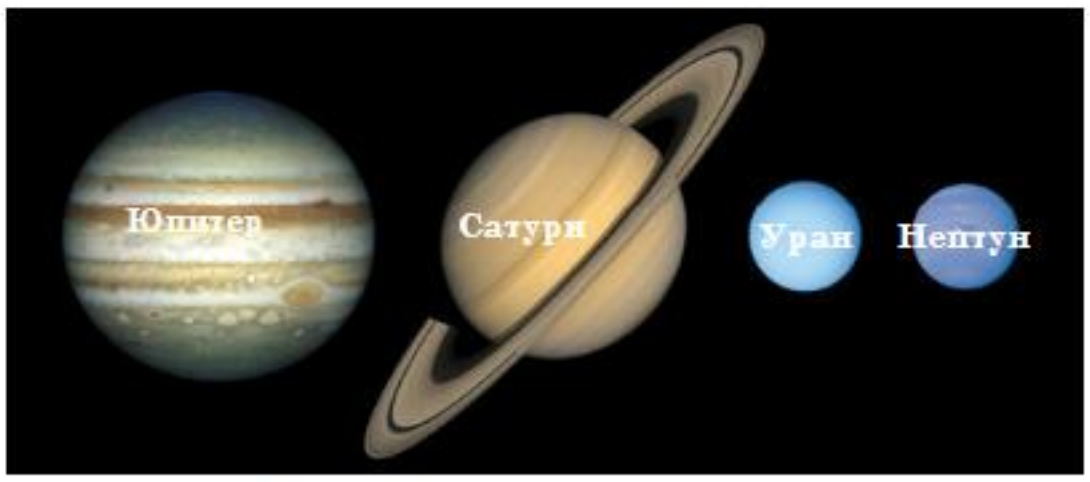
*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



73.5-расм. Қуёш системаси

73.6-расм. Ер гуруҳидаги планеталар



73.7-расм. Газли гигант планеталар

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Қуёш системаси планеталарининг орбиталари (Нептундан бошқалари) *цциус—Боде қонуни* билан тавсифланади:

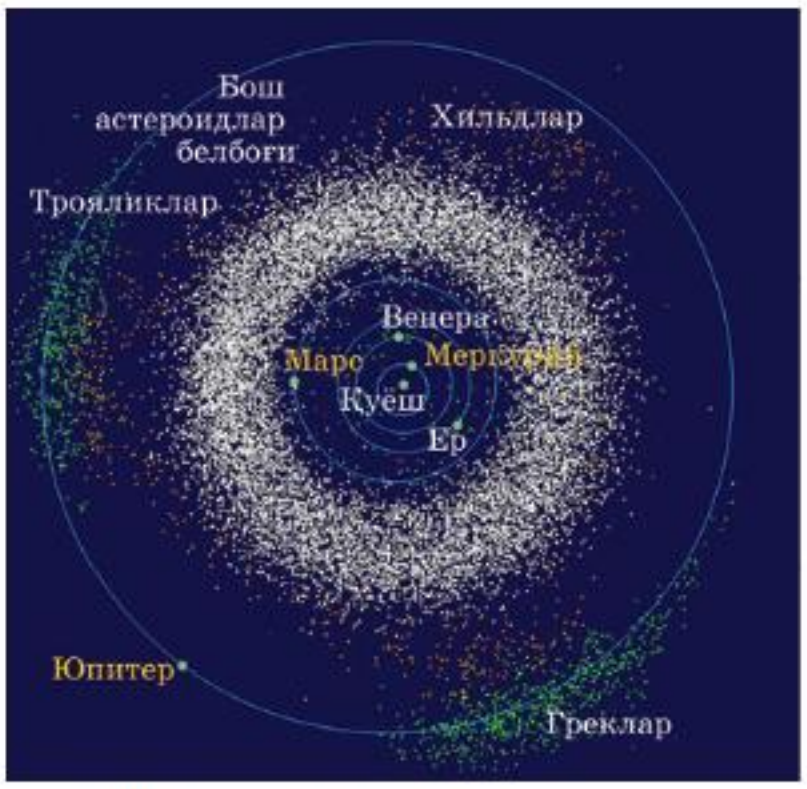
$$R_i = 0{,}4 + 0{,}3 \cdot 2^i, \quad i = 0, 1, 2, 3, \ldots .$$

Қуёш системаси планеталарининг Тициус—Боде қонунига мослиги

Планета	i	Орбита радиуси (а.б.)	
		Формула бўйича	Кузатиш бўйича
еркурий		0,4	0,39
енера	0	0,7	0,72
р	1	1,0	1,00
арс	2	1,6	1,52
стероидлар белбоғи	3	2,8	2,2—3,6
питер	4	5,2	5,20
атурн	5	10,0	9,54
ран	6	19,6	19,22
ептун			30,06

Қуёшдан 2,2—3,6 а.б. масофадаги ҳудуд *астероидлар белбоғи* деб ата-ди. **Астероидлар** деб *ўлчамлари* 30 м-*дан катта осмон жисмларига тилади*. 30 м дан кичик жисмлар **метеороидлар**, Ерга келиб тушган исмлар эса **метеоритлар** деб аталади. Метеоритлардаги модданинг тар-би (карбонатлар, силикатлар ва металлар) астероидларнинг алоҳида исм бўлиб тахминан 4,6 млрд л аввал, яъни планеталар билан рга пайдо бўлганини кўрсатади. тероидлар Юпитер орбитасининг гранж учбурчак нуқталарида м тўпланган. Йирик астероидлар ёш системасининг кичик плане-лари ҳисобланади (73.8-расм).

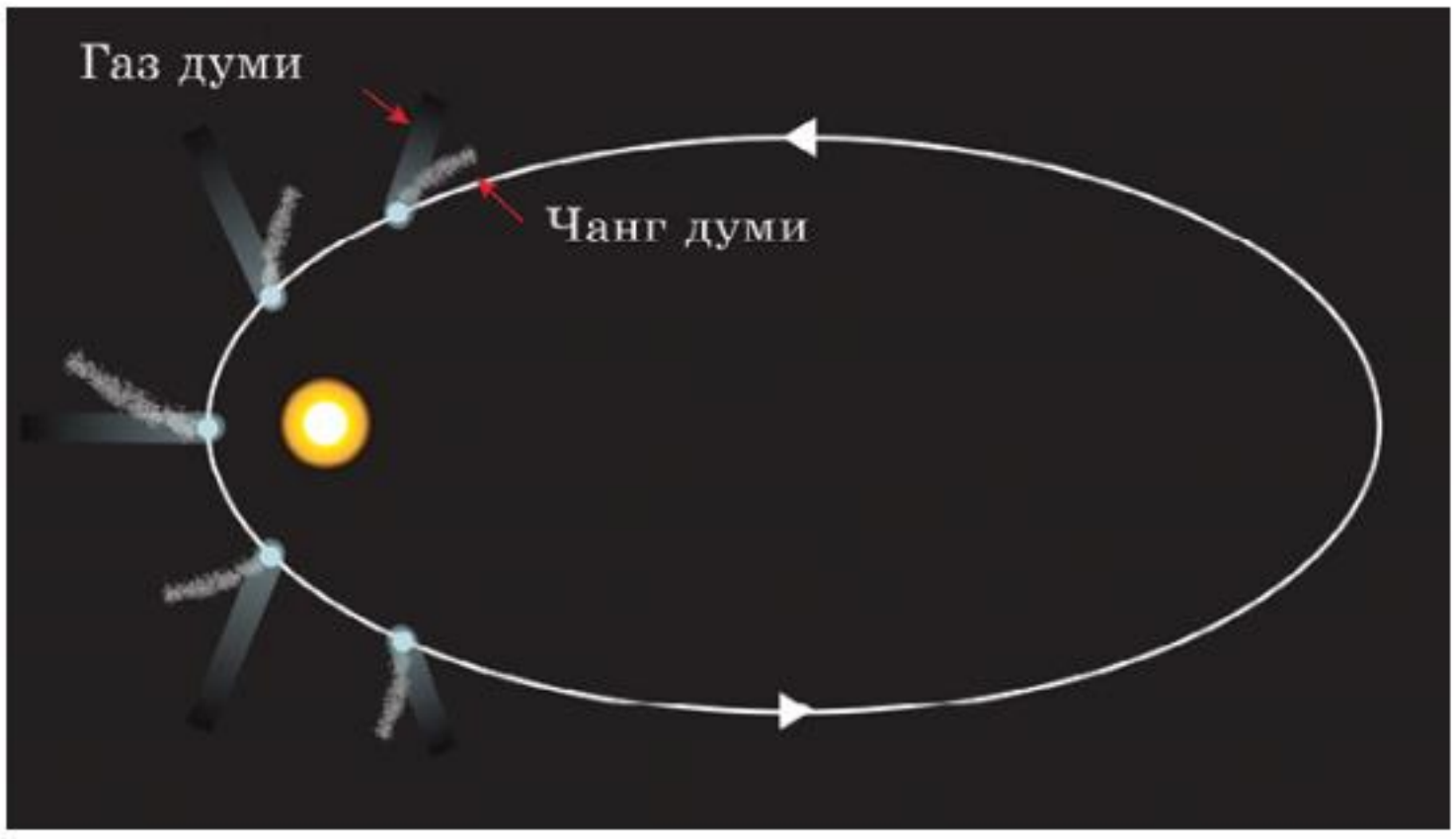
Қуёш системасининг осмон исмларига, асосан, сув ва угле-д диоксиди музлари билан ғланган чанг ва қаттиқ майда исмлардан иборат, ўлчамлари км дан ошмайдиган **кометалар** умли юлдузлар) ҳам киради. лар Қуёш системасининг энг оқ чеккасидаги Оорт булутида



73.8-расм. Астероид гуруҳлари:
Бош астероидлар белбоғи, Хильдлар, Греклар ва Трояликлар

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



73.9-расм. Комета траекториясидаги думларнинг йўналишлари Қуёшга ва ҳаракат йўналишига боғлиқ

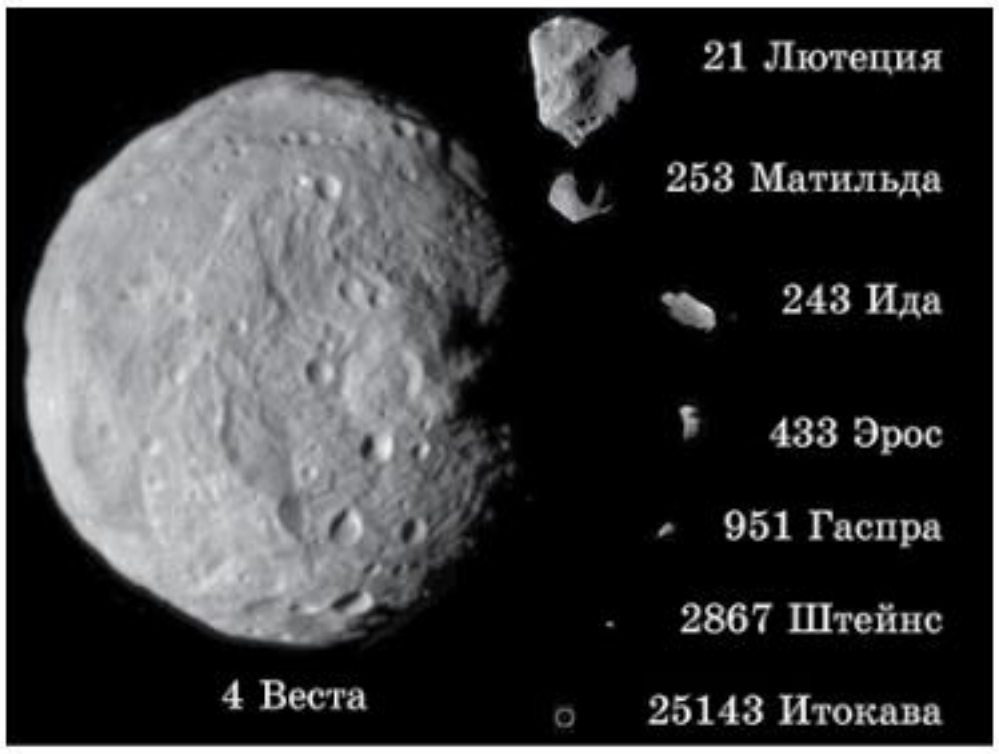
тўпланган деб ҳисобланади. Комета Қуёшга чўзиқ эллиптик орбита бўйлаб ҳаракатланиб яқинлашганда муз эриб, газ ва чангдан иборат икки дум ҳосил бўлади (73.9-расм). Аниқланган кометаларнинг умумий сони 6339. Планеталараро фазо оз концентрациядаги газ ва чангдан тузилган (73.10, 73.11-расмлар).

Қуёш системасига хос қонуниятлар:

• барча планеталарнинг орбиталари Қуёш экваторининг текислигида ётади;

• Қуёшни атрофида ҳаракатланадиган планеталарнинг орбиталари айланага яқин;

• планеталарнинг Қуёшгача ўртача узоқлиги Тициус—Боде қонунига бўйсунади;



73.10-расм. Астероидларнинг нисбий ўлчамлари

73.11-расм. 67P/Чурюмов—Герасименко кометасининг Розетта космик-кемасидан олинган фотосурати

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

• планеталар Қуёш атрофида Қуёшнинг ўз ўқи бўйлаб айланиши ва планетанинг ўз ўқи бўйлаб айланиши йўналишида ҳаракатланади (Венера ва Урандан бошқалари);

• Қуёш системаси массасининг 99% и Қуёшда тўпланган;

• ҳаракат моментининг 98% и планеталарнинг улушига тегишли.

Қуёш системаси планеталарининг характеристикалари

Планета (карлик планета)	Диаметри, Ер радиуси бўйича	Массаси, Ер массаси бўйича	Орбита радиуси, а.б.	Даври, йил	Сутка узоқлиги	Зичлиги кг/м^2	Йўлдошлари сони
Меркурий	0,382	0,055	0,38	0,241	58,6	5427	0
Венера	0,949	0,815	0,72	0,615	243	5243	0
Ер	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5515	1
Марс	0,53	0,107	1,52	1,88	1,03	3933	2
Церера	0,074	0,00015	2,76	4,6	0,378	2161	0
Юпитер	11,2	318	5,20	11,86	0,414	1326	79
Сатурн	9,41	95	9,54	29,46	0,426	687	62
Уран	3,98	14,6	19,22	84,01	0,718	1270	27
Нептун	3,81	17,2	30,06	164,79	0,671	1638	14
Плутон	0,186	0,0022	39,2	248,09	6,387	1860	5
Хаумеа	~0,11	0,00066	43	281,1	0,163	~2600	2
Макемаке	0,116	~0,0005	45,4	306,28	0,324	~1700	1
Эрида	0,182	0,0028	67,8	558,04	1,1	2520	1

1. *Қуёш системасинингтузилиши қандай?*
2. *Қандай планеталарни биласиз?*
3. *Астероид ва метеороидларнингқандай фарқлари бор?*
4. *Қандай кометаларни биласиз?*

Горизонтга яқин баландликдакўринадиган Ой нега катталашибкўринади?

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

74-§. Бизнинг галактика. Бошқа галактикаларнинг кашф қилиниши. Квазарлар

Таянч тушунчалар:

- ✓ галактика
- ✓ юлдуз тўдалари
- ✓ квазарлар
- ✓ спектрни қизил силжиши

Бугун дарсда:

- галактиканинг тузилиши, таркиби, турлари, шакллари ва ўлчамлари ҳамда квазарлар ҳақида маълумотларо ласиз.

Қуёш системаси — шарсимон ядросининг (балдж) ўртасида гигант қора ўра бор, қолган қисми дискка ўхшаш, диаметри 100 минг ёруғлик йили, тахминан 200 млрд юлдузлардан, газ-чанг туманликлардан ва қоронғу материядан иборат системанинг — "Сомон йўли" галактикасининг таркибий қисми (74.1-расм). Қуёш галактика марказини атрофини тахминан 200 млн йилда бир айланиб чиқади. Ер пайдо бўлгандан буён Қуёш системаси галактика марказини 23 марта айланиб чиққан.

74.1-расм. Қуёш системасининг галактикадаги ўрни

Галактикалар шакллари ва ўлчамлари ҳар хил. Кузатилган энг кичик галактика диаметри 5 кпк, энг каттаси тахминан 600 кпк.

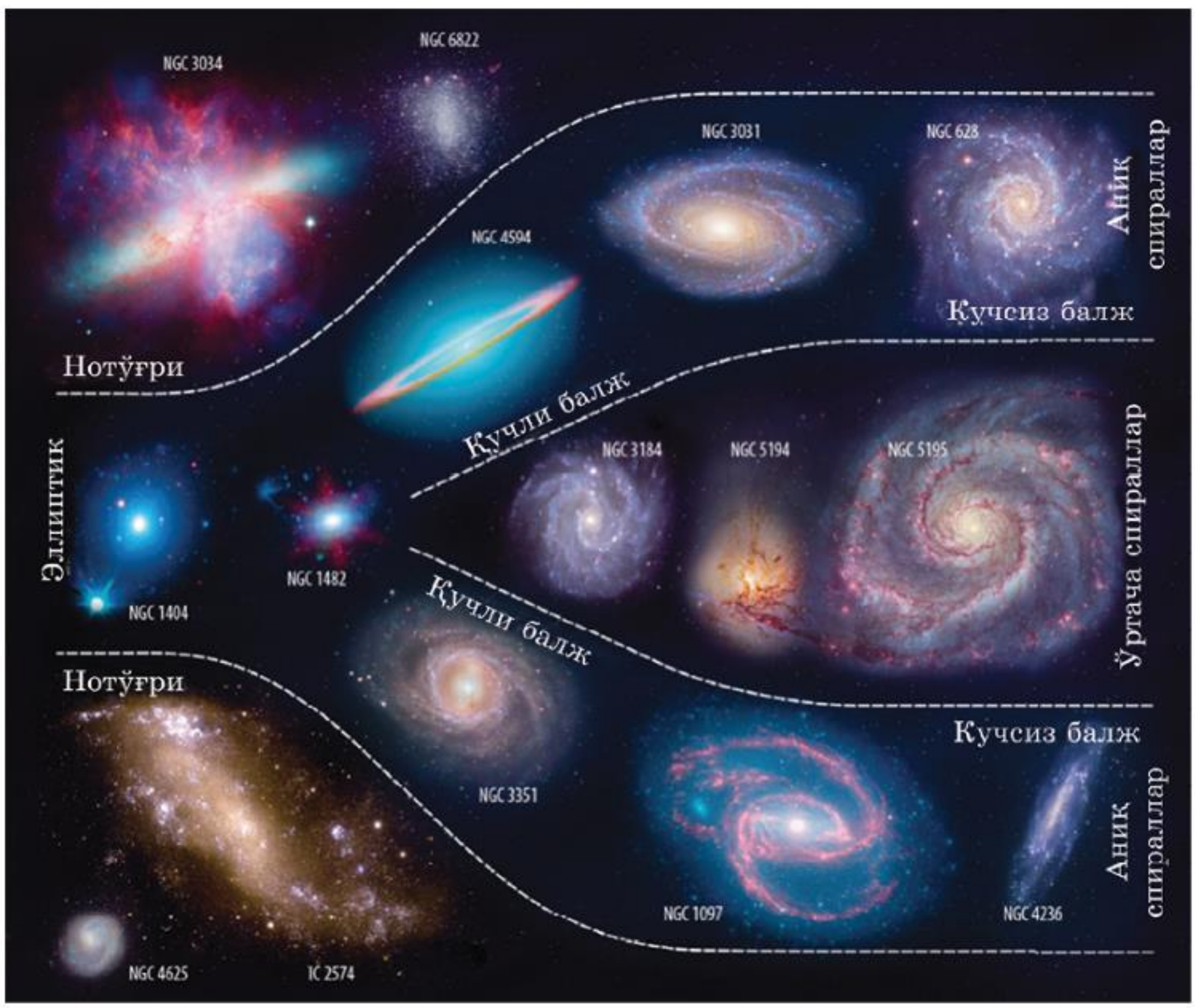
74.1-жадвал

Галактика характеристикалари

Характеристика	Интервали	Сомон йўли
Диаметри D_{25}	5—250 кпк	30 кпк
Диск қалинлиги	0,3—1 кпк	0,7 кпк
Ёрқинлиги	10^7—10^{11} $L_☉$	$5 \cdot 10^{10}$ $L_☉$
Массаси	10^7—10^{12} $M_☉$	$2 \cdot 10^{11}$ $M_☉$
Газ массасининг улуши	0,1—30%	2%
v, айланиш тезлиги	50—300 км/с	220 км/с (Қуёш атрофида)
Давр	10^8—10^9 йил	$2 \cdot 10^8$ жил (Қуёш атрофида)
Марказий қора ўра массаси	$3 \cdot 10^5$—$3 \cdot 10^9$ $M_☉$	$4 \cdot 10^6$ $M_☉$

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



74.2-расм. Галактика турлари

Галактикаларнинг асосий тўрт тури бор (74.2-расм):

1. Эллиптик галактикалар (E) — диск ташкил этувчиси йўқ галактикалар.

2. Спирал галактикалар (S) — спирал енглари бор дисксимон галактикалар.

3. Линзасимон галактикалар (S0) — спирал енглари йўқ дисксимон галактикалар.

4. Нотўғри галактикалар (Irr) — шакли ноаниқ, нотўғри шаклдаги тузилмаларга эга, массасининг 50% и юлдузлараро газдан иборат галактикалар.

Кўзга кўринадиган фақат тўрт галактика бор. Улар: Андромеда M31, Учбурчак M33, Катта ва Кичик Магеллан булутлари галактикалари.

Галактиканинг дискидаги газ, асосан, унинг текислигига яқин тўпланган ва бир текис тақсимланмаган. Уларнинг ичида тузилиши бир жинсли эмас узунлиги бир неча минг ёруғлик йили бўлган гигант булутлардан бошқа, ўлчами бир парсекдан ошмайдиган кичик булут-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

лар бор. Бизнинг галактиканинг кимёвий таркиби, асосан, водород ва гелийдан иборат. Шу икки элемент билан солиштирганда қолган элементлар жуда оз миқдорда учрайди.

Бизнинг галактикада Қуёшга ўхшаш якка юлдузлар 30% дан кўп эмас. Асосан, юлдузлар қўшалоқ ёки бир неча юлдузлар системасининг аъзоси бўлади. Галактикада юлдузлар *тарқоқ* (ўнлаган юлдузлардан иборат) ва *шарсимон* (юз минглаган юлдузлардан иборат) юлдуз тўдалари таркибига киради.

Шарсимон юлдуз тўдалари галактиканинг марказига яқин жойлашган. Марказга яқин соҳада ҳар бир куб парсек ҳажмдаги юлдузлар сони бир неча мингга етади. Агар биз галактика ядросига яқин жойлашган юлдуз атрофидаги планетада яшасак, унда осмонда ёрқинлиги Ойнинг ёрқинлигидай ўнлаб юлдузлар ва ҳозирги осмонимиздаги энг ёруғ юлдуздан ҳам ёруғроқ юлдузлар сони бир неча мингта бўлар эди.

Тарқоқ юлдуз тўдаларининг сони шарсимон юлдуз тўдаларидан анча кўп, улар, асосан, галактика (спирал галактика ҳақида айтиляпти) спиралининг тармоқларида жойлашган.

Галактика ядроси Merган юлдуз туркуми йўналишида жойлашган. Галактиканинг айланиш тезлиги марказда нолдан бошланиб, ундан 2 минг ёруғлик йили масофада 200—240 км/с гача ортиб, кейин доимий бўлиб қолади. Галактиканинг ёши 12 млрд йилдан ошади.

Бошқа галактикаларнинг кашф қилиниши. Тахминан юз йил аввал барча кўринадиган туманликлар бизнинг галактикага тегишли деб ҳисобланган. Бу уларгача масофаларни аниқлашнинг қийинчиликларига боғлиқ эди. Янги ўлчаш усуллари воситасида кўринадиган Коинот галактикаларга тўла эканлиги аниқланди. Ҳозирги вақтда кузатиладиган Коинотда тахминан 2 трлн галактикалар бор. Улар гуруҳ бўлиб жойлашган ва энг сезгир асбоблар ёрдамида аниқланадиган масофада ҳар томонга тарқалиб, бир-биридан узоқлашиб боради. Галактикаларнинг маҳаллий тўдасида юқорида аталган галактикалар билан бирга 50 дан ортиқ аъзоси бор. Жанубий яримшарнинг тунги осмонидан бизга энг яқин галактикалар — “Магеллан булутларини” кузата оламиз. “Магеллан булутлари” Сомон йўлидан кўп марта кичкина. Улар бизнинг галактиканинг йўлдошлари. 2,52 млн ёруғлик йили масофада Андромеда галактикаси жойлашган. У гуруҳдаги энг катта галактика — ўлчови бизнинг галактикадан икки мартадай катта (тахминан 1 трлн юлдузлари бор). Учбурчак галактикаси ўлчами бизнинг галактикадан 2 марта кичик ва биздан 2,8 млн ёруғлик йили масофада жойлашган.

Коинотдаги энг йирик галактикаларга эллиптик галактикалар киради. Уларнинг баъзилари шарсимон, баъзилари чўзиқроқ бўлади.

800 минг галактика киритилган каталог бўйича галактикалар ичида тахминан 80% спирал, 17% эллиптик ва 3% нотўғри галактикалар.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Галактикаларгача масофалар ҳар хил усулларда аниқланади: цефеидлар, янги ва ўта янги юлдузлар ва ш.к.

Квазарлар. Квазарлар (инг. *quasar*, *quasustellar raduosourse* — радионурланишнинг квазиюлдуз манбаи) — оламдаги энг қувватли нурланиш манбаи. Бу осмон жисмлари минутига Қуёшнинг 10 млн йилда чиқарадиган энергиясидан ортиқ энергия чиқаради. Уларнинг ёрқинлиги бутун бир галактиканинг ёрқинлигидан юзлаб марта кучли бўла олади. Кўплаган квазарлар — рентген нурларининг қувватли манбалари. Квазарлар коинотдаги энг олис жисмлар ҳисобланади (уларгача масофа миллиардлаган ёруғлик йилини ташкил қилади), уларнинг спектрида қизил силжиш тахминан $z = 7{,}5$ гача боради. Квазарлар жуда олис галактикаларнинг ёш, фаол ядролари бўлиши мумкин.

1. *Бизнинг галактиканинг қайси қисмларида шарсимон юлдуз тўдалари жойлашган?*
2. *Оддий галактикалардан квазарлар қандай фарқланади?*
3. *Алмати шаҳрида булутсиз очиқ тунда Магеллан булути галактикасини кузата оласизми?*
4. *Квазарнинг равшанлигининг даврий ўзгариши орқали унгача масофани аниқлаш мумкинми?*

37-машқ

1. Галактика марказидан юлдуз 5,5 кпк масофада жойлашган ва 200 км/с тезликда ҳаракатланади. Юлдузнинг галактика маркази атрофида тўлиқ бир марта айланиш вақтини топинг.

Жавоби: 10^7 й.

*2. 1987 йили 23 февралдан 24 ига ўтар кечаси астрономлар 55 кпк масофадаги Катта Магеллан булутида ўта янги юлдуз чақнашини қайд қилишди. Бу ҳодисанинг ҳақиқий юз берган вақтини аниқланг.

Жавоби: 179 300 йил аввал.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

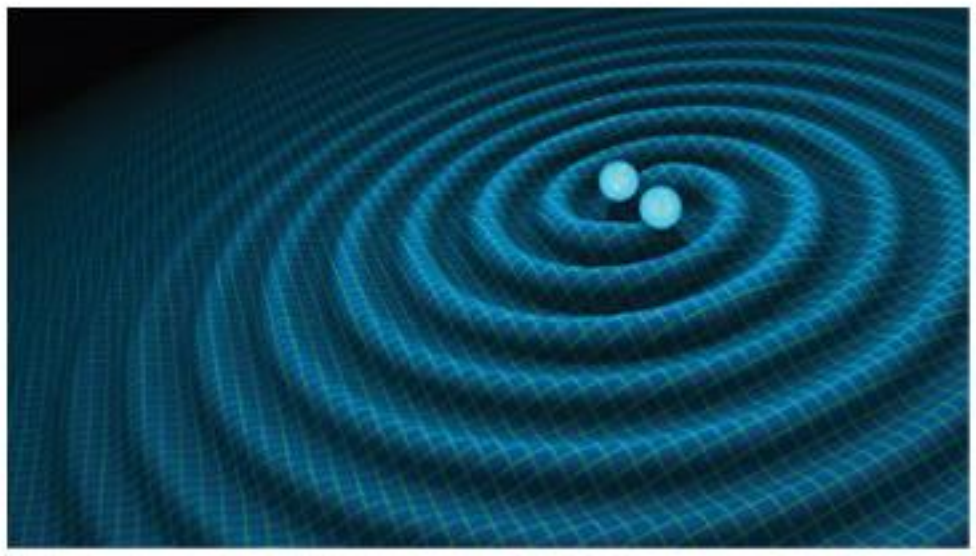
75-§. Катта портлаш назарияси. Қизилга силжиш ва галактикаларгача масофани аниқлаш. Коинотнинг кенгайиши

Таянч тушунчалар:

- ✓ умумий нисбийлик назарияси
- ✓ гравитацион тўлқинлар
- ✓ Катта портлаш
- ✓ қоронғу энергия
- ✓ қоронғу материя

Бугун дарсда:

- Катта портлаш назарияси, қоронғу энергия ва қоронғу материя тушунчаларибилан танишасиз;
- Хаббл қонуни, Коинот модели ҳақида маълумотлар оласиз.



75.1-расм. Қўшалоқ юлдузларнинг гравитацион тўлқин чиқариши

Замонавий гравитация назарияси — Эйнштейннинг умумий нисбийлик назарияси (УНН). Умумий нисбийлик назарияси катта масштаблардагина аҳамиятли. У фазо-вақт ва модда бир-бирига таъсир қилишини тасдиқлайди. Модда фазо ўлчамларига, эгрилигига ва вақт ўтишига таъсир қилади, фазо-вақт эса модда ҳаракати қонунларини таърифлайди. Модда яқинида фазо чўзилиб, вақт секинлашади. Масалан, нейтрон юлдуз яқинида кўзга кўринадиган ҳажмдан ҳақиқий ҳажм катта бўлади. Вақт ўтиши юлдуз сиртига яқинлашган сайин секинлашаверади. Бу назария шунингдек гравитацион тўлқинлар мавжудлигини эътироф этади (75.1-расм). 2017 йили америка олимларига физика соҳасидаги Нобель мукофоти гравитацион тўлқинларни кашф қилгани учун берилди.

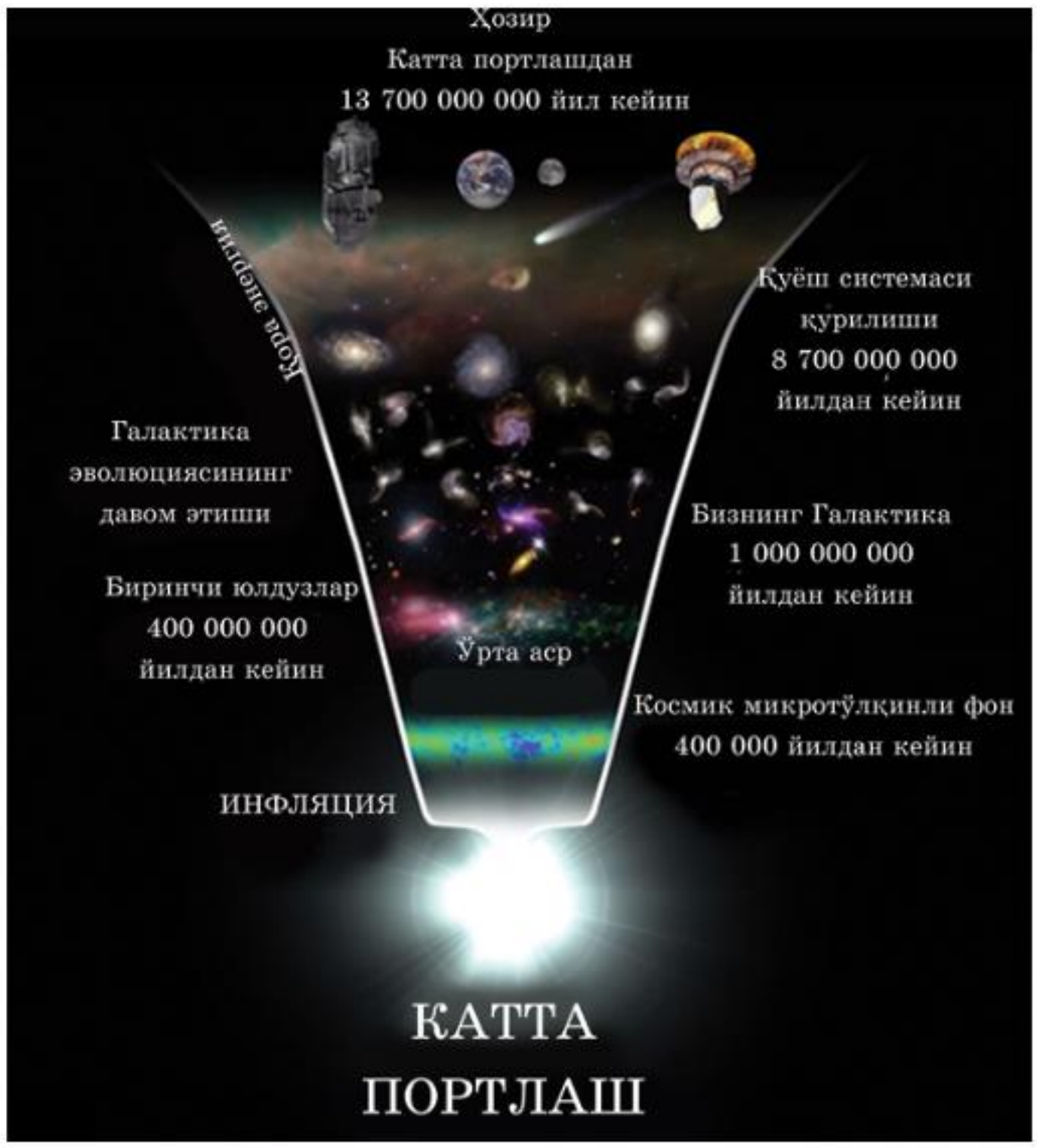
Гравитацион тўлқин фазо — вақт эгриланишининг тарқалиши ҳисобланади. Уларни қайд қилиш мумкинлиги Коинот ҳақида кўплаган янги маълумотлар олишга ёрдамлашади.

Коинотни яхлит тадқиқ қиладиган космология шу назария (УНН) доирасида ишлайди. Ҳозирги тушунчалар бўйича Коинот **Катта портлашдан** бошланиб, **инфляция** деб аталувчи жуда тез кенгайиш давридан ўтган (75.2-расм). Кейин 13,7 млрд йил ўтгач ҳозирги вақтда кузатилаётган секин кенгайиш босқичига алмашган. Коинот ясси бўлганидан унинг чеки йўқ, бироқ биз кузата оладиган масофа Коинот ёши билан боғлиқ, сабаби ёруғлик тезлигининг чекли бўлиши бизнинг кузатиш соҳамизга чеклов қўяди.

Бу жойда қоронғу энергия ва қоронғу материя тушунчалари ҳақида айтиб ўтиш ўринли. *Қоронғу энергия* деб Коинотнинг тезланувчан кенгайишига сабабчи бўлган, табиати ҳозирча номаълум, Коинот фа-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



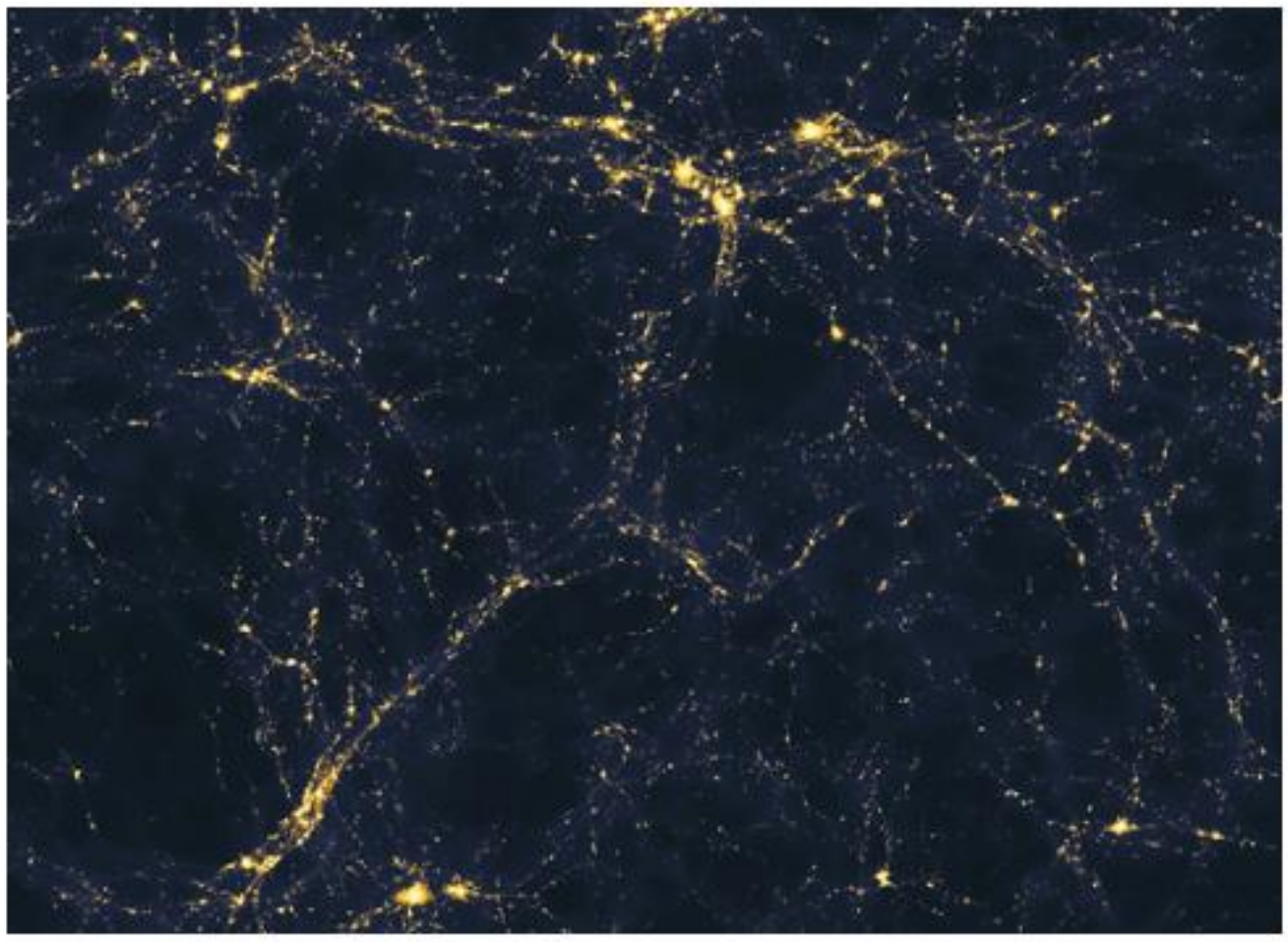
75.2-расм. Олам эволюцияси

зосини бирдай текис тўлдирадиган майдонни айтамиз. *Қоронғу материя* — галактикалар яқинида тўпланган, номаълум, электромагнит ва кучли таъсирлашишда иштирок этмайдиган материя. Ҳозирги вақтда бутун Коинотдаги модданинг 68,3% и қоронғу энергиядан, 26,8% и қоронғу материядан, фақат 4,9% и бизга маълум моддадан иборатлиги аниқланди. Шу йўналишдаги тадқиқотларга ҳозир кўп кўнгил бўлинмоқда. Ҳақатан ҳам, бизга маълум модданинг беш фоиздан ҳам камлиги жуда ажабланарли.

Катта портлашдан кейин Коинот кенгайиб, совий бошлайди. Коинот ёши 400 минг йил бўлганда қоронғу энергия ва қоронғу материядан бошқа модда электронлардан, протонлардан, нейтронлардан ва электромагнит нурланишдан иборат бўлди. Кейин Коинот кенгайиш жараёнида ҳарорати 4000 К гача совиб, материя ёруғлик учун шаффоф ҳолатга ўтди ва ҳозир *реликтив микротўлқинли фон нурланиши* деб аталувчи электромагнит нурланиш пайдо бўлди. Коинотнинг кенгайиши бошланганидан тахминан миллион йил ўтгач, барқарор атомларнинг шаклланиш даври бошланади. Ундан кейин атомлар энди ўзаро бирикиб, молекулаларга айланади. Юзлаб миллион йил давомида гравитация материяни модданинг беқиёс улкан тузилмаларига, водород

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



75.3-расм. Коинотнинг жуда катта масштабдаги тузилмалари — филаменталар

ва гелийнинг жуда катта булутларига тўплаб, ҳозирги кузатилаётган галактикаларни ташкил қилди.

Бизнинг галактика ва бошқа галактикалар бирлашиб, ўлчами юзлаб миллион ёруғлик йилини ташкил қилган галактика тўдалари ва галактикаларнинг ўта улкан тўдаларига тўпланди. Улар Метагалактика фазоси орқали бир-бирига кетма-кет уланиб кетган. У ғоваксимон ҳажмли тузилишга эга. Бундан катта масштабларда *филаменталарга* (узунлиги 50—80 Мпк толалар) бирлашади (75.3-расм). Бир жинсли ва изотроп жуда катта масштабда юзага келган Метагалактиканинг тузилиши мана шундай.

Галактикалар ичидаги гравитацион майдонлар бу материяни иссиқ юлдузларга айлантирди. Бу пайтда юлдузлар пайдо бўлиб, сўниб турди. Гигант юлдузлар ўзларининг ҳаётининг сўнгги босқичида ўта янги юлдузлар каби портлаб, ҳаётнинг асоси бўлган элементларни, яъни, биз нафас оладиган кислородни, организм учун керакли углеродни, қоннинг таркибидаги темирни коинот фазосига сочади. Портлашдан кейин газ ва чангдан иборат булутлар пайдо бўлганда, бу элементлар гравитацион куч таъсирида йиғилади ва янги юлдуз — Қуёш пайдо бўлади. Уларнинг атрофида планеталар шакллана бошлайди. Бу тахминан 4,6 млрд йил олдинги воқеалар. Шундай планеталарнинг бирида тирик мавжудодлар эволюция босқичларидан ўтишди, энди эса уларнинг ичидаги энг онглиси ҳисобланган инсон ҳаётнинг қандай пайдо бўлганини тушунишга ҳаракат қилмоқда. Катта портлашдан буён тахминан 13,7 млрд йил ўтди ва Коинотнинг бугунги манзараси шаклланди.

Коинотнинг пайдо бўлишининг портлаш характерини исботлайдиган фактларни олимлар ҳозирги кунларда ҳам топишмоқда. Булар:

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

— космосда Коинотнинг пайдо бўлиш вақтидан таралган реликтив микротўлқинли фон нурланишнинг мавжудлиги;

— Коинотнинг кенгайишидан юзага келган галактика спектрларидаги қизилга силжиш;

— Катта портлаш назарияси башорат қилганидай водороднинг 12 атомига гелийнинг бир атоми мос келиши.

Коинот ривожланишининг босқичлари

Вақт	Ҳарорат	Коинотнинг ҳолати
10^{-45}—10^{-37} с	10^{26} К дан юқори	Кенгайиш
10^{-6} с	10^{13} К дан юқори	Кварклар ва электронларнинг пайдо бўлиши
10^{-5} с	10^{12} К	Протонлар ва нейтронларнинг пайдо бўлиши
10^{-4} с — 3 мин	10^{11}—10^{9} К	Дейтерий, гелий, литий ядроларининг пайдо бўлиши
400 мың йил	4000 К	Атомларнинг пайдо бўлиши
15 млн йил	300 К	Газ булутининг кенгайишини давом этиши
1 млрд йил	20 К	Биринчи юлдузлар ва галактикаларнинг пайдо бўлиши
3 млрд йил	10 К	Юлдузлар портлашида оғир ядроларнинг пайдо бўлиши
10—13 млрд йил	3 К	Планеталарнинг ва онгли ҳаётнинг пайдо бўлиши

Демак Коинот ёши 13,7 млрд йил (10^{18} с), кузатиладиган фазо ўлчамлари 93 млрд ёруғлик йили (10^{27} м) экан. Тахминларга кўра бу ҳудуддан ташқари бошқа параллел Коинотлар ҳам бўлиши мумкин (мультиоламлар гипотезаси). улардаги фундаментал доимийлар ўзгача бўлиб, Коинот манзараси умуман бошқача бўлиши мумкин. Ҳақиқатдан ҳам, шу доимийлар салгина ўзгача бўлганда, биз билган Коинот бўлмас эди, унда инсоннинг яшаши ҳам гумон эди. Бу ҳолат Антроп принцип билан тушунтирилади. Коинотлар сони чексиз, бироқ кузатилаётган Коинотнинг ўзига хос хоссалари фундаментал доимийларини қийматларига боғлиқ. Келажакдаги изланишлар бу ҳолатни ойдинлаштира олади деб ишонамиз (75.4-расм).

75.4-расм. Кузатиладиган Коинот масштаби (логарифмик масштабда)

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Хаббл қонуни. 1929 йили америка астрономи Эдвин Хаббл галактика биздан қанча узоқда бўлса, у шунча тезроқ биздан узоқлашади ва унинг спектри қизил томонга шунча кўпроқ силжишини кашф қилди:

$$v = Hr,$$

бу ерда v — галактиканинг узоқлашиш тезлиги, r — унгача масофа, H — Хаббл доимийси (67,80 ± 0,77 (км/с · Мпк). Хаббл қонуни фақат олис галактикалар учунгина қўлланилади. Хаббл қонуни Коинотнинг кенгайишини, яъни Катта портлаш натижасида Коинотнинг пайдо бўлганлигини исботлайди.

Қизилга силжиш миқдори

$$z = \frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda},$$

бу ерда λ_0 — ўлчанган тўлқин узунлиги, λ — спектрдаги бошланғич узунлик. Ҳозирги кунда қизил силжишнинг энг катта миқдори 11,09, бу 13,39 млрд ёруғлик йили масофасидаги GN-z11 галактика учун характерлидир.

Коинотнинг модели. Бизнинг Коинотнинг замонавий модели LCDM (Lambda-Cold Dark Matter) деб аталади. LCDM модели 1998 йили Коинотнинг тезланувчан кенгайиши кашф этилгач стандарт моделга айланди, сабаби аввалги моделларнинг зиддиятлари бунда осон ва табиий тарзда ҳал бўлди. Бу модел Коинот барион материядан ташқари лямбда аъзо — қоронғу энергия ва совуқ қоронғу материядан ҳам ташкил топган деб ҳисоблайди. Баъзи LCDM моделин умумлаштирувчи муқобил моделларга асосан Коинотнинг кенгайиши унинг қайтадан сиқилиши билан алмашади ва Коинотнинг ривожланиши тўхтайди. Бошқа бир тахминларга кўра Метагалактиканинг сиқилиши кейин яна қайта кенгайишга олиб келади. Учинчи бир гипотеза бўйича Коинотнинг кенгайиши мангу давом этади. Барча юлдузларнинг ёруғлиги вақт ўтиши билан сочилиб, галактикалар қоронғуликка сингиб йўқолади.

1. *Метагалактиканинг ўлчамлари қандай?*
2. *Катта портлаш назариясига ҳозирги пайтда қандай далиллар бор?*
3. *Қуёшнинг ёши қандай?*
4. *Бизнинг галактиканинг ёши нечада?*
5. *Метагалактиканинг тузилиши қандай?*
6. *Галактикаларнинг спектридаги қизилга силжиш нимани кўрсатади?*
7. *Ҳарорати 3К бўлган нурланиш нега реликтивтив деб аталади?*
8. *Агар галактиканинг узоқлашиш тезлиги 1000 км/с бўлса, бу галактикагача масофа қандай?*
9. *Хаббл қонуни нимани далиллайди?*

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

76-§. Ҳаёт ва Коинот ҳақида ўйлар. Инсониятнинг космик келажаги ва космосни ўзлаштириш

Таянч тушунчалар:

- ✓ фундаментал фан
- ✓ амалий фан
- ✓ катта портлаш
- ✓ қоронғу энергия
- ✓ қоронғу материя

Бугун дарсда:

- Оламдаги ҳаёт ва тафаккур, замонавий фан соҳалари, инсониятнинг космик келажаги ҳақидаги фикрлар билан танишасиз.

Бугунги жамиятнинг ютуқлари ҳам, муваффақиятсизликлари ҳам фан ва техниканинг ривожланиши билан узвий боғлиқ. Инсон ҳаёти ўртача узоқлигининг сўнгги юз йил ичида икки марта ортиши, одамлар сонининг етти миллиарддан ортиши, инсоннинг океан тубига етиши, космосга учиши, жуда улкан ҳажмдаги ахборотни қайта ишлаб, тезда исталган одамларни бир-бири билан боғлай олиши — буларнинг ҳаммаси фаннинг ривожланиши натижаси. Шунингдек, инсонларни оммавий қиришга мўлжалланган ядро, кимёвий ва биологик қуроллар ва кўплаган экологик офатлар ҳам фаннинг ривожланиши оқибати. Шу каби кўплаган мисоллар фаннинг ўта қувватли, турли-туман ва мураккаблигининг далили бўла олади. Бир томондан, Коинотнинг ҳайратланарли сирлари инсонни доим ўзига мафтун қилиб келади, иккинчи томондан, бу қудратли куч ер юзини вайрон қилиб, инсониятни, ҳатто бутун тирик жонзотларни қириб юбориши мумкин. Шу сабабли бу хавфли куч ўзига алоҳида ёндошувни талаб қилади. Лекин барибир, ижобий ва салбий томонларини солиштирсак, бизнинг фандан оладиган фойдамиз, кўрадиган зараримиздан анча кўп, шу сабабли ҳозирги жамият фанни ривожлантиришга катта куч сарфламоқда.

Исталган келажакдан умиди катта давлат фанга жуда катта эътибор бериб, талантли ёшларни фан билан шуғулланишга йўналтирмоқда. Биз ҳам четда қолмасдан, элимизда фанни ривожлантиришимиз керак. Юртнинг келажаги замонавий фан ютуқларини халқ хўжалигининг барча соҳаларида кенг қўлланилиши билан боғлиқ. Демак, давлатда фаннинг даражаси камида дунёдаги янгиликларни, кашфиётларни тушуниб, ўзлаштира олишга салоҳияти етадиган даражада бўлиши керак.

Коинотдаги ҳаёт ва тафаккур. Коинот ҳақидаги бизнинг билимимиз чекланганлигини эътиборга олиб, машҳур астроном Шепли Харлоу келажакда инсоният жавоб топиши лозим бўлган асосий уч савол борлигини айтди. Булар: Коинот нима? Унинг табиати қандай? У нима учун мавжуд? Бу саволларни шу ҳаётга нисбатан қўйсак, уларнинг бирига ҳам тўлиқ жавоб бера олмаймиз. Ҳаёт нима? У қандай пайдо бўлган? Умуман олганда, ҳаёт муаммолари дунёдаги энг машҳур донишмандларни ҳам доим қизиқтириб келган.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Осмон жисмларининг пайдо бўлиши ва ривожланиши назариясида астрономия фани катта ютуқларга эришгани билан ҳаёт ва онгнинг пайдо бўлиши ва унинг ривожланиши ҳақида ҳали кўплаган номаълум масалалар бор. Онгли ҳаёт фақат бизнинг планетамиздагина эмас, бошқа кўплаб оламларда ҳам мавжуд бўлиши мумкин деган фикр жуда қадимдан, астрономия илми шаклланмасдан аввал ҳам мавжуд бўлган.

Ердан ташқарида онгли ҳаёт мавжуд осмон жисмлари ўзи борми ва улар озми, кўпми деган саволларга жавоб бериш учун кузатиш асбобларини такомиллаштириш ёки аввал қуйидаги саволларга жавоб бериш керак: Коинотда ҳаёт турларининг пайдо бўлишига қулай шароитлар тез-тез учрайдими ва шу шароитларнинг ҳаммасида ҳам ҳаёт пайдо бўла оладими? Унга қанча вақт керак? Ердаги ҳаётдан бошқа ҳаёт турлари бўлиши мумкинми? Ҳаёт эволюцияси ҳар доим ҳам онгли мавжудодларга олиб келадими? Онгли ҳаётнинг пайдо бўлишига керак вақтнинг узоқлиги қандай?

Онг, тафаккур нима? Баъзи олимларнинг тахминига кўра, инсон онги — инсон тилининг синоними. Бошқаларнинг фикрича, онг инсонларнинг билиш хоссаларининг бири бўлиб, онгнинг ривожланиши турли даражага етиши мумкин ва унинг камчилиги ҳамда ютуқлари бор. Учинчи фикрларга асосан, онг — инсоният ривожланишининг берк тармоғи.

Агар Коинотнинг бир жойида ҳаёт эгалари топилса, барча айтилган тахминларимиз тасдиқланиши ёки йўққа чиқиши мумкин эди.

Шундай қилиб, юқорида келтирилган мулоҳазалардан қуйидаги хулосага келиш мумкин.

Мураккаб молекулаларнинг топилиши билан онгли ҳаёт учун қулай шароити бор бизнинг планетамиз каби йўлдошлари бор юлдузлар топилди. Бу планеталарга космик саёҳат қилиш ҳам мумикн.

Онгли ҳаётни излашнинг самарали йўли — радиосигналларни ўрганиш. Уларни бошқа планеталарда яшовчи онгли ҳаёт вакиллари юбориши ҳам мумкин. Бир кун келиб, Ерда ёки Ойда ўрнатилган радиотелескоплар келган радиосигналларни хатосиз қайд қилиб, космик радиоалоқани йўлга қўйиши мумкин.

Бироқ инсон ўз кўзи билан кўриб, қўли билан бажарган нарсага ҳеч нарса тенг келмайди. Яқин ўнлаган йиллар ичида инсонлар бошқа планеталарнинг сиртига ёки унинг йўлдошларига ўзи бориши ва уни тадқиқ қилиши ва ҳатто ўзлаштириши мумкин. Инсониятнинг космосга учиш даври XX асрда бошланди, яъни ерни биринчи космонавт айланиб учиб ўтди, биринчи космонавт аёл космосга учди, Ой сиртига биринчи одамлар қадам қўйди. 1961 йилнинг 12 апрелида қозоқ космодроми Бойқўнғирдан учган Юрий Гагарин Ер шарини айланиб чиқди. Ерга қайтганилдан кейин айтган унинг биринчи сўзи: “Мен шу планетанинг турғуниман” бўлди. Шу йили Жон Гленн Ерни 3 марта айланиб чиқди. 1963 йили космосга аёл-космонавт В. Терешкова учи-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

рилди. 1965 йилнинг 18 мартида Леонов биринчи марта очиқ космосга чиқди. 1969 йилнинг 20 июлида биринчи марта Ой сиртига америка астронавти Нил Армстронг қадам қўйди. 1975 йили 15 июлда Америка ва Совет Иттифоқи космонавтлари космосда биринчи марта қўл бериб саломлашишди. Ҳозирги кунда Ер орбитасида мураккаб орбитал станциялар учиб юрибди. Унда халқаро экипажлар космосни тадқиқ қилиш бўйича ишлар олиб боришаяпти.

Қуёш системасини ўрганишдаги камчиликларни ҳал қилиш мақсадида космосга "Вояджер", "Кассини", "Улисс" ва бошқа автоматик зондлар учирилди. Космик аппарат "Вояджер-2" Ердан 1977 йили 20 августда Канаверал бурунидаги космодромдан учирилди. У Нептун планетасига 12 йилдан сўнг етиб борди.

Нептун билан учрашгандан кейин "Вояджер-2" аппаратининг траекторияси жанубий яримшарлар томонга йўналди. Энди у эклиптикани 48° бурчак остида ва 15,9 км/соат тезликда учиб ўтди. "Вояджер" лар келажакда илмий тадқиқотлар учун гелиопаузани кесиб ўтиши кутилмоқда.

Қуёш шамолининг (Қуёшдан таралаётган атомларнинг ионлашган зарралари) тезлиги 400 км/с атрофида. Унинг динамик босими юлдузлараро магнит майдони билан қаерда мослашиши ҳозирча номаълум. Бироқ "Вояджер" гелиопаузани 2012 йили кириб борди деб тахмин қилинмоқда. Радиоизотопли термоэлектрик батареяларнинг энергияси аппаратларнинг минимал ишлашида 2025 йилгача етади. Шу вақтда батареянинг қуввати 240 Вт га тушади. Миллион йилдан кейин "Вояджерлар" Ердан 50 ёруғлик йилига тенг масофага узоқлашади.

"Вояджер-2" Ерга гигант планеталар ва уларнинг йўлдошларини расмларини, улар ҳақида муҳим маълумотларни юбориб, фаннинг ривожланишига катта ҳисса қўшди.

XX—XXI асрларда Қуёш системасининг кичик жисмлари, шу жумладан карлик планеталар, плутино, уларнинг баъзи йўлдошлари ва гигант планеталарнинг йўлдошлари кашф қилинди.

Барча планеталар умумий тарзда, Ой, Венера, Марс сиртлари эса тўғридан-тўғри, бевосита текширилди. Бошқа юлдузларда планетар системалар аниқланди. Юлдузли астрономияда юлдузларнинг эволюцияси ва ички тузилишини тушунтирувчи назариялар яратилди. Тахмин қилинган оқ карликлар ва нейтрон юлдузлар топилди.

Галактика ва галактикадан ташқи астрономияда Коинотнинг модели ясалди, кенгайиши аниқланди. Коинотнинг энг олис объектларигача масофани аниқлаш усуллари топилди. Бизнинг галактика ядросининг тузилиши ва юлдузларнинг асосий турлари, уларнинг тўдалари ўрганилди. Коинотнинг катта масштабли тузилиши таклиф қилинди.

Йил сайин Ердан ўнлаб автоматлашган планеталараро йўлдошлар (АПЙ) учирилмоқда. Улар яқин ва олис космосни тадқиқ қилади. Яқин келажакда дастлабки ерликларнинг бошқа планеталар сиртига қадам

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

76.1-расм. АФИ нинг Аси-Турген обсерваторияси

76.2-расм. АФИ нинг Тянь-Шань обсерваторияси

қўйиши, ҳатто одамлар космосда ўз дам олишларини ўтказиши мумкин.

Инсоният тарихида биринчи марта бошқа юлдузларнинг ҳам планетар системалари борлиги далилланди. Олимларнинг фикрича, фақат бизнинг галактикада Ерга ўхшаш миллионлаган планеталарнинг мавжуд бўлиши мумкин. Ундай бўлса, уларда ҳаётнинг бўлиши ҳам эҳтимол. Ер сиртида жойлаштирилган радиотелескоплар радиоэфирга қулоқ солиб, ўзга планеталикларнинг юбориши мумкин бўлган радиосигналларини излашаётганлигига кўп вақт бўлди. Гигант обсерваторияларнинг телескоплари вақт машинаси каби, космик фазода саёҳат қилиб юрган ёруғликни кузатади. Астрономлар Коинотга чуқур кириб боргани сайин, вақт бўйича ҳам шунча чуқур кириб боради.

Инсоният ўзининг қувватли тафаккурига асосланиб Коинотни билибгина қўймай, уни ўзлаштирмоқда ҳам. Қуёш системасини ўрганадиган космик кемалар, илмий орбитал станциялар бунинг исботи бўла олади.

Фесенков номидаги Астрофизика институти Қозоғистонда астрономия ва астрофизика соҳасидаги фундаментал тадқиқотлар ўтказадиган асосий илмий ташкилот ҳисобланади. АФИ-нинг илмий ишларига астрономик кузатишлар, назарий тадқиқотлар ва компьютерли моделлаштириш киради (76.1- ва 76.2-расмлар). Назарий тадқиқотларнинг асосий йўналишларига юлдузлар динамикаси ва астрофизик ҳисоблашлар, осмон механикаси, сонли моделлаштириш асосида галактикаларнинг актив ядроларини ўрганиш, Коинотнинг ёш пайтидаги космологик моделини ривожлантириш, Коинотдаги тузилмаларнинг пайдо бўлиши ва эволюциясини ўрганиш, қора материялар ва қора энергияларнинг табиатини тадқиқ қилиш киради.

Дунёдаги астрономик обсерваториялар ичида Алмати яқинидаги баланд тоғларда жойлашган икки кузатиш обсерваторияси кўпчиликка таниш. Бу обсерваториялардаги кузатиш ишлари бир неча ўн минглаган ёруғликсезгир элементлардан иборат матрицаси бор ПЗС-камера деб аталувчи, тасвирларнинг панорамали қабуллагичи бўлган янги асбоблар билан жиҳозланган телескоплар ёрдамида олиб борилади.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Асосий вазифа Қуёш ва гигант планеталарнинг атмосфераларида рўй бераётган жараёнларни, кометалар ва юлдузлараро муҳит ва туманликларни, актив галактикаларнинг спектрофотометриясини тадқиқ қилишга йўналтирилган.

1. *Планетада қулай шароит юзага келганда ҳаётнинг пайдо бўлиши ҳар доим мумкинми?*
2. *Онг нима?*
3. *Оқсилсиз яшаш формаси бўлиши мумкинми?*
4. *Ҳозирги космик кемаларда бошқа юлдузларга сафар қилиш мумкинми?*
5. *Ердан ташқарида ҳаёт вакиллари билан алоқа қилиш учун онги биздан юқори ёки пастроқ ривожланган онгли мавжудодлардан қайси бирини танлаган афзал деб ўйлайсиз?*
6. *Сиқилаётган Коинотда ҳаёт бўлиши мумкинми?*
7. *Яқин 100 йил ичида Ердагицивилизация қандай ривожланиши мумкин?*
8. *Космосга биринчи учган ким?*
9. *Ой сиртига биринчи қадам қўйган ким?*
10. *Очиқ фазога биринчи чиққан ким?*
11. *Биринчи аёл-космонавт ким?*

Қозоғистонлик космонавтлар ҳақида эссе ёзинг.

12-бобнинг асосий мазмуни

• **Астрономия** — осмон жисмларининг, уларнинг системаларининг ва бутун Коинотнинг физик тузилишини, пайдо бўлишини, ҳаракатини ва ривожланишини тадқиқ қиладиган фан.

• **Космология** — Коинотни яхлит олганда пайдо бўлиши ва ривожланишини, геометрик тузилишини, ундаги модданинг қандай пайдо бўлганлигини, қоронғу энергия ва қоронғу материянинг табиатини ва уларнинг Коинот ривожланишидаги тутган ўрнини ўрганадиган астрономия соҳаси.

• **Қоронғу энергия** — Коинотнинг тезланувчан кенгайишига сабабчи, табиати ҳозирча номаълум, ҳамма жойда бирдай таралган майдон.

• **Қоронғу материя** — галактикалар атрофида тўпланган номаълум, электромагнит ва кучли таъсирларга қатнашмайдиган материя.

• **Хаббл қонуни** — галактика қанча олис масофада бўлса, шунча тезроқ узоқлашади ва унинг спектри қизилга томон шунча кўп силжийди:

$$v = Hr,$$

бу ерда v — галактиканинг узоқлашиш тезлиги, r — унгача масофа, H — Хаббл доимийси (67,80 ± 0,77 (км/с · Мпк)).

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

ЛАБОРАТОРИЯИШЛАРИ

6-лаборатория иши.
Нурланишнинг туташ ва чизиқли спектрларини кузатиш

Ишдан мақсад: спектроскоп ёрдамида туташ ва чизиқли нурланиш спектрларини кузатиш.

Асбоб ва материаллар: электр лампа; симобли лампа; водород, гелий, криптон тўлдирилган газ разряд трубкалари; спектроскоп; турли рангли қаламлар.

Иш назарияси.

Нурланиш спектри деб берилган модда чиқарадиган ёруғлик таркибидаги барча тўлқин узунликларининг ёки частоталарининг тўпламига айтади.

Нурланиш спектрлари туташ, чизиқли ва йўл-йўл турларга бўлинади.

Қаттиқ ёки суюқ ҳолатдаги моддаларнинг спектрлари туташ бўлади. Туташ спектрнинг таркибида кўринадиган ёруғликнинг барча частоталари учрайди, шу сабабли у бир-бирига узлуксиз, аста-секин қўшилиб кетадиган турли рангли йўлаклар тарзида кўринади. Спектрдаги ранглар қизил, зарғалдоқ, сариқ, яшил, ҳаво ранг, кўк, бинафша тартибида жойлашади.

Чизиқли спектрларни атом ёки газ ҳолатидаги моддалар чиқаради. Исталган модданинг алоҳида атомлари фақат шу моддагагина хос частоталар тўпламидан иборат спектрни беради. Ҳар бир одамнинг ўзигагина хос бармоқ излари бўлгани каби, ҳар бир модда атомларининг ҳам фақат шу моддага хос чизиқли спектри бўлади. Чизиқли спектрлар оралиқлари аниқ бир-биридан ажралган, турли рангдаги ингичка чизиқлар шаклида кўринади.

Йўл-йўл спектрларни модданинг бир-бири билан заиф боғланган ёки умуман таъсирлашмайдиган молекулалари чиқаради. Йўл-йўл спектрлар қора оралиқлар билан ажралган ёруғ йўлаклар шаклида кўринади.

Ишнинг бориши:

Нурланиш спектрларининг қонуниятларини кузатиш

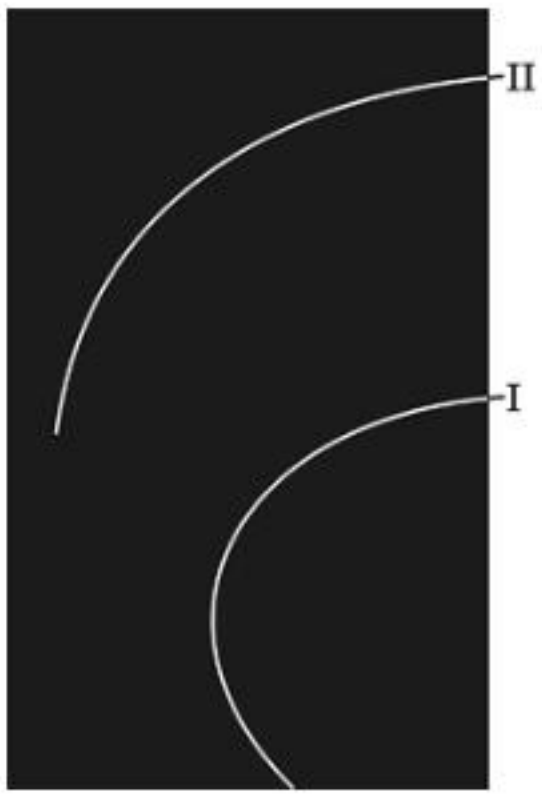
1-топшириқ. Туташ нурланиш спектрларини кузатиш.

1. Спектроскопнинг окулярини кўзга яқинлаштириб, кундузги ёруғликнинг спектрини қаранг ва кузатилган манзарани расмини солинг.

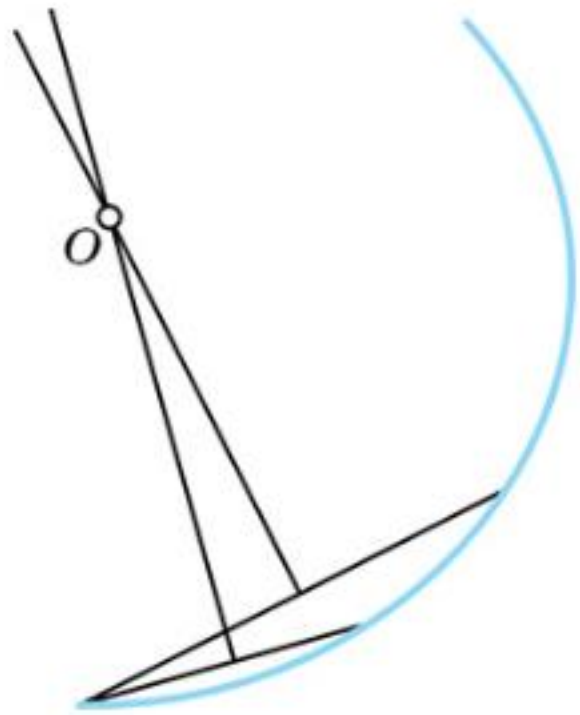
2. Спектрометр тирқишининг олдига электр лампани жойлаштириб, лампани ёқинг. Спектроскопнинг тирқишини лампага йўналтириб, ёруғликнинг нурланиш спектрини аниқ ҳосил қилинг. Унга қараб чиқинг ва расмини солинг.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ



1-расм



2-расм

2-топшириқ. Чизиқли нурланиш спектрларини кузатиш.

1. Спектрометр тирқишининг олдига оптик тагликка симоб лампасини жойлаштириб, уни ёқинг. Кўринган чизиқли спектрнинг ҳамасини қараб чиқинг.

2. Симоб лампасининг ўрнига газ разряд трубкаларни (водород, неон, гелий тўлдирилган) навбати билан жойлаштириб, уларнинг ҳар бирининг чизиқли спектрларини кўриб чиқинг. Водород спектрини чизинг.

Хулоса чиқаринг.

7-лаборатория иши.
Тайёр фотосуратлар бўйича зарраларнинг ўзаро таъсирлашишини ўрганиш

Асбоб ва материаллар:

1. Зарядланган зарраларнинг треклари туширилган фотосурат (1-расм).

2. Вильсон камерасида олинган α-зарраларнинг оқими кўрсатилган фотосурат (2-расм).

3. Чизғич, шаффоф қоғоз (калька), циркуль.

1-топшириқ. *Ишдан мақсад*: магнит майдонида ҳаракатланган зарядланган зарраларнинг треклари (излари) туширилган фотосуратни таҳлил қилиш, зарядланган зарранинг изини протоннинг изи билан солиштириб, шу заррани аниқлаш.

3-расм

Иш назарияси. Магнит майдонида жойлашган Вильсон камерасида олинган фотосуратда (3-расм) иккита зарядланган зар-

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

ранинг ҳаракат траекторияси берилган. Биринчи I трек (из) протонга, иккинчи II трек эса аниқланиши керак бўлган заррага тегишли.

Магнит майдонининг индукцияси фотосурат текислигига перпендикуляр. Зарраларнинг бошланғич тезликлари бирдай ва фотосурат четига перпендикуляр. Массаси m ва заряди q бўлган номаълум заррани аниқлаш унинг солиштирма зарядини $\frac{q}{m}$ протоннинг солиштирма заряди билан солиштириш орқали бажарилади. Бу қуйидагича бажарилади: зарралар трекларининг бошланғич қисмларидаги радиусларини ўлчайди ва солиштиради. Лоренц кучи таъсирида зарядланган зарра радиуси R_2 айлана бўйлаб ҳаракатланади. Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра

$$qvB = m\frac{v^2}{R_2}, \text{ бундан } \frac{q}{m} = \frac{v}{B \cdot R_2}, \qquad (1)$$

протон учун

$$\frac{e}{m_p} = \frac{v}{BR_1}. \qquad (2)$$

Зарраларнинг солиштирма зарядларининг нисбати уларнинг траекторияси радиусларининг нисбатига тескари пропорционал:

$$\frac{q\ /\ m}{e\ /\ m_p} = \frac{R_1}{R_2}. \qquad (3)$$

Зарралар изининг эгрилик радиусларини аниқлаш учун 2-расмдаги фотосуратнинг сиртига шаффоф қоғоз (калька) қўйиб, излар қоғозга кўчирилади. 3-расмда кўрсатилгандей икки ватар чизилади ва уларнинг ўртасидан перпендикуляр ўтказилади. Перпендикулярларнинг кесишиш нуқтаси айлананинг маркази бўлади. Бу радиус чизғич билан ўлчанади.

Ишнинг бориши:

1. Фотосуратдаги зарраларнинг изларини калькага кўчиринг.
2. Фотосуратдаги номаълум зарра изининг R_2 радиусини ўлчанг.
3. Фотосуратдаги протон изининг R_1 радиусини ўлчанг.
4. Номаълум зарра ва протоннинг солиштирма зарядларини солиштиринг:

$$\frac{q\ /\ m}{e\ /\ m_p} = \frac{R_1}{R_2}.$$

5. Номаълум зарра электр зарядининг ишорасини аниқланг.
6. II треги бор заррани ўхшашлиги бўйича топинг.
7. Магнит индукцияси B векторининг йўналишини аниқланг.
8. Ўлчаш ва ҳисоблаш натижаларини жадвалга киритинг.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

2-топшириқ. *Ишдан мақсад*: фотосурат бўйича α-зарранинг азот атоми билан ўзаро таъсирлашиши ядро реакцияси ва реакция маҳсулотини аниқлаш.

Иш назарияси. Вильсон камерасида олинган фотосуратда (3-расм) биринчи марта Резерфорд амалга оширган α-зарранинг азот атоми ядроси билан ўзаро таъсирлашиш жараёни тасвирланган:

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{A}_{Z}X + ^{1}_{1}H$$

Ядро реакцияси натижасида пайдо бўлган икки зарра, унинг бири протон бўлса, иккинчиси номаълум элемент атомининг ядроси $^{A}_{Z}X$. Бу зарранинг A масса сонини ва Z заряд сонини электр зарядининг ва масса сонининг сақланиш қонуни бўйича аниқлашга бўлади. Ўзаро таъсирлашиш реакцияси тасвирланган фотосуратда α-зарранинг изи 1, ингичка узун протоннинг изи 2, номаълум элементнинг ядросининг йўғон ва қисқа изи 3 бўлади.

Ишнинг бориши:

1. Назарий материаллардан фойдаланиб, фотосуратдаги зарядланган зарраларнинг ўхшашлигини аниқланг.

2. Электр зарядининг ва масса сонининг сақланиш қонунларига асосланиб, A ва Z индексларни аниқланг.

3. Реакцияда қандай элементнинг ядроси пайдо бўлганини кўрсатинг. Ядро реакцияси тенгламасини тўлдириб ёзинг.

4. Пайдо бўлган зарра трекларининг узунлиги ва йўғонлигини ҳар хил бўлиши сабабларини тушунтиринг.

5. Фотосуратни таҳлили натижаси бўйича ушбу саволга жавоб беринг: α-зарралар азот атомининг ядроси билан қанчалик кўп таъсирлашади?

6. Хулоса чиқаринг.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Ўқувчиларнинг лойиҳалаш-тадқиқот ишлари учун топшириқлар

Ўқув лойиҳаси — аниқ бир ўқув-билиш фаолиятига оид муаммони ҳал қилишга йўналтирилган мустақил ижодий иш ҳаракат тури. Бу ишни шартли равишда қуйидаги босқичларга бўлиш мумкин.

Тайёргарлик босқичи.

- Ўқув-билиш масаласини қўйиш.
- Лойиҳа мавзусини аниқлаш, уни синфда муҳокама қилиш.
- Лойиҳанинг мақсади ва вазифаларини белгилаш.
- Лойиҳа турини аниқлаш (якка, жуфтликда, гуруҳда).
- Иш режаси ва жадвалларини тузиш.
- Ахборотни излаш ва саралаш.
- Йиғилган материални системалаштириш ва таҳлил қилиш.

Асосий босқич.

Лойиҳани тайёрлаш.
Олинган натижаларни муҳокама қилиш.
Лойиҳани расмийлаштириш.
Уни ҳар хил мактабдаги тадбирларга намойиш қилишга тайёрлаш.
Лойиҳани таништириш.

Хулосалаш босқичи.

Баённомаларни таҳлил қилиш ва баҳолаш.
Хулоса чиқариш.
Бажарилган иш ҳақида ҳисобот тайёрлаш.
Мавзуни ўрганишни давом эттириш истиқболини аниқлаш.

Лойиҳа баённома, реферат, компьютер презентацияси турида тайёрланиши мумкин. Ишнинг тахминий ҳажми 10—15 бет (5—10 слайд). Физика бўйича ўқув лойиҳаларини уч гуруҳга бўлишга бўлади: “Физиканинг ривожланиш тарихи”, “Эксперимент ва моделлаштириш — табиатни ўрганишнинг асосий физик усуллари”, “Физик билимларнинг амалий тадбиқлари”.

Қуйида 11-синф физика курси учун ўқув лойиҳаларининг мавзулари келтирилган.

Физиканинг ривожланиш тарихи

- Ўзгармас ток қонунларининг кашф қилиниши тарихи.
- Электромагнит тўлқинларни аниқлаш тарихи.
- Ёруғлик тезлигини ўлчаш тарихи.
- Радиоалоқанинг пайдо бўлиши ва ривожланиши тарихи.
- Тўлқин оптикасидаги фундаментал тажрибалар.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

• Ташқи фотоэффектнинг кашф этилиши ва ўрганилиши тарихи.
• Атомларнинг ички тузилишини аниқлаш бўйича Резерфорднинг фундаментал тажрибаси.
• Нисбийлик назариясининг кашф қилиниш тарихи.

Эксперимент ва моделлаштириш — табиатни ўрганишнинг асосий физик усуллари

• Компьютер ёрдамида ўзгармас ток электр занжирларини тузиш ва синаш.
• Компьютер ёрдамида магнит майдонидаги зарядланган зарраларнинг ҳаракатини ўрганиш.
• Компьютер ёрдамида электромагнит индукция бўйича Фарадей тажрибаларини ўрганиш.
• Электромагнит хоссаларини кузатиш ва ўрганиш.
• Компьютер ёрдамида юпқа линзаларда тасвир ясаш.
• Ёруғлик тўлқинларининг интерференциясини, дифракциясини лазер нурлари ёрдамида компакт-дискда кузатиш ва ўрганиш.
• Компьютер ёрдамида ташқи фотоэффект қонуниятларини ўрганиш.
• Компьютер ёрдамида чизиқли спектрларни ўрганиш.
• Компьютер ёрдамида ядро айланишларини ўрганиш.
• Ойнинг фазаларини кузатиш.

Физик билимларнинг амалий тадбиқлари

• Мустақил разряд турлари ва уларни техникада қўллаш.
• Электромагнит нурланишнинг турлари ва уларни фан ва техникада қўллаш.
• Табиатдаги оптик ҳодисалар.
• Лазер технологияларини қўлланиш соҳаси.
• Атом электр станциялари фаолиятининг экологик масалалари.
• Ионловчи нурланишларни қайд қилиш усуллари.
• Семей полигони ва Семей-Невада ҳаракати.
• Катта адронли коллайдер.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

ГЛОССАРИЙ

Абсолют қора жисм — барча частоталарда тушган нурнинг энергиясини тўлиқ ютиб оладиган жисм.

Астрономия — осмон жисмларининг, уларнинг системаларининг ва бутун Коинотнинг физик тузилишини, пайдо бўлишини, ҳаракати ва ривожланишини ўрганадиган фан.

Виннинг силжиш қонуни. Абсолют қора жисмнинг энергетик ёрқинлиги спектрал зичлигининг максимумига мос келган тўлқин частотаси жисмнинг абсолют ҳароратига тўғри пропорционал.

Голография (грек. *holos* — тўлиқ ва *graphe* — ёзаман) — бу буюмларнинг ҳажмий тасвирларини фотопластинкада (голограммада) когерент лазер нурлари ёрдамида олиш усули.

Жисмнинг нурланиш қобилияти деб унинг сирт юзи бирлигидан частотанинг бирлик интервалида чиқадиган нурланиш қувватига айтилади.

Ярим емирилиш даври — радиоактив ядролар сонининг ярми емириладиган вақт оралиғи.

Иссиқликдан нурланиш — қизиган жисмларнинг электромагнит нурланиши.

Изобаралар — масса сонлари A бирдай, заряд сонлари Z ҳар хил нуклидлар.

Изотоплар — ядро зарядлари бирдай, масса сонлари ҳар хил элемент атомлари.

Кирхгоф қонуни. Барча жисмлар учун нурланиш қобилиятининг нурни ютиш қобилиятига нисбати жисмнинг материалига боғлиқ эмас, частота ва ҳароратнинг универсал функцияси бўлиб топилади.

Космология — Коинотнинг пайдо бўлиши ва ривожланишини, геометрик тузилишини, ундаги модданинг қандай пайдо бўлганини, қоронғу энергия ва қоронғу материянинг табиати ва уларнинг Коинот ривожланишидаги ўрнини ўрганадиган астрономия бўлими.

Қоронғу материя — галактикалар яқинида тўпланган номаълум, электромагнит ва кучли ўзаро таъсирларда иштирок этмайдиган материя.

Қоронғу энергия — Коинотнинг тезланувчаан кенгайишига сабабчи, табиати ҳозирча номаълум, ҳамма жойда бирдай текис таралган майдон.

Лазер (инг. Light amplification by stimulated emission of radiation сўз бирикмасининг бош ҳарфларидан олинган) — ёруғликнинг квант генератори, ишлаш принципи мажбурий (индукцияланган) нурланиш ҳодисасига асосланган.

Масса дефекти — ядро тортиш кучининг иши ҳисобига нуклонлардан атом ядроси тузилганда пайдо бўлган массалар фарқи.

Солиштирма боғланиш энергияси — ядронинг боғланиш энергиясининг A масса сонига нисбати, яъни бир нуклонга мос келадиган боғланиш энергияси.

Наноматериал — нанозарралардан тузилган ёки нанотехнология асосида ясалган макроскопик модда.

Нанороботлар — ўлчамлари 100 нм дан ошмайдиган, ҳаракатланиш, амаллар бажариш, дастурлаш, ахборот алмашиш ва қайта ишлаш қобилиятларига эга машиналар.

Нанотехнология — алоҳида ўзига хос ва янги хоссалар олиш мақсадида материя билан (модда билан) атом, молекуляр ва супрамолекуляр (бир неча молекула) сатҳларда амаллар бажариш усуллари.

Нейтронларнинг кўпайиш коэффициенти — нейтронларнинг исталган "авлодидаги" сонининг ундан аввалги "авлоддаги" нейтронларнинг сонига нисбати.

Нуклидлар — атом ядросининг муқобил термини.

Нуклонлар — ядронинг таркибига кирувчи мусбат зарядли протон ва электр жиҳатдан нейтрал нейтронларнинг умумий номи.

Планк доимийси. $h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ Ж · с — бу 1900 йили М. Планк иссиқлик нурланиши қонунларини тушунтириш борасида киритган фундаментал физик доимийларнинг бири.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

Радиоактив модданинг активлиги — вақт бирлиги ичида емириладиган ядролар сони билан аниқланадиган катталик.

Радиоактивлик — беқарор атом ядросининг ўз-ўзидан емирилиб нурланиш қобилияти.

Радиоактив емирилиш — беқарор атом ядросининг ўз-ўзидан емирилиб, бошқа атом ядросига айланиш ва нурлар чиқариш қобилияти.

Резерфорд тажрибаси. Резерфорднинг альфа-зарраларни юпқа олтин фольгадан сочилишини ўрганган тажрибаси (1911 й.) атомнинг ядро моделини яратишга имкон берди.

Рентген нурланиши — частотаси жуда юқори (тўлқин узунлиги жуда қисқа $\lambda = 10^{-12} - 10^{-9}$ м) электромагнит нурланиш. Уни немис физиги В. Рентген кашф қилган.

Сканерловчи туннелли микроскоп — атомларни тасвирлаш билан бирга, уларга таъсирлашишга имкон берувчи нанофанлар учун ўта муҳим асбоб.

Стефан—Больцман қонуни. Абсолют қора жисмнинг интеграл энергетик ёрқинлиги абсолют ҳароратнинг тўртинчи даражасига тўғри пропорционал.

Критик масса — занжир бўлиниш реакциясини доимий таъминлаб туришга етарли бўлинадиган модданинг (ураннинг) энг кичик массаси.

Термоядро реакциялари — жуда юқори ҳароратда енгил ядроларнинг бирикиб, оғирроқ ядрони ҳосил қилиш реакцияси.

Занжир ядро реакцияси — маълум бир ядро реакцияси навбатдаги худди шундай реакцияни юзага келтирадиган жараён.

Фотон — электромагнит нурланишнинг корпускуляр хоссаларини тушунтириш учун киритилган квазизарра. Фотон — электромагнит майдон кванти.

Фотоэлектронлар — ташқи фотоэффект жараёнида металл сиртига тушган ёруғлик таъсирида учиб чиқадиган электронлар.

Фотоэффект — электромагнит нурланишнинг модда билан таъсирлашиши борасида кузатиладиган ҳодисалар. Ташқи фотоэффект жараёнида нурланиш таъсирида электронлар металдан узиб чиқарилади, ички фотоэффект жараёнида нурланиш таъсирида яримўтказгичнинг электр ўтказувчанлиги ортади.

Хаббл қонуни — галактика қанча олисда бўлса, шунча тезроқ узоқлашади ва унинг спектри қизилга томон шунча кўпроқ силжийди.

Емирилиш доимийси — вақт бирлиги ичида ядронинг емирилиш эҳтимоллиги.

Эйнштейннинг умумий нисбийлик назарияси (УНН) — замонавий гравитация назарияси.

Ядро кучлари — ядродаги нуклонларди емирилишдан сақлаб, унинг мустаҳкам боғланишини таъминловчи кучлар.

Ядро реактори — бошқариладиган занжир бўлиниш реакцияси амалга ошадиган қурилма.

Ядро реакциялари — атом ядросининг бошқа ядро, элементар зарра ва квантлар билан ўзаро таъсирлашиши вақтида юз берадиган айланишлар.

Ядронинг боғланиш энергияси — атом ядросини тўлиқ алоҳида нуклонларга ажратиш учун керакли минимал энергия.

α-емирилиш — радиоактив ядронинг ўз-ўзидан емирилиш жараёнида α-зарраларнинг ядродан учиб чиқиши.

β-емирилиш — радиоактив ядронинг ўз-ўзидан емирилиш жараёнида ядродан электрон ва позитроннинг, нейтрино ва антинейтринонинг учиб чиқиши.

γ-емирилиш — радиоактив ядронинг ўз-ўзидан емирилиш жараёнида квантларнинг ядродан учиб чиқиши.

3D принтерлар — ҳажмли моддани (наноматериални) кичик ўлчамли қатламларни устма-уст қўйиш орқали ясаб чиқарадиган аддитив технология асосида ишлайдиган қурилма. Бу қурилма наноматериалларни ясашда қувватли асбоб ҳимобланади.

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. *Касьянов В. А.* Физика. 11 класс. М.: Дрофа, 2018.
2. *Кокс Ф. Г., Парсондейдж М.* Энциклопедия окружающего мира. Атоми и молекули. М.: Росмэн, 1997.
3. *Мухаметов М., Есжанов А.* и др. Физика: Учебник для 11 классов общеобразовательних школ. Алмати, 2008.
4. *Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б.* Физика: Учебник для 11 классов общеобразовательних учреждений. М.: Просвещение, 2002.
5. *Мякишев Г. Я., Синяков А. З.* Физика: Колебания и волни. Учебник для 11 классов для углубленного изучения физики. М.: Дрофа, 2001.
6. *Мякишев Г. Я., Синяков А. З.* Физика: Оптика и квантовая физика. Учебник для 11 классов для углубленного изучения физики. М.: Дрофа, 2002.
7. *Павленко Ю. Г.* Начало физики. Учебник. М.: "Экзамен", 2005.
8. *Тарасов Л. В.* Физика в природе: Книга для учащихся. М.: Просвещение, 1988.
9. *Турчина Н. В.* Физика в задачах для поступающих в вузи. 2500 задач. Москва: Оникс, Мир и образование, 2009.
10. Универсальний справочник школьника / Сост. Г. П. Шалаева. М.: Филологическое общество "Слово". Олма-Пресс образование, 2005.
11. Факти. Люди. Дати. События. Малий энциклопедический справочник. М.: Астрель, 2002.
12. Физика. Учебник для 11 классов с углубленним изучением физики. Профильний уровень. / Под. ред. А. А. Пинского, О. Ф. Кабареина. М.: Просвещение, 2007.
13. Физический практикум для классов с углубленним изучением физики под редакцией Ю. И. Дика, О. Ф. Кабардина. М.: Просвещение, 2002.
14. *Шутов В. И., Сухов В. Г., Подлесний Д. В.* Эксперимент в физике. Физический практикум.
15. Энциклопедический словарь юного физика / Сост. В. А. Чуянов. М.: Педагогика, 1991.
16. Элементраний учебник физики. Том I, II. III. Под редакцией академика Г. С. Ландсберга. М.: АОЗТ "Шрайк", 1995.
17. *Туяқбаев С., Насохова Ш.*, т. б. Физика: Умумтаълим мактабларининг табиий-математик йўналишдаги 11-синфи учун дарслик. Алмати: Мектеп, 2015.
18. https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

МУНДАРИЖА

Кириш сўзи 4

IV бўлим. НИСБИЙЛИК НАЗАРИЯСИНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИ

8-боб. Нисбийлик назариясининг элементлари

42-§. Нисбийлик назариясининг постулатлари. Лоренц алмаштиришлари 5
43-§. Энергия. Релятивистик механикада импульс ва масса. Моддий жисм учун энергия билан массанинг боғланиш қонуни 14
8-бобнинг асосий мазмуни 22

V бўлим. КВАНТ ФИЗИКАСИ

9-боб. Атом ва квант физикаси

44-§. Нурланиш турлари 23
45-§. Спектрлар. Спектрал анализ, спектрал аппаратлар.....27
46-§. Инфрақизил ва ультрабинафша нурлар. Рентген нурлари. Электромагнит тўлқинлар шкаласи 32
47-§. Иссиқликдан нурланиш.....37
48-§. Фотоэффект.....44
49-§. Фотоэффектнинг ишлатилиши 50
50-§. Ёруғликнинг босими 54
51-§. Ёруғликнинг кимёвий таъсири.....58
52-§. Рентген нурлари 62
53-§. Ёруғликнинг корпускуляр-тўлқин табиатининг бирлиги.....66
54-§. Альфа-зарраларнинг сочилиши ҳақида Резерфорд тажрибалари. Бор постулатлари. Франк—Герц тажрибалари 69
55-§. Лазерлар. Ночизиқли оптика ҳақида тушунча.....76
56-§. Бор назариясининг қийинчиликлари. Зарраларнинг тўлқин хоссалари. Де Бройль тўлқинлари 85
9-бобнинг асосий мазмуни 89

10-боб. Атом ядроси физикаси

57-§. Табиий радиоактивлик 90
58-§. Радиоактив емирилиш қонуни 98
59-§. Атом ядроси.....105
60-§. Ядронинг нуклон модели.....108
61-§. Ядродаги нуклонларнинг боғланиш энергияси.....112
62-§. Ионловчи нурланишларни қайд қилиш усуллари.....117
63-§. Ядро реакциялари. Сунъий радиоактивлик 122
64-§. Оғир ядроларнинг бўлиниши 127
65-§. Занжир ядро реакциялар.....130
66-§. Радиоактив нурларнинг биологик таъсири. Радиациядан ҳимояланиш 133
67-§. Ядро реактори. Ядро энергетикаси 135
68-§. Термоядро реакциялари 140
10-бобнинг асосий мазмуни 143

VI бўлим. НАНОТЕХНОЛОГИЯ ВА НАНОМАТЕРИАЛЛАР

11-боб. Нанотехнология ва наноматериаллар

69-§. Нанотехнологиянинг асосий ютуқлари, муҳим масалалари ва ривожланиш босқичлари. Наноматериаллар 145
11-бобнинг асосий мазмуни 150

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

VII бўлим. КОСМОЛОГИЯ

12-боб. Космология
70-§. Астрономия, астрофизика ва космология 151
71-§. Юлдузлар олами. Юлдузларгача масофа. Ўзгарувчан юлдузлар 154
72-§. Қуёш-Ер боғланишлари 165
73-§. Юлдузларнинг планетар системалари. Ер гуруҳидаги планеталар ва гигант планеталар. Қуёш системасидаги кичик жисмлар 169
74-§. Бизнинг галактика. Бошқа галактикаларнинг кашф қилиниши. Квазарлар 176
75-§. Катта портлаш назарияси. Қизилга силжиш ва галактикаларгача масофани аниқлаш. Коинотнинг кенгайиши 180
76-§. Ҳаёт ва Коинот ҳақида ўйлар. Инсониятнинг космик келажаги ва космосни ўзлаштириш 185
12-бобнинг асосий мазмуни 189

Лаборатория ишлари
6-*лаборатория иши*. Нурланишнинг туташ ва чизиқли спектрларини кузатиш....190
7-*лаборатория иши*. Тайёр фотосуратлар бўйича зарраларнинг ўзаро таъсирлашишини ўрганиш 191
Ўқувчиларнинг лойиҳа-изланиш фаолияти учун топшириқлар 194
Глоссарий 196
Фойдаланилган адабиётлар рўйхати 198

Учебное издание

Туякбаев Сабыр
Насохова Шолпан Бабиевна
Кронгарт Борис Аркадьевич
Абишев Медеу Ержанович

ФИЗИКА

Часть 2

Учебник для 11 классов
естественно-математического направления
общеобразовательных школ
(*на узбекском языке*)

Муҳаррир *В. Мусаева*
Бадиий муҳаррир *А. Сланова*
Техник муҳаррир *Л. Садикова*
Компьютерда саҳифалаган *И. Алмабаева*

Нашриётга 7 июль 2003 йилда Қозоғистон Республикаси Таълим ва фан министрлигининг № 0000001 давлат лицензияси берилган

ИБ №6255

Нашрга 17.08.20 рухсат этилди. Ҳажми 70×100 $^1/_{16}$. Офсет қоғози.
Ҳарф тури "SchoolBook Kza". Офсет нашри. Шартли босма табоғи 16,13 + 0,32 форзац.
Шартли бўёқ тамғаси 65,84. Нашр ҳисоб табоғи 11,41 + 0,54 форзац.
Адади 5000 дона. Буюртма №

"Мектеп" нашриёти, 050009, Алмати шаҳри, Абай шоҳ кўчаси, 143-уй
Факс: 8(727) 394-37-58, 394-42-30
Тел.: 8(727) 394-41-76, 394-42-34
E-mail: mektep@mail.ru
Web-site: www.mektep.kz

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217

Все учебники Казахстана ищите на сайтах OKULYK.COM и OKULYK.KZ

*Книга предоставлена исключительно в образовательных целях
согласно Приказа Министра образования и науки Республики Казахстан от 17 мая 2019 года № 217