

18-маъруза.

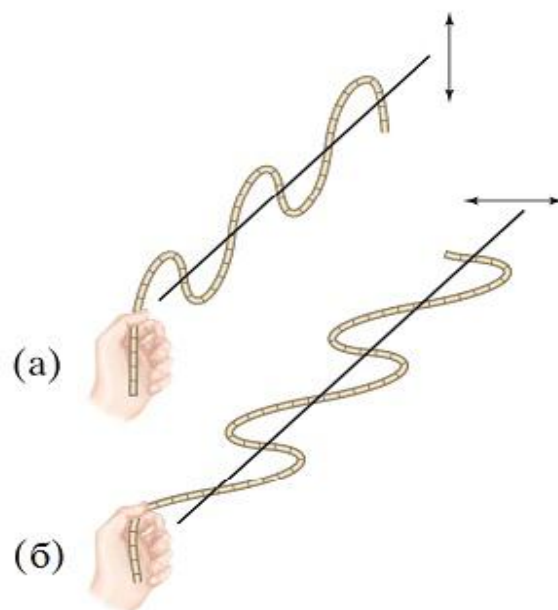
Режа :

1. Табиий ва қутбланган ёруғлик.
2. Ёруғликнинг қайтиши ва синишидаги қутбланиш.
3. Брюстер ва Малюс қонунлари.
4. Иккиланма нур синиши ҳодисаси.
5. Сунний анизотропия.

Ёруғликнинг яна бир муҳим ва фойдали хусусияти уни поляризацияланиши мумкинлигидадир. Бу нимани англатишини кўриш учун келинг арқонда тарқалаётган тўлқинларни қарайлик. Арқон вертикал текисликда 24-38а расм ёки горизонтал текисликда 24-38б расм тебраниши мумкин. Бундай ҳолатда тўлқин **чизиқли поляризацияланган** ёхуд **ясси поляризацияланган** дейишимиз мумкин –тебранишлар бир текисликда рўй бермоқда.

Агар тўлқиннинг йўлига вертикал тирқиши бор тўсиқ жойлаштирадик, 24-39 расм, вертикал поляризацияланган тўлқин вертикал тирқишдан бемалол ўта олади, лекин горизонтал поляризацияланган тўлқин эса йўқ. Агар горизонтал тирқиш қўйилса, вертикал поляризацияга эга тўлқин ўта олмайди. Агар иккала тирқиш ҳам қўлланилса иккала тўлқин ҳам биридан ўтиб биридан ўта олмайди. Шунини таъкидласак поляризация *фақат кўндаланг тўлқинларда* мавжуд, товуш каби бўйлама тўлқинларда эса мавжуд эмас. Фақат тебранма ҳаракат йўналишидаги тирқиш бўйлаб тўлқинлар ўта олади, бошқа ориентациядаги тирқиш уларни тўхтатади.

Электромагнит тўлқинлар учун Максвеллнинг назариясида электромагнит тўлқин кўндаланг тўлқин бўлганда ёруғлик поляризацияланган бўлиши мумкинлигини олдиндан айтиб берган. Ясси поляризацияланган электромагнит тўлқинда поляризация йўналиши электр майдони вектори \vec{E} йўналишида танлаб олинган.



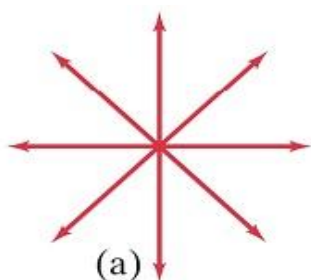
24-38 Расм Арқонда кўндаланг тўлқинлар (а) вертикал текисликда (б) горизонтал текисликда поляризацияланган.

Ёруғлик албатта полярицияланган бўлади дейишимиз мумкин эмас. Ёруғлик поляризацияланмаган бўлиши мумкин, бу шуни англатадики бир вақтнинг ўзида манба ҳар хил текисликдаги тебранишларга эга, 24-40 расмда кўрсатилгандек. Оддий лампочкалар Қуёшдан келаётган ёруғлик сингари



24-39 Расм (а) вертикал поляризацияланган тўлқин вертикал тирқишдан ўтмоқда, лекин (б) горизонтал поляризациялангани эса йўқ.

поляризацияланмаган ёруғлик чиқаради.



24-40 Расм (а) Поляризацияланмаган ёруғликда электр майдони векторларининг тебранишлари. Ёруғлик варок томонга ёки варокдан ташқарига тарқалмоқда. (б) Чизиқли поляризацияланган ёруғликда электр майдони.

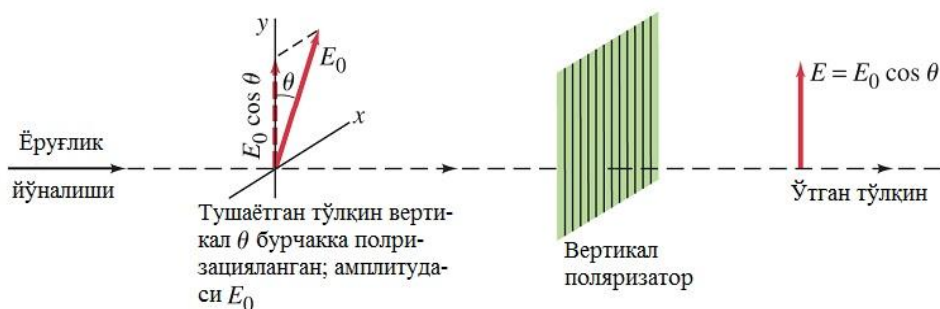
Поляроидлар (ютилишдаги поляризация)

Поляризацияланмаган ёруғликдан турмалин каби маълум кристаллар орқали ясси поляризацияланган ёруғлик олиш мумкин. Ёки одатда **поляроид плёнка** кўп қўлланилади. (Поляроид материаллар 1929 йилда Эдвин Ленд томонидан кашф қилинган.) Поляроид плёнкалар бир бирига параллел жойлашган узун комплекс молекулалардан ташкил топган. Бундай поляроид полризациянинг бир ориентациясини ўтказишда параллел тирқишлар каби вазифани бажаради. Бу йўналиш поляроиднинг *ўтказиш ўқи* деб аталади. Поляризация бу йўналишга перпендикуляр бўлса, одатда ёруғлик поляроидда тўлиқ ютилади.

Поляроидда ютилишни молекуляр сатҳлар билан тушунтирилади. Электр майдони \vec{E} узун молекулаларга нисбатан параллел тебранса молекулалар бўйлаб электронларни ҳаракатга келтиради, уларда иш бажарилади ва энергия узатилади. Бундан, агар \vec{E} молекулаларга параллел тебранса ютилади. Электр майдони \vec{E} узун молкеулаларга перпендикуляр бўлса, унда иш бажариш ва энергия узатилиш эҳтимоллиги йўқ, шунинг учун ёруғлик поляроиддан эркин ўтади. Поляроиднинг *ўтказиш ўқи* ҳақида гапирганимизда биз поляроиддан ўтган электр майдони \vec{E} йўналишини назарда тутамиз, шунинг учун Поляроид ўқи узун молекулаларга

перпендикуляр экан. [24-39 расмдаги сингари параллел молекулалар ўртасида тирқишлар мавжуд деб ўйласак, кейинчалик 24-39 расмда

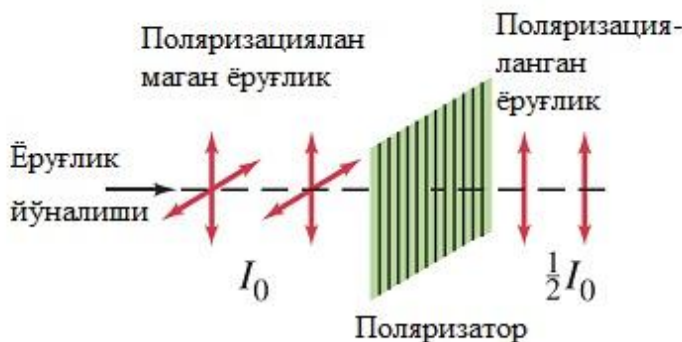
24-41 Расм Вертикал полряоид фақат унга тушаётган тўлқин (электр майдони) нинг вертикал ташкил этувчисини утказди.



электромагнит тўлқинларда электр майдони \vec{E} учун эмас, балки магнит майдони \vec{B} учун олишимиз керак.]

Агар ясси поляризацияланган ёруғлик нури Поляроидга тушаётган ва ўтказиш ўқи тушаётган поляризация йўналишига θ бурчак остида бўлса, ясси поляризацияланган нур поляроиднинг ўтказиш ўқиға параллел бўлади ва E нинг амплитудаси $E_0 \cos \theta$ га камаяди, 24-41 Расм. Шундай қилиб, поляроид фақат ўтказиш ўқиға параллел бўлган поляризация (электр майдон вектори, \vec{E}) нинг шу ташкил этувчисини ўтказди. Чунки ёруғлик нурининг интенсивлиги амплитуданинг квадратига пропорционал бўлади (11-9 ва 22-5 бўлимлар), ясси поляризацияланган нурнинг интенсивлиги поляризатордан $(E_0 \cos \theta)^2$ га пропорционал равишда ўтади, бу муносабатни **Малюс қонуни** дейилади,

$$I = I_0 \cos^2 \theta \quad [\text{ясси поляризацияланган тўлқиннинг интенсивлиги поляризатордан ўтганда}]$$



24-42 Расм Поляризацияланмаган ёруғлик бир хил интенсивликда вертикал ва горизонтал ташкил этувчиларига эга. Поляризатордан ўтгандан кейин уларнинг битта ташкил этувчиси йўқолади. Ёруғликнинг интенсивлиги яримга камаяди.

(24-5)
бу ерда I_0 тушаётган нурнинг интенсивлиги ва θ тушаётган нурнинг поляризацияси билан поляризаторнинг ўтказиш ўқи орасидаги бурчак.

Поляроидни поляризатор сифатида поляризацияланмаган ёруғликдан поляризацияланган ёруғликни ҳосил қилиш мақсадида қўллаш мумкин, бунда ёруғликнинг параллел ўқиға ташкил этувчиси ўтади. Поляроид анализатор

вазифасида (1) ёруғлик поляризацияланганми ва (2) поляризация текислигини аниқлаш учун ҳам қўлланилиши мумкин. Поляроид унга маълум миқдорда ёруғлик уни ўқига ихтиёрий ориентация билан тушганда анализатор сифатида ишлайди, агар ёруғлик поляризацияланмаган бўлса; бир жуфт поляроид кўзойнақларининг бир ойнасини лампочкага қараган ҳолда бураганда. Агар ёруғлик поляризацияланган бўлса, у ҳолда поляроидни бураган пайтда поляризация текислиги поляроиднинг ўтказиш ўқига параллел бўлганда ўтган нур максимум бўлади, перпендикуляр бўлганда эса минимум бўлади. Агар шуни осмонга қараб бажарсак Қуёш йўналишига тўғри бурчак остида осмон нури поляризацияланганини кўриш мумкин. (Қуёш нури поляризацияланмаган, лекин поляризатор бўлишидан қатъий назар қуёшга тик қараш мумкин эмас, кўзни шикастлаши мумкин). Агар ёруғлик анализатордан ўтганда поляроид бир ориентация бўйича нолга тушади, кейин ёруғлик 100% поляризацияланган бўлади. Агар у минимуми ҳосил қилган бўлса, ёруғлик қисман поляризацияланган бўлади.

Поляризацияланмаган ёруғлик тасодифий йўналишда поляризацияланган ёруғликдан ташкил топган. Бу ҳар бир поляризация йўналишлари ўзаро перпендикуляр йўналишларда иккита ташкил этувчиларга ажратиш мумкин. Поляризацияланмаган нурни ўртача бир хил қийматга эга ва ўзаро перпендикуляр поляризацияланган нур деб қарашимиз мумкин. Поляризацияланмаган нур поляризатордан ўтганда бир ташкил этувчиси ўтмайди. Шундай қилиб, тушаётган ёруғликнинг интенсивлиги яримга камаяди, сабаби ёруғликнинг ярми ўтмайди: $I = \frac{1}{2}I_0$ (24-42 расм).

Иккита поляроид кесишса, яъни уларнинг поляризация ўқлари бири-бирига перпендикуляр бўлса-поляризацияланмаган ёруғлик ундан бутунлай ўта олмаслиги мумкин. 24-43 расмда кўрсатилгандек, поляризацияланмаган

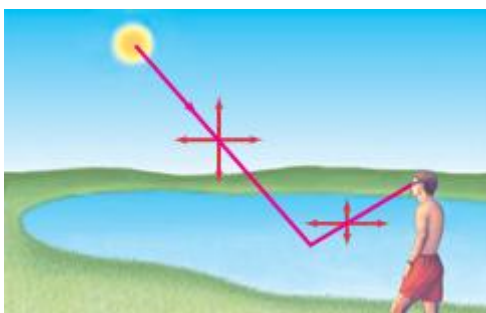


ёруғлик биринчи поляроид (поляризатор) дан ўтганда поляризацияланди. Иккинчи поляроид, анализатор унинг бу ташкил этувчисини ўтказмайди, унинг ўтказиш ўқи биринчи поляроидникига перпендикуляр.

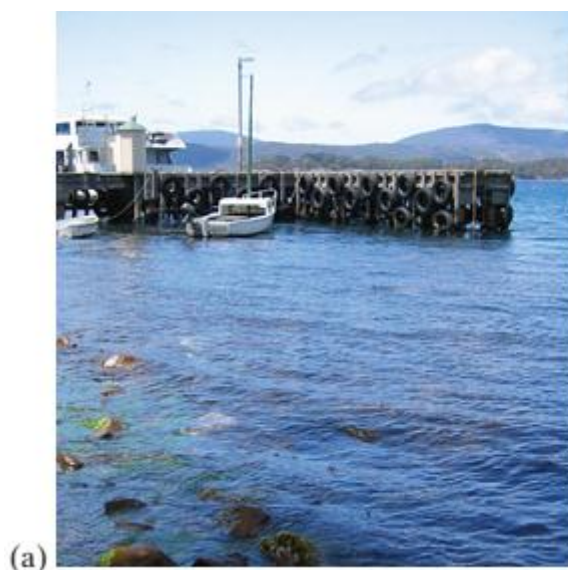
Сиз буни қуёш нуридан сақлайдиган полароид кўзойнақлар билан синаб кўришингиз мумкин (24-44 расм). Қуёш нуридан сақлайдиган полароид кўзойнақлар 50% гача кутбланмаган ёруғлик нурини утказмайди, чунки уларда кутбланиш хусусияти бор; улар рангларга бўялганликлари учун бунданда кўпроқ нурни ютишади. Ҳар қандай йўналишдаги чизикли-кутбланган нур ҳам кесишган полароидлар томонидан тўхтатиб қолинади.

Акс таъсиридаги қутбланиш

Қутбланмаган нурдан қутбланган нурни хосил қилишнинг бошқа йўли бу акс таъсиридир. Ёруғлик нури металлмас юзага перпендикуляр йўналишдан ташқари исталган бурчак остида келиб урилганда, қайтган нур кўпинча юзага параллел текисликда қутбланади, 24-46 расм. Бошқа суз билан айтганда, юзага перпендикуляр текисликда қутбланиш компоненти юборилади ёки ютилади. Сиз буни куёш нуридан сақлайдиган полароид кўзойнаклари орқали текис дарёга ёки йўл юзасига кўзойнакларни айлантирган холда синаб кўришингиз мумкин. Кўп ташқи юзалар горизонтал бўлганлиги сабабли, куёш нуридан сақлайдиган полароид кўзойнақлар ўқлари қайтган нурларнинг горизонтал компонентини йўқотиш мақсадида вертикал кўринишида қилинади, ва шу билан ярқирашни камайтиради.



24-46 расм. Металлмас юзадан қайтган нур, масалан дарёнинг сувининг сокин сатхи, юзага параллел холда қисман қутбланади.



(a)



(b)

24-47 расм. Кўлнинг фото расмлари, (a) Барча нурларнинг камера линзалари орқали утиши, ва (b) поларизаторнинг ишлатилиши. Поларизатор сув юзасидан қайтаётган нурни (қутбланган) кўп қисмини ютиш учун қўлланилади, кўлнинг тагидаги хира нурларни ва балиқлар бўлса балиқларни яхшироқ кўришга рухсат беради.

Балиқ овига борадиган одамлар кўл юзасидан акс этадиган ярқироқ нурларни йўқотиш мақсадида Полароид кўзойнақларини тақиб олишади ва шунинг учун ҳам сув тубини тиниқроқ кўришади

(24-47 расм).

Қайтган нурнинг қутбланиш қиймати бурчакка боғлиқ бўлади, нормал тушишдаги йўқ қутбланишдан тортиб **қутбланиш бурчаги** θ_p деб аталадиган бурчакда 100% қутбланишгача ўзгаради. Ушбу бурчак чегаранинг иккала томонидаги икки материалнинг синиш индексига боғлиқ:

$$\tan \theta_p = \frac{n_2}{n_1} \quad (24-6a)$$

n_1 бу ҳаракатдаги тушаётган нурнинг манбаи бўлмиш материалнинг синиш индекси, n_2 эса акс этувчи чегаранинг буйоғидаги мухитнинг синиш индексиدير. Агар нур хавода ҳаракатланса $n_1 = 1$, ва 24-6а тенглама ўзгаради:

$$\tan \theta_p = n \quad (24-6b)$$

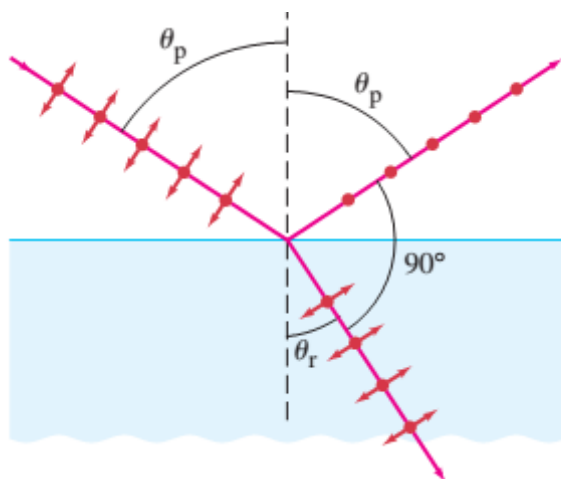
Қутбланиш бурчаги **θ_p Брюстер бурчаги** ҳам дейилади, ва 24-6 тенгламалар Брюстер қонуни дейилади, 1812-йил тажриба асосида ишлаб чиққан Шотландия физиги Девид Брюстер

(1781-1868) номига аталган. 24-6 тенгламалар ёруғликнинг электромагнит тўлқинлар назариясидан олинган. Брюстер бурчагида акс этган нур ва синган нур бир бири билан 90° бурчак ҳосил қилади; бу дегани $\theta_p + \theta_r = 90^\circ$, θ_r бу синиш бурчаги (24-48 расм). 24-6а тенгламани Шнелл қонунига

$n_1 \sin \theta_p = n_2 \sin \theta_r$ кўйиб кўришимиз мумкин:

$$n_2 = n_1 \tan \theta_p = n_1 \sin \theta_p / \cos \theta_p$$

$\cos \theta_p = \sin \theta_r$ ни беради агар $\theta_p = 90^\circ - \theta_r$



24-48 расм. θ_p бурчакда акс этган нур чизиқли қутбланган бўлиб юзага параллелдир, ва $\theta_p + \theta_r = 90^\circ$, θ_r бу синиш бурчаги.

Қутбланишдан ажойиб фойдаланиш йўли бу суяқ кристаллик экранидир (LCD). LCD лар уяли алоқа аппаратлари дисплейида, бошқа қўлда кутариб юрадиган электрон жихозларида, ингичка панеллик компьютер ва телевизор экранларида ишлатилади.

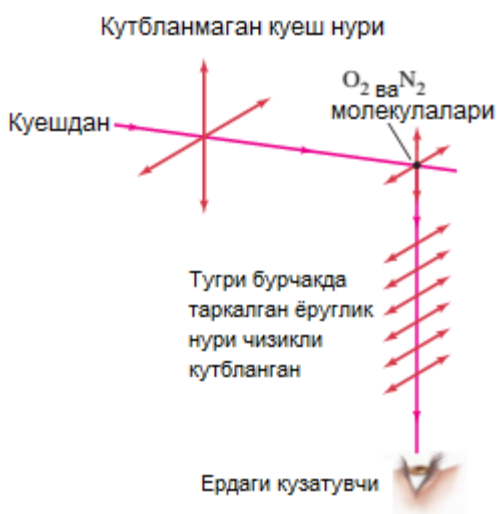
Қуеш ботиши қизил рангда, осмон кўкрангда, осмондаги ёруғлик нури қисман қутбланган. Ушбу ходиса атмосферадаги молекулалар томонидан нурнинг тарқалиши асоси остида тушунтирилади.

24-54 расмда биз Қуёшдан келадиган қутбланмаган нурнинг Ер атмосферасидаги молекулалар билан тўқнашишини кўряпмиз. Электромагнит тўлқинининг электр майдони молекула ичидаги электр зарядларни тебранишга олиб келади, ва молекула тушадиган радиацияни бир қисмини ютади. Лекин молекула бу нурланиш (радиация) нурини шу захоти қайтиб чиқаради, чунки зарядлар тебранма ҳаракатдадир. Тебранма электр зарядлар электромагнит тўлқинларини чиқаради. Интенсивлиги тебранишга перпендикуляр йўналишда кучли бўлади, ва тебраниш чизиги бўйлаб у нолга интилади (22-2 бўлим). 24-54 расмда зарядлар ҳаракати икки компонентга ажралган. Кузатувчи қуеш нури йўналиши томон тугри бурчакда турибти, ва

у чизикли кутбланган нурни кўра олади, чунки тебранишнинг бошқа компоненти йўналиши томон хеч қандай нур чиқмаяпти. Бошқа кўриш бурчаглариди иккала компонент ҳам мавжуд; биттаси кучлироқ бўлади, шунинг учун ёруғлик қисман кутбланади. Шундай қилиб, тарқалиш жараёни осмондаги ёруғлик нурининг кутбланиши орқали амалга ошади.

Ер атмосфераси томонидан ёруғликнинг тарқалиши тўлқин узунлигига боғлиқ. Ёруғлик нурининг тўлқин узунлигидан кичик заррачалар учун (хаво молекулалари) тускинлик узун тўлқинларга нисбатан камроқ бўлади. Тарқалиш $1/\lambda^4$ га камаяди. Кўк ва бинафша нурлари шунинг учун ҳам кизил ва апельсин рангга караганда кўпроқ тарқалади, шу сабабли осмон кўкрангга кўринади. Қуёш ботишида қуёшнинг нурлари атмосферанинг максимум узунлиги орасидан утади. Кўкрангнинг кўп қисми тарқалиш орқали йуқолган. Қуёшнинг горизонт якинида кичик бурчак остида бизгача етиб келадиган ёруғлик нури, булутлардан ва туманликлардан акс этирилиб кўкрангини йўқотиб келади. Шунинг учун ҳам, қуёш ботаётганда қизғиш ранг кўринади.

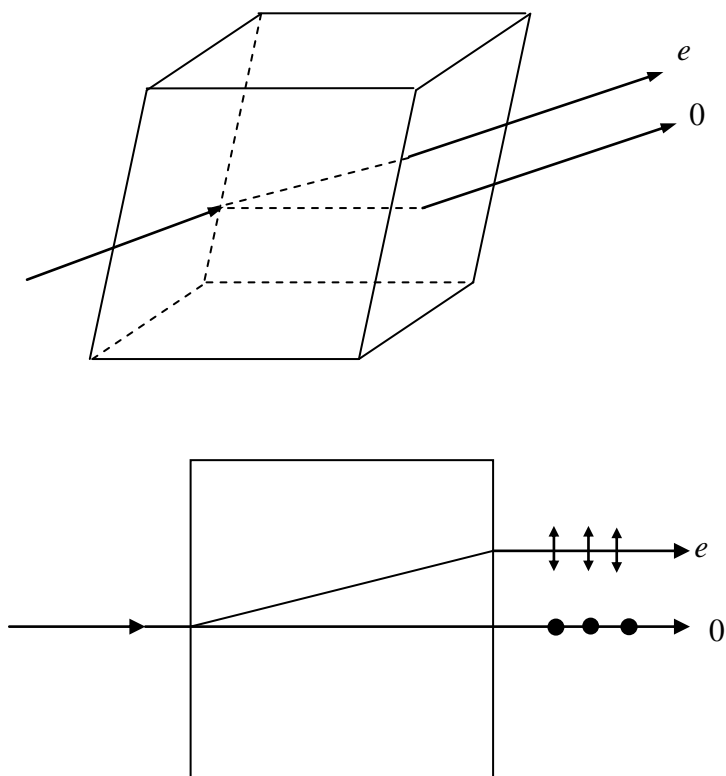
$1/\lambda^4$ да тарқалишга боғлиқлик хусусияти тугри бўлади агарда тарқаладиган жисмлар ёруғлик нурининг тўлқин узунлигидан кичик бўлса. Бу масалан кислород ва азот молекулалари учун тугри, уларнинг диаметрлари тахминан 0.2 нм. Булутлар сув томчиларини ёки кристалларини уз ичига олганлиги учун жуда узун λ га эга. Улар ёруғлик нурининг хамма частоталарида тарқалади. Шунинг учун булутлар оқ рангга бўлади (ёки кулранг, соя остида бўлса албатта).



24-54 расм. Кутбланмаган қуёш нури хаво молекулалари томонидан тарқалади. Кузатувчи қуёш нури йўналиши

томон тузри бурчакдачизикли кутбланган нурни кўриб турибти, чунки тебранишининг бошқа компоненти йўналиши томон хеч қандай нур чиқармаяпти.

Иккиланма нур синиш ҳодисаси. Ҳамма шафоф кристаллар (симметрияси кубик системага тегишли бўлмаганлар) ўзига тушган нурни иккига бўлиб юбориш хоссасига эгалар, бу жараёни нурнинг иккиланиб синиши деб аталади, уни биринчи марта Дания олими Э.Бартолин (1625 - 1698) исланд шпати деган кристалда кузатган. Шу кристалга ингичка нур оқимини юборсак, ундан бир – бирига параллел бўлган икки нур чиқади (12.-7 расмга қаранг). Ҳаттоки нур кристалга перпендикуляр тушса ҳам, кристалл ичида нур иккига бўлиниб тарқалади, бунда оддий нур деб ном олгани (0) тушаётган нурнинг йўналишида кетаверади, иккинчи нур (у оддий бўлмаган нур деб ном олган) синади ва бошқа йўналишда тарқалади, лекин кристалдан 0 нурга параллел йўналишда чиқади. Кристалда шундай йўналиш борки, агар нур шу йўналишда тарқаса иккиланиб синиш жараёни юз бермайди, бундай йўналиш кристалнинг оптик ўқи деб аталади. Умуман, оддий бўлмаган нурларнинг синдириш кўрсаткичлари n_o ва n_e бир – бирига тенг бўлмайди.



12.7- расм.

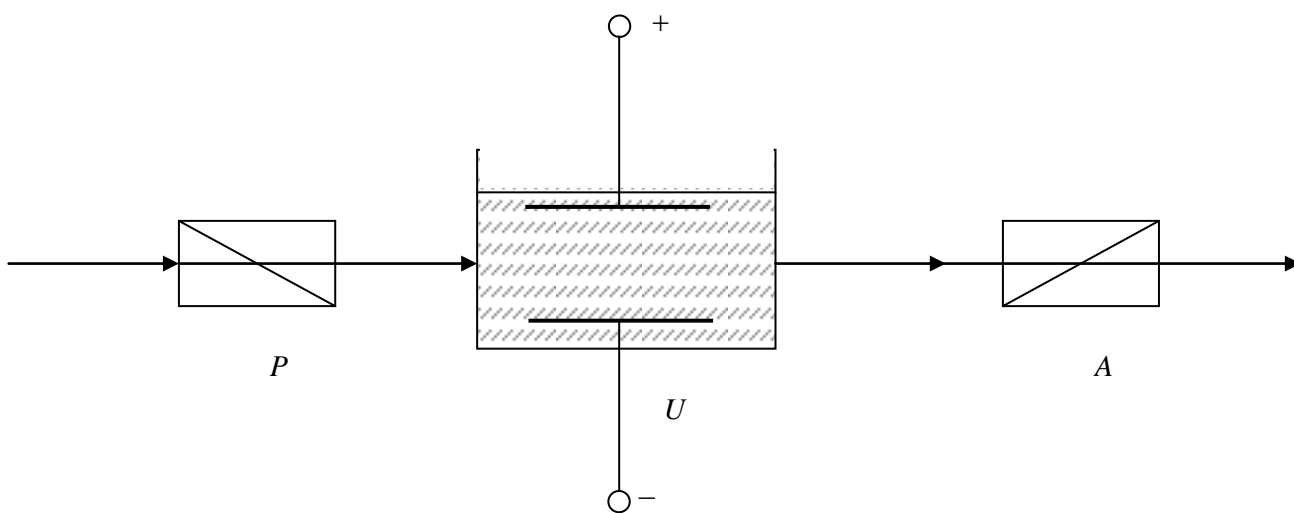
Сунъий анизотропия. Иккиланиб сениш фақат анизотроп муҳитларда бўлади. Лекин изотроп муҳитларда сунъий усул билан анизотропия ҳосил қилиш мумкин: бир йўналишда сиқиш ёки чўзиш, муҳитларни (қаттиқ жисм, суюқлик ёки газни) электр (Керр эффекти) ёки магнит майдонга киритиш. Келтирилган ҳолатларда жисм анизотроп кристалл хусусиятларга эга бўлиб қолади. Бунда унинг оптик ўқи деформация, электр ва магнит майдон йўналишига параллел бўлиб қолади. Пайдо бўладиган оптик анизотропиянинг меъёрий сифатида оптик ўққа перпендикуляр йўналишдаги n_0 ва n_e ларни айирмаси хизмат қилади:

$$n_0 - n_e = k_1 \sigma \quad (\text{деформация қилинганда})$$

$$n_0 - n_e = k_2 E^2 \quad (\text{электр майдон таъсир қилинганда})$$

$$n_0 - n_e = k_3 H^2 \quad (\text{магнит майдон таъсир қилинганда})$$

k_1, k_2, k_3 лар жисмларнинг ҳоссалари билан боғлиқ параметрлар, σ механик кучланганлик E ва H электр ва магнит майдони кучланганлиги.



12. 8 расм.

12.8-расмда электр майдон таъсирида юз берадиган Керр эффектини кузатишга мўлжалланган қурилма кўрсатилган. Бунда P поляризатор, A анализатор, U суюқлик (масалан натробензол) солинган идиш, суюқлик ичига конденсатор жойлаштирилган. Бу конденсаторга юқори кучланиш (30÷50 кВ) берилади. Электр майдони берилмаган пайтда система орқали нур ўтолмайди, P ва A бир – бирига нисбатан оптик ўқлари перпендикуляр жойлашгани учун. Электр майдони берилганда суюқлик анизотроп муҳитга айланади, натижада нур иккиланиб синади ва анализатордан кейин нур пайдо

бўлади. ℓ масофада оддий ва оддий бўлмаган нурлар ўртасида йўл фарқи пайдо бўлади:

$$\Delta = \ell(n_0 - n_e) = k_2 \ell E^2$$

Шунга мувофиқ фазалар фарқи пайдо бўлади:

$$\varphi = 2\pi \frac{\Delta}{\lambda} = 2\pi B \ell E^2$$

бу ерда $B = \frac{k_2}{\lambda}$ - Керр доимийси.

Керр эффекти техниканинг кўп соҳаларида қўлланилади: нур затвори, овоз ёзишда, катта тезликда расм олишда, оптик локацияда, лазерларда ва ҳоказо.

Назорат саволлари

1. Қутбланган ёруғлик қандай ёруғлик.
2. Иккита қутбланган ёруғлик қўшилса қандай ҳодиса рўй беради.
3. Ёруғликнинг қайтиши ва синишида қутбланишни тушунтиринг.
4. Брюстер бурчаги қандай бурчак.
5. Ёруғлик иккиланиб синишида қутбланиш табиати қандай.
6. Оддий ва ғайриоддий нурларнинг қандай хусусиятлари мавжуд.
7. Малюс қонунини тушунтиринг.
8. Суъний қутбланиш қандай ҳодиса.