

Қазақстан Республикасының Білім және Ғылым

Алматы Технологиялық Университеті

Тақырыбы: *Диэлектриктердегі электр өрісі үшін  
Остроградский-Гаусс теоремасы*

Факультет: ИЖАТ

Тобы: ЕТЖБҚЕ 16-11

Орындаған: Батыр Бағлан

Қабылдаған:

- **Диэлектрик** (dielectric) — **поляризацияға** қабілеттілігі негізгі электрлік қасиеті болып табылатын, **металлдар** мен шалаөткізгіштерге қарағанда электр тогын нашар өткізетін, үлестік электр кедергісі өте үлкен ( $j = 10^6/10^{16}$  Ом • м) қатты, сұйық және **газ** тәріздес заттар. Газ тәрізді диэлектриктер туралы негізгі мәліметтер Газ тәрізді диэлектриктерге барлық газдар және ауа жатады. Көптеген газдарды газ толтырылған конденсаторларда, жоғары кернеуліктегі ауа ажыратқыштарда және басқа электртехникалық қондырғыларда диэлектриктер ретінде қолданады. Ауа барлық электрлік қондырғыларды айнала қоршайды және диэлектрик сияқты олардың жұмысының сенімділігін анықтайды. Сол сияқты, фарфорлы немесе әйнекті изоляторлар көмегімен дiңгекке бекітілген жоғары кернеуліктегі электрбергіш сым тораптары бір-бірінен ауа қатпарымен оқшауланған. Кейде ауа қатпарында ашық күлгін жарық - электрлік тәж бақыланады. Электрлік тәж ауаның электризоляциялық қасиеттерінің нашарлауы барысында немесе жоғары кернеуде ауаның әрекет етуі барысында пайда болады және энергияның шығынына әкеледі.

- Бұл құбылыспен күресу қажет. Әсіресе, жұмыстың жарамсыз жағдайында қатты изоляцияның ішінде газды қосылғыштар (ауа көпіршіктері) пайда болады. Көптеген газдардың диэлектрлі өткізгіші 1-ге жақын, ал қатты диэлектриктердікі 2-8-ге дейінгі аралықта. Мұның нәтижесінде қатты изоляция ішіндегі газды қосылғыштар кернеулер әсерінде болады, бұл олардың иондалуына әкеледі, яғни, электрлік зарядталған бөлшектер көп түзіледі. Бұл изоляцияда тесіктің пайда болуына және электрлі машиналардың, аппараттың, кабельдің істен шығуына әкеледі. Қатты немесе сұйық диэлектриктердің ішіндегі газды қосылғыштарда жергілікті тесік пайда болуын жартылай разряд деп атайды. Қалыпты жұмыс жағдайында газ тәрізді диэлектриктердің өте аз өткізгіштігі және диэлектрлік шығындары болады Сұйық диэлектриктер туралы негізгі мәліметтер Сұйық диэлектриктерді электртехникалық қондырғыларда кең қолданады. Олармен күш трансформаторларының ішкі кеңістігін толтырады. Электрқұралдарға вакуум астында құйылатын сұйық диэлектриктер оралмалардың кеуекті изоляциясын жақсы сіңіреді. Сонымен қатар сұйық диэлектриктер жылу өткізгіш орта рөлін атқарады.

- Трансформатордағы изоляциялық май орамаларда қыздырылады, кейіннен трансформатор бағының суық қабырғаларына өтіп, оларға алынған жылуды береді. Майлы ажыратқыштарда сұйық диэлектрик тек ток өткізуші бөлшектерді оқшаулап қана қоймай, сонымен бірге электрлік доғаны сөндіретін орта рөлін де атқарады.
- Сұйық диэлектриктер ретінде мұнайлы электризациялық майлар кең тарап отыр, олар үш топқа бөлінеді.
- 1. Трансформаторлар және жоғары вольтті ажыратқыштар үшін. 2. Конденсаторлардың қағаз изоляциясын сіндіру үшін. 3. Жоғары вольтті кабельдер үшін.
- Синтетикалық майларды сирек қолданады:
- 1. Совол. 2. Совтал. 3. Кремний органикалық сұйықтықтар.
- Сұйық диэлектриктердің электрлік өткізгіштігі ондағы иондардың орын ауыстыруында, олар диссоциация нәтижесінде пайда болады. Эксплуатациядағы ластанған сұйық диэлектриктер, ионды электрлік өткізгіштен басқа коллоидқа ие. Сұйық диэлектриктердің электрлік беріктігі ондағы судың коллоидты бөлшектеріне байланысты.

Электрлі күш әсерінен судың зарядталған бөлшектері немесе қара майлы заттар тізбек түрінде құрылады. Судың коллоидты бөлшектеріне қарай газ көпіршіктері де жүреді. Бұл жағдайда диэлектриктің тесілуі газ каналында жүреді. Сұйық диэлектриктердің электрлі сипаттамаларын арттыру үшін оны түрлі ластанудан және ылғалдан тазалайды, сондай-ақ газсыздандырады.

- Әрбір диэлектрик үшін диэлектрикті ойып-тесетін сыртқы электр өрісі кернеулігінің шектік мәні бар. <sup>[1]</sup> Поляризация түріне қарай диэлектрик екі топқа бөлінеді: активті және пассивті. Активті диэлектриктерге сегнетоэлектриктер, пьезоэлектриктер мен электриктер жатады. Қалған диэлектрик пассивті деп аталады. <sup>[2]</sup>

Өткізгіштермен диэлектриктердің құрылысындағы айырмашылықтың болуы нәтижесінде, олардың электростатикалық өрістегі жәй – күйі де түрліше болады. Диэлектриктің ішінде электростатикалық өріс пайда бола алады және бұған сай диэлектрик оған өзінің белгілі бір ықпалын тигізеді.

## ● Электроизоляциялық материалдарға әсер ететін факторлар

- 1. Электроқозғалтқыштың изоляциялық қасиеттеріне қыздырудың ықпал етуі
- 2. Электроқозғалтқыштың изоляциялық қасиеттеріне ылғалдың әсер етуі.
- 3. Электроқозғалтқыштардағы изоляцияға механикалық күштердің әсері.
- 4. Электроқозғалтқыштардағы изоляцияға химиялық активті орталардың әсері

## Диэлектриктердегі электр өрісі

Электрлік қасиеттеріне

байланысты заттар өткізгіштерге, жартылай өткізгіштерге және диэлектриктерге бөлінеді.

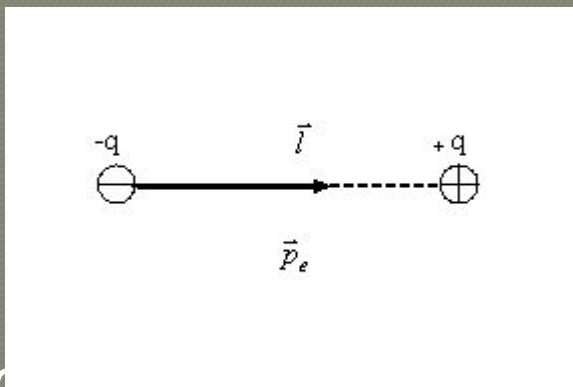
- Электр тогын өткізбейтін заттарды диэлектриктер (изоляциялар) деп атайды. Диэлектриктер полярлы (полюсті) және полярсыз (полюссіз) болып екіге бөлінеді.
- Молекулаларындағы оң және теріс зарядтардың центрі бір-біріне дәл келетін диэлектриктерді полярсыз деп атайды. Мысалы . Молекулаларындағы оң және теріс зарядының центрі бір-біріне сәйкес келмейтін диэлектриктерді полярлы (полюсті) деп атайды. Мысалы

- Сыртқы электр өрісінде орналасқан полярсыз диэлектриктің молекуласындағы оң және теріс зарядтар бір-біріне қатысты ығысады: оң зарядтар электр өрісі бағытында, ал теріс зарядтар өріс бағытына қарсы. Нәтижесінде молекула электрлік дипольға айналады және оның дипольдік моменті электр өрісінің кернеулігіне тура пропорционал болады.
- мұндағы: молекуланың полярлануы.
- Қалыпты жағдайда полярлы диэлектриктердің молекулаларын электрлік диполь деп қарастыруға болады.

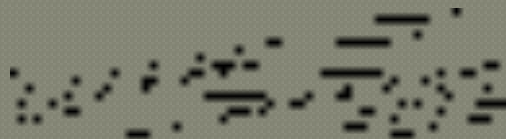


- **Электрлік диполь**

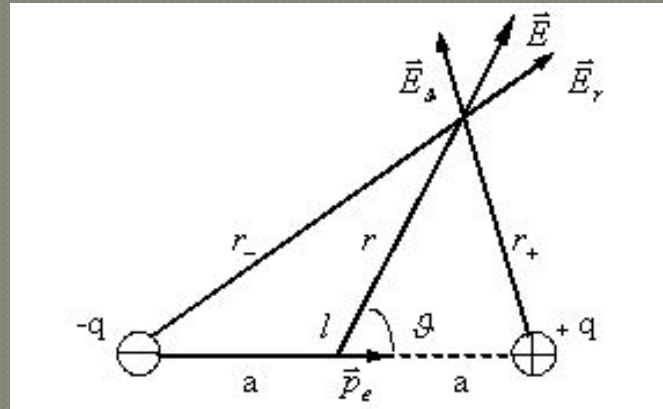
- Бір-бірінен қашықтықта орналасқан шамалары бірдей және таңбалары қарама-қарсы екі зарядтан тұратын электрлік жүйені электрлік диполь деп атайды.



Электрлік дипольді сандық сипаттау үшін дипольдік момент немесе электрлік момент деп аталатын физикалық векторлық шама енгізілген.



- Электрлік дипольдің берілген нүктедегі электр өрісінің потенциалын анықтайық.



- қашықтығының мен салыстырғанда аз екендігін ескерсек

$$r_+ \approx r - a \cos \vartheta$$

$$r_- \approx r + a \cos \vartheta$$

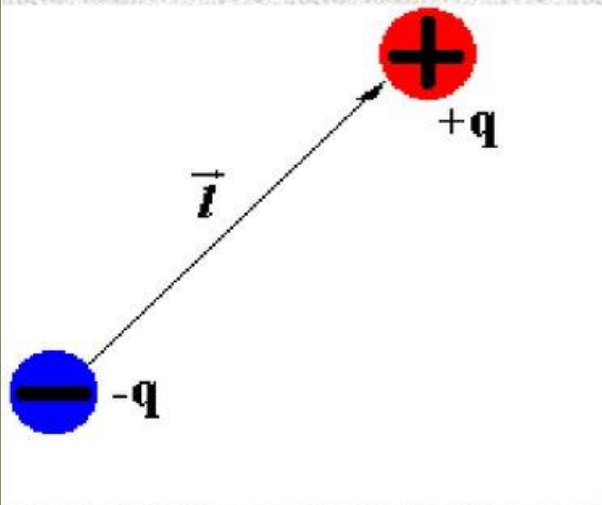
- Электр өрісінің суперпозиция принципі бойынша:

Мұндағы:

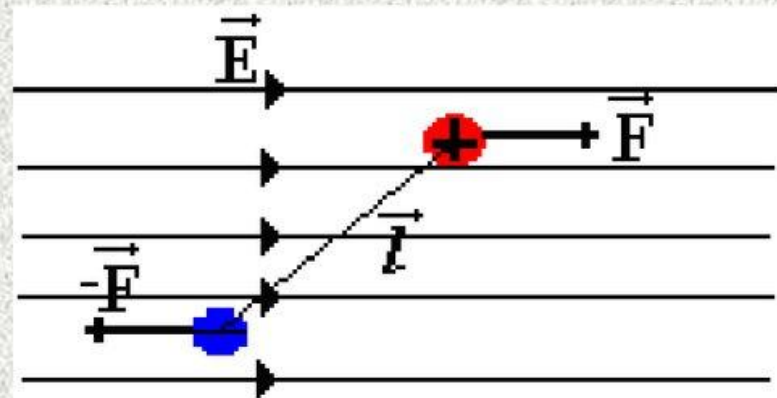
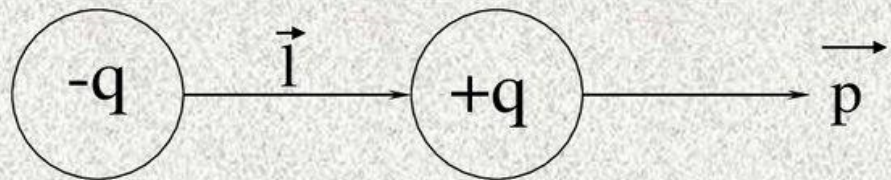
Электрлік дипольдің электр өрісінің потенциалы келесі өрнекпен анықталады:

## Дипольдің өрісі

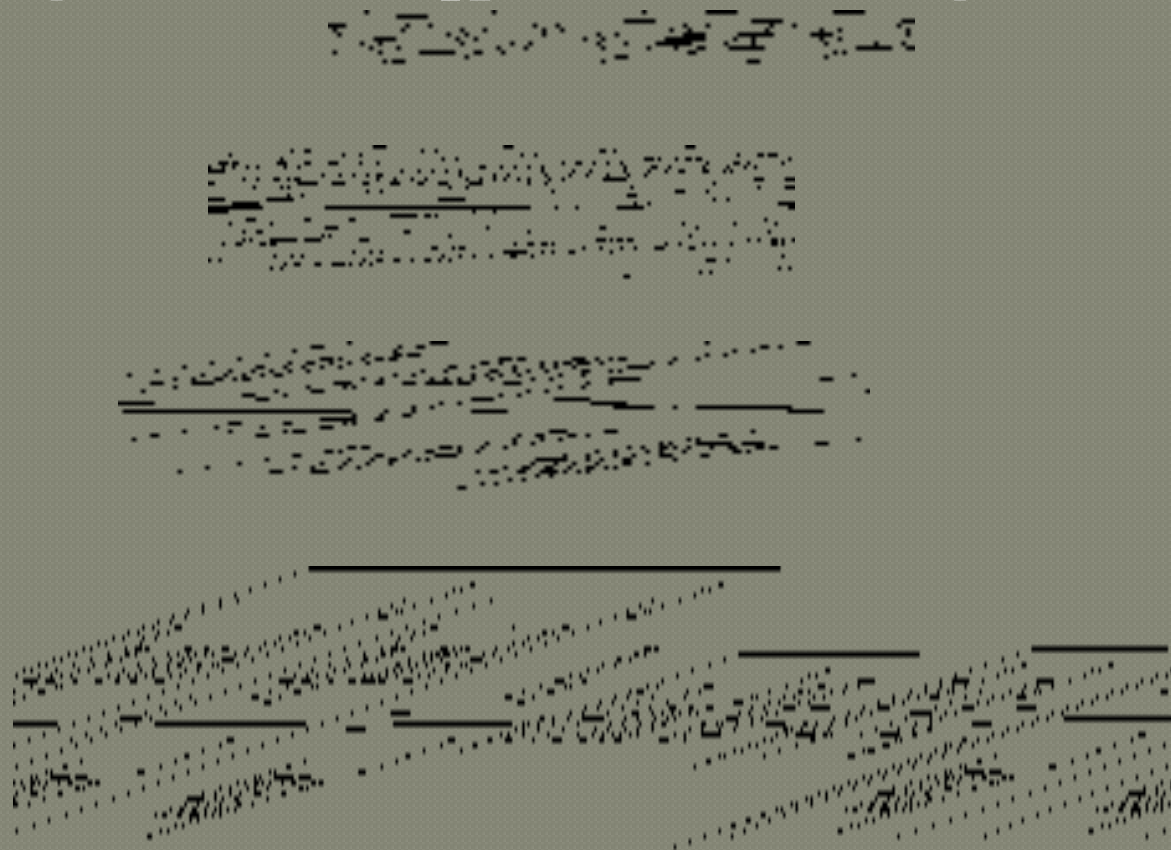
Электрлік диполь — өрістің қарастырылып отырған нүктелердің арақашықтығынан әлденеше кіші  $L$  арақашықтықта орналасқан модулі жағынан тең әраттас нүктелік  $(+q, -q)$  зарядтар жүйесі.



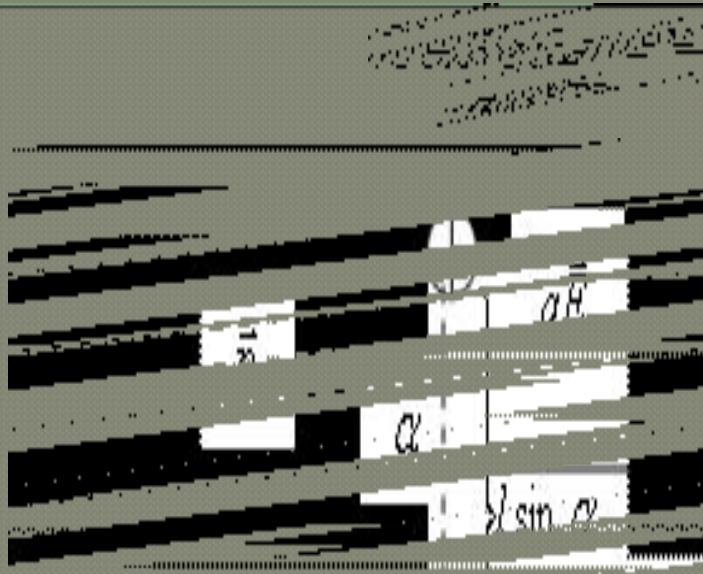
$$\vec{p}_\ominus = |q|\vec{l}$$



- Енді электрлік дипольдің электр өрісінің кернеулігін анықтайық. Берілген нүктедегі дипольдің тудыратын электр өрісінің кернеулігін екі құрамаға жіктеуге болады:

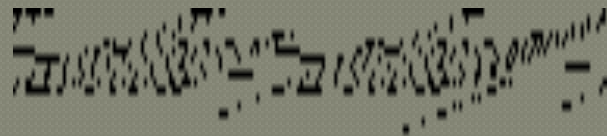


- Электрлік дипольдің электр өрісінің кернеулігі келесі өрнекпен анықталады:



- Электрлік дипольді электр өрісіне енгізгенде, оған өріс тарапынан қос күш моменті әсер етеді.
- ,
- мұндағы:  $p$  - дипольдің электрлік моменті. Бұл күш моментінің әсерінен диполь электрлік моменті өріс бағытына параллель болатындай түрде орналасады.

- Сыртқы электр өрісіндегі дипольдің потенциалдық энергиясы:



## 2. Диэлектриктің поляризациясы

Сыртқы электр өрісінде диэлектриктегі оң және теріс зарядтардың қайта таралып орналасуы диэлектриктің поляризациясы деп аталады.

Диэлектриктің поляризациясын сандық сипаттау үшін поляризация векторы енгізілген. Бірлік көлемдегі дипольдік моменттердің қосындысын поляризация векторы деп

атайды. Өлшем бірлігі

Изотропты полярсыз диэлектриктер үшін поляризация векторы сыртқы электр өрісінің кернеулігіне тура пропорционал.

Мұндағы:  $\epsilon$  - диэлектриктің алғырлығы.

- Диэлектриктің молекуласының құрылысына байланысты поляризация үшке бөлінеді:
- 1. Бағыттық поляризация
- 2. Иондық поляризация
- 3. Электрондық поляризация
- · Бағыттық поляризация полярлы диэлектриктерде байқалады. Полярлы диэлектриктің молекулалары сыртқы электр өрісіне енгізілгенде электрлік моменттері сыртқы электр өрісімен бағыттас болатындай түрде орналасады.
- · Электрондық поляризация – полярсыз диэлектриктерде байқалады, яғни сыртқы электр өрісіне енгізгенде полярсыз диэлектриктердегі оң және теріс зарядтар бір-біріне қатысты ығысады.
- · Иондық поляризация – иондық кристалдарда байқалады.

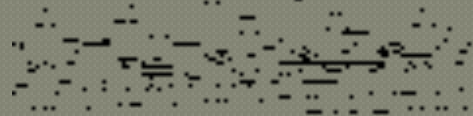


## Полярлы диэлектриктің поляризациясы абсолют температураға тәуелді:

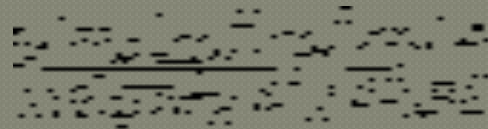
---



мұндағы:  $\epsilon_0$  - диэлектриктің кішкене көлеміндегі барлық молекулалардың дипольдік моменттерінің орташа мәні.

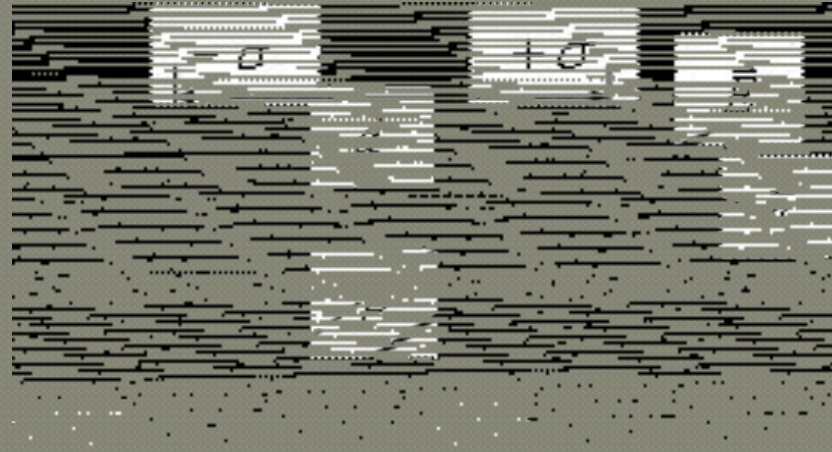


Әлсіздеу өрістерде диэлектриктердің алғырлығының температураға тәуелділігі:



Бұл формула Дебай-Ланжевен формуласы деп аталады.

---

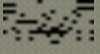



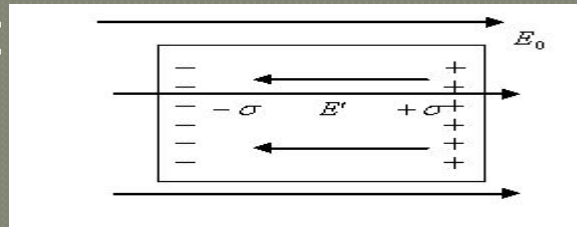
$$\vec{P} = \epsilon_0 \chi_e \vec{E}$$

Полярлы диэлектриктің поляризация векторы байланысқан зарядтардың беттік тығыздығына тең болады.

- 3. Диэлектриктердегі электр өрісі үшін
- Остроградский-Гаусс теоремасы

Сыртқы электр өрісіне орналасқан өткізгіш бетінде теңеспеген оң және теріс зарядтар болады. Бұл зарядтарды байланысқан зарядтар деп атайды. Диэлектриктің ішіндегі электр өрісі үшін суперпозиция принципі бойынша қорытқы электр өрісі сыртқы электр өрісі мен байланысқан зарядтар тудыратын электр өрісінің векторлық қосындысына тең болады.

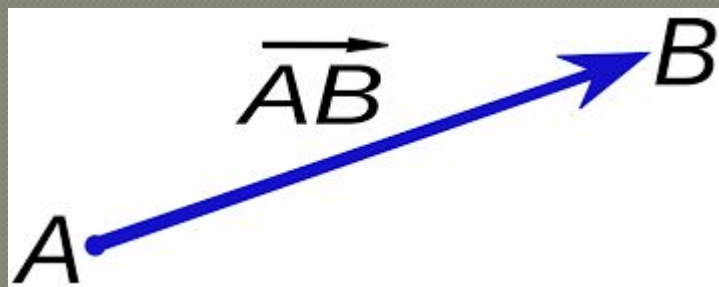
- ,  
- мұндағы:  $E_0$  - сыртқы электр өрісі,  $E'$  - байланысқан зарядтар тудыратын электр өрісі.



- Жоғарыдағы айтылғанды ескерсек диэлектриктегі электр өрісі үшін Остроградский-Гаусс теоремасы келесі түрде жазылады:

- .
- Байланысқан зарядтардың шамасы .
- Сонда немесе
- мұндағы: - электрлік ығысу және индукция векторы деп аталады, өлшем бірлігі .

- Электрлік ығысу векторы – заттардағы электр өрісін сипаттайды.
- Диэлектриктердегі электр өрісі үшін Остроградский-Гаусс теоремасы
- .
- Диэлектриктегі тұйық бет арқылы өтетін ығысу векторының ағыны осы бет қамтитын еркін зарядқа тең болады.



- 
- **НАЗАР АУДАРҒАНЫҢЫЗҒА РАХМЕТ!!!**