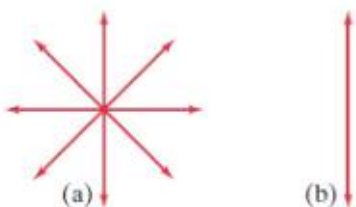


## 2-12-МАВЗУ: ТАБИЙИЙ ВА ҚУТБЛАНГАН ЁРУҒЛИК.

Режа:

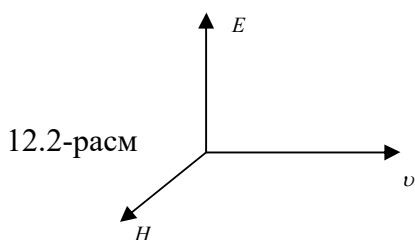
1. Табиий ва қутбланган ёруғлик.
2. Ёруғликнинг қайтиши ва синишидаги қутбланиши.
3. Малюс ва Брюстер қонунлари.
4. Иккиланма нур синиш ҳодисаси.
5. Сунъий анизотропия.

Табиий ва қутбланган ёруғлик. Ёруғликнинг яна бир муҳим ва фойдали хусусияти уни қутубланишидир. Қутубланиш 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. Максвеллнинг электромагнит тўлқинлар учун назариясида электромагнит тўлқин кўндаланг тўлқин эканлиги олдиндан айтиб берилган. Ясси қутубланган электромагнит тўлқинда қутубланиш йўналиши электр майдони вектори  $\vec{E}$  йўналишида танлаб олинган. Ёруғлик албатта қутубланган бўлади дейишимиз мумкин эмас. Ёруғлик қутубланмаган бўлиши мумкин, бу шуни англатадики, бир вақтнинг ўзида манба ҳар хил текисликдаги тебранишларга эга.

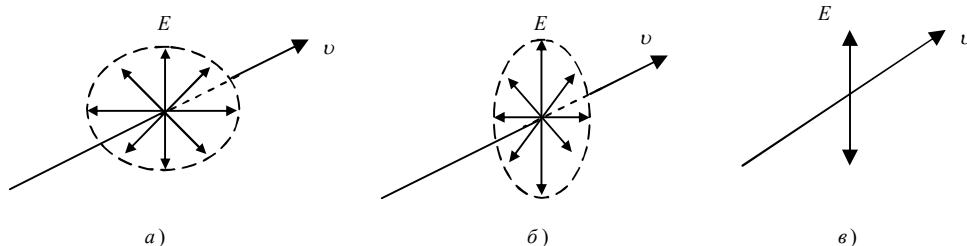


12.1-расм. (а) табиий ёруғлик, (б) қутубланган ёруғлик. Оддий лампалар, Қуёш қутубланмаган ёруғлик чиқаради.

Электромагнит майдонни ташкил этувчи электр ва магнит майдон кучланганликлари ўзаро перпендикуляр бўлиб, улар ўз навбатида тарқалиш тезлигига перпендикуляр йўналишда тебранади (12.2-расм). Шунинг учун ёруғликнинг қутбланганлик ҳолатини ўрганиш учун фақат битта,  $\vec{E}$  ёки  $\vec{H}$ , векторнинг тебранишини кўриб чиқиш етарли бўлади. Одатда нур ҳақида гап юритилганда унинг электр майдони кучланганлиги  $E$  кўзда тутилади, чунки атомдаги электронга бўлган таъсирни асосан шу майдон кўрсатади.  $E$  векторининг тебранадиған текислигини қутбланиш текислиги деб аталади.



Ёруғлик кўпгина атомларнинг алоҳида нурланишлари йиғиндисидан ҳосил бўлади, атомлар эса бир-бирига боғлиқ бўлмаган ҳолда нур чиқаради, шунинг учун жисмдан чиқаётган ёруғликда ҳар хил йўналишда тебранаётган  $E$  векторлари бўлади (12.3-расм).



12.3-расм.

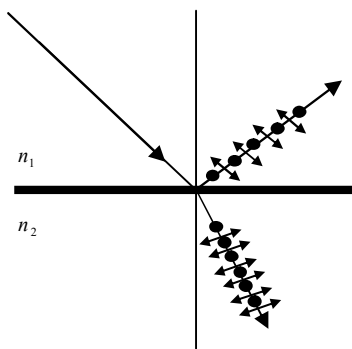
Албатта, ҳар бир атомдан чиққан нур (ёки цуг) қутбланган бўлади, бу нурнинг  $E$  вектори битта ўзгармас текис-

ликда ётиб тебранади, лекин атомлар кўп бўлганлиги учун улардан чиққан нурларнинг қутбланиш текисликлари ҳар хил бўлади. Натижада, бундай ёруғликда исталган йўналишда тебранаётган  $E$  вектори бўлиши мумкин. Бундай ёруғлик табиий ёруғлик деб аталади. Агар қандайдир ташқи таъсир натижасида ёруғликдаги  $E$  векторлар маълум йўналишда кўпайиб, бошқа йўналишларда камайиб қолса, бундай ёруғлик қисман қутбланган деб аталади. Агар таъсир натижасида ёруғликдаги  $E$  векторлар фақат бир йўналишда бўлиб қолса (демак фақат бита текисликда тебрана бошласа) бундай ёруғлик ясси қутбланган (ёки чизикли қутубланган) ёруғлик деб аталади (12.3в-расм). Қутбланганлик даражаси деб қуйидаги параметр қабул қилинган:

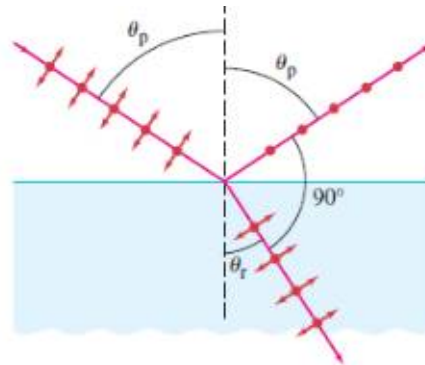
$$P = \frac{I_{\text{мак}} - I_{\text{мин.}}}{I_{\text{мак}} + I_{\text{мин.}}} \quad (12.1)$$

Бу ерда  $I_{\text{мак}}$  ва  $I_{\text{мин.}}$  лар  $E$  векторининг бир – бирига перпендикуляр бўлган компонентларига тегишли ёруғликларнинг интенсивлигидир. Табиий нурда  $I_{\text{мак}} = I_{\text{мин.}}$  ва  $P = 0$ , ясси қутбланган нурда  $I_{\text{мин}} = 0$  ва  $P = 1$ .

Ёруғликнинг қайтиши ва синишидаги қутбланиши. Қутбланган ёруғликни ҳосил қилишининг яна бир бошқа услуби бор – бу ёруғликнинг қайтиш ва синишида қутбланиши жараёни. Агар табиий ёруғлик икки диэлектрик чегарасига (масалан, ҳаво ва шиша) тушса, унинг бир қисми қайтади, қолган қисми синади ва иккинчи муҳитда тарқала бошлайди. Қутублагич (поляризатор) ёрдамида текширилганда қайтган ва синган нурлар қисман қутбланиб қолиши кузатишган. Текширишлар шуни кўрсатадики, қайтган нурнинг кўп қисмида  $E$  вектор тушиш текислигига перпендикуляр бўлар экан (12.4а-расмда бу ҳолат нуқталар билан кўрсатилган), синган нурнинг кўп қисмида  $E$  вектор бу текисликка параллел бўлар экан (12.4б-расмга қаранг бу ҳолат расмда стрелкалар билан кўрсатилган).



12.4а-расм

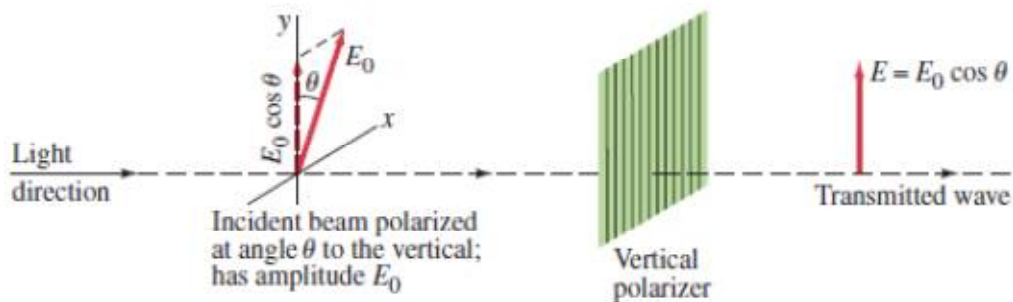


12.4б-расм

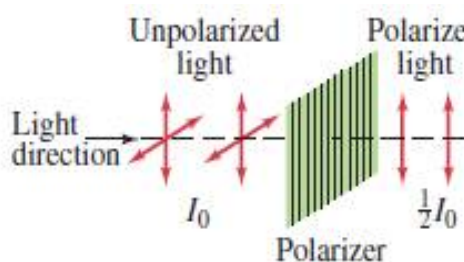
Қутубланмаган ёруғликдан турмалин каби маълум кристаллар орқали ясси қутубланган ёруғлик олиш мумкин. Ёки одатда поляроид плёнка кўп қўлланилади. Поляроид плёнкалар бир бирига параллел жойлашган узун комплекс молекулалардан ташкил топган. Бундай поляроид қутубланишнинг бир ориентациясини ўтказишда параллел тирқишлар каби вазифани бажаради. Бу йўналиш поляроиднинг ўтказиш ўқи деб аталади. Қутубланиш 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 молекулаларга перпендикуляр бўлса, унда иш бажариш ва энергия узатиш 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.

Агар ясси қутубланган ёруғлик нури поляроидга тушаётган ва ўтказиш ўқи  $E_0$  билан  $\theta$  бурчак ҳосил қилса,  $E$  нинг амплитудаси  $E_0 \cos \theta$  га тенг бўлади. Шундай қилиб, поляроид фақат ўтказиш ўқига параллел бўлган электр майдон вектори  $\vec{E}$  нинг ташкил этувчисини ўтказади. Ясси поляризацияланган нурнинг интенсивлиги қутублагичдан  $(E_0 \cos \theta)^2$  га пропорционал равишда ўтади, бу муносабатни Малюс қонуни дейилади:  $I = I_0 \cos^2 \theta$  (ясси қутубланган тўлқиннинг интенсивлиги қутублагичдан ўтганда).

Қутубланмаган ёруғлик тасодикий йўналишда қутубланган ёруғликдан ташкил топган. Бу ҳар бир қутубланиш йўналишлари ўзаро перпендикуляр йўналишларда иккита ташкил этувчиларга ажратиш мумкин. Қутубланмаган нурни ўртача бир хил қийматга эга ва ўзаро перпендикуляр қутубланган нур деб қарашимиз мумкин. Қутубланмаган нур қутублагичдан ўтганда бир ташкил этувчиси ўтмайди. Шундай қилиб, тушаётган ёруғликнинг интенсивлиги яримга камаяди, сабаби ёруғликнинг ярми ўтмайди:  $I = \frac{1}{2} I_0$  (12.6-расм).

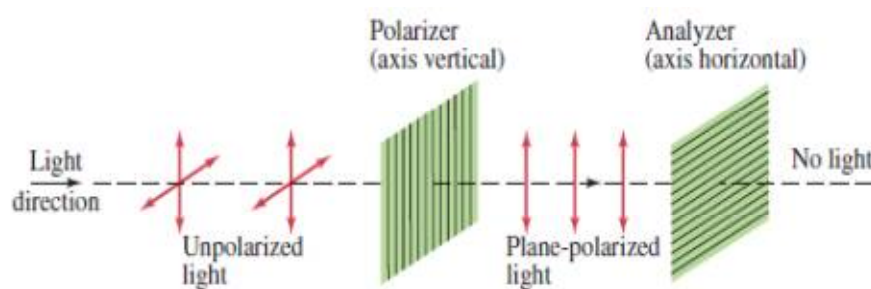


12.5-расм. Вертикал полряоид фақат тўлқиннинг (электр майдон) вертикал ташкил этувчисини ўтказди.



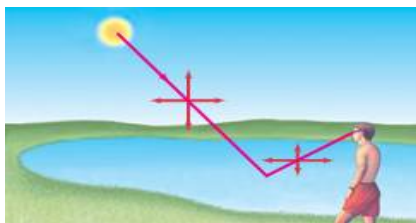
12.6-расм.

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



12.7-расм.  
Кесувчи  
поляроидлар  
ёруғликни  
тўлиқ  
ўтказмайди.

Қутбланмаган нурдан қутбланган нурни ҳосил қилишнинг бошқа йўли бу акс таъсирдир. Ёруғлик нури металлмас юзага перпендикуляр йўналишдан ташқари исталган бурчак остида келиб урилганда, қайтган нур кўпинча юзага параллел текисликда қутбланади, 12.8-расм. Бошқа сўз билан айтганда, юзага перпендикуляр текисликда қутбланиш компоненти ютилади. Сиз буни қуёш нуридан сақлайдиган полароид кўзойнаклари орқали текис дарёга ёки йўл юзасига кўзойнакларни айлантирган ҳолда синаб кўришингиз мумкин. Кўп ташқи юзалар горизонтал бўлганлиги сабабли, қуёш нуридан сақлайдиган полароид кўзойнақлар ўқлари қайтган нурларнинг горизонтал компонентини йўқотиш мақсадида вертикал кўринишида қилинади, ва шу билан ярқирашни камайтиради.



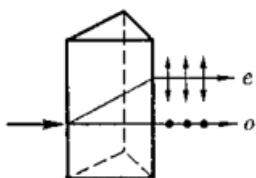
12.8-расм. Металлмас юзадан қайтган нур юзага параллел ҳолда қисман қутбланади.

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

$$\tan \theta_p = \frac{n_2}{n_1}$$

Қутбланиш бурчаги  $\theta_p$  Брюстер бурчаги ҳам дейилади ва юқоридаги тенглама Брюстер қонуни дейилади, 1812-йил тажриба асосида ишлаб чиққан Шотландия физиги Девид Брюстер (1781-

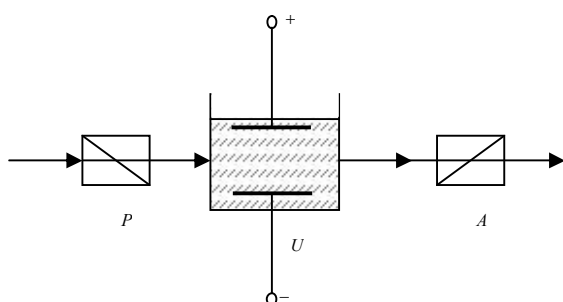
1868) номига аталган. Брюстер бурчагида акс этган нур ва синган нур бир бири билан  $90^\circ$  бурчак ҳосил қилади; бу дегани  $\theta_p + \theta_r = 90^\circ$ ,  $\theta_r$  синиш бурчаги.



Иккиланма нур синиш ҳодисаси (12.9-расм). Барча шаффоф кристаллар (оптик изотроп бўлган кубик кристаллардан ташқари) ўзига тушаётган нурларни иккига ажратиш қобилиятига эга, яъни иккита синган нур ҳосил бўлади. Синиш қонунига бўй сўнувчи нур оддий нур дейилади (o), иккинчиси нур нооддий нур дейилади (e).

12.9-расм.

Сунъий анизотропия. Иккиланиб синиш 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  $n_o$  ва  $n_e$  ларни айирмаси хизмат қилади:  $n_o - n_e = k_1 \sigma$  (деформация қилинганда),  $n_o - n_e = k_2 E^2$  (электр майдон таъсир қилинганда),  $n_o - n_e = k_3 H^2$  (магнит майдон таъсир қилинганда)  $k_1, k_2, k_3$  лар жисмларнинг ҳоссалари билан боғлиқ параметрлар,  $\sigma$  механик кучланганлик,  $E$  ва  $H$  электр ва магнит майдони кучланганлиги.



12.10-расм. Ушбу расмда электр майдон таъсирида юз берадиган Керр эффектini кузатишга мўлжалланган қурилма кўрсатилган. Бунда Р поляризатор, А анализатор, U суюқлик (масалан натробензол) солинган идиш, суюқлик ичига конденсатор жойлаштирилган. Бу конденсаторга юқори кучланиш ( $30 \div 50$  кВ) берилади. Электр майдони берилмаган пайтда система орқали нур

ўтолмайди, Р ва А 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.  $\ell$  масофада оддий ва оддий бўлмаган нурлар ўртасида йўл фарқи пайдо бўлади:  $\Delta = \ell(n_o - n_e) = k_2 \ell E^2$ . Шунга мувофиқ фазалар фарқи пайдо бўлади:

$$\varphi = 2\pi \frac{\Delta}{\lambda} = 2\pi B \ell E^2, \text{ бу ерда } B = \frac{k_2}{\lambda} - \text{Керр доимийси. Керр эффекти техниканинг кўп}$$

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. Брюстер бурчаги қандай бурчак.
4. Ёруғлик иккиланиб синишида қутбланиш табиати қандай.
5. Оддий ва ғайриоддий нурларнинг қандай хусусиятлари мавжуд.
6. Малюс қонунини тушунтиринг.
7. Сунъий қутбланиш қандай ҳодиса.
8. Қутбланиш бизга ёруғликнинг қайси табиатини тушунтириб беради.
9. Қутбловчи кўзойнакнинг оддий кўзойнакдан афзаллигини тушунтиринг.

### АДАБИЁТЛАР

1. Douglas C. Giancoli, Physics: Principles with Applications, Prentice Hall; 6 th edition January 17, 2014, USA
2. Султанов Н.А. “Физика курси” Т. “Фан ва технология” 2007 йил
3. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Курс физики. Учебник -М.: “Академия”, 2007
4. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебник. -М.: «Академия», 2007
5. google. com