

Ўзбекистон республикаси олий ва маҳсус таълим вазирлиги

Гулистон давлат университети

**«Электр ва магнетизм»
фанидан ўқув-услубий мажмуа**

1-қисм.

Гулистон-2008

**Р.У.Элмуродов, Ў.Б.Жўраев. “Электр ва магнетизм” фанидан
ўқув-услубий мажмуа
Гулистон-2008, 74 бет.**

Ушбу ўқув-услубий мажмуа 5440100-физика таълими йўналишида тахсил олаётган талабаларга мўлжалланган. Мажмуада замонавий педагогик технология тизимига асосланган ҳолда ўқув мақсадлари аниқланган, мавзу бўйича муаммолар, муҳокама учун саволлар, назорат саволлари, мустақил иш топшириқлари ва фойдаланиладиган адабиётлар рўйхати берилган.

Ўқув қўлламанинг ушбу 1-қисмида “Электр ва магнетизм» фанининг электростатика бўлими ҳақидаги материаллар берилган. Электростатика бўлимида электр зарядлари, уларнинг ўзаро таъмири, электр майдони ва унинг хоссалари ҳақида маълумотлар келтирилган. Гулистон Давлат Университети Ўқув-услубий кенгаши томонидан 2008 йил № 4 –сонли (10 январ 2008 йил) баённомага биноан нашрга тавсия этилган.

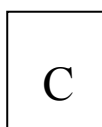
Маъсул муҳаррир:

Ш.К.Ниёзов

Такризчилар:

доц.Т.Р.Рисбоев

катта ўқитувчи. А.Абдуллаев



ГулДУ

«Электр ва магнетизм» фани бўйича ишчи дастур
2.1. Лекция мавзулари, кўриладиган масалалар мазмуни ва ажратилган вақт.

№	Мавзу	Кўриладиган масалалар мазмуни	Вақт, соат
1.	Электр ва магнетизмга оид умумий маълумотлар. Электр зарядларининг ўзаро таъсир қонуни. Кулон қонуни.	Электр заряди, унинг сақланиш қонуни ва ўзаро таъсири қаралади.	1
2.	Нуқтавий заряд ҳақида тушунча. Зарядларнинг чизиқий, сиртий ва ҳажмий зичликлари.	Ўлчов бирликлари тўғрисида тўлиқ маълумот бериш ва заряднинг таксимоти ҳақида тушунтириш.	1
3.	Электр майдони. Электр майдон кучланганлиги. Суперпозиция принципи. Электр диполи.	Заряд ҳосил қиладиган майдон ва унинг хоссалари ҳақида тушунтириш.	1
4.	Куч чизиқлари. Электростатик майдон индукция вектори ва унинг оқими.	Майдонни тасвирлаш, куч чизиқлари, силжиш ва индукция векторларини тушунтириш.	1
5.	Электр майдонини ҳисоблаш. Остраградский-Гаусс теоремаси.	Электр майдон кучланганлигини ҳисоблаш усулларини ўргатиш.	1
6.	Электростатик майдонда бажарилган иш. Потенциаллар фарқи. Потенциал градиенти.	Электр зарядини кўчиришда бажариладиган иш ва кучланиш тушунчаларини ўргатиш.	1
7.	Электростатиканинг умумий масаласи. Пуассон ва Лаплас тенгламалари.	Электр майдони хусусиятларини векторлар анализи тушунчаларидан фойдаланиб, энг умумий кўринишдаги тенгламаларни ўргатиш.	1
8.	Ўтказгичлар электр майдонида. Электр сифими. Сифим бирликлари. Конденсаторларнинг сифими. Электр майдон энергияси ва унинг зичлиги.	Электр майдонига киритилган ўтказгичларда юз берадиган жараёнларни тушунтириш. Зарядланган жисмларни энергиясини тушунтириш.	1
9.	Диэлектриклар электр майдонида. Диэлектрикларнинг қутбланиши. Қутбланиш вектори.	Диэлектриклар электр майдонига киритилганда юз берадиган жараёнларни тушунтириш.	2
10.	Икки диэлектрик муҳит чегарасида қутбланиш ва индукция векторлари, ҳамда электр майдон кучланганлиги чизиқларининг синиши.	Электр майдонини икки диэлектрик муҳит чегарасида ўзгариши билан боғлиқ бўлган жараённи тушунтириш.	2
11.	Ўзгармас электр токи. Электр токининг характеристикалари. Ўтказувчанлик электр токи. Қаршилик ва унинг температурага боғлиқлиги. Ом қонунинг дифференциал кўриниши.	Электр токини юзага келиши ва унинг хоссаларини тушунтириш.	2
12.	Берк занжир учун Ом қонуни. Электр юритувчи куч. Тармоқланган занжирлар. Кирхгоф қоидалари.	Тармоқланган занжирлар хоссаларини тушунтириш.	2
13.	Тармоқланган занжирларни ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари. Электр токининг иши, қуввати ва иссиқлик таъсирлари. Ток манбаининг фойдали	Ўтказгичларни, ток манбаларини батарея қилиб улаш ва электр токининг иши ва қувватини тушунтириш.	2

	иш коэффициенти.		
14.	Электр ўтказувчанликларнинг табиати. Рике, Манделъштам-Папалески ва Стьюарт-Талмэн тажрибалари. Металларда электр ўтказувчанликнинг классик электрон назарияси асосида Ом ва Жоул-Ленц, Видеман-Франц қонунларини тушунтирилиши.	Электр заряди ҳаракатланганда, ўтказгичларда электр токи хоссаларини классик назария асосида тушунтириш.	2
15.	Вакуумда электр токи. Термоэлектрон эмиссия. Вольт-ампер характеристикаси. Тўйиниш токининг температурага боғлиқлиги.	Электр токини вакуумда ўтиш процессида юз берадиган жараёнларни тушунтириш.	2
16.	Ярим ўтказгичлар. Ярим ўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги. Соф ва аралашмали электр ўтказувчанлик. Ўта ўтказувчанлик ва унинг асосий хоссалари.	Ярим ўтказгичларнинг электр хоссаларини тушунтириш.	2
17.	Токларнинг магнит майдони. Токларнинг ўзаро магнит таъсири. Магнит индукция вектори. Ток элементи. Био-Савар-Лаплас қонуни.	Магнит майдонини юзага келиш сабабларини тушунтириш.	2
18.	Магнит майдон кучланганлиги. Тўғри ва айланма токларнинг магнит майдон кучланганлигини ҳисоблаш. Соленоиднинг ўқи бўйлаб магнит майдон кучланганлигини тақсимланиши.	Магнит майдонни характерловчи катталикларни тушунтириш.	2
19.	Параллел токларнинг ўзаро магнит таъсири. Ток кучининг бирлиги-Ампер. Магнит оқими. Майдон майдонда токли контур.	Токли ўтказгичларни магнит хусусиятларини тушунтириш.	2
20.	Магнит майдон кучланганлигининг циркуляцияси. Магнит майдонда токли ўтказгич. Ампер кучи.	Магнит майдоннинг таъсири ва катталикларини тушунтириш.	2
21.	Магнит майдонда ҳаракатланаётган зарядланган заррачага таъсир этадиган куч. Лоренц кучи. Холл ҳодисаси. Ҳаракатланаётган зарядланган заррачанинг магнит майдони.	Магнит майдонининг шу майдонга киритилган зарядларга таъсирини тушунтириш.	2
22.	Магнетиклар. Моддаларнинг магнит хусусиятлари. Молекуляр тоқлар. Магнитланиш вектори. Дио-пара-ферромагнетиклар. Пара ва диамагнетизмни тушунтирилиши.	Моддаларнинг ташқи магнит майдон таъсирида магнитланишини тушунтириш.	2
23.	Ферромагнетиклар. Ферромагнетикларни магнитланиш жараёни. Гистерезис ҳалқаси. Қолдиқ магнитланиш ва коэрцитив куч. Ферромагнетизмни тушунтирилиши. Доменлар назарияси ҳақида тушунча.	Кучли магнитланувчи, таркибида темир аралашган моддаларнинг магнит хоссаларини тушунтириш.	2
24.	Электромагнит индукция ҳодисаси. Электромагнит индукция. Фарадей	Электр ва магнит майдонни бир-бири билан боғлиқлигини тушунтириш.	

	тажрибалари. Ленц қонуни. Электромагнит индукциянинг асосий қонуни. Ўзиндукция ҳодисаси.		2
25.	Индуктивлик. Соленоиднинг индуктивлиги. Муҳитнинг магнит доимийси. Ўзиндукция натижасида занжирда токнинг йўқолиши ва тикланиши. Магнит майдон энергияси. Ўзароиндукция.	Магнит майдонининг хоссаларини тушунтирилиши.	2
26	Электр тебранишлар ва тўлқинлар. Хусусий электр тебранишлар. Сўниш бўлгандаги электр тебранишлар. Хусусий электр тебранишлар тенгламаси. Сўниш бўлмагандаги электр тебранишлар.	Электр ва магнит майдонларидан тебраниш ва тўлқинлар ҳосил бўлиши ҳамда уларнинг хоссаларини тушунтириш.	2
27	Мажбурий электр тебранишлар. Ўзгарувчан электр токи. Ўзгарувчан ток генератори. Ўзгарувчан электр токи занжирида актив қаршилик, сиғим ва индуктивлик	Электрамагнит майдон ёрдамида ўзгарувчан электр токининг ҳосил бўлиши ва унинг хоссаларини тушунтириш	2
28	Вектор диаграммалар усули. Ўзгарувчан тоқлар учун Ом қонуни. Ўзгарувчан токнинг қуввати, иши. Ток ва кучланишнинг эффектив қийматлари.	Ўзгарувчан токнинг хоссаларини тушунтириш.	2
29	Ўзгарувчан ток занжирларида тармоқланиш. Кучланиш ва тоқлар резонанси. Электр ва магнит майдонларни ўзаро боғлиқлиги. Электромагнит майдон.	Ўзгарувчан токнинг электр занжирда намоён қиладиган хоссаларини тушунтириш.	2
30	Максвелл потўлатлари. Силжиш токи. Максвелл тенгламалари ва уларнинг тажрибавий асослари. Максвелл тенгламаларининг аҳамияти.	Электромагнит майдоннинг асосий қонунлари билан таништириш.	2
31	Электромагнит тўлқинлар. Электромагнит тўлқинларнинг хусусиятлари, уларнинг кўндаланг тўлқин эканлиги. Тўлқин энергияси. Пойтинг вектори. Электромагнит тўлқинларни ҳосил қилиш.	Электр ва магнит майдонларини ўзгариши натижасида электромагнит тўлқинлар ҳосил бўлишини тушунтириш.	2

2.2. Амалий машғулотлар мавзулари, бажариладиган иш мазмуни ва вақт.

№	Мавзу	Бажариладиган иш мазмуни	Вақт, соат
1	Зарядларнинг ўзаро таъсир қонунига, электрмайдон кучланганлиги суперпозицияси усули ёрдамида ҳисоблаш.	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	4
2	Остроградский-Гаусс теоремасига оид масалалар ечиш.	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	2

3	Потенциал ва потециаллар фарқини ҳисоблаш. Электр майдонда бажарилган иш	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	4
4	Электр сиғими. Конденсаторлар сиғимини ҳисоблаш.	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	4
5	Электр майдон энергияси.	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	2
6	Ўзгармас электр токи. Занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни. Қаршилиқлар ва уларни температурага боғлиқлиги.	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	4
7	Берк занжир учун Ом қонуни	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	2
8	Тармоқланган жанжирлар. Кирхгофнинг I ва II қоидаларини қўллаш.	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	4
9	Электр токининг иши, қуввати, иссиқлик таъсирлари. Жоул-Ленц қонуни.	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	4
10	Ток манбалари ва уларнинг фойдали иш коэффицентлари.	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	2
11	Токларнинг магнит майдони. Айланма токнинг марказидаги ва ўқида ётган ихтиёрий нуқтанинг магнит майдонини ҳисоблаш.	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	2
12	Тўғри токнинг атрофидаги ихтиёрий нуқтанинг магнит майдон кучланганлигини ҳисоблашга оид масалалар ечиш.	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	2
13	Магнит майдон кучланганлигининг йўналишини аниқлаш. Соленоид, тороидларнинг магнит майдон кучланганлигини ҳисоблаш.	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	2
14	Электр ва магнит майдоналарида зарядланган заррачаларнинг ҳаракати.	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	2
15	Электромагнит индукция. Ўзиндукция ҳодисаси. Индуктивларни ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари.	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	2
16	Магнит майдон энергияси.	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	2
17	Электр тебранишлар. Эркин	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар	4

	электр тебранишлар. Сигим , индуктивлик ва актив қаршилиқдан иборат тебраниш контурларининг даври, частотаси.	ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	
18	Мажбурий электр тебраниш. Ўзгарувчан ток занжирида сигим , индуктивлик ва актив қаршилиқ.	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	4
18	Ўзгарувчан ток занжири учун Ом қонуни. Ток кучи ва кучланишнинг эффектив қийматларини ҳисоблаш.	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	2
19	Ўзгарувчан токнинг иши, қуввати ва иссиқлик тасирлари. Комплекс қаршилиқлари.	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	2
20	Ўзгарувчан ток занжирларининг қаршилиқларини ҳисоблаш. Актив ва реактив қаршилиқлар.	Талабаларга шу мавзуларга оид масалалар ечиб кўрсатиш ва методларини ўргатиш. Уйга вазифа бериш.	2

2.3. Мустақил иш топшириқлари.

№	Мавзу	Мустақил бажариладиган иш мазмуни	Вақт, соат
1	Лаборатория ва амалий машғулотларга назарий тайёргарлик кўриш.	Талаба лаборатория машғулотларига керакли бўлган адабиётлар ёрдамида назарий тайёргарлик кўради.	2
2	Электр майдонини ҳисоблаш. Остроградский-Гаусс теоремаси ёрдамида электр майдонини ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари.	Назарий ва амалий ҳамда лаборатория ишлари бўйича адабиётлардан тайёргарлик кўради.	4
3	Потенциаллар фарқини ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари.	Масалалар ечиш бўйича тайёргарлик кўради.	4
4	Электр майдонини тажрибада ўрганиш. Электролитик ванна усули.	Назарий ва амалий жиҳатдан электр майдонини ўрганиш бўйича тайёргарлик кўради.	4
5	Конденсаторларнинг сигимини ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари. Конденсаторларни улаш.	Амалий ва лаборатория машғулотларида олинган билимлар бўйича тайёргарлик кўради.	4
6	Пьезоэлектриклар ва уларни қўлланиши. Сегнетоэлектриклар.	Ўтказгич ва диэлектриклардан фарқ қиладиган электр хусусиятига эга бўлган моддалар ҳақидаги тушунчаларни ўрганади.	4
7	Электр токининг характеристикалари. Ток зичлиги. Электр токининг таъсирлари. Шунт қаршилиқни танлаш. Қаршилиқларни ўлчаш усуллари.	Ўтказгичларни электр токига нисбатан бўлган хоссаларини ва хусусиятларини ўрганади.	4

8	Квазистационар тоқлар.		4
9	Электрон лампалар ва уларнинг қўлланиши.	Вакуумда электр токи ўтиши билан боғлиқ бўлган жараёнларни ўрганади.	4
10	Ярим ўтказгичларни халқ ҳўжалигида қўлланиши.	Ярим ўтказгичларни қўлланиши бўйича замонавий асбоб ускуналарни ўрганади.	2
11	Электролитларда электр токи. Фарадей қонунлари	Суюқликларда электр токи ўтиши билан боғлиқ бўлган қонуниятларни ўрганади.	4
12	Газларда электр токи. Плазманинг электр ўтказувчанлиги.	Газларда электр разряди рўй бериши ва у билан боғлиқ бўлган асосий хоссаларни ўрганади.	4
13	Контакт ҳодисалари.	Қаттиқ жисмларни бир-бири билан контакт қилиши натижасида электр токи хоссалари ўрганилади.	4
14	Термоэлектр юритувчи куч. Термопаралар.	Қаттиқ жисмларни бир-бири билан контакт қилиши натижасида электр токи хоссалари ўрганилади.	4
15	Био-Савар-Лаплас қонунини қўллаш бўйича хусусий ҳоллар.	Магнит майдонини асосий хоссаларини ўрганади.	4
16	Магнит материалларини қўлланиши.	Диа-,Пара-, Ферромагнит материалларини қўлланишини ўрганади.	4
17	Хусусий электр тебранишлар. Тебраниш даври. Частотаси.	Электр занжиридаги тебраниш юзага келиш қонунларини ўрганади.	4
18	Комплекс катталиклар. Комплекс қаршиликлар. Ўзгарувчан ток занжирида қаршилиқни ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари.	Актив қаршилиқдан фарқ қиладиган сиғим ва индуктив қаршилиқлар ҳақидаги тушунчалар ўрганилади.	2
19	Электромагнит тўлқиннинг қўлланиши.	Электромагнит тўлқинни ҳозирги замондаги роли ҳақида ўрганади.	4

**«Электр ва магнетизм» фанидан физика мутахассислиги учун
Рейтинг ишланмаси**

Т/Р	Назорат турлари	Сони	Балл	Жами балл
I.	ЖБ			
	1.1.Оғзаки суҳбат	10	2	20
	1.2.Амалий машғулот-масала ечиш (уйга вазифа)	20	0,5	10
	1.3. Конспект таёрлаш	5	2	10
	1.4. Реферат	1	10	10
	1.5 Давомат	2	2,5	5
II.	ОБ			
	2.1. Ёзма иш	2	15	30
III.	ЯБ			
	3.1.Ёзма иш	1	15	15
Жами:		100 балл		

Баҳолаш мезони.
Электр ва магнетизм фанидан талабалар билим даражаларни
баҳолаш мезони.

Оғзаки баҳолаш мезони:

1. Талаба савол мазмунини тўлиқ очиб берса, таърифлар, тушунчалар тўлиқ ва аниқ ёритилса, савол ва топшириқларни тўғри ҳал қилиш учун асосий тушунчалар, қонунлар, назарияларнинг таърифини тўғри қўлласа, 2 балл
2. берилган саволга тўғри жавоблар тўлиқ бўлсаю, баён этишда бироз бузилса, илмий атамаларни қўллаш ҳамда кўзатиш, тажрибардан хулоса чиқаришда бироз ноаниқлик бўлса, 1,6-1,7 балл.
3. Берилган саволдаги ўқув материалнинг асосий мазмунини ўзлаштирган, лекин қисқа ва изчил бўлмаса, тушунчалар таърифи ноаниқ бўлса, 1,5 балл.
4. Берилган саволга мустақил хулоса чиқариб, умумлаштиришлардан фойдалана олмаса, ёки уларни баён этишда хатоликка йўл қўйса, илмий атамалардан фойдаланишда хатоликка йўл қўйса, 1-1,1
5. ўқув материали юзасидан тушунчалар таърифи бўлмаса, илмий атамаларни қўлашда, хулоса чиқариш, умумлаштиришларда нотўғри ёндашса, топшириқда қўплаб хатоларган йўл қўйса, 0,5 балл

Ёзма ишларни баҳолаш мезони

1. Талаба ҳодиса ва қонунларни физик маъносини очиб берса, саволларни тўғри баён этса, асосий тушунчалар, қонунларни қўллаб, масалани тўғри ечса, физик катталиклар, ўлчов бирликларини келтириб чиқарган бўлса, чизмалар тўғри чизилган бўлса, 15 балл
2. Талаба ҳодиса ва қонуниятларнинг физик маъносини тўғри очиб берса, асосий тушунчалар, қонунларни қўллаб, саволларни тўғри баён этишда ва масалаларни тўғри ечишда кичик хатоликларга йўл қўйса, 9-10 балл
3. Талаба ҳодиса ва қонуниятларнинг қўллашда, саволларни баён этишда ва масалалар ечишда, формулаларни қўллашда хатоликларга йўл қўйса, 3-4 балл
4. Талаба саволларга хато жавоб баён этса, ёки масалалар ечишда хатога йўл қўйса, яъни жавобда жиддий камчиликлар бўлса, 0,5-1 балл

IV. Информацион-методик таъминот

1.1. Асосий адабиётлар:

1. Калашников С.Г. Умумий физика курси. Электр. Олий ўқув юртларининг физика ихтисоси бўйича дарслик. Ўқитувчи, Тошкент-1979, 615 бет.
2. Сивухин Д.В. Курс общей физики. т. III, Электричество, Учебное пособие для студентов физических специальностей высших учебных заведений. Наука, М.-1977, 687 стр.
3. Сахаров Д.И. Физика масалалари тўплами. Олий ўқув юртлари учун қўлланма. Ўқитувчи, Тошкент-1965, 365 бет.
4. Волькенштейн В.С. Умумий физика курсидан масалалар тўплами. Олий техника ўқув юртлари учун ўқув қўлланма. Ўқитувчи. Тошкент 1969, 440 бет.
5. "Физикадан практикум". Электр ва оптика. Иверонова таҳрири остида. Т. 1968 й
6. Бўрибаев И., Каримов Р. Электр ва магнетизмдан физпрактикум. Университет. Т. 2002й

1.2. Қўшимча адабиётлар:

1. Тамм И.Е. Основы теории электричества. Учебник для студентов физических факультетов университетов. Наука, М.-1966, 624 стр.
2. Савельев И.В. Умумий физика курси. II қисм. Олий техника ўқув юртлари учун қўлланма. Ўқитувчи, Тошкент-1976, 450 бет.
3. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики. т. II, Электричество, Учебное пособие для студентов физических специальностей высших учебных заведений. Наука, М.-1972, 360 стр.
4. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. Высшая школа. М.-1983

5. Штрауф Е.А. Курс физики. том. II, Электричество и магнетизм. Учебник для высших технических учебных заведений. Ленинград-1968.
6. Бўрибаев И. Электр ва магнетизм. Маърузалар матни. Университет. 2000 й
7. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. Уч. пособие для ВУЗов. М. Наука, 1979, 367 с.
8. Гурьев Л.Г. Кортнев А.В. и др. Сборник задач по общему курсу физики, Уч. пособие для ВУЗов. М. Высшая школа, 1972, 432 с.
9. Сборник задач по общему курсу физики. под. ред. Яковлева И.А. Уч. пособие для студентов физических специальностей ВУЗов. М. Наука, 1977, 272 стр.
10. Андреев И.С., Султанова К.А. Физикадан практикум. "Электр ва магнетизм". Ўқитувчи, Тошкент - 1976 й.
11. Каримов Р.К., Бўрибаев И.Б., Юсупов Р., Сагатова Х., "Электр ва магнетизм" бўлимига оид лаборатория ишларини ҳисоблашда кичик ЭХМ ни қўллаш. Тошкент, Университет - 1990 й.
12. Зайдель И. "Элементарные оценки ошибок измерений" М. 1959г.
13. Каримов Р.К., Юсупов Р. А "Использование ПЭВМ в учебных лабораториях по общему курсу физики". Университет. 1990.
14. Савельев Н.В. Курс общей физики. Кн-2. Электричества и магнетизм, М. 2004
15. Сивухин Д.В. Курс общей физики. Том-4. Электричества и магнетизм. М. 2002.

1-Мавзу: Электр ва магнетизм фани.

1. Электр ва магнетизмга оид умумий маълумотлар.
2. Электр заряди. Заряд миқдорининг сақланиш қонуни.
3. Электр зарядларининг ўзаро таъсири. Кулон қонуни.

Асосий саволлар:

1. Физиканинг «Электр ва магнетизм» бўлимининг қисқача ривожланиш тарихи.
2. Жисмларнинг зарядланиши ва зарядлар мавжудлигининг исботи.
3. Электр зарядларининг сақланиш қонуни.
4. Электр зарядларининг ўзаро таъсири.
5. Нуқтавий заряд ҳақида тушунча. Кулон қонуни.

Мавзуга оид таянч тушунча ва иборалар:

Қахрабо, электрланган, электрон, электр суюқлиги, электр зарядлари, мусбат заряд, манфий заряд ўтгазгичлари, диэлектриклар ва ярим ўтгазгичлар ҳақида тушунча, электроскоп ва электрометр тушунчаси, нуқтавий заряд, буралма тарози, ўзаро таъсир.

Асосий саволлар бўйича дарснинг мақсади:

Электрланиш ва электр заряди ҳақида тушинча бериш; Электр зарядини сақланиши уларнинг нуқтавийлигини тушунтириш;

Электр зарядларининг ўзаро таъсири ва Кулон қонуни тушунтириш;

Идентив ўқув мақсадлари:

- 1.1 Зарядлар ҳосил бўлишини тушунтириб бера олади.
- 1.2 Мусбат ва манфий зарядларни фарқини айтиб бера олади.
- 1.3 Нуқтавий зарядни тушунтириб беради.
- 1.4 Зарядларнинг ўзаро таъсирини айтиб бера олади.
- 1.5 Кулон қонунини айтиб бера олади.

Асосий саволларга оид муоммолар:

- Мусбат ва манфий зарядларни фарқини билиш;
- Ўтгазгичлар, ярим ўтгазгичлар ва диэлектрикларни (изоляторлар) бир-биридан ажрата билиш;
- Электр таъсир кучини механикадаги таъсир кучидан фарқини билиш;

Асосий саволлар баёни:

Кириш

Жун матога ишқаланган қахрабонинг баъзи бир енгил буюмларни тортиш қобилиятига эга бўлиб қолишини тўқувчи аёллар сезганликларини бизнинг эрамиздан аввалги VII асрда яшаган грек философи Фалес Милетский ёзиб қолдирган эди. Ундан икки минг йилдан ортиқ вақт ўтгач, 1600 йили инглиз врачлари Жильберт ипакка ишқаланган шиша ва бир қатор бошқа моддалар ҳам шундай хоссага эга бўлиб қолишини топиб, бу кашфиётни янада кенгайтirdи. Бундай ҳолатга келтирилган жисмларни электрланган, ёки айнан «қахраболанган» жисмлар деб атала бошлади, чунки грекча «электрон» сўзи қахрабо демакдир.

Деярли икки юз йил давомида - XVIII аср охиригача жисмларнинг электрланишини ўрганиш секин ва, асосан, табиатнинг бошқа ҳодисаларини ўрганишдан ажратилган ҳолда олиб борилди. Асосан жисмларни ишқаланиш

йўли билан электрланган ҳолатга келтириш ва бу ҳолатдаги жисмларнинг ўзаро таъсир кучларини ўрганиш билан чекланиб қолинди. Электр ҳақидаги таълимотнинг бу бўлими кейинчалик *электростатика* деб аталди.

1979 йили Гальвани токнинг физиологик таъсирини кашф қилди. У янги сўйилган бақани бел нервидан мис илмоққа илиб, балкonnинг темир панжарасига осиб қўйилганда, бақанинг мускуллари ҳар сафар панжарага текканда қискаришини сизди. Гарчи ўша вақтда, электрланган жисмларнинг мускуллар орқали разрядланиши туфайли мускулларнинг қисқарганлиги маълум бўлса-да, узоқ вақтгача электр ҳодисаларнинг бирлиги қайд қилинмади ва «гальваник электр» ишқаланиш билан ҳосил қилинадиган электрдан фарқ қилиб келинди. Фақат XIX аср бошидагина электр ҳодисаларнинг ғоят турли-туманлигини кўрсатувчи қатор йирик кашфиётлар қилинди: электр токининг вужудга келиш шароитлари ўрганилди, токнинг иссиқлик ва магнит таъсири топилди, диелектрикларнинг роли аниқланди ва ҳоказо. XIX асрнинг иккинчи ярмида электр ҳақидаги таълимот янада тез ривожланди. Фарадей ва Максвеллнинг ишлари натижада электромагнит ҳодисаларнинг бирлиги аниқланди, электромагнит тўлқинлар кашф қилинди ва ёруғликнинг электромагнит назарияси яратилди.

Электр ҳақидаги таълимот тараққиётининг принципиал аҳамияти ниҳоятда каттадир: бир томондан, бу таълимот электр ҳодисларини механика нуқтаи назаридан қараш мумкин эмаслигини равшан қилиб қўйган бўлса, иккинчи томондан, электр ҳодисалар барча бошқа физик процесслар билан ўзаро чуқур боғланганлигини кўрсатиб беради. Ниҳоят, электр ҳодисалардан амалда фойдаланиш ҳам муҳим аҳамиятга эга бўлади.

Электр ҳақидаги таълимотнинг ривожланишида рус олимлари ката роль ўйнайдилар. XVIII аср ўрталарида М.В Ломоносов Г.В. Рихман билан биргаликда чакмоқ ҳодисаларини ўрганди ва ҳавонинг электрланиши кўтарилиувчи оқимларнинг ўзаро ишқаланиши натижасида юзага келади, деган хулосага келди. Ломоносов 1753 йили электр эфир зарраларининг тез айланма ҳаракатидан иборатдир, деган ўз замонаси учун илғор бўлган фикрни айтди. Шу 1753 йилнинг ўзида Петербург Фанлар академияси «Электр кучининг табиати ҳақида» деган темада жаҳон конкурси эълон қилди. 1755 йили бу конкурс мукофоти Л. Эйлернинг электрланган жисмларнинг ўзаро таъсир кучини эфирдаги тарангланишлар орқали тушунтирувчи иши учун берилди. Петербург академиги Эпинус ўз вақтида кенг танилган ягона «электр суюқлиги» назариясини яратди ва биринчи марта электр ва магнит ҳодисаларининг математик назариясини ишлаб чикди. 1803 йили академик В.В Петров электр ёйни кашф қилди ва ундан амалда фойдаланиш йўлини кўрсатиб берди. У суюқликлардан ток ўтганда уларнинг электролитик парчаланишини биринчилар қаторида ўрганди. XIX арснинг 30-40 йилларида Петербург фанлар академиясининг хақиқий аъзоси ва Петербург университетининг профессори Э.Х. Ленц индукцияланган токнинг йўналишини ва токнинг иссиқлик таъсирини аниқловчи энг муҳим қонунлари кашф қилди. 1885 йили А.С. Попов радиотелеграфни кашф қилди, бундан бир неча йилдан кейин эса П.Н. Лебедев миллиметрли электромагнит тўлқинларни

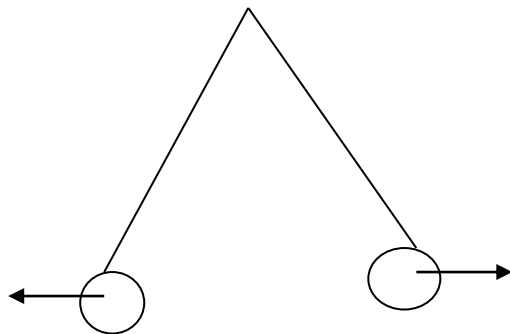
ҳосил қилди. Асримизнинг бошларида эса Москва университетининг профессори А.А. Эйхенвальд ҳаракатланаётган зарядлар ток каби магнит майдон ҳосил қилишини экспериментал исботлаб берди.

Электротехниканинг ривожланишида рус кашфиётчилари катта роль ўйнайдилар. Б.С. Якоби биринчи бўлиб электромотор ясади ва ундан кема ва вагони ҳаракатга келтириш учун фойдаланди; Якоби яна электролиздан амалий фойдаланишни (галъванопластикани) кашф қилди. П.Н. Яблочков амалда ёритиш учун яроқли бўлган биринчи электр ёйни, А.Н. Лодигин эса чўғланма электр лампочкани яратди. П.Н. Яблочков ва И.Ф. Усагин биринчи марта электр трансформаторни, М.О.Доливо–Доборовольский уч фазали токни истеъмолга киритдилар. Н.Г. Славянов ва Н.Н. Бенардос электр пайвандини кашф қилдилар.

Электр зарядлар.

Электр ҳақидаги таълимот тараққиётининг тарихий йўлига мувофиқ биз уни ўрганишни электрланиш ҳолатининг характеристикаси ва электрланган жисмларнинг ўзаро таъсир қонунларини баён қилишдан бошлаймиз. Электр ҳақидаги таълимотнинг бу бўлими электростатика деб аталишини айтиб ўтган эдик. XVIII асрнинг бошларидаёқ ўтказилган тажрибалар электрланишнинг фақат ва фақат икки жинсли бўлишини кўрсатди: сифат жиҳатдан терига ишқаланган шишанинг электрланишига мос келувчи электрланиш (мусбат электрланиш) ҳамда сифат жиҳатдан шишага ишқаланган терининг электрланишига мос келувчи электрланиш (манфий электрланиш). Бир хил электрланган (масалан, мусбат электрланган) жисмлар бир-биридан итарилади; турли ишорали электрланган жисмлар бир-бирига текканда электрланиш бир жисмдан иккинчи жисмга узатилиши мумкин.

Электрланган ҳолатдаги жисмда шу жисмнинг электрланганлик меъёрини билдирувчи заряд бўлади. Заряд тушунчасини таърифи қуйида берилади. Табиатда электрланган ҳолатини эркин узата оладиган жисмлар—ўтказгичлар электрланган ҳолатни ўтказмайдиган жисмлар—изолятор бўлади.

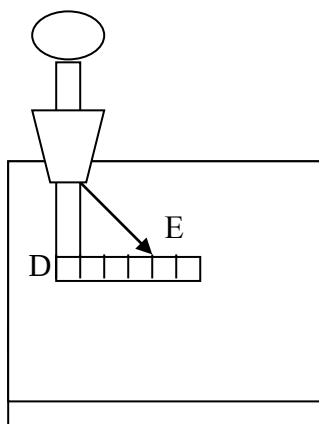


1- расм

Қуйидаги жуда муҳим ҳодиса жисмларнинг электрланиш процессини тушинишга ёрдам беради: агар, масалан, мусбат электрланган жисмни манфий

электрлай бошласак, унинг электрланган ҳолати дастлаб камаяди, сўнг батамом йўқолади ва шундан кейингина жисм манфий электрлана бошлайди. Бундан маълум бўладики, *турли ишорали зарядлар бир-бирини компенсациялар экан.*

Бу факт зарядланмаган жисмларда ҳам ҳамма вақт зарядлар бўлади. Лекин улардаги зарядлар қарама-қарши ишорали ва шунча миқдорда бўладики, бу зарядларнинг таъсирлари бир-бирини батамом компенсациялаб туради, деган гипотезага олиб келди. Ортиқча мусбат зарядларга эга бўлган жисм мусбат зарядланган, ортиқча манфий зарядларга эга бўлган жисм манфий зарядлангандир.



2- расм

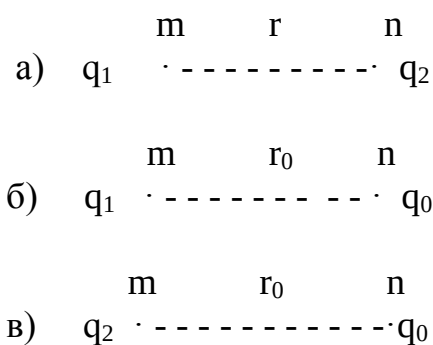
Жисмларнинг ишқалаш билан электрланганда иккала жисм электрланади, бунда ҳар доим уларнинг бири мусбат, иккинчиси манфий электрланади. Бундан биз зарядлар *вужудга келмайди ҳам ва йўқолмайди ҳам, улар фақат бир жисмдан иккинчи жисмга узатилиши ёки берилган жисм ичида кўчиши (ҳаракатланиши) мумкин* деган хулосага келамиз. *Электр зарядларининг сақланиш қонуни* номи билан маълум бўлган бу ҳодиса электр таълимоти соҳасида асосий қоида бўлиб, кўп далиллар билан исботланади. Бу далиллардан бири Эпинус кашф этган таъсир орқали, одатда айтилишича, индукция йўли билан электрлашдир.

Зарядланган жисмларнинг ўзаро таъсири жисмларнинг шаклига ва ўлчамларига боғлиқ бўлганидан ўзаро таъсир қонунини аниқлашда нуқтавий зарядлар деб аталувчи зарядлар текширилади. Нуқтавий зарядлар деб шундай зарядланган жисмларни айтиладики бу жисмларнинг ўлчовлари улар орасидаги масофага нисбатан кичик бўлади. Равшанки ҳар қандай зарядланган жисмни нуқтавий зарядларини тўплами деб қараш мумкин.

Иккита нуқтавий заряднинг ўзаро таъсир қонунини 1785 йили Кулон тажрибада аниқлади. Шу билан бирга Кулон қонуни заряднинг катталиги ҳақида таърифни ҳам ўз ичига олган. Кулон ўзининг барча ўлчашларини ҳавода ўтказган бўлса-да катъий қилиб айтганда, Кулон қонунининг бу параграфда кўриладиган ифодаси бўшлиққа, яъни сезиларли миқдорда атом, молекула ёки бошқа зарралар бўлмаган заррага тааллуқлидир.

Нуқтавий зарядларнинг ўзаро таъсир қонунини Кулон буралма тарози ёрдамида ўтказилган ўлчашларга асосланиб аниқлади. Бу тарози шундай тузилган: катта шиша идиш ичида ингичка симга шиша шайин осиб қўйилган Шайиннинг бир учида m металл шарча, иккинчи учида посанги бор. Иккинчи n металл шарча шиша таёқчага қўзғалмас қилиб ўрнатилган ҳар иккала шарчага ташқаридан электр зарядлари бериш мумкин. Шарчалар бир бирларидан ва атрофдаги жисмлардан изоляция қилинганликлари туфайли улар зарядларни бирмунча вақт ўзларида тутиб тура оладилар. m ва n шарчали шайин осиб қўйилган ип бириктирилган тарози каллагини бураб ўзгартириш мумкин. m ва n шарчаларга зарядлар берилганда улар (зарядларнинг ишорасига караб) е тортилади, ёки итарилади, натижада m шайин бирор бурчакка бурилади. Тарози каллагини бўраб m шарчани дастлабки вазиятига келтириш мумкин: бунда ип (сим) нинг буралиш моменти m шарчага таъсир қилувчи электр куч моментига тенг бўлади. Агар ип аввал даражаланган бўлса, каллакнинг бурилиш бурчагига кўра куч моменти бевосита аниқлаш, шайин узунлигини билган ҳолда эса шарчалар орасидаги ўзаро таъсир кучини ҳам аниқлаш мумкин.

Кулон қонуни қуйидаги мулоҳазаларга асосланиб чиқарилади. Аввало тажрибалар зарядлар орасидаги ўзаро таъсир кучлари зарядларни туташтирувчи тўғри чизик бўйлаб йўналганлигини кўрсатади. Зарядлар бир хил ишорали бўлганда бу кучлар айтилгандек, итаришиш кучларидир. Зарядлар турли ишорали бўлганда бу тортиш кучлари бўлади. Бирор дойимий зарядлар берилган m ва n шарчалар (3-а расм) орасидаги r масофани ўзлаштириш билан ўзаро таъсир кучлари r масофанинг квадратига тесқари пропорционал ўзгаришга тажрибада ишонч ҳосил қилиш мумкин.



3-расм

q_1 ва q_2 иккита заряд катталикларини таққослаш учун бу зарядларнинг бирор муаян q_0 учунчи заряд билан ўзаро таъсир кучлари f_1 ва f_2 ни ўлчаш керак, бунда q_1 ва q_2 зарядларни навбат билан q_0 заряддан бирдай масофада жойлаштирилади. (3-б ва 3-в расмлар). Бунинг учун n шарча зарядини дойимий ва q_0 га тенг қилиб сақлаган ҳолда, m шарчага кетма-кет q_1 ва q_2 зарядлар берамиз.

Тажрибанинг кўрсатишича, кучларнинг f_1/f_2 учунчи q_0 заряднинг катталигига ҳам, q_1 ва q_2 зарядларнинг шу учунчи заряддан жойлашиш масофаси r_0 га ҳам боғлиқ эмас. Демак, кучлар f_1/f_2 нисбатининг қиймати фақат q_1 ва q_2 зарядларнинг ўзи билангина аниқланади. Бундан зарядлар нисбати q_1/q_2 ни кучлар нисбати f_1/f_2 га тенг деб олиш табиийдир. Шундай қилиб, биз иккита заряднинг q_1/q_2 нисбатини ўлчаш усулини топдик. Зарядларнинг абсалют қийматларини ҳосил қилиш учун даставвал зарядларнинг ўлчов бирликларини белгилаш керак. Бу иш билан бир оз кейинроқ шуғулланамиз. Зарядларнинг таққослаш усулини билган ҳолда биз энди $q_1, q_2, q_3, \dots$ зарядларнинг бир-биридан бир хил r масофада жуфт-жуфт қилиб жойлаштира оламиз. Бунда тажриба зарядлар жуфти орасида ўзаро таъсир кучи заряд катталикларининг кўпайтмаси $(q_i \cdot q_k)$ га пропорционал эканлигини кўрсатади. Шундай қилиб, Кулон қонуни тўла равишда қуйидагича таърифланади: иккита нуқтавий заряд орасидаги f ўзаро таъсир кучи q_1 ва q_2 зарядлар катталикларининг кўпайтмасига тўғри пропорционал ҳамда улар орасидаги r масофа квадратига тескари пропорционал:

$$f = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1)$$

бунда k -пропорционаллик коэффициент.

Агар мусбат зарядларни плюс ишора (+), манфийларини минус ишора (-) билан белгиласак, у ҳолда кучнинг манфий қийматлари тортишиш кучларига мос келади, мусбат қийматлари итариш кучларига мос келади.

Муҳокама учун саволлар:

- 1.1. Электростатика, мусбат ва манфий зарядлар, уларнинг ўзаро таъсири, зарядларнинг сақланиш қонуни қандай тушунтирилади?
- 1.2. Нуқтавий заряд тушунчаси, Кулон қонуни ва заряд бирликларини изохи қандай бўлади?

Мавзу бўйича ечимини кутаётган илмий муаммолар:

1. Электр зарядининг жисмларда тақсимланишини нейтралланишини тушунтириш муаммолари.
2. Электр зарядининг муҳитлардаги ўзаро таъсирини ва таъсирнинг узатилишини тушунтириш муаммолари.
3. Қаттиқ жисмлар зарядланганда уларда зарядлар тақсимотини ўзгаришини тушунтириш муаммолари.

1- Амалий машғулот: Зарядларнинг ўзаро таъсири. Кулон қонунларига оид масалалар ечиш.

Дарснинг мақсади:

Электростатика бўлимидан зарядларнинг ўзаро таъсири-Кулон қонун ҳақидаги билимларни мустаҳкамлаш.

Идентив ўқув мақсадлари:

- 1.1 Зарядлар тўғрисида тавсиф бера олади.

1.2 Электр зарядларининг ўзаро таъсирини бошқа таъсирлардан фарқини билади.

1.3 Кулон қонунини айтиб бера олади.

1.4 Кулон қонунини формуласини ва ўлчов бирликлари катталикларини масалаларга тадбиқ эта олади.

Масалалар ечиш тартиби:

1-масала.

Массаси $m=10\text{г}$ бўлган иккита бир хил шарнинг ҳар бири вакуумда ($\varepsilon=1$) радиусларидан анча катта масофада жойлашган. Бир хил зарядланган ўзаро таъсир кучи шарларнинг ўзаро тортишиш кучини мувозанатга келтириши учун ҳар бир шарда қанчадан q заряд бўлиши керак?

Берилган: $m=10\text{г}=10^{-2}\text{кг}$, $\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \cdot \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$, $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$, $\varepsilon = 1$.

Топиш керак: $q=?$

Ечилиши: Шарларнинг мувозанат шарти Кулоннинг ўзаро таъсир кучи ва бутун олам тортишиш кучининг ўзаро тенглигидан иборат яъни:

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q^2}{\varepsilon r^2} = \gamma \frac{m^2}{r^2}$$

Бундан изланаётган q заряд миқдори қуйидагига тенг бўлади:

$$q = \sqrt{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon m^2 \gamma} = m \sqrt{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon \gamma}$$

Сон қийматлари ўрнига қўйиб ҳисоблаймиз:

$$q = m \sqrt{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon \gamma} = 10^{-2} \text{кг} \sqrt{4\pi \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \cdot \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2} \cdot 1 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}} = 8,6 \cdot 10^{-3} \text{Кл}$$

Жавоби: $q = 8,6 \cdot 10^{-3} \text{Кл}$

2-масала: Массаси $m = 3 \cdot 10^{-3} \text{кг}$ заряди $q_1 = 2 \cdot 10^{-8} \text{Кл}$ бўлган шарча ҳаво ($\varepsilon = 1$) да ток ўтказмайдиган ингичка ипга осилган. Агар шарчадан пастга $r=0,1\text{м}$ масофада иккинчи $q_2 = 1,5 \cdot 10^{-8} \text{Кл}$ заряд жойлаштирилган бўлса ипнинг T таранглик кучи топилсин.

Берилган: $m = 3 \cdot 10^{-3} \text{кг}$, $q_1 = 2 \cdot 10^{-8} \text{Кл}$, $q_2 = -1,5 \cdot 10^{-7} \text{Кл}$,

$$r = 0,1\text{м}, \varepsilon = 1, \varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}, g = 9,8\text{м/с}^2.$$

Топиш керак: $T=?$

Ечилиши: Ипнинг таранглик кучи иккита кучнинг-жисмнинг оғирлик кучи $\vec{P}$ ва зарядларнинг тортишиш кучи $\vec{F}$ нинг йиғиндисига, яъни $\vec{T} = \vec{P} + \vec{F}$ га тенг.

Бунда $\vec{P} = \overrightarrow{mg}$ ва Кулон қонунига биноан $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1|q_2|}{\varepsilon r^2}$ бўлгани учун ипнинг

таранглик кучи

$$T = mg + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1|q_2|}{\varepsilon r^2}$$

Сон қийматлари ўрнига қўйиб ҳисобланса қуйидаги келиб чиқади

$$T = mg + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1|q_2|}{r^2} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + \frac{1}{4\pi \frac{1}{4\pi 9 \cdot 10^9} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}} \cdot \frac{3 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}^2}{1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2} =$$

$$= 29,4 \cdot 10^{-3} \text{ Н} + 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ Н} = 32,1 \cdot 10^{-3} \text{ Н} = 32,1 \text{ мН}$$

$$32,1 \cdot 10^{-3} \text{ Н} = 32,1 \text{ мН}$$

жавоби: $T=32,1 \text{ мН}$.

3-масала. Ҳар бирининг оғирлиги $P = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$ бўлган иккита шар ҳаво ($\epsilon = 1$) да узунлиги $l=2\text{м}$ дан бўлган ингичка ипга ипга осиб қўйилган. Шарлар бирдай $q = 5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$, бир хил ишорали зарядлар билан зарядланганда, бу шарлар итаришиб, бир-биридан қандай r масофада ўзоқлашади?

Берилган: $P = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$, $q = 5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$, $l = 2\text{м}$; $\epsilon = 1$,

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi 9 \cdot 10^9} \cdot \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$$

Топиш керак: $r=?$

Ечилиши. Шарлар мувозанатда бўлганда ҳар бир шарга таъсир этувчи кучларнинг йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак. Шунинг учун (9.2-расм) P оғирлик кучининг $F = Ptg \alpha$ ташқил этувчиси зарядларнинг ўзаро таъсир

кучи-Кулон кучи $F_k = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \frac{q^2}{r^2}$ билан мувозанатлашади

Яъни:

$$Ptg \alpha = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{r^2}$$

бунда α жуда кичик бурчак бўлгани

учун $\triangle OAB$ дан $tg \alpha \approx \sin \alpha = \frac{OB}{AB} = \frac{r/2}{l} = \frac{r}{2l}$

буни (1) га қўйилса $P \frac{r}{2l} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{r^2}$. Бун-

да изланаётган r масофа қуйидагига тенг бўлади:

$$r = \sqrt[3]{\frac{2lq^2}{4\pi\epsilon_0 P}}$$

Сон қийматларини ўрнига қўйиб ҳисоблаймиз:

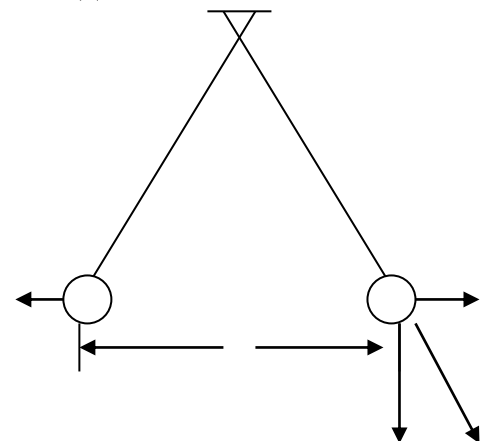
$$r = \sqrt[3]{\frac{2lq^2}{4\pi\epsilon_0 P}} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 2\text{м} \cdot 25 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}^2}{4\pi \frac{1}{4\pi 9 \cdot 10^9} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2} \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ Н}}} = \sqrt[3]{4,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = 0,165 \text{ м}$$

жавоби: $r=0,165\text{м}$

Керакли адабиётлар:

1. В.С. Вольткенштейн «Умумий физика курсидан масалалар тўплами» Тошкент 1969 й.

2. М.С Цедрик «Умумий физика курсидан масалалар тўплами» Тошкент 1991 йил



Амалий машғулотлар бўйича мустақил иш топшириқлари:

- [1]. адабиёт бўйича 9-бўлимдан 2,6,8
- [2]. адабиёт бўйича 17-бўлимдан 3,9,12 масалаларни ечинг.

2-Мавзу: Электр майдони

Электр майдон кучланганлиги, Суперпозиция принципи, Электр диполи, Электростатик майдон индукция вектори ва унинг оқими – 2 соат.

Асосий саволлар:

- 2.1.1. Электр майдони. Электр майдон кучланганлиги.
- 2.1.2. Суперпозиция принципи. Электр диполи.
- 2.1.3. Электростатик майдон индукция вектори ва унинг оқими.

Мавзуга оид танч сўз ва иборалар:

Электр майдон, Электростатик майдон, Синов заряди, Кучланганлик, Суперпозиция, Дипол, Индукция, Индукиция оқими.

Асосий саволлар бўйича ўқитувчининг мақсади:

- 2.1. Майдонлар тўғрисида тушунча бериш;
- 2.2. Электр майдонини бошқа майдонлардан фарқини тушунтириш;
- 2.3. Электр майдонининг асосий характеристикаларини тушунтириш;
- 2.4. Электр майдон кучланганлигини тушунтириш;
- 2.5. Суперпозиция принципи ва Электр диполини тушунтириш;
- 2.6. Электр майдон индукция вектор ива унинг оқимини тушунтириш;

Идентив ўқув мақсадлари:

- 2.1. Электр майдонини бошқа майдонлардан фарқини тушунтириб бера олади.
- 2.2. Электростатик майдоннинг асосий хусусиятларини айтиб бера олади.
- 2.3. Электр майдон кучланганлигини тушунтириб бера олади.
- 2.4. Суперпозиция принципини изохлай олади.
- 2.5. Электр диполни тушунтира олади.
- 2.6. Электр майдон индукция векторини айтиб бера олади.

Асосий саволга оид муаммолар:

- Электр майдонни пайдо бўлишини ва йўқолишини билиш;
- Электр майдонини асосий хусусиятларини билиш;
- Электр майдони кучланганлиги ва уларнинг кўшилишини билиш;
- Электр индукция вектори ва оқимини фарқини билиш;

Асосий саволнинг баёни:

Зарядларнинг ўзаро таъсир қонуни электростатиканинг асосий қонунидир. Зарядларнинг ўзаро таъсири дастлаб бутун олам тортишиш қонуни билан расмий ўхшашлик асосида тушунтирилди. Бунда электр кучлар ҳам, бутун олам тортишиш кучлари ҳам оралик фазонинг ҳеч қандай иштирокисиз «Узоқдан таъсирлашиш» дан иборат деб олинарди. Ҳақиқатда эса зарядлар атроф фазода (тортишувчи массалар каби) қандайдир физик ўзгаришлар юзага келтиради, бу ўзгаришларни аввало текширилаётган зарядлардан бирор масофа жойлаштирилган ҳар қандай бошқа зарядга кучлар таъсир қилишидан билиш мумкин. Бу ўзгаришларнинг табиатини кўриб чиқишга ҳозирча

киришмасдан туриб, биз тинч турган зарядларни ўраб олган фазода *электрстатик майдон* вужудга келади деймиз.

Масалан, иккита заряд ўзаро қуйидагича таъсирлашади: Зарядларнинг ҳар бири ўз атрофидаги фазода майдон ҳосил қилади ва бу майдон иккинчи зарядга маълум куч билан таъсир қилади.

Электрстатик майдон материянинг махсус туридир: у орқали бир электрланган жисмнинг таъсири бошқа жисмларга ўзатилади. Майдоннинг хоссалари майдоннинг зарядларга таъсир этувчи кучлари бўйсунадиган қонуниятлар асосида ўрганилади.

Ҳар бир заряд атроф фазода электрстатик майдон ҳосил қилишини юқорида кўрсатиб ўтган эдик. Майдон хусусиятларини ўрганиш учун бу майдонга *нуқтавий зарядларни* жойлаштириш ва уларга таъсир этувчи кучларни кузатиш керак. Бунда *майдонга киритилган зарядлар шу қадар кичикки, улар майдонни ҳосил қилган зарядларнинг катталигини ҳам, жойлашишини ҳам ўзгартирмайди,* деб олинади. Кулон қонунидан майдоннинг бирор нуқтасига жойлаштирилган q мусбат зарядга шу заряд катталигига пропорционал f куч таъсир этиши келиб чиқади. Бу кучнинг катталиги ва йўналиши майдонни ҳосил қилган зарядларнинг катталиги ва жойлашиши билан белгиланади. Кулон қонунидан яна шу нарса келиб чиқадики, зарядга таъсир этувчи f кучнинг заряд катталиги q га нисбатан заряднинг катталиги q боғлиқ бўлмай, майдоннинг берилган нуқтасини ҳақарактерлайди. Шундай қилиб майдоннинг барча нуқталари учун топилган f/q нисбатан майдоннинг муайян объектив хусусиятларининг физик характеристикасини билдиради. Бу *нисбатан электрстатик майдон кучланганлиги* деб аталувчи физик катталикни ифодалайди E билан белгиланади:

$$E = \frac{f}{q} \quad (1)$$

Агар бу формулада $q=+1$ деб олсак, у ҳолда E катталик ва йўналиш жихатдан f куч билан бир хил бўлади. Шундай қилиб, *бирор нуқтадаги электрстатик майдон кучланганлиги сон жихатдан шу нуқтага жойлаштирилган мусбат заряд бирлигига таъсир этувчи кучга тенг ва шу куч билан бир хил йўналган физик катталикдир.* Бу таърифдан кучланганлик вектор катталик эканлиги келиб чиқади.

Кучланганлик бирлиги учун шундай нуқтанинг кучланганлиги олинадики, бу нуқтада бирлик зарядга бирлик куч таъсир этади. Демак, CGSE системада кучланганлик бирлиги қилиб бир электрстатик бирлик зарядга биргина куч таъсирн этадиган нуқтадаги кучланганлик олинади. Кучланганликнинг бу системадаги ўлчамлигини (1) формуладан аниқлаймиз.

$$[E] = \frac{[f]}{[q]} = \frac{MLT^{-2}}{M^{\frac{1}{2}}L^{\frac{3}{2}}T^{-2}} = M^{\frac{1}{2}}L^{-\frac{1}{2}}T^{-1} \quad (2)$$

Мисол тариқасида баъзи бир муҳим хусусий ҳоллар учун электрстатик майдон кучланганлигини ҳисоблаймиз.

1. Нуктавий заряд майдонининг кучланганлиги. Нуктавий q заряд олиб, бу заряддан r масофада ётган ихтиёрий A нуктада майдон кучланганлигини топамиз.

Кулон конунига мувофиқ, q заряддан r масофага жойлашган q_0 мусбат зарядга

$$f = \frac{q \cdot q_0}{r^2}$$

куч таъсир қилади. Бундан A нуктадаги кучланганлик:

$$E = \frac{f}{q_0} = \frac{q}{r^2} \quad (3)$$

(3) ифода кучланганликнинг A нуктадаги катталигини ифодалайди. Кучланганликнинг йўналиши f кучнинг йўналиши билан бир хил бўлади. Демак E , вектор q зарядни A нукта билан туташтирувчи чизик билан таништирувчи чизик бўйлаб q мусбат бўлганда q заряддан ташқарига томон ва q манфий бўлганда q зарядга томон йўналган бўлади. E кучланганлик вектор кўринишда қуйидагича ёзилади:

$$E = \frac{q}{r^2} \cdot \frac{r}{r} \quad (3a)$$

а) $+q \cdot A \longrightarrow E$

б) $-q \cdot E \longleftarrow A$

1- расм

бунда r - нуктавий заряд q - жойлашган жойдан майдон кучланганлиги E - хисобланаётган жойга ўтказилган радиус-вектор.

Агар кучланганликни $q_1, q_2, \dots, q_n$ бир нечта нуктавий заряд вужудга келтираётган бўлса, бирор нуктадаги натижавий кучланганлик алоҳида зарядлар вужудга келтираётган кучланганликларнинг геометрик йиғиндисидан ифодаланади. Бу ҳол берилган нуктага жойлаштирилган q_0 зарядга таъсир этувчи f куч ҳар бир алоҳида заряд томонидан ҳосил қилинган $f_1, f_2, \dots, f_n$ кучларнинг геометрик йиғиндисига тенг, яъни

$$f = f_1 + f_2 + \dots + f_n$$

эканлигидан келиб чиқади. Бу тенгликдан f кучнинг q_0 зарядга нисбати билан ўлчанадиган кучланганлик

$$E = \frac{f}{q_0} = \frac{f_1}{q_0} + \frac{f_2}{q_0} + \dots + \frac{f_n}{q_0}$$

ифодага тенг эканлиги келиб чиқади.

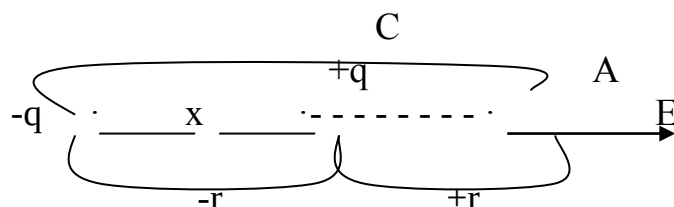
Ўнг томонда турган хадлар $q_1, q_2, \dots, q_n$ зарядлар вужудга келтирган $E_1, E_2, \dots, E_n$ кучланганликлардир. Демак,

$$E = E_1 + E_2 + \dots + E_n \quad (4)$$

2. Д и п о л ь м а й д о н и н и н г к у ч л а н г а н л и г и . Диполь деб қарама-қарши ишорали иккита тенг зарядлар мажмуига айтилади. Бу зарядлар орасидаги t масофа улардан майдон кучланганлиги аниқланаётган

нуқталаргача бўлган масофаларга нисбатан кичик бўлади. Диполь ўқидаги электростатик майдон кучланганлигини аниқлаймиз, бунинг учун ўқда ихтиёрий А нуқтани оламиз (2-расм). А нуқтанинг $+q$ ва $-q$ зарядлардан узоқлигини мос равишда r_+ ва r_- билан белгилаймиз, А нуқтадан дипольнинг ўрта нуқтасигача бўлган масофани r билан белгилаймиз, у ҳолда:

$$r_+ = r - \frac{1}{2}; r_- = r + \frac{1}{2}.$$



2- расм

Е кучланганлик ҳар бир заряднинг алоҳида вужудга келтирган E_+ ва E_- кучланганликлари геометрик йиғиндисига тенг. Биз текшираётган ҳолда E_+ ва E_- кучланганликлар диполь ўқи бўйлаб йўналган бўлгани учун геометрик йиғиндисини алгебраик йиғиндисига келтирилади:

$$E = \frac{q}{r_+^2} - \frac{q}{r_-^2}$$

ёки

$$E = \frac{q(r_-^2 - r_+^2)}{r_+^2 \cdot r_-^2} = \frac{q(r_- + r_+)(r_- - r_+)}{r_+^2 \cdot r_-^2}.$$

Яна қуйидагиларга эга бўламиз:

$$r_- - r_+ = l; r_+ + r_- = 2r;$$

шартга кўра $r \gg l$ бўлганидан тақрибан

$$r_+^2 \cdot r_-^2 \cong r^4$$

деб олиш мумкин, энди Е нинг ифодасини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$E = \frac{2ql}{r^3};$$

q заряднинг зарядлар орасидаги масофага кўпайтмаси

$$p = ql$$

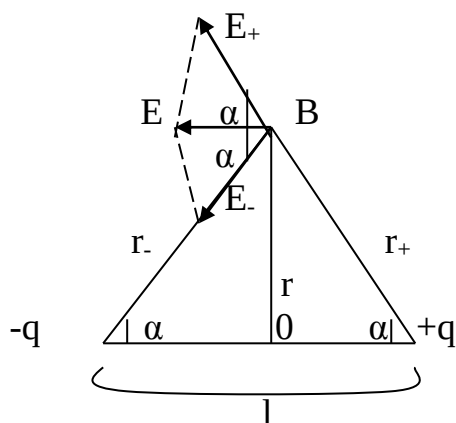
диполь моменти дейилади. Охирги формулани диполь моменти p орқали ёзиб, нихоят қуйидаги ифодани ҳосил қиламиз:

$$E = \frac{2p}{r^3}. \quad (5)$$

А нуқтадаги майдон кучланганлиги Е диполь ўқидан ўнгга йўналган.

Диполь ўқида диполнинг ўртасидан чиқарилган ОВ перпендикулярда ётувчи В нуқтадаги кучланганлик $+q$ ва $-q$ зарядлар вужудга келтирган кучланганликларнинг геометрик йиғиндисидан иборатдир. В нуқтадан ҳар иккала зарядгача бўлган r_+ ва r_- масофалар тенг бўлганлигидан, кучланганликлар сон жihatдан тенг, яъни

$$E_+ = E_- = \frac{q}{r_+^2},$$



3- расм

бўлади, E_+ ва E_- кучланганлик векторларининг йўналишлари 3- расмда кўрсатилган. Натижавий кучланганлик вектори $E = E_+ + E_-$ 3-расм кўринишича, катталиқ жихатдан:

$$E = E_+ \cos \alpha + E_- \cos \alpha = \frac{2q}{r_+^2} \cos \alpha$$

ёки

$$E = \frac{2q}{r_+^2} \cdot \frac{l/2}{r_+} = \frac{ql}{r_+^3}$$

га тенг бўлади.

В нуқтадан диполнинг ўртасигача бўлган масофани r билан белгилаймиз, у ҳолда $l \ll r$ бўлганидан, тақрибан $r_+ = r$ ва охириги формула қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$E = \frac{ql}{r^3}$$

Нихоят, бу формулани диполь моменти $p = ql$ орқали ифодаласак:

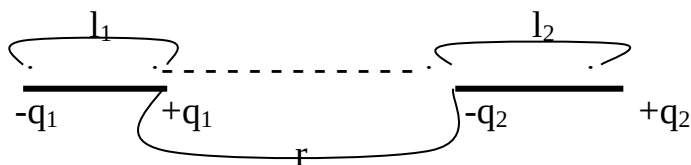
$$E = \frac{p}{r^3} \quad (6)$$

(5) ва (6) формулаларини таққослаб, диполь майдонининг кучланганлиги ҳар иккала ҳолда диполь моменти p га пропорционал ва диполгача бўлган r масофанинг кубига тесқари пропорционал эканлигини кўрамиз.

Юқоридаги мисолларнинг кўрсатишича, натижавий кучланганликни аниқлаш учун электр системани ташқил қилган нуқтавий зарядлар вужудга келтирган кучланганликларнинг геометрик йиғиндисини олиш керак экан. Бироқ кўп ҳолларда системани нуқтавий зарядларнинг мажмуи сифатида қараб олиб борилган ҳисоблашлар ғоят мураккаб бўлади ёки бундай ҳисоблашларни умуман бажариб бўлмайди; шунинг учун кўп масалаларда кучланганлик баъзи бир ёрдамчи усуллар ёрдамида аниқланади. Бу усуллар ҳақида қуйида гапирамиз.

Диполь майдонининг кучланганлиги формуласи (5) дан фойдаланиб, битта тўғри чизиқ бўйлаб, ўз ўлчовларига нисбатан катта r масофада жойлашган иккита қаттиқ диполнинг ўзаро таъсир кучини осон топиш мумкин.

Бунда қаттиқ диполь деб, зарядлари орасидаги l масофа ташқи кучлар таъсирида ўзгармайдиган дипольни айтилади. Бунда дипольнинг ҳар иккала заряди бир-бири билан «махкам» боғлангандир.



4-расм

Дастлаб, ҳар иккала дипол бир-бирига турли ишорали учи билан йўналган. R биринчи диполнинг ўртасидан иккинчи диполнинг энг яқинидаги заряди $-q_2$ гача бўлган масофа бўлсин.

Биринчи диполнинг $-q_2$ заряд турган жойда ҳосил қилган майдон кучланганлиги E_1 формулага кўра

$$E_1 = \frac{2p_1}{r^3}$$

га тенг бўлади, бунда $p_1 = q_1 l_1$ – биринчи диполнинг моменти. Шу кучланганлик туфайли иккинчи диполнинг $-q_2$ зарядига

$$f_1 = -\frac{2p_1}{r^3} q_2$$

куч таъсир қилади.

Ўша иккинчи диполнинг $+q_2$ зарядига эса

$$f_2 = +\frac{2p_1}{(r+l_2)^3} q_2$$

куч таъсир қилади.

Иккинчи бутун диполга таъсир этувчи йиғинди куч

$$f = f_1 + f_2 = -\frac{2p_1}{r^3} q_2 + \frac{2p_1}{(r+l_2)^3} q_2 = -\frac{2p_1}{r^3} \left[1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{l_2}{r}\right)^3} \right] q_2$$

бўлади.

Шарт бўйича $l \ll r$, шунинг учун, тақрибан:

$$\frac{1}{\left(1 + \frac{l_2}{r}\right)^3} \cong 1 - 3\frac{l_2}{r}, \text{ бундан } f = -\frac{6p_1 l_2 q_2}{r^4}$$

ёки $l_1 q_2 = p_2$ бўлганидан (бунда p_2 – иккинчи диполнинг моменти)

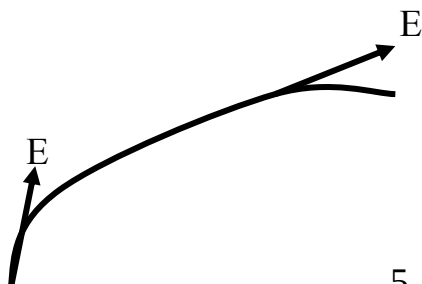
$$f = -\frac{6p_1 p_2}{r^4}. \quad (7)$$

Минус ишора натижавий кучнинг тортишиш кучи эканлигини билдиради.

Ҳар иккала дипол бир-бирига нисбатан бир хил ишорали учлари билан йўналган ҳолда улар орасидаги ўзаро таъсир кучининг катталиги аввалгидек, лекин мусбат, яъни итариш кучи эканлигига осон ишониш мумкин.

(7) Формуланинг кўрсатишича, диполлар орасидаги ўзаро таъсир кучи диполлар моментлари кўпайтмасига пропорционал ва улар орасидаги масофанинг тўртинчи даражасига тескари пропорционалдир. Ҳисоблашларни биз диполлар бир тўғри чизикда жойлашган хол учун бажардик. Диполлар бошқача жойлашганларида ҳам улар орасидаги ўзаро таъсир кучи масофанинг тўртинчи даражасига тескари пропорционал бўлишини кўрсатиш мумкин.

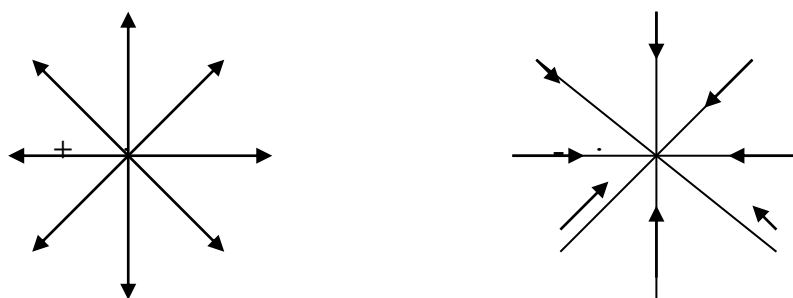
Электрстатик майдоннинг ҳар бир нуқтасини E кучланганлик вектори билан ифодалаш мумкин эканлиги аниқланган эди. Энди *кучланганлик чизиги* тушунчасини киритайлик.



5- расм

Кучланганлик чизиклари куч чизиклари деб ҳам аталади. Кучланганлик чизиги деганда шундай чизикни назарда тизамизки, бу чизикнинг ҳар бир нуқтасида *кучланганлик вектори уринма бўйлаб йўналган бўлади* (5-расм). Кучланганлик чизигининг йўналиши чизикнинг ҳар бир нуқтасидаги кучланганлик векторининг йўналиши билан бир хил бўлади.

Шундай қилиб, кучланганлик чизиги ўзи ўтган ҳар бир нуқтада майдон кучланганлиги E нинг йўналиши ва демак, шу нуқтага жойлаштирилган $+q$ мусбат зарядга таъсир этувчи f кучининг йўналишини кўрсатади. f кучнинг йўналиши q заряди бўлган жисмнинг кўчиш йўналишини эмас, балки жисм олган тезланиш векторинигина кўрсатади. Шунинг учун зарядланган жисм майдон кучлари таъсирида умуман айтганда, кучланганлик чизиги бўйлаб ҳаракат қилмайди.



6-расм

Электр кучларидан ташқари ҳеч қандай бошқа кучлар таъсир этмаётган мусбат зарядланган жисм кучланганлик чизиги бўйлаб ҳаракат қилади, бунинг учун кучланганлик чизиги тўғри чизик бўлиши ва жисмнинг бошланғич тезлиги кучланганлик чизиги бўйлаб йўналган бўлиши керак.

Муҳокама учун саволлар:

- 2.1. Табиатда қандай майдонлар мавжуд? Электр майдони улардан қандай фарк қилади?
- 2.2. Электр майдон кучланганлиги қандай тушунтирилади?

- 2.3. Электр майдонлар кучланганликларини қўшиш- суперпозиция принципи қандай тушунтирилади?
- 2.4. Электр диполи ва унинг моменти қандай тушунтирилади?
- 2.5. Электр майдон индукция вектор ива унинг оқими қандай тушунтирилади?

Мавзу бўйича ечимини кутаётган илмий муаммолар:

1. Электр майдон кучланганлигининг ихтиёрий муҳитда ўзгариши ва муҳитни ташкил қилган моддаларда юзага келадиган қўшимча майдоннинг хусусиятларини тушунтириш механизмининг такомиллаштириш;
2. Электр майдон кучланганлигини жуда олис масофаларда ўзгаришини ўрганиш ва тушунтириш муаммолари;
3. Электр майдон индукциясининг олисдан таъсир кўрсатиш назариясига кўра тушунтириш механизмининг яратиш;

2-Амалий машғулот: Электр майдон кучланганлиги. Электр диполи.

Электростатик майдон индукция вектори ва унинг оқими.

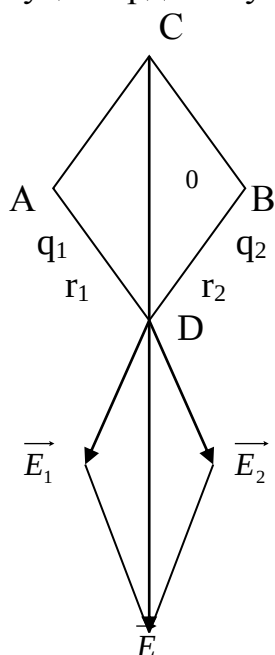
Дарс мақсади: Талабаларнинг электр майдони ва унинг хусусиятлари бўйича олинган билимларини амалий машғулотда мустаҳкамлаш.

Идентив ўқув мақсадлари:

- 1.1 Электростатик майдон кучланганлигини таърифлаб бера олади.
- 1.2 Электр диполини тушунтириб бера олади.
- 1.3 Электростатик майдон индукция векторини айтиб бера олади.
- 1.4 Индукция векторининг оқимини тушунтириб бера олади.
- 1.5 Электр майдон кучланганлигининг хоссаларини билади ва масала ечишга тадбиқ эта олади.

Масалалар ечиш тартиби.

1-масала. Ҳар бири $q_0 = 1,0 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ дан иккита заряд ҳавода ($\varepsilon = 1$) да бири-бирдан $l = 8 \text{ м}$ масофада жойлашган. Иккала заряддан $r_1 = r_2 = r = 5 \text{ м}$ масофада жойлашган нуқталардаги кучланганлик E топилсин.



Берилган: $q_1 = q_2 = q_0 = 1 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}, l = 8 \text{ м}, r_1 = r_2 = r = 5 \text{ м}$

$$\varepsilon = 1, \varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$$

Топиш керак: E ?

Ечилиши: Масаланинг шартига мос келувчи чизмани чизамиз.

Расмдаги чизмадан кўринадики q_1 ва q_2 зарядлардан бир хил r масофада бўлган нукталар иккита: C ва D нукталардир. Масала улардан бири учун; масалан D нукта учун ечилади. A ва B нукталардаги зарядларни q_1 ва q_2 , белгиланса, D нуктада майдоннинг ҳосил қилган кучланганликлари $\vec{E}_1$ ва $\vec{E}_2$ бўлади.

Электр майдоннинг D нуктасидаги $\vec{E}$ умумий кучланганлиги $\vec{E}_1$ ва $\vec{E}_2$ ларни геометрик йиғиндисига тенг, яъни $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ бўлиб, у томонлари E_1 ва E_2 га тенг бўлган параллелограмм диагонали сифатида топилади.

$\vec{E}_1$ ва $\vec{E}_2$ ларнинг скаляр қийматлари қуйдагига тенгдир:

$$E_1 = E_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2}$$

E нинг қиймати эса $\triangle ACD$ ва $\triangle DEE_1$ ўхшашлигидан аниқланади, яъни:

$$\frac{DE}{DE_1} = \frac{CD}{AD} \text{ ёки } \frac{E}{E_1} = \frac{2\sqrt{r^2 - (l/2)^2}}{r}.$$

Бундан изланаётган кучланганлик:

$$E = E_1 \frac{2\sqrt{r^2 - (l/2)^2}}{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \frac{2\sqrt{r^2 - (l/2)^2}}{r}.$$

Сон қийматларини ўрнига қўйиб ҳисоблаймиз:

$$E = \frac{1}{4\pi \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \cdot \frac{\text{Кл}}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}} \cdot \frac{1 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}}{1 \cdot 25 \text{ м}^2} \cdot \frac{2\sqrt{25 \text{ м}^2 - 16 \text{ м}^2}}{5 \text{ м}} = \frac{90 \cdot 2 \cdot 3}{25 \cdot 5} \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \left(\frac{\text{В}}{\text{м}}\right).$$

Жавоб: C ва D нукталарда кучланганлик

$$E = 4,32 \text{ Н/Кл}.$$

2- масала: N математик маятник $l = 1 \text{ м}$ узунликдаги ипак ипга осилган заряди $q = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ бўлган $m = 0,1 \text{ г}$ массали шарчадан иборат бўлиб, у куч чизиқлари юқорига вертикал йўналган $E = 9,4 \text{ кВ/м}$ кучланганликлги бир жинсли майдонга жойлаштирилган. Агар шарчага таъсир этувчи куч оғирлик кучидан

катта бўлса, маятник қандай T давр билан тебранади? Шу маятник $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

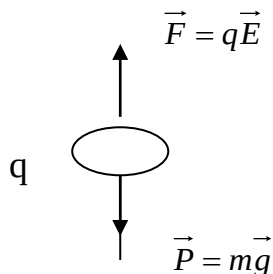
давр билан тебраниши учун майдоннинг кучланганлиги E қандай бўлиши керак?

Берилган: $l = 1 \text{ м}, m = 1 \cdot 10^{-4} \text{ кг}, q = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}, E = 9,4 \cdot 10^4 \text{ В/м}.$

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, g = 9,8 \text{ м/с}^2.$$

Топиш керак: $T = ?$, $E = ?$.

Ечилиши: Шарга электр майдон томондан юқорига вертикал йўналган $\vec{F} = q\vec{E}$ куч таъсир этади. Масала шартига кўра шарчанинг $\vec{P} = m\vec{g}$ оғирлик кучи $\vec{F}$ кучга нисбатан кичик ($P < F$) бўлганлиги учун мувозанат ҳолатда шарча вертикал тортилган ипнинг юқориги учида жойлашган бўлади.



Агар шарча эркин бўлса, $\vec{F}$ ва $\vec{P}$ кучларнинг тенг таъсир этувчи Ньютоннинг иккинчи қонунига биноан $ma = qE - mg$ бўлиб, бундай $a = \frac{qE - mg}{m}$ тезланиш ҳам шарчанинг ҳолатига боғлиқ эмас. У вақтда бу майдондаги маятникнинг тебраниш даврини топиш учун, унинг формуласидаги g ва a билан алмаштириш керак, яъни:

$$T = 2\pi \frac{l}{g} = 2\pi \sqrt{\frac{ml}{qE - mg}}.$$

Сон қийматлари ўрнига қўйиб ҳисобланса, қуйидаги ҳосил бўлади:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{ml}{qE - mg}} = 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{10^{-4} \text{ КЗ} \cdot 1 \text{ м}}{2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} \cdot 9,4 \cdot 10^4 \frac{\text{В}}{\text{м}} - 10^{-4} \text{ КЗ} 9,8 \text{ м/с}^2}} =$$

$$- 6,28 \sqrt{\frac{10^{-4} \text{ КЗ} \cdot \text{м}}{9 \cdot 10^{-4} \text{ КЗ} \cdot \text{м/с}^2}} = \frac{6,28 \text{ с}}{3} = 2,09 \text{ с}$$

Юқоридаги формулада $T = T_0$ бўлганда $a = g$ бажарилиб, ундан

$$T_0 = 4\pi^2 \frac{l}{g} = 4\pi^2 \frac{ml}{qE_0 - mg}, \text{ бунда } E_0 = \frac{2mg}{q}.$$

Сон қийматларни қўйиб ҳисоблаймиз:

$$E_0 = \frac{2mg}{q} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \text{ КЗ} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2}{2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}} = 9,8 \cdot 10^4 \frac{\text{В}}{\text{м}} = 9,8 \cdot 10^4 \frac{\text{В}}{\text{м}}.$$

Жавоби: $T = 2,09 \text{ с}$; $a = g$ бўлган электр майдон кучланганлиги

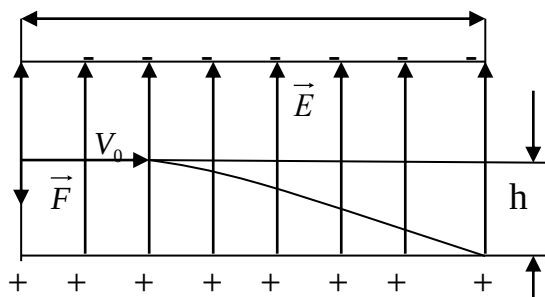
$$E = 9,8 \cdot 10^4 \text{ В/м}.$$

3-масала: Горизонтал жойлаштирилган ясси конденсатор пластинкаларига параллел уланган катод нурлари дастаси $l = 8 \text{ см}$ йўлда бошланғич йўналишдан $h = 4 \text{ мм}$ масофага ўтган. Катод нурларидаги электронлар конденсаторга учиб кириш пайтида қандай v_0 тезликка ва қандай $W_{\text{кин}}$ кинетик энергияга эга бўлади? Конденсатор ичидаги электр майдон кучланганлиги $E = 22,5 \text{ кВ/м}$ га ва электроннинг массаси $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ га, заряди $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ га тенг.

Берилган: $l = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, $r = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $E = 22,5 \cdot 10^3 \text{ В/м}$, $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

Топиш керак: $v_0 = ?$, $W_{\text{кин}} = ?$.

Ечилиши: Конденсатор пластинкалари орасидаги ҳаракатланаётган электронга электр майдон томонидан $\vec{F} = e\vec{E}$ куч таъсир қилади. Бу куч пластинкаларга перпендикуляр ҳолда кучланганлик йўналишига қарама-қарши томонига йўналган, чунки электроннинг заряди манфийдир.



жуда кичик бўлгани учун уни F га нисбатан ҳисобга олмаслик мумкин.

Шундай қилиб, электрон пластинкалар (бўйича йўналишда v_0 тезлик билан текис ҳаракатланади ва l масофани $t = \frac{l}{v_0}$ вақтда учиб ўтади.

Пластинкаларга перпендикуляр йўналишда эса электрон $F = eE$ таъсирида $a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m}$ тезланиш билан текис тезланувчан ҳаракатланади. У вақтда

электрон t вақт ичидаги бошланғич йўналишидан $h = \frac{at^2}{2} = \frac{eE}{m} \cdot \frac{l^2}{2v_0^2}$ масофага

силжийди. Бундан катод нуридаги электроннинг бошланғич тезлигини топиб, ҳисоблаймиз:

$$v_0 = l \sqrt{\frac{eE}{2mh}} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м} \sqrt{\frac{1.6 \cdot 10^{-16} \text{ Кл} \cdot 22.5 \cdot 10^3 \text{ В/м}}{2 \cdot 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}}} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м} \sqrt{\frac{4.5 \cdot 10^{18}}{9.1} \text{ с}^{-2}} \cong \\ \cong 8 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot 0.7 \cdot 10^9 \cdot \text{с}^{-1} = 5.6 \cdot 10^7 \text{ м/с}$$

Электроннинг v_0 тезлиги ифодасини кинетик энергия формуласига қўйилса, қуйидаги ҳосил бўлади:

$$W_{\text{кин}} = \frac{mv_0^2}{2} = \frac{m l^2 eE}{2mh} = \frac{Eel^2}{4m} 1.44 \cdot 10^{-15} \text{ Ж}$$

Жавоби: $v_0 = 5.6 \cdot 10^7 \text{ м/с}$, $W_{\text{кин}} = 1.44 \cdot 10^{-15} \text{ Ж}$

Керакли адабиётлар:

1. В.С. Волъкенштейн, «Умумий физика курсидан масалалар тўплами». Тошкент 1969 й.
2. М.С. Цедрик «Умумий физика курсидан масалалар тўплами» Тошкент. 1991 йил.

Амалий машғулот бўйича мустақил иш топшириқлари:

1. [1] адабиётдан 9-бўлимдан 13, 19, 20
2. [2] адабиётдан 17-бўлимдан 22, 26, 31 масалаларни ечинг

3-Мавзу: Остроградкий-Гаусс теоремаси ва унинг ёрдамида электр майдон кучланганлигини ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари.

Асосий саволлар:

- 3.1. Электр силжиш вектори ва оқими.
- 3.2. Остроградкий-Гаусс теоремаси.
- 3.3. Остроградкий-Гаусс теоремаси ёрдамида электр майдон кучланганлигини ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари:
 - а) Бир текис зарядланган чексиз текислик майдони.
 - б) Текис зарядланган сферик сирт майдони.
 - в) Текис зарядланган чексиз цилиндр майдони.

Мавзуга оид танияч сўз ва иборалар:

Силжиш вектори, силжиш векторининг оқими, берк сирт, зарядланган текислик, зарядланган шар ва сферик сирт, зарядланган цилиндр.

Асосий саволлар бўйича ўқитувчининг мақсади:

- 3.1. Электр майдон кучланганлигининг чизиклари ҳақида тушунча бериш;
- 3.2. Электр майдон кучланганлигини силжишини тушунтириш;
- 3.3. Электр силжиши катталигини тушунтириб бериш;
- 3.4. Электр силжиши оқимини тушунтириш;
- 3.5. Остроградкий-Гаусс теоремасини тушунтириб бериш;
- 3.6. Остроградкий-Гаусс теоремаси ёрдамида турли шаклдаги зарядланган жисмлар ҳосил қилган электр майдони ҳисобларига доир мисолларни курсатиб бериш;

Идентив ўқув мақсадлари:

- 1.1. Электр силжиш векторини тушунтириб бера олади.
- 1.2. Электр силжиш векторининг оқимини айтиб бера олади.
- 1.3. Остроградкий-Гаусс теоремасини тушунтириб бера олади.
- 1.4. Текис зарядланган чексиз текислик майдон кучланганлигини ҳисоблашни тушунтириб бера олади.
- 1.5. Текис зарядланган сферик сирт ҳосил қилган майдон кучланганлигини ҳисоблашни билади.
- 1.6. Текис зарядланган чексиз цилиндр ҳосил қилган майдон кучланганлигини ҳисоблашни тушунтириб бера олади.

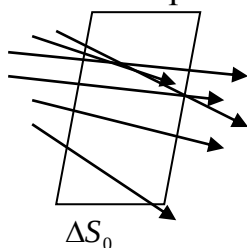
Асосий саволларга оид муаммолар:

- Электр майдонини фазода ва ихтиёрий мухитда силжишини;
- Электр силжиш вектори оқимини билиш;
- Остроградкий-Гаусс теоремасини билиш;
- Остроградкий-Гаусс теоремасини ҳар хил шаклдаги жисмларга тадбиқини билиш;
- Зарядланган чексиз текислик, сферик сирт, чексиз цилиндр ва бошқа шаклдаги жисмлар ҳосил қилган электр майдон кучланганлигини ҳисоблашни билиш;

Асосий саволнинг баёни:

Айтилганлардан келиб чиқадики, кучланганлик чизиғини фазонинг исталган нуқтасидан утказиш мумкин, чунки фазода утказиладиган чизиқлар сони чекланмагандир.

Кучланганлик чизиғи кучланганликнинг йўналишини характерлайди. Бироқ кучланганлик *катталигини* ўтказилган кучланганлик чизиқлари *сони* билан боғловчи шарни киритиш мумкин.



1- расм

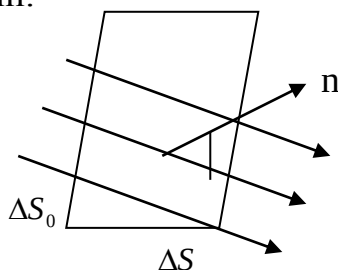
Кучланганлик кўп бўлган жойда чизиқларни зичроқ, кам бўлган жойда сийрақроқ ўтказамиз.

Ихтиёрий катталиқдаги майдонни фикран кичик соҳаларга бўлайлик. Бу соҳаларда кучланганлик шу қадар кам ўзгарсинки, бу соҳаларда майдонни бир жинсли дейиш мумкин бўлсин. Шундай кичик соҳада кучланганлик чизиқлариги перпендикуляр қилиб, фикран ΔS_0 юзача (1-расм) ўтказамиз.

Бу юзачадан шундай ΔN кучланганлик чизиқлари сонини ўтказишга шартлашайликки, ΔS_0 юзачанинг сирт бирлигига тўғри келадиган чизиқлар сони юзача соҳасидаги кучланганлик қийматига тенг бўлсин, яъни қуйидаги

$$\frac{\Delta n}{\Delta S_0} = E \quad (1)$$

муносабат бажарилсин.



2-расм

Чизиқлар бу шартга мувофиқ ўтказилганда кучланганликнинг катталиги ҳақиқатдан кучланганлик чизиқларининг зичлиги билан боғланган бўлиб қолади. Майдоннинг кучланганлик оз бўлган жойларида кучланганлик чизиқлари сийрақроқ, кучланганлик кўп бўлган жойларида зичроқ ўтади.

Бироқ сиртни кесиб ўтувчи кучланганлик чизиқларининг умумий сони шу сиртдан ўтувчи кучланганлик оқими дейилади ва N ҳарфи билан белгиланади. Элементар юзача ΔS_0 ни кесиб ўтувчи чизиқлар сони ΔN шу юзачадан ўтувчи элементар оқимни ҳосил қилади.

Кичик ΔS юзачани (2-расм) кесиб ўтаётган кучланганлик чизиқлари сони ΔN ни топайлик. Бу юзачага ўтказилган n нормал кучланганлик

чизикларининг йўналиши билан α бурчак ҳосил қилсин. ΔS нинг кучланганлик чизикларига перпендикуляр бўлган текисликка проекцияси ΔS_0 бўлсин. Равшанки, фақат ΔS юзачани кесиб ўтувчи чизикларгина ΔS_0 юзача орқали ўтади; бинобарин, (1) муносабатдан

$$\Delta N = \Delta S_0 \cdot E = \Delta S \cdot \cos \alpha \cdot E$$

бўлади.

Лекин $E \cos \alpha$ катталиқ кучланганлик векторининг ΔS сиртига ўтказилган n нормал йўналишидаги проекцияси билан иборатдир:

$$E \cos \alpha = E_n$$

демак,

$$\Delta N = E_n \cdot \Delta S. \quad (2)$$

Бу муносабат ихтиёрий жойлашган ΔS сирт элементини кесиб ўтувчи элементар кучланганлик оқимини ифодалайди. Демак, ихтиёрий жойлашган сирт элементидан ўтувчи элементар кучланганлик оқими E кучланганликнинг шу элементар нормал ташқил этувчисининг элемент юзига кўпайтмасига тенг.

Агар ΔS юзача кучланганлик чизикларига параллел бўлса, у ҳолда $\alpha = \frac{\pi}{2}$ ва $E_n = 0$ бўлгани сабабли сиртдан ўтувчи оқим нолга тенг бўлади.

Оқимнинг ишораси кучланганлик вектори чизиклари нормалнинг мусбат деб олинган йўналиши билан қандай бурчак ҳосил қилишига боғлиқ.

2-расмда оқим мусбат; агар n нормалнинг мусбат йўналиши учун 2-расмда курсатилганига қарама-қарши йўналиш танланганда, оқимнинг ишораси манфий бўларди.

Чекли S сиртдан ўтувчи кучланганлик оқими элементар оқимларнинг алгебраик йиғиндисидан иборат бўлади:

$$N = \sum \Delta N = \sum E_n \Delta S \quad (3)$$

Йиғинди биз бўлаклаган S сиртнинг барча элементлари бўйлаб олинади. ΔS сирт элементларини чексиз кичик қилиб олиш керак. Бунда сирт элементини dS билан белгилаб, кучланганликнинг элементар оқими dN учун

$$dN = E_n dS$$

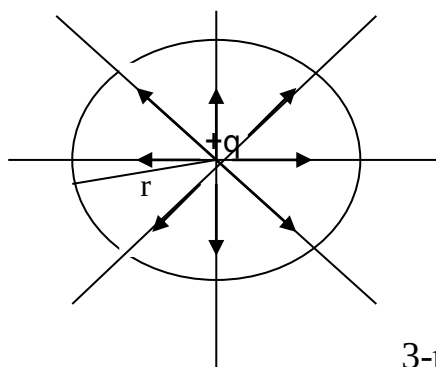
ифодани ҳосил қиламиз.

S сиртдан ўтувчи N кучланганлик оқими чексиз кўп шундай элементар оқимларнинг йиғиндиси, яъни қуйидаги интеграл билан ифодаланади:

$$N = \int_S E_n dS \quad (3a)$$

бунда S белги интеграл текширилатган бутун S сирт бўйлаб олинишини кўрсатади.

Майдоннинг кучланганлиги масофанинг квадратига тескари пропорционал ўзгарадиган нуқтавий заряд q дан қанча кучланганлик чизиги чиқишини аниқлайлик. q нуқтавий заряд сферик симметрияли майдон ҳосил қилганлиги туфайли кучланганлик чизиклари, симметрик жойлашган радиал чизиклардан иборат бўлади (3-расм).



3-расм

Уларнинг умумий сонини N билан белгилаймиз. Фикран маркази q зарядда бўлган ихтиёрий r радиусли сферик сирт чизамиз. Қабул қилинган шартга мувофиқ, ўзлари тик бўлган юза бирлигини кесиб ўтувчи кучланганлик чизикларининг сони сирт нуқталаридаги кучланганлик қийматларига тенгдир. Ўтказилган сферик сирт радиал кучланганлик чизикларига перпендикулярдир. Бу чизикларнинг умумий сони айтганимизга кўра N га тенг, демак, сирт бирлигидан уларнинг $\frac{N}{4\pi r^2}$ таси ўтади. (1) шартга мувофиқ бу катталиқ сон жихатдан q заряддан r масофадаги кучланганликка тенгдир, яъни

$$\frac{N}{4\pi r^2} = \frac{q}{r^2},$$

бундан

$$N = 4\pi q \quad (4)$$

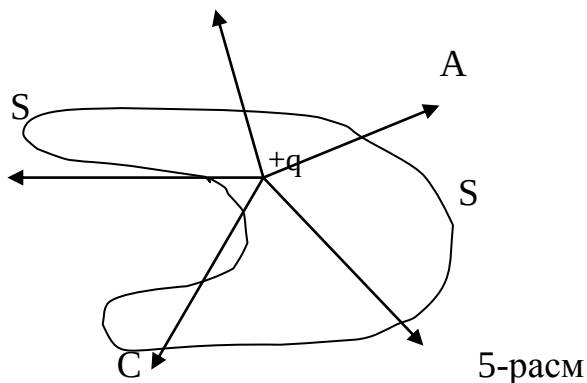
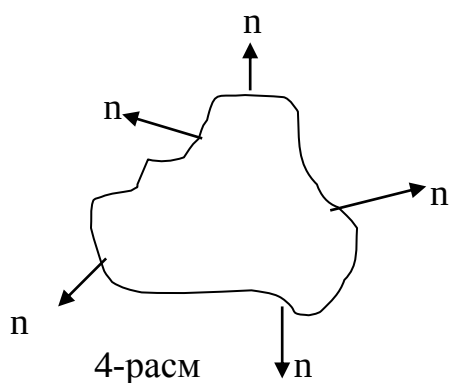
Шундай қилиб, ҳар бир нуқтавий q заряддан $4\pi q$ та симметрик жойлашган кучланганлик чизиклари чиқариш керак экан.

Шу қоидани умумлаштириш йўли билан Остроградский-Гаусс теоремаси чиқарилади, бу теорема берк сиртдан ўтувчи кучланганлик оқими билан шу сирт ичидаги зарядларнинг катталиги орасидаги умумий боғланишни ифодалайди. Бу теорема жуда кўп хусусий ҳолларда чекли ёки чексиз катта ўлчамли жисмлардаги зарядлар вужудга келтирадиган кучланганлик векторларини топишни осонлаштиради.

Остроградский –Гаусс теоремаси қуйидагича таърифланади: *зарядларни ўз ичига олган ҳар қандай берк сиртдан ўтувчи кучланганлик оқими ўраб олинган зарядлар алгебраик йиғиндисини 4π га кўпайтмасига тенгдир.*

Бу қоидани исбот қилишда берк сирт учун сирт элементида ўтказилган нормаль шу сирт билан чегараланган ҳажмдан чиқувчи бўлса, унинг бу йўналишини мусбат деб шартлашиб оламиз. У ҳолда шу сирт билан чегараланган ҳажмдан чиқувчи кучланганлик чизиклари мусбат оқим; ҳажмга кирувчи кучланганлик чизиклари манфий оқим вужудга келтиради.

Нормалнинг ишораси учун бу шартни қабул қилиб, аввало Остроградский-Гаусс теоремасининг битта нуқтавий заряд учун тўғрилигини кўрсатамиз. q нуқтавий зарядни, уни мусбат деб олиб, ихтиёрий S берк сирт билан (5-расм) ўраймиз. Исбот



Қилинганига кўра заряддан $4\pi q$ кучланганлик чизиги чиқарамиз. Бу чизикларнинг ҳар бири S сиртни A ва B чизиклар каби бир марта ёки, масалан, сиртни уч марта кесиб ўтган C чизик каби, ток сон марта кесиб ўтади. Лекин C чизик S сиртдан *икки марта чиқади* ва *бир марта ўнга киради*; оқимнинг ишоралари учун қабул қилинган шартга кўра, чиқиш жойларида у мусбат оқим, кириш жойида эса манфий оқим ҳосил қилади; шундай қилиб, S берк сиртдан ўтувчи кучланганлик оқимини ҳисоблаш учун C кучланганлик чизигини бир марта санаш керак. Ҳар қандай бошқа кучланганлик чизиги билан ҳам худди шундай иш кўриш зарур. Натижада биз q нуқтавий зарядни ўраб турган ихтиёрий шаклдаги берк сиртни кесиб ўтувчи кучланганлик чизикларининг умумий сони q нуқтавий заряддан чикувчи чизиклар сонига, яъни $4\pi q$ га тенг бўлишини кўраемиз. Таъриф бўйича, кучланганлик чизикларининг бу умумий сони N ва S сиртдан ўтувчи кучланганлик оқимини ифодалайди.

Шундай қилиб, Остраградский-Гаусс теоремасининг битта нуқтавий заряд учун ҳам тўғрилигини исбот қилади.

Берк сирт ичида ихтиёрий k сондаги $q_1, q_2, \dots, q_k$ заряд бўлган умумий ҳол учун улардан q_i белгиланган биттаси вужудга келтирилган кучланганлик оқимини ҳисоблайлик. Айтилганларга кўра, бу заряд вужудга келтирилган оқим $N_i = 4\pi q_i$; бунда оқим ишораси заряд ишораси билан бир хил бўлади.

Барча зарядлар вужудга келтирилган N тўла оқим алоҳида зарядлар вужудга келтирилган оқимларнинг алгебраик йиғиндисига тенгдир, яъни

$$N = \sum N_i = 4\pi \sum q_i \quad (5)$$

Бу натижа юқорида таърифланган Остраградский-Гаусс теоремасини ифодалайди.

Остраградский-Гаусс теоремасидан катор муҳим натижалар кели чиқади.

Биринчидан, теоремадан кучланганлик чизиклари фақат мусбат зарядлар турган жойдан бошланиб, манфий зарядлар турган жойда тугагини яна қайтадан келтириб чиқарамиз.

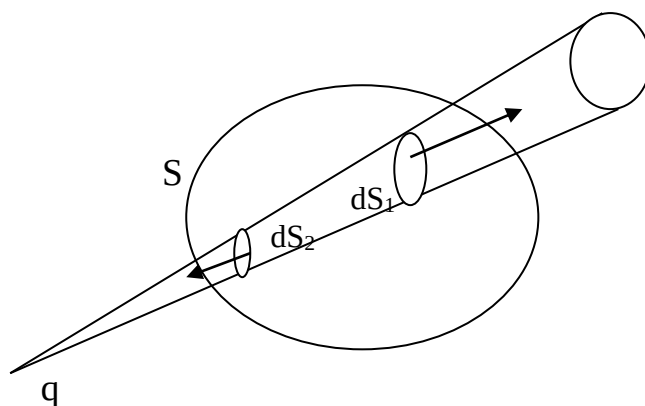
Иккинчидан, агар биз алгебраик йиғиндиси нолга тенг бўлган зарядларни ўз ичига олган берк сирт олсак, сиртдан ўтувчи тўла кучланганлик оқими нолга тенг бўлади; бу шу сирт билан чегараланган ҳажмдан чикувчи чизиклар сони ҳажмга кирувчи чизиклар сонига тенг эканлигини кўрсатади.

Учинчидан, агар берк сирт майдонда шундай ўтказилган бўлсаки, унинг ичида зарядлар бўлмаса, у ҳолда кучланганлик чизиқлари сиртнинг ичида бошланмайди ҳам, тугалланмайди ҳам, балки уни кесиб ўтади. Демак, кирувчи чизиқлар сони чикувчи чизиқлар сонига тенг бўлади ва сирт орқали ўтувчи кучланганлик оқими нолга тенг бўлади.

Остроградский–Гаусс теоремасининг тадбиқлари. Ҳар қандай зарядни чексиз кўп сонли чексиз нуқтавий зарядлар йиғиндиси деб ҳисоблаш мумкин бўлгани учун Остроградский–Гаусс теоремасини ҳар қандай шаклдаги ва ўлчамдаги зарядларга татбиқ қилиш мумкин. Шунинг учун ҳам бу теорема жуда кўп ишлатилади.

Остроградский–Гаусс теоремасининг татбиқ қилинишини кўриб чиқишдан аввал зарядларни ҳажмий ва сиртий зичликлари тушунчасини киритамиз.

Кўп масалаларда зарядлар бирор ҳажмда тақсимланган деб берилади; бундай масалаларда зарядлар тақсимотининг ҳажмий зичлигини киритиш муҳим. Бирор ΔV ҳажмда Δq заряд бор, дейлик. У ҳолда



5-расм

$$\vec{\rho} = \frac{\Delta q}{\Delta V} \quad (1)$$

нисбат билан аниқланувчи физик катталиқ заряднинг ўртача *ҳажмий зичлиги* дейилади .

Бирор нуқтадаги ρ зичлик ΔV ҳажмни нолга кичрайтирганда (1) нисбатан интиладиган лимитга тенг бўлади:

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta q}{\Delta V} \right) \quad (1a)$$

Баъзи ҳолларда зарядлар жисм сиртида жойлашади ва шу жисм билан бирга, зарядлар қатламининг қалинлигини ҳисобга олмаса бўлади. Бундай ҳолларда биз *зарядларнинг сиртий зичлиги* тушунчасини киритамиз. Айтайлик , бирор ΔS сиртга Δq заряд тўғри келсин , бунда заряднинг ўртача сиртий зичлиги σ қуйидаги

$$\sigma = \frac{\Delta q}{\Delta S} \quad (2)$$

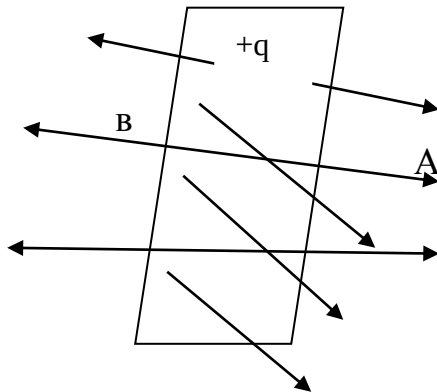
нисбат билан аниқланади.

Бирор нуқтадаги σ сиртий зичлик ΔS сиртни нолгача кичрайтирганда (2) нисбат интилганда лимитга тенг бўлади:

$$\sigma = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta q}{\Delta S} \right) \quad (2a)$$

Энди Остраградский-Гаусс теоремаси ёрдамида бир қатор ҳоллар учун майдон кучланганлигини топамиз.

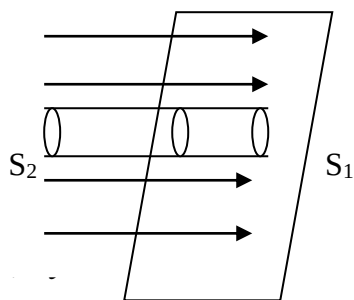
1. *Текис зарядланган чексиз текислик майдонининг кучланганлиги.* Барча нуқталари бир хил доимий $+\sigma$ зичлик билан зарядланган чексиз текислик вужудга келтирган электростатик майдонни кўриб чиқайлик. Симметрия мулохазаларига кўра кучланганлик чизиқлари текисликка перпендикуляр ва ундан ташқарига йўналган деб ҳисоблаймиз. Бўнга ишонч ҳосил қилиш учун тескари мулохаза юритилайлик,



6-расм

яъни кучланганлик чизиқлари текисликка ўтказилган перпендикуляр билан бирор бурчак ҳосил қилиб йўналган, дейлик. 6-расмда пунктри билан тасвирлангандек йўналганда эди, унда мусбат зарядлар юқори ярим текисликдан пастки ярим текисликка нисбатан кучлироқ итарилган бўлар эди, бу эса текисликнинг чексизлиги ва ундаги зарядлар сиртий зичлигининг доимийлиги ҳақидаги фаразимишга зиддир. Худди шу каби мулохазалар билан кучланганлик чизиқлари бошқа ҳеч қандай йуналиш бўйлаб эмас, фақат сиртга ўтказилган нормал бўйлабгина йунала олишини кўрсатиш мумкин. Текисликнинг ўнг томонида ётган А нуқтани олайлик. Бу нуқтада кучланганлик ўнгга йўналган; шундай эканлиги кучланганликнинг мусбат зарядланган текисликдан итарилаётган бирлик мусбат зарядга таъсир этувчи кучга тенглигидан келиб чиқади. Текисликнинг чап томонида А нуқта симметрик жойлашган В нуқта учун ҳам юқоридаги мулохазаларни такрорлаб В нуқтадаги U кучланганлик А нуқтадаги кучланганликка нисбатан қарама-қарши томонга йўналганлигига ишонч ҳосил қиламиз.

Ясалган йўналган тўғри чизиқлардан иборат экан. Остраградский-Гаусс теоремасини тадбиқ қилиб, А нуқтадаги кучланганлик катталигини аниқлаймиз.



7-расм

Берк сирт сифатида қуйидагича цилиндрик сиртни (7-расм) олайлик: зарядланган текисликнинг S бўлаги цилиндрнинг ўрта кесими бўлсин; цилиндрнинг ён сиртини кучланганлик чизиқларига параллел қилиб ўтказамиз. Цилиндрнинг S_1 ва S_2 иккала асосини текисликка параллел қилиб тегишли A ва B нуқталардан ўтказамиз. У ҳолда симметрия мулохазаларига кўра, S_1 ва S_2 асосларининг ҳар бирининг барча нуқталарида кучлаганликлар доимий сон қийматлари жихатидан ўзаро тенг ва A нуқтада изланаётган E кучланганликка тенг дейиш мумкин. Текшириляётган цилиндрик сиртдан ўтувчи кучланганлик оқимини ҳисоблайлик. Кучланганлик чизиқлари ён сиртга параллел бўлгани учун ён сиртдан ўтувчи оқим нолга тенг. Демак, тўла оқим N цилиндрнинг S_1 ва S_2 асосларидан ўтувчи N_1 ва N_2 оқимлар йиғиндисига тенг. Бу иккала оқим ҳам мусбат, S_1 ва S_2 сиртлар кучланганлик чизиқларига перпендикуляр бўлгани учун бу сиртлардан ўтувчи оқимлар кучланганлик катталигини асос юзига кўпайтириб топилади. Шундай қилиб, қуйидагича ёзиш мумкин:

$$N = N_1 + N_2 = ES_1 + ES_2 = E \cdot 2S.$$

Остроградский – Гаусс теоремасига кўра, тўла оқим 4π билан ички сиртдаги заряд кўпайтмасига тенг бўлиши керак: бу заряд σS га тенгдир. Демак,

$$2SE = 4\pi\sigma S$$

бундан изланаётган E кучланганлик

$$E = 2\pi\sigma$$

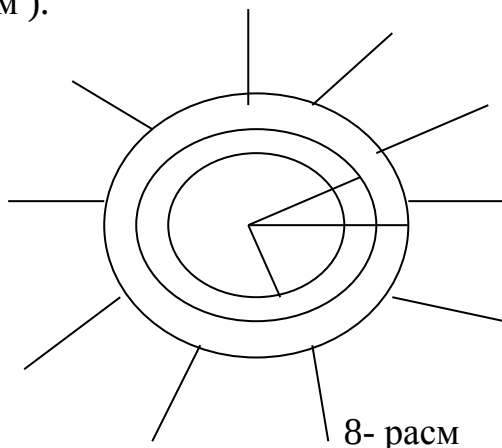
E нинг қиймати A нуқтадан текисликкача бўлган масофага боғлиқ эмас. B нуқта учун ҳам шундай бўлади. Шундай қилиб, текисликнинг ўнг томонида ҳам, чап томонида ҳам майдонлар бир жинсли бўлади. Текислик манфий зарядланган бўлса, кучланганликнинг йўналиши кўриб чиқилган ҳолга қарама-қарши бўлади: чизиқлар текисликка киради. Олинган натижа фақат чексиз текислик учун тўғридир, чунки чексиз текислик бўлгандагина келтирилган симметрия мулохазаларидан фойдаланиш мумкин; бироқ бу натижа чекли текисликнинг четларидан узоқда ётган ўрта қисми учун ҳам тақрибан ўринлидир.

3. Текис зарядланган сферик сирт майдонининг кучланганлиги. Радиуси R бўлган сферик сирт мусбат электр билан зарядланган ва сиртнинг барча нуқталарида заряднинг $+\sigma$ сиртий зичлиги доимий деб фараз қилайлик. Сферик сиртнинг умумий зарядини q билан белгилайлик. Масалани икки қисмга буламиз:

а) *сферик сиртдан ташкарида* электростатик майдон кучланганлигини аниқлаш ;

б) *сферик сиртнинг ичида* электростатик майдон кучланганлигини аниқлаш ;

Зарядланган сферик сирт марказидан $r > R$ масофада ётган нуқтани оламиз. (8-расм).



Бу нуқтадан фикран марказида ётган, радиуси r бўлган S сфераик сиртни ўтказамиз. Симметрия мулохазаларига кўра, бу сиртнинг барча нуқталарида кучланганлик сон жихатдан бир хил бўлади. Шунингдек, симметрия мулохазаларига кўра, куланганлик вектори ҳар бир нуқтада радиуснинг давоми бўйлаб йўналган бўлиши керак.

Радиуси r бўлган шу S сферик сиртга Остроградский-Гаусс теоремасини татбиқ қиламиз. Бу сирт кучланганлик чизиқларига перпендикуляр бўлгани учун сиртдан ўтувчи тўла оқимни E кучланганликни сирт катталигига кўпайтириб топамиз, демак, тўла оқим $E \cdot 4\pi r^2$ га тенг бўлади.

Остроградский-Гаусс теоремасига асосан:

$$E \cdot 4\pi r^2 = 4\pi q ,$$

Бундан

$$r > R \text{ бўлганда } E = \frac{q}{r^2} \quad (5)$$

яъни бир *текис зарядланган сфераик сирт шу сферадан ташкарида вужудга келтирилган кучланганлик ҳудди бутун заряд сферанинг марказида жойлашгангандайдек бўлади.*

Сферик сиртнинг ичидаги нуқталарни кўришга ўтамиз. Сфера марказида $r_1 < R$ масофада жойлашган B нуқтани оламиз ва бу нуқтадан маркази зарядланган сфера марказида ётган S_1 сферик сирт ўтказамиз (8-расм). Бу сиртнинг барча нуқталарида кучланганлик сон жихатдан бирдай бўлиши равшандир. Юкорида айтганимиздек, симметрия мулохазаларидан кучланганликнинг (агар у нолдан фаркли бўлса) йўналиши фақат радиал ва демак, S_1 сферик сиртга перпендикуляр бўлади.

S_1 сферик сиртга Остроградский-Гаусс теоремасини татбиқ қилиб қуйидагини топамиз:

$$E \cdot 4\pi r^2 = 0$$

Чунки S_1 сирт ичида заряд нолга тенгдир; бундан

$$r^1 < R \text{ бўлганда } E=0 \quad (6)$$

Демак, *текис зарядланган сферик сирт ичидаги барча нуқталарда электростатик майдон кучланганлиги нолга тенгдир.*

(5) ва (6) формулалар q заряд билан зарядланган *утказувчан* шар учун ҳам тўғри эканлигини кўрсатиш мумкин

5. Текис зарядланган чексиз цилиндрик сирт вужудга келтирган майдон кучланганлиги. R радиусли цилиндрик сирт оламиз. Бу сирт доимий σ сиртий зичлик билан зарядланган. Цилиндр укидан $r > R$ масофада етган A нуқтадаги кучланганликни аниқлаймиз. Масаладаги симметрия мулохазаларга кўра A нуқтадаги кучланганлик r – радиус-вектор давоми бўйлаб йўналиши керак деб хулоса чиқариш мумкин. Уки зарядланган цилиндр уки билан устма-уст тушган ва A нуқтадан ўтказилган цилиндрик сиртга Остроградский-Гаусс теоремасини татбиқ қиламиз. Бу сиртнинг юкори ва пастки асослари бир-биридан L масофада жойлашган ва ўққа перпендикулярдир. Цилиндрик сиртдан утган тўла оқим фақат ен сиртлардан ўтган оқимлар билан ифодаланади, чунки кучланганлик асосларга параллел бўлгани учун асослардан ўтувчи оқим нолга тенг бўлади. Кучланганчиизиқлари цилиндригнинг ен сиртларига перпендикуляр бўлгани учун N тўла оқим $2\pi rL$ га кўпайтирилганига тенг бўлади;

$$N = 2\pi rLE \quad (8)$$

Остроградский-Гаусс теоремасига асосан N оқим сон жихатдан оқим хисобланаётган сирт ичидаги зарядни 4π га кўпайтирилганига тенг, сирт ичидаги q заряд цилиндригнинг l узунлигига тўғри келадиган зарядга тенгдир:

$$q = \sigma \cdot 2\pi Rl,$$

демак, Остроградский-Гаусс теоремасига асосан :

$$N = 4\pi q = 4\pi Rl \sigma,$$

N учун ҳосил қилинган бу ифодани (8) ифода билан таққосласак, қуйидаги келиб чиқади:

$$E = \frac{4\pi\sigma R}{r} \quad (9)$$

$2\pi R$ катталиқ сон жихатдан цилиндр ер сиртининг цилиндр узунлиқ бирлигига тўғри келган юзига тенг бўлгани учун $\eta = 2\pi R\sigma$ катталиқ цилиндр ўзунлиқ бирлигига тўғри келган зарядни ифода қилади. Бундан (9) формулани қуйидаги кўринишда ҳам ёзиш мумкин:

$$E = \frac{2\eta}{r} \quad (9a)$$

Майдон кучланганлиги цилиндр ўкигача бўлган масофага тескари пропорционал камайяди. Худди шундай йўл билан текис зарядланган цилиндрик сирт ичида майдон кучланганлиги нолга тенг эканлигини осон кўрсатиш мумкин.

Муҳокама учун саволлар:

3.1. Электр майдон кучланганлиги қандай силжиб боради ва қандай ўзгаради?

3.2. Силжиш вектори ва оқими бир-биридан қандай фарк қилади?

3.3. Остроградский-Гаусс теоремаси қандай тушинтирилади?

3.4. Электр майдон кучланганлигини ҳисоблашнинг қандай хусусий ҳоллари мавжуд?

Мавзу бўйича ечимини кутаётган илмий муаммолар:

1. Зарядланган қаттиқ жисмлар электр майдонига киритилганда юзага келадиган кушимча силжиш вектори ва оқимни ҳисоблаш муаммолари.

4-Мавзу: Электростатик майдонда бажарилган иш. Потенциал. Потенциаллар фарқи. Потенциал градиенти. Потенциаллар фарқини ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари.

Асосий саволлар:

1. Бир жинсли электростатик майдонда зарядларни кўчиришда бажарилган иш.
2. Потенциал. Потенциаллар фарқи. Потенциал градиенти.
3. Потенциаллар фарқини ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари.

Мавзуга оид таянч сўз ва иборалар:

Бир жинсли майдон, зарядни кўчириш чизиги, майдон кучлари, потенциал, электр кучланиш, потенциаллар фарқи, потенциал градиенти.

Асосий саволлар бўйича ўқитувчининг мақсади:

1. Бир жинсли ва бир жинсли бўлмаган майдон ҳақида тушинча бериш;
2. Электростатик майдонда зарядларга таъсир килувчи куч тушинчасини аниқлаштириш;
3. Электростатик майдонда зарядларни кучишида бажариладиган иш ҳақида тушунтириш;
4. Бажарилган иш ва потенциал орасидаги боғланишни тушунтириш;
5. Потенциаллар фарқи тушинчасини аниқлаб бериш;
6. Потенциал градиенти юзага келишини тушунтириш;
7. Ҳар хил шаклдаги зарядланган жисмларнинг электр кучланишини тушунтириш.

Идентив ўқув мақсадлари:

- 1.1. Бир жинсли ва бир жинсли бўлмаган электростатик майдонларни фарқини тушунтириб бера олади.
- 1.2. Бир жинсли электростатик майдонда зарядларни кучишида бажарилган ишни тушунтириб беради олади.
- 1.3. Электр кучланиш (потенциал) ва унинг фарқи юзага келишини тушунтириб беради.
- 1.4. Электр кучланиш (потенциал) градиенти юзага келишини тушунтириб бера олади.
- 1.5. Ҳар хил шаклдаги зарядланган жисмлар ҳосил қилган электростатик майдон потенциалини ҳисоблай олади.

Асосий саволларга оид муаммолар:

- Электростатик майдонни бир жинсли булиш шартини тушуниш;
- Электростатик майдонни бир жинслилигини бўзилиш шартларини билиш;
- Электростатик майдонда заряд кучишида бажариладиган ишни билиш;

- Бажарилган иш ва потенциал орасидаги боғланишни билиш;
- Потенциал градиенти юзага келиш сабабини билиш;
- Ҳар хил шаклдаги зарядланган жисмлар ҳосил қилган электростатик майдон потенциалини ҳисоблашни билади;

Асосий саволлар баёни:

Зарядланган электростатик майдонда кўчиришда зарядланган таъсир этувчи кучлар иш бажаради. Электростатик майдон кучларининг шундай хусусияти борки, бу кучларнинг зарядни кўчиришда бажарган иши заряднинг қандай йул билан кучишига боғлиқ булмай балки заряд катталигига ҳамда унинг бошлангич ва охириги вазиятларига боғлиқдир. Шундай эканини биз кейинрок курсатамиз. Майдоннинг хусусияти майдоннинг ҳар қандай нуктасини махсус функция ёрдамида характерлашга имкон беради. Бу функция майдон нуктасининг *потенциали* деб аталади. Зарядни бир нуктадан иккинчи нуктага кўчириш иши шу икки нукта потенциаллари қийматларининг айирмаси билан ифодаланади.

Дастлаб электр кучларининг нуктавий зарядлар майдонидаги ишини кўрайлик. q заряд майдонида a нуктадан ўнга жуда якин турган b нуктага кучаётган q_0 мусбат зарядни олайлик. q заряд бирор 0 нуктада кўзгалмас ҳолда жойлашган бўлсин. q_0 заряднинг a ва b нукталар орасидаги чексиз кичик ds кучишини тўғри чизиқли деб олиш ва бу кучишда q_0 зарядга таъсир этувчи f кучнинг ўзгаришини ҳисобга олмасдан бу кучни катталик ва йуналиш жихатдан ўзгармас дейиш мумкин. Иш тушунчасининг таърифига мувофиқ, f кучнинг ds кучишида бажарган dA элементар иши.

$$dA = f ds \cdot \cos \alpha$$

бунда α бурчак f куч йўналиши (бу кучнинг йўналиши E кучланганлик йўналиши билан бир хил бўлади) билан ds силжиш йўналиши орасидаги бурчак. b нуктадан Oa тўғри чизиқнинг давомига перпендикуляр туширсак, $ds \cdot \cos \alpha = Oc - Oa$ эканини кўрамиз лекин ds силжиш чексиз кичик бўлганда Oc ни Ob га тенг даб олиш мумкин у ҳолда $ds \cdot \cos \alpha = Ob - Oa = dr$ бўлади бундаги dr катталик q_0 нуктага кучганда q ва q_0 зарядлар орасидаги масофанинг ўзгариши. Бундан dA элементар ишнинг қуйидаги ифодасини ҳосил қиламиз.

$$dA = f dr \quad (1)$$

f куч q_0 ва q зарядларнинг ўзаро таъсир кулон кучидан иборатдир ds силжиш кичик бўлгани учун юкорида айтиб утганимиздак кучни бутун ds кучиш давомида доимий ва

$$f = \frac{q \cdot q_0}{r^2}$$

катталикка тенг деб ҳисоблаш мумкин бунда $r = Oa$. F нинг бу қийматини ишнинг (1) ифодасига қўйиб қуйидагини топамиз.

$$dA = \frac{qq_0}{r^2} dr \quad (2)$$

Энди q_0 заряд q заряддан r_1 масофада ётган A нуктадан r_2 масофадаги B нуктага кучаётган бўлсин бунда A ва B нукталар бир-бирига якин жойлашган эмас. Бутун AB чекли кучишидаги ишини топиш учун уни чексиз кичик ds кучишларга ажратайлик. Шундай кучишларнинг ҳар бирида dA элементар иш (2) формула билан ифодаланади. Бутун AB йулдаги тўла иш барча шундай элементар ишларнинг йиғиндиси билан яъни r_1 дан r_2 гача олинган интеграл билан ифодаланади.

$$A = \int_{r_1}^{r_2} \frac{qq_0}{r^2} dr \quad (3)$$

qq_0 кўпайтмани ўзгармас микдор сифатида интеграл ишораси остидан чиқариб қуйидагини ҳосилқиламиз.

$$A = qq_0 \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^2} = qq_0 \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

A ишнинг бу ифодасини яна шундай курунишда ёзиш мумкин:

$$A = q_0 \left(\frac{q}{r_1} - \frac{q}{r_2} \right), \quad (4)$$

бундан *майдон кучларининг q_0 зарядни q нуқтавий заряд майдонида кўчиришда бажарган иши кўчирилаётган заряд катталигининг $\frac{q}{r}$ катталигининг кўчиши бошланғич ва охири нуқталарида қийматлари айирмасига кўпайтмаси билан ифодаланади.*

Қуйидаги тенглик билан аниқланадиган V функцияни киритамиз;

$$V = \frac{q}{r} + C, \quad (5)$$

бунда C -ихтиёрий доимий V функциянинг A нуқтадаги қиймати:

$$V_1 = \frac{q}{r_1} + C.$$

B нуқтадаги қиймати V_2 бўлади:

$$V_2 = \frac{q}{r_2} + C.$$

$V_1 - V_2$ айирмаси $\frac{q}{r_1} - \frac{q}{r_2}$ айирмасига тенг чунки C аддитив доимийлар

кискариб кетади. (5) тенглик билан ифодаланувчи V функция *q нуқтавий заряд потенциали* дейилади. (5) формулага потенциалнинг қийматини киритиб:

$$A = q_0(V_1 - V_2) \quad (6)$$

тенгликни ҳосил қиламиз бунда V_1 ва V_2 лар V функциянинг A ва B нуқталардаги қийматлари. Шундай қилиб *майдон кучларининг зарядни кўчиришда бажарган иши сон жихатдан заряд катталигининг йулнинг бошлангич ва охирги нуқталардаги потенциаллар айирмасига кўпайтмасига тенгдир* демак бу иш йул шаклига боғлиқ булмай унинг бошлангич ва охирги нуқталарининг вазиятига боғлиқдир. Йул берк бўлганда унинг бошлангич ва охирги нуқталари устма-уст тўшади бундан $V_1 = V_2$ ҳамда (6) формулага кўра $A=0$ бўлади, яъни *зарядни берк йул бўйлаб кўчиришда электр кучларининг бажарган иши нолга тенгдир*.

Потенциалнинг физик маъноси устида ҳам тухталиб зтамиз. (6) формуладан электростатик майдоннинг икки нуқтасидаги потенциаллар айирмаси сон жихатдан зарядни бир нуқтадан иккинчи нуқтага кўчиришда майдон кучлари бажарган ишнинг кучирилаётган заряд катталигига нисбатига тенгдир:

$$\frac{A}{q_0} = V_1 - V_2 \quad (7)$$

Агар $q_0=+1$ деб олсак, у ҳолда *икки нуқтадаги потенциаллар айирмаси майдон кучларининг мусбат бирлик зарядни биринчи нуқтадан иккинчи нуқтага кўчиришда бажарган иши билан улчанишини кўрамыз*.

(6) мусбат зарядларнинг кўчиришда бажарган иш билан потенциаллар айирмаси орасидаги боғланишнигина ифодалашига эътиборни жалб қиламиз. Шунинг учун ҳам нуқтавий заряднинг потенциали учун (5) формула мовофик чексиз кўп сондаги функцияларни олишимиз мумкин. Бу функциялар бири-биридан C аддитив доимий билан фарк қилади. C ни турлича танланганда ҳам потенциаллар айирмаси ўзгармайди.

Шундай қилиб, C доимий ихтиёрий танлаш мумкин. $C=0$ бўлганда энг сода холл бўлади, у ҳолда q нуқтавий заряднинг ўзидан r ўзоқликда бўлган нуқтадаги потенциалли қуйидагига тенг бўлади:

$$V = \frac{q}{r} \quad (5a)$$

Таърифга кўра потенциал скаляр катталиқдир. Аддитив доимий $C=0$ қилиб олинганда нуқтавий заряд потенциалининг физик маъноси бундай бўлади: *майдоннинг бирор нуқтасининг потенциали сон жихатдан бирлик мусбат зарядни шу нуқтадан потенциали нолга тенг бўлган чексиз ўзоқликдаги нуқтага кўчиришда майдон кучларининг бажарган ишига тенгдир*. Хақиқат ҳам, бирлик зарядни майдоннинг бирор нуқтасидан заряддан чексиз ўзоқликда бўлган нуқтага кўчиришда бажарилган иш қуйидагича бўлади:

$$A_0 = \frac{A}{q_0} = \frac{q}{r} - \frac{q}{\infty} = \frac{q}{r}$$

Зарядларнинг мураккаб системаси билан иш курилаётган бўлса, потенциал ифодасига курувчи ихтиёрий доимийнинг қийматини шундай

танлаш керакки, системадан чексиз ўзоқда ётган нуқталарнинг потенциали нолга тенг бўлсин. Бунда майдоннинг бирор нуқтасининг потенциали сони жихатдан бирлик зарядни шу нуқтадан чексизликка кўчиришда зарядга таъсир этувчи майдон кучларининг бажарган A_0 ишига тенгдир. Потенциаллар айирмасини аниқлаш керак бўлган одатдаги амалий ҳолларда шартли равишда ер сирти потенциали нол деб олиш кулай бўлади.

Энди E кучланганлик билан ҳарактерланувчи ихтиёрий электростатик майдонда q_0 зарядни кўчиришдек умумий ҳолни кўрамиз. Чексиз кичик кўчиришда

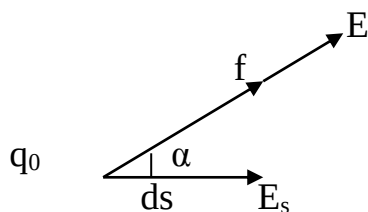
$$dA = f \cos \alpha ds$$

иш бажарилади.

$F = q_0 E$ эканлигини назарга олиб, dA иш фойдасини қуйидаги қурилишда ёзамиз:

$$dA = q_0 E \cos \alpha ds.$$

Лекин $E \cos \alpha$ кучланганлик вектори E нинг шу нуқтада йулга ўтказилган уринма йўналишига проекциясидир (1-расм). Бу проекцияни E_s билан белгиласак,



1-расм.

Бунда интеграл йулнинг бошлангич A нуқтасидан охири B нуқтасигача бўлган чегарада олинган. Айтилганларга кўра, бу иш сон жихатдан q_0 заряд катталиги A ва B нуқталардаги потенциаллар айримасига кўпайтирилганига тенгдир, бундан:

$$\int_A^B q_0 E_s ds = q_0 (V_A - V_B).$$

q_0 зарядни, доимий катталик бўлганлиги учун, интеграл ишораси остидан чиқариб ва q_0 га кискартириб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\int_A^B E_s ds = V_A - V_B.$$

берк йул учун $V_A = V_B$ ва, демак,

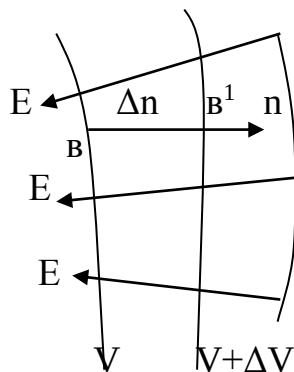
$$\int_s E_s ds = 0, \quad (8)$$

бунда интеграллаш бутун контур бўйича бажарилган.

$\int E_s ds$ контур интеграл $\sum E_s ds$ йиғиндисининг лимитидан иборатдир. Бу

йиғинди Δs элементлар нолга интилади ва бу элементларнинг сони чексиз ортади деган шарт билан берк контурнинг барча Δs элементлари бўйича олинган. Бундай интеграл электростатик кучланганлик векторининг циркуляцияси дейилади. (8) формула электростатик майдонда электр

кучларнинг берк йулда бажарган иши нолга тенг эканлигини математик ифодасидир. Электростатик кучланганлик векторининг циркуляцияси нолга тенг. Кучларнинг берк йулда бажарган иши нолга тенг бўлган майдон дейилади, шу сабабли (8) ифода электростатик майдоннинг потенциал ҳарактерда эканини кўрсатади, дейиш мумкин.



2-расм.

Энди потенциал билан кучланганлик орасидаги боғланишни аниқлайлик. Бундай боғланишнинг бор эканлиги электр кучларининг бажарган иши кучланганлик орқали ҳам, майдон нуқталарининг потенциааллари айирмаси орқали ҳам ифодаланиши мумкинлигидан келиб чиқади.

Ихтиёрий электростатик майдон олиб, унда бир-бирига якин иккита потенциал сатхи сиртлари ўтказамиз. Бир сиртнинг потенциали V , иккинчисиники $V + \Delta V$ бўлсин; $\Delta V > 0$ деб оламиз (2-расм). V потенциал сатхи сиртининг бирор B нуқтасида потенциалнинг ортиш йўналишида сатхлар сиртига n нормаль ўтказамиз, n нормалнинг $V + \Delta V$ сатхи сирти билан кесишиш нуқтасини B_1 билан белгилаймиз. B ва B_1 нуқталар орасидаги масофа Δn га тенг бўлсин. E кучланганлик потенциал сиатхи сиртига перпендикуляр, яъни n нормаль бўйлаб йўналгандир, шу билан бирга, B ва B_1 нуқталар бир-бирига якин жойлашгани учун улар орасидаги бутун масофада E майдон кучланганлигини тақрибан ўзгармас дейиш мумкин. У ҳолда бирор q зарядни B нуқтадан ва B_1 нуқтага кўчиришда бажарилган ишни қуйидаги қурилишда ёзиш мумкин:

$$A = qE\Delta n$$

Иккинчи томондан, шу A ишнинг ўзини B ва B_1 нуқталар потенциалларининг айирмаси орқали ифодалаш мумкин:

$$A = q[V - (V + \Delta V)]$$

A ишнинг иккила ифодасини таккасласак, қуйидагини топамиз:

$$E \cdot \Delta n = -\Delta V,$$

бу тенгликдан у E учун қуйидаги ифода келиб чиқади:

$$E = -\frac{\Delta V}{\Delta n} \quad (9)$$

Минус ишора E кучланганлик n нормаль йўналишига қарама-қарши томонга йўналганлигини кўрсатади. Ҳақиқат ҳам, n нормални потенциалнинг ортиш йўналишида утказдик, E кучланганлик эса таърифга кўра, мусбат

зарядга таъсир этаётган куч йўналишида, яъни потенциалнинг камайиш томонига йўналгандир. Агар (8) формуладан $\Delta p=1$ деб олсак, куйидаги таъриф келиб чиқади: *майдон кучланганлиги сон жихатдан потенциалнинг потенциал сатхи сиртига перпендикуляр йўналишида олинган ўзунлик бирлигидаги ўзгаришга тенг ва потенциалнинг камайиш томонига йўналгандир.*

Потенциал сатхи сиртларига перпендикуляр йўналишда кучишда потенциалнинг ортиш йўналишида ўзгариш тезлигини ифодаловчи $\frac{\Delta V}{\Delta n}$ катталиқ *потенциал грдиенти* дейилади. Градиент ҳақидаги тушунчадан фойдаланиб (8) ифодани куйидагича таърифлаш мумкин: *майдон кучланганлик сон жихатдан потенциал градиентига тенгдир.*

Муҳокама учун саволлар:

- 4.1. Бир жинсли электростатик майдон ва бир жинсли бўлмаган майдонларнинг қандай фарқи бор?
- 4.2. Электростатик майдонда заряд кўчиришда қандай ҳодиса юз беради?
- 4.3. Электростатик майдонда бажарилган иш қачон нимага тенг бўлади?
- 4.4. Потенциаллар фарқи деб нимага айтилади?
- 4.5. Потенциаллар градиенти қандай ҳолларда юзага келади?
- 4.6. Потенциални ҳисоблашнинг қандай хусусий ҳоллари мавжуд?

Мавзу бўйича ечимини кутаётган илмий муаммолар:

1. Зарядланган жисмларни сирт яқинидаги катламларда юзага келган потенциал майдонни тадқиқот қилиш муаммолари.
2. Жисмлар зарядланганда уларнинг ичида мавжуд бўлган потенциал тусиқларни (барьер) ўзгариш механизминини ўрганиш муаммолари.
3. Зарядланган жисмларнинг кристалъ панжараларида юзага келадиган потенциал градиентини ўрганиш муаммолари.
4. Қаттиқ жисмлар зарядланганда уларнинг кристалъ панжараларининг электр хусусиятларини ўрганиш ва уларни тушунтириш механизминини яратиш муаммолари.

4-амалий машғулот: Электростатик майдонда бажарилган иш. Потенциал. Потенциаллар фарқи. Потенциаллар фарқини ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари.

Дарснинг мақсади:

Масалалар ечиш ёрдамида талабаларда электростатик майдон бажарилган иш, потенциаллар фарқи тўғрисидаги билимларини мустаҳкамлаш.

Идентив ўқув мақсадлари:

- 1.1. Электростатик майдонда заряд кучирилганда майдон кучлари бажарадиган ишни тушунтириб бера олади.
- 1.2. Потенциаллар тушинчасини айтиб бера олади.
- 1.3. Потенциаллар фарқини таърифлай олади.
- 1.4. Зарядланган жисмлар ҳосил қилган электростатик майдон потенциалини ҳисоблашни билади.

Масалалар ечиш тартиби:

1-масала: Электрон тезлаткич электр майдонда $\varphi - \varphi_2 = 2 \cdot 10^6 \text{ В}$ потенциаллар айирмасини учиб утганда қандай $W_{\text{кин}}$ кинетик энергияга ва қандай v тезликка эга бўлади? Электроннинг массаси $m = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, заряди $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$, га тенг.

Берилган: $\varphi_1 - \varphi_2 = 2 \cdot 10^6 \text{ В}$, $m = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$,

Топиш керак: $W_{\text{кин}} = ?$ $\mathcal{G} = ?$

Ечилиши. Электроннинг электр майдонда силжиганда бажарган иши йулнинг шаклига боғлиқ булмасдан майдоннинг бошлангич ва охирги потенциаллари айирмаси билан аникланади, яъни $A = e(\varphi_1 - \varphi_2)$ бўлади. Бу бажарилган иш

электроннинг олган кинетик энергияси $W_{\text{кин}} = \frac{m\mathcal{G}^2}{2}$ га тенг:

$$W_{\text{кин}} = \frac{m\mathcal{G}^2}{2} = e(\varphi_1 - \varphi_2)$$

Бунда электроннинг кинетик энергияси ва олган тезлиги қуйидагига тенг:

$$W_{\text{кин}} = e(\varphi_1 - \varphi_2) \text{ ва } \mathcal{G} = \sqrt{\frac{2e(\varphi_1 - \varphi_2)}{m}}.$$

Сон қийматларини ўрнига қўйиб ҳисоблаймиз:

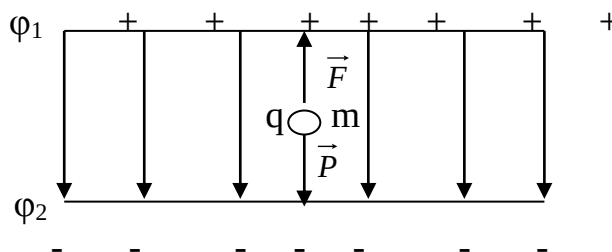
$$W_{\text{кин}} = e(\varphi_1 - \varphi_2) = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 2 \cdot 10^6 \text{ В} = 3.2 \cdot 10^{-13} \text{ Ж},$$

$$\mathcal{G} = \sqrt{\frac{2e(\varphi_1 - \varphi_2)}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 2 \cdot 10^6 \text{ В}}{9.1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.6}{9.1} \cdot 10^{18} \frac{\text{Ж}}{\text{кг}}} = \sqrt{0.703 \cdot 10^{18} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}} =$$

$$0.84 \cdot 10^9 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 8.4 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

жавоби. $W_{\text{кин}} = 3.2 \cdot 10^{-13} \text{ Ж}$; $\mathcal{G} = 8.4 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

2-масала. Иоффе тажрибасидан турли ишорали зарядланган параллел пластинкалар орасидаги бир жинсли электр майдондаги чанг заррачасининг



1- рамс.

массаси $m = 10 \cdot 10^{-8} \text{ г}$ Пластинкалар орасидаги потенциаллар фарқи $\varphi_1 - \varphi_2 = 500 \text{ В}$ масофа эса $d = 10 \text{ см}$. Агар чанг заррачаси электр майдонида муаллаҳ ҳолатда бўлса, унинг q заряди топилсин.

Берилган: $m = 1 \cdot 10^{-11} \text{ кг}$, $d = 0.1 \text{ м}$, $\varphi_1 - \varphi_2 = 500 \text{ В}$, $g = 9.8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Топиш керак: $q = ?$

Ечилиши: Зарядланган чанга оғирлик кучи майдони $\vec{P} = \overrightarrow{mg}$ куч билан, электр майдони эса $\vec{F} = q\vec{E}$ куч билан таъсир этади. Оғирлик кучи $\vec{P}$ ни мувозанатлаш учун $\vec{F}$ электр кучи тик юқорига йўналган бўлиши, яъни чанг заррачасининг

заряди манфий бўлиши керак. Бир жинсли майдон учун $E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$ бўлиб,
 $F = q \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$ бўлади. Мувозанат шартига кўра $P = F$ бўлгани учун,

$$q \cdot \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = mg.$$

Бундан изланаётган заррачанинг заряди қуйидагига тенг бўлади:

$$q = \frac{mgd}{\varphi_1 - \varphi_2}.$$

Сон қийматларни ўрнига қўйиб, қуйидагини топамиз.

$$q = \frac{mgd}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{1 \cdot 10^{-11} \text{ Кг} \cdot 9.8 \text{ м/с}^2 \cdot 0.1 \text{ м}}{500 \text{ В}} = 1.96 \cdot 10^{-14} \frac{\text{Ж}}{\text{В}} = 1.96 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Кл} \cdot \text{В}}{\text{В}} = 1.96 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}.$$

Жавоби: $q = 1.96 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$.

2-масала. Ҳар бири $\varphi_0 = 25 \text{ В}$ гача зарядланган $N = 64$ та бир хил шарсимон симоб томчиларининг қўшилишидан ҳосил бўлган катта симоб томчисининг φ топенциали топилсин.

Берилган: $\varphi_0 = 25 \text{ В}, N = 64$.

Топиш керак: $\varphi = ?$

Ечилиши. Ҳар бир кичик томчининг радиуси r ва заряди q_0 бўлсин, бир текис зарядланган шарнинг электр майдони шар марказига жойлашган худди шундай микдордаги нуқтавий заряднинг электр майдонидек бўлади. Бинобарин, зарядланган шарсимон томчининг сиртидаги потенциал

$\varphi_0 = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$, бўлиб, заряди эса $q_0 = 4\pi\epsilon_0\epsilon r\varphi_0$ бўлади. У вақтда N та томчидан

ташқил топган R радиусли катта томчининг заряди $Q = Nq_0$ га тенг бўлади.

Катта томчининг сиртидаги потенциал $\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} = \frac{Nq_0}{4\pi\epsilon_0\epsilon R}$ бўлиб, q_0 ифодаси

юкорида олиб келиб, ўрнига қўйилса,

$$\varphi = \frac{N4\pi\epsilon_0\epsilon r\varphi_0}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} = \varphi_0 N \frac{r}{R}.$$

бўлади. Бундаги $\frac{r}{R}$ нисбатни томчилар ҳажмлари нисбатидан осонгина

аникланади. Катта томчининг $V_R = \frac{4}{3}\pi R^3$ ҳажми N та кичик томчининг

$V_r = \frac{4}{3}\pi r^3$ ҳажми йиғиндисига тенг, яъни $\frac{4}{3}\pi R^3 = N \frac{4}{3}\pi r^3$ Бундан $\frac{r}{R} = \frac{1}{\sqrt[3]{N}}$ бўлгани

учун охириги натижа қуйидагига тенг бўлади;

$$\varphi = \varphi_0 N \frac{r}{R} = \varphi_0 \frac{N}{\sqrt[3]{N}}.$$

масалада берилган сон қийматларини ўрнига қўйиб ҳисобланса, қуйидаги келиб чиқади:

$$\varphi = \varphi_0 \frac{N}{\sqrt[3]{N}} = 25 \text{ В} \frac{64}{\sqrt[3]{64}} = 25 \text{ В} \frac{64}{4} = 25 \text{ В} \cdot 16 = 400 \text{ В}.$$

Жавоби: $\varphi = 400B$.

Керакли адабиётлар:

1. В.С. Волькенштейн «Умумий физика курсидан масалалар тўплами». Тошкент, 1969й
2. М.С. Цедрик. «Умумий физика курсидан масалалар тўплами». Тошкент. 1991 йил.

Амалий машғулот бўйича мустақил иш топшириқлари.

1. [1] адабиётдан 9- бўлимдан 63,69, 71,74
2. [2] адабиётдан 17-бўлимдан 44,46,47масалаларни ечинг

5- мавзу: Электр майдонидаги ўтказгич. Ўтказгичдаги зарядларнинг мувозанати. Ташқи электр майдонидаги ўтказгичлар. Электр сиғими.

Конденсаторлар ва уларнинг сиғими. Конденсаторлар сиғимини ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари. Конденсаторларни электр занжирига улаш усуллари.

Асосий саволлар:

1. Ўтказгичлардаги зарядларнинг мувозанати.
2. Ташқи электр майдонига киритилган ўтказгичларда юз берадиган ўзгаришлар.
3. Электр сиғими. Конденсаторлар ва уларнинг сиғими.
4. Конденсаторлар сиғимини ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари.
5. Конденсаторларни электр занжирига улаш усуллари.

Мавзуга оид таянч сўз ва иборалар:

Ўтказгичлар, зарядлар мувозанати, ташқи электр майдон, электр сиғими, фарада, конденсатор, ясси шар, цилиндрик конденсатор, параллел улаш, кетма-кет улаш.

Асосий саволлар бўйича ўқитувчининг мақсади:

1. Одаттаги нормал ҳолатда қаттиқ жисмлардаги зарядларнинг мувозанати ҳақида тушунтириш;
2. Электр майдонига киритилган ўтказгичларда зарядлар мувозанати ўзгариши ҳақида тушунча бериш;
3. Ўтказгичларнинг зарядланишини тушунтириш;
4. Ўтказгичларни электр сиғимини тушунтириш;
5. Оддий конденсаторлар ва уларнинг сиғими ҳақида тушунча бериш;
6. Ўзгармас ва ўзгарувчан сиғимнинг конденсаторлар ҳақида тушунтириш;

Идентив ўқув мақсадлари:

- 5.1 Ўтказгичлардаги зарядларни тақсимотини тушунтириб бера олади.
- 5.2 Электр майдонига киритилган ўтказгичларда заряд тақсимоти ўзгаришини тушунтира олади.
- 5.3 Ўтказгичларнинг электр сиғимини айтиб бера олади.
- 5.4 Конденсаторлар ва уларнинг сиғими ҳамда турлари ҳақида тушунча бера олади.

Асосий саволларга оид муаммолар:

- Қаттиқ жисмларда (ўтказгичларда) зарядларнинг тақсимотини тушунтириш;
- Электр майдонига киритилган ўтказгичларда заряд тақсимотини ўзгаришини тушунтириш;

Асосий саволлар баёни:

Ўтказгичнинг эркин электронларга эга бўлган жисм эканлигини ва бу электронларнинг зарядларини ўтказгичнинг кристалл панжараси билан боғланган мусбат зарядлар компенсациялаб туришини айтиб утган эдик. Муайян йўналишдаги электр кучлар таъсирида ўтказгичдаги эркин электронлар шу кучлар йўналишида тезлик (тезлик ташқил этувчиси) олиши ва, демак, зарядларнинг кучиши — электр ток вужудга келтириши мумкин. Агар электростатик масалалар билан чекланилса, у ҳолда зарядларнинг мувозанат шартини аниқлаш керак. Электростатик майдон кучланганлигининг нолга тенг бўлиши ўтказгич ичида зарядларнинг мувозанатда туриши учун зарур шартдир. Майдон кучланганлиги нолга тенг бўлмаганда электр кучлари ҳосил бўлади ва электронларнинг йўналган кучишини вужудга келтиради. Демак, масала электростатик характерда бўлиши учун

$$E = 0 \quad (1)$$

шарт бажарилиши керак. Шу билан бирга, бу шарт ўтказгич ичидаги барча нукталарда ҳам бажарилиши керак.

(1) шартдан шу нарса келиб чиқадики, зарядланган ўтказгичда компенсацияланмаган зарядлар фақат ўтказгич сиртидагина жойлаша оладилар. Буни исбот қилиш учун ўтказгич ичида бирор хажмни чегараловчи ихтиёрий сиртга Остроградский-Гаусс теоремасини тадбиқ қиламиз. Сирт ўтказгич ичида ўтказилгани сабабли бу сиртнинг барча нукталарида электростатик майдон кучланганлиги (1) га мувофиқ нолга тенгдир. Демак, сиртдан ўтувчи кучланганлик оқими нолга тенг, шу сабабли курилатган сирт ичида жойлашган умумий заряд ҳам нолга тенгдир. Сирт ихтиёрий бўлгани учун бундай натижани ўтказгич ичидаги ҳар қандай участкада заряд нолга тенг бўлади. Зарядланган ўтказгичда зарядлар фақат ўтказгич сиртидагина жойлашади.

Ўтказгичнинг ички қисмларида зарядларнинг бўлмаслиги Остроградский-Гаусс теоремасидан келиб чиқадиган натижадир. Бу теорема ўз навбатида нуктавий зарядлар орасидаги масофа квадратига тескари пропорционал эканлигини натижаси сифатида чиқарилади. Агар Кулон қонунининг

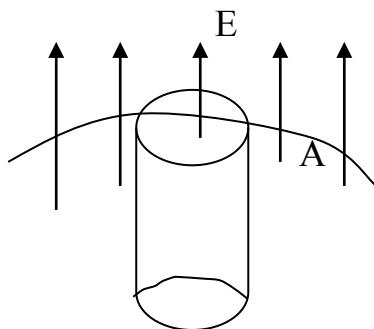
$$f = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

ифодасида r нинг курсаткичи 2 га эмас, қандайдир бошқа n сонга тенг бўлганда, ўтказгичнинг ички қисмларида ҳам зарядлар тақсимланган бўлади. Шундай қилиб, ўтказгичнинг ички қисмларида зарядларнинг бўлмаслиги Кулон қонунининг тўғрилигини бевосита тасдиқлайди.

Ўтказгич ичида майдон кучланганлиги нолга тенг бўлгани учун ўтказгичнинг ўзи доимий потенциалли соҳа бўлади. Ҳақиқатдан ҳам,

кучланганликнинг сон қиймати потенциалнинг сатхлар сиртига нормал бўлган ўзунлик бирлигидаги ўзгаришига тенгдир. Бундан ўтказгичнинг барча нуқталарида майдон нолга тенг бўлгани учун ўтказгичнинг барча нуқталарида потенциал ўзгариши ҳам нолга тенг бўлади; демак, потенциалнинг қиймати доимийдир: шундай қилиб **ўтказгичнинг ичидаги ва унинг сиртидаги барча нуқталарининг потенциали бир хил бўлади.**

Бундан ўтказгичнинг сирти потенциал сатхлари сирти бўлиши бевосита келиб чиқади. Электростатик майдон кучланганлиги ҳар бир нуқтада потенциал сатхлари сиртига нормал бўлгани учун **ўтказгичнинг ташқарида ўтказгичнинг сирти яқинидаги электростатик майдон кучланганлиги унинг сиртига нормал бўлади.**



1- расм.

Ўтказгич сирти яқинида электростатик майдон кучланганлиги билан ўтказгич сиртидаги зарядларни сирт зичлиги орасида муайян боғланиш бор. Остроградский-Гаусс теоремасидан фойдаланиб, бу боғланишни аниқлаймиз. Зарядланган А ўтказгич сиртида кичик ΔS соҳа оламиз. Бу соҳада заряднинг сирт зичлиги доимий ва σ тенг деб олайлик. У ҳода бу соҳада тўғри келган q заряд қуйидагига тенг бўлади:

$$q = \sigma \cdot \Delta S \quad (1)$$

Фикран кичик берк цилиндрик S сирт ўтқазамиз. Бу сиртнинг ясовчилари ўтказгич сиртига нормал, ΔS_1 ва ΔS_{11} асослари эса ΔS параллел бўлсин. Остроградский-Гаусс теоремасига асосан S берк сиртни кесиб ўтувчи кучланганлик чизиклари сони $4\pi q$ га тенг. Ўтказгичнинг ΔS_{11} асос ўтадиган ички қисмида майдон кучланганлиги $E = 0$. Ён сирти эса E га параллел бўлгани учун $4\pi q$ кучланганлик чизикларининг ҳаммаси ΔS_1 асос билан чегараланган майдон кучланганлигини E билан белгилаб, қуйидагини ҳосил қиламиз.

$$E \cdot \Delta S_1 = 4\pi q$$

(1) муносабатдан фойдаланиб ва $\Delta S_1 = \Delta S$ эканини ҳисобга олсак:

$$E = 4\pi\sigma \quad (2)$$

(2) тенгликдан ўтказгич сирти яқинида электростатик майдон кучланганлиги зарядниг сирт зичлигига тўғри пропорционал эканлиги куришиб турибди.

Ўтказгич сиртида дўнгликлар (чикиклар) бўлган ҳолларда ўтказгич яқинидан ўтувчи потенциал сатхи сиртлари дўнгликлар олдида бир-бирларига яқин жойлашган бўлади. Бу соҳаларда ўзунлик бирлигида потенциал ўзгариши кўпроқ бўлгани учун майдон кучланганлиги ҳам каттарок бўлади. Шундай

қилиб, дўнгликлар яқинида электр майдон кучланганлиги каттарок ва, демак, ўтказгичнинг дўнгликларида зарядларнинг сирт зичлиги ҳам каттарок бўлади. Шўнга мувофиқ жисм сиртидаги зарядларнинг зичлиги дўнглик яқинида энг катта ва ботикликда энг кичик кийматга эгадир.

Ўтказгичларнинг *электр сизими* ёки оддий қилиб айтганда, *сизими* деб юритиладиган жуда муҳим хоссасини текширайлик. Тажриба кўрсатишича, бир хил микдордаги электр билан зарядланган турли ўтказгичлар турлича потенциал оладилар. Бўнга уларнинг *сизим* деб аталадиган катталики билан ҳарактерланувчи физик хусусиятларининг турлича эканлиги сабабидир.

Ўтказгичнинг сизими унинг атрофидаги жисмларнинг жойлашишига боғлиқ бўлади. Шунинг учун дастлаб яккаланган ўтказгичнинг, яъни ёнида ундаги зарраларнинг тақсимланишига таъсир курсата оладиган ҳеч қандай бошқа жисм бўлмаган ўтказгичнинг сизими тушунчасини аниқлаймиз. Яккаланган ўтказгичдаги зарядни бирор сон марта орттирганда майдон кучланганлиги ҳам, ва демак, зарядни ўтказгичдан чексизликка кўчиришда бажарилган иш ҳам шунча марта ортади, шу сабабли бундай ўтказгичнинг V потенциали Q заряд микдорига пропорционалдир:

$$Q = CV \quad (1)$$

Пропорционаллик коэффиценти C ўтказгичнинг шакли ва катталигига боғлиқ бўлиб, ўтказгичнинг *сизими* дейилади. (1) тенгликдан қуйидагини топамиз:

$$C = \frac{Q}{V} \quad (2)$$

Бу муносабатни кўрсатишича, *яккаланган ўтказгичнинг сизими сон жихатдан дастлаб зарядланмаган ўтказгичка унинг потенциали бирга тенг бўлган киймат олиши учун ($V=1$ да $C=Q$) бериши зарур бўлган электр микдорига тенг бўлган физик катталикидир*. Шу билан бирга, потенциал ифодасидаги аниқмас доимий ўтказгичдан чексиз ўзоқдаги нуқталарнинг потенциаллари нолга тенг бўладиган қилиб танланган деб ҳисоблаймиз.

Бирликларнинг халқаро системасида сизимнинг бирлиги қилиб шундай ўтказгичнинг сизими олинадики, бу ўтказгичнинг заряди бир кулонга оширилганда унинг потенциали бир вольтга ортади. Бундай бирлик фарада дейилади. Сизимнинг $CGSE$ бирлиги билан фарада орасида қуйидаги боғланиш бор;

$$1\text{фарада} = \frac{1\text{кулон}}{1\text{вольт}}$$

Фарада сизимнинг ғоят катта бирлиги эканлиги равшандир. Ҳақиқатан ҳам, бу $9 \cdot 10^{11}$ см яъни 9 миллион километр (ер шари радиусидан 1400 катта) радиусли яккаланган шарнинг сизимидир. Шунинг учун амалда сизим бирлиги сифатида фарада билан бир каторда микрофарада деб аталадиган кичик бирлик ҳам ишлатилади. Микрофарада фарадининг миллиондан бир улишига тенг. Радиуси 9 км, яъни хали ҳам жуда ката яккаланган шарнинг сизими бир микрофарада бўлади.

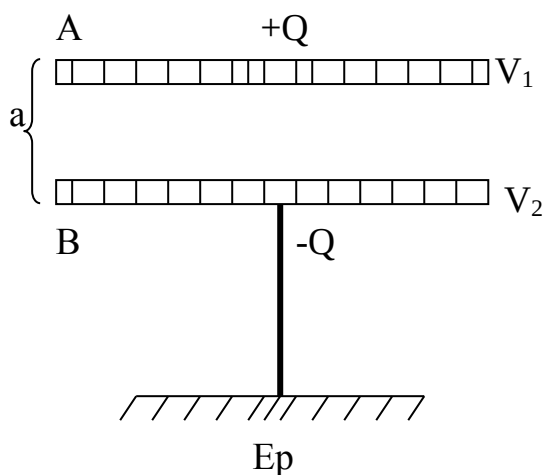
Ўтказгичнинг сизими шу ўтказгич атрофидаги жисмларга боғлиқдир. Ҳақиқатдан ҳам, ўтказгичнинг сизими ўтказгич зарядининг унинг потенциалига нисбати билан ўлчанадиган физик катталикидир. Ўтказгичнинг

потенциали эса ундаги зарядгагина боғлиқ булмасдан, ўтказгични ўраб турган барча жисмларнинг зарядига ҳам боғлиқдир. Олинган ўтказгични ўраб турган жисмлар хатто дастлаб зарядланмаган бўлсалар ҳам, текшириляётган ўтказгични зарядланаётган вақтда улар таъсир орқали зарядланади ва текшириляётган ўтказгичдаги потенциални ўзгартиради. Бу ҳолда сигим тушунчасини умумлаштириш табиийдир. Бунинг учун динамик масалаларга ҳам ярокли бўлган

$$C = \frac{dQ}{dV}$$

таърифни киритиш керак; сигим ўтказгич заряди орттирмасининг унинг потенциали орттирмасига бу орттирмалар нолга интилгандаги нисбати билан, яъни ўтказгич зарядидан унинг потенциали бўйича олинган ҳосила билан аникланади. Бироқ шундай ўтказгичлар системасини тўзиш мумкинки, амалда уларнинг сигими атрофдаги жисмларга боғлиқ булмайди; бунинг учун система ташқи жисмлар таъсиридан химоя килинган бўлиши зарур. Конденсаторлар шундай системаларнинг мисоли була олади.

Ясси конденсатор деб аталувчи конденсаторлар ўзаро параллел А ва В иккита пластинкадан иборат; бу пластинкалар ўзларининг улчамларига нисбатан кичик d масофада жойлашган (3-расм). Пластинкалар оралиги бушлик деб (амалда ҳаво бўлиши мумкин) оламиз. В пластинка ерга уланган бўлсин. Иккинчи А пластинкага $+Q$ заряд берилса, электрстатик индукция туфайли В пластинкада $-Q$ заряд вужудга келади (ўнга тенг бўлган $+Q$ заряд ерга утиб кетади ва кейингиси ҳеч қандай роль йунамайди). Ерга уланган В пластинка E_p потенциалини олади, бу потенциални V_2 билан белгилаймиз.



3- расм.

У ҳолда А пластинка бирор V_1 потенциал олади, бу потенциалнинг қиймати фақат Q заряднинг катталиги билан В пластинканинг V_2 потенциалига боғлиқдир. Зарядланган боша жисмлар V_1 потенциалга ва, демак, C конденсатор сигими таъсир курсата олмайди. Чунки $+Q$ ва $-Q$ зарядларнинг майдони фақат А ва В пластинкалар оралигига тупланган ва шунинг учун у бошқа ташқи жисмларда индукция зарядлари вужудга келтира олмайди.

Конденсаторнинг C сиғими деб пластинкалардан биридаги (мусбат пластинкадаги) заряднинг пластинкалар орасидаги потенциаллар айирмасига нисбати билан ўлчанадиган катталиikka айтилади:

$$C = \frac{Q}{V_1 - V_2},$$

бунда $V_1 > V_2$ деб олади.

Ясси конденсаторнинг сиғимини унинг улчамларини ҳарактерловчи катталиклар орқали ифодалайди. Пластинкаларнинг улчамлари улар орасидаги масофага нисбатан жуда катта бўлгани учун пластинкалар орасидаги майдон кучланганлиги катталиклари бир хил, бироқ қарама-қарши ишорали зарядланган иккита чексиз текисликлар орасидаги майдон каби бўлади. Айтилганларга кўра, пластинкалар орасидаги майдон кучланганлиги E қуйидагига тенг бўлади:

$$E = 4\pi\sigma,$$

Бунда σ - зарядларнинг сиртий зичлиги. Битта пластинканинг юзини S билан белгиласак, $\sigma = \frac{Q}{S}$ ва

$$E = 4\pi \frac{Q}{S},$$

бўлади, бунда

$$Q = \frac{ES}{4\pi}. \quad (4)$$

Майдон кучланганлиги E ни потенциаллар айирмаси $V_1 - V_2$ орқали ифодалайлик.

$$E = \frac{V_1 - V_2}{d}.$$

E нинг бу қийматини (4) формулага қўйиб, қуйидагини топамиз:

$$Q = \frac{(V_1 - V_2)S}{4\pi d}.$$

Бу тенгликдан ва (3) формуладан фойдалансак, ясси конденсаторнинг сиғими C қуйидагича ифодаланади.:

$$C = \frac{Q}{V_1 - V_2} = \frac{S}{4\pi d}. \quad (5)$$

(5) формуладан курунишича, ясси конденсаторнинг сиғими пластинканинг юзи S га пропорционал ва пластинкалар орасидаги масофа d га тескари пропорционалдир. Пластинкалар бир-бирига қанча якин жойлаштирилса, улар ҳосил қилган конденсаторнинг сиғими шунча катта бўлади. Кейинчалик биз конденсаторнинг пластинкалари оралигини бирор ўтказмайдиган (диэлектрик) мухит билан тулдирганда унинг сиғими қандай ўзгаришини кўрамиз.

5-Амалий машғулот: Электр сиғими. Конденсаторлар. Конденсаторлар сиғимини ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари. Конденсаторларни электр занжирига улаш усуллари ва уларнинг сиғими.

Дарсинг максдаи: Электр сиғими, конденсаторлари сиғими, ҳар хил шаклдаги зарядланган жисмларнинг электр сиғимини ҳисоблаш ва

конденсаторларни электр занжирига улаш усуллари хақида олинган билимларини мустаҳкамлаш.

Идентив ўқув мақсадлари:

- 1.1. Зарядланган ўтказгичларнинг сифимини таърифлай олади.
- 1.2. Конденсаторларни тушунтириб бера олади.
- 1.3. Электр сифимларни ҳисоблашнинг хусусий ҳолларини билади.
- 1.4. Конденсаторларни электр занжирига улаш усуллари билади.

Масалалар ечиш тартиби:

1-масала: $U_1=20$ В потенциаллар фарқиғача зарядланган конденсаторни $C_2=33$ мкФ сифими $U_2=4$ В потенциаллар фарқиғача зарядланган бошқа конденсаторга параллел уланган. Агар конденсаторлар улангандан кейин уларнинг копламларидаги кучланиш $U=2$ В бўлса, биринчи конденсаторнинг C_1 сифими топилсин. Конденсаторлар ҳар хил ишорали зарядланган копламлари билан ўзаро уланган.

Берилган: $U_1=20$ В, $C_2=33$ мкФ, $U_2=4$ В, $U=2$ В.

Топиш керак: $C_1=?$

Ечилиши: Турли ишорали зарядланган копламлари билан уланган конденсатор батареясидаги $q=CU$ умумий заряд ҳар бир конденсаторнинг $q_1=C_1 U_1$ ва $q_2=C_2 U_2$ зарядлар фарқиға тенг. Унда $C=C_1+C_2$ улангандан кейинги умумий сифим. Шундай қилиб, агар $q_1 > q_2$ бўлса, $(C_1+C_2)U=C_1U_1-C_2U_2$ ва агар $q_2 > q_1$ бўлса, $(C_1+C_2)U=C_2U_2-C_1U_1$ бўлади. Бу тенгламаларни ечиб, биринчи ва иккинчи ҳолда қуйидаги муносабатларни оламиз:

$$C_1 = C_2 \frac{U_2 + U}{U_1 - U} \quad C_1 = C_2 \frac{U_2 - U}{U_1 + U}.$$

Сон кийматларни ўрнига қўйиб ҳисоблаймиз:

$$C_1 = C_2 \frac{U_2 + U}{U_1 - U} = 33 \text{ мкФ} \frac{4\text{В} + 2\text{В}}{20\text{В} - 2\text{В}} = 33 \text{ мкФ} \frac{6\text{В}}{18\text{В}} = 11 \text{ мкФ}.$$

$$C_1 = C_2 \frac{U_2 - U}{U_1 + U} = 33 \text{ мкФ} \frac{4\text{В} - 2\text{В}}{20\text{В} + 2\text{В}} = 33 \text{ мкФ} \frac{2\text{В}}{22\text{В}} = 3 \text{ мкФ}.$$

Жавоби: $C_1 = 11$ мкФ, $C_2 = 3$ мкФ.

2- масала: Радиуслари $R_1 = 10$ см ва $R_2 = 5$ см бўлган $\varphi_1 = 20$ В ва $\varphi_2 = 10$ В потенциалларғача зарядланган металл шарлар ингичка ўтказгич билан туташтирилган конденсаторда қайта таксимланган q_1^1 ва q_2^1 зарядлар ҳамда уларнинг σ_1^1 ва σ_2^1 сирт зичликлари топилсин.

Берилган: $R_1 = 0,1$ м, $R_2 = 0,05$ м, $\varphi_1 = 20$ В, $\varphi_2 = 10$ В, $\epsilon = 1$,

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \text{ Ф/м} = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}.$$

Топиш керак: $q_1^1=?$, $q_2^1=?$, $\sigma_1^1=?$, $\sigma_2^1=?$.

Ечилиши: Шарларнинг дастлабки зарядлари $q_1 = C_1 \varphi_1 = 4\pi\epsilon_0\epsilon R_1 \varphi_1$, $q_2 = C_2 \varphi_2 = 4\pi\epsilon_0\epsilon R_2 \varphi_2$ ва улангандан кейин эса $q_1^1 = C_1 \varphi = 4\pi\epsilon_0\epsilon R_1 \varphi$, $q_2^1 = C_2 \varphi = 4\pi\epsilon_0\epsilon R_2 \varphi$ бўлади. Шарларнинг улангандан кейинги умумий потенциали φ зарядларнинг сақланиш қонунига асосан аникланади: $q_1^1 + q_2^1 = q_1 + q_2$ дан $4\pi\epsilon_0\epsilon (R_1 + R_2)\varphi = 4\pi\epsilon_0\epsilon (R_1 \varphi_1 + R_2 \varphi_2)$.

Келиб чиккан ифодадан φ қуйидагига тенг:

$$\varphi = \frac{R_1\varphi_1 + R_2\varphi_2}{R_1 + R_2}.$$

У вақтда ўзаро улангандан кейинги шарлардаги зарядлар қуйидагига тенг:

$$q_1^1 = C_1\varphi = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon R_1 \frac{R_1\varphi_1 + R_2\varphi_2}{R_1 + R_2},$$

$$q_2^1 = C_2\varphi = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon R_2 \frac{R_1\varphi_1 + R_2\varphi_2}{R_1 + R_2}.$$

Сон қийматларини ўрнига қўйиб, ҳисоблаймиз:

$$q_1^1 = 4\pi \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \frac{\Phi}{м} 0,1м \frac{0,1м20В + 0,05м10В}{0,1м + 0,05м} = 1,85 \cdot 10^{-10} Кл.$$

$$q_2^1 = 4\pi \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \frac{\Phi}{м} 0,05м \frac{0,1м \cdot 20В + 0,05м \cdot 10В}{0,1м + 0,05м} = 0,93 \cdot 10^{-10} Кл.$$

Улангандан кейин шардаги зарядларнинг сирт зичликлари қуйидаги ифодалардан аниқланади:

$$\sigma_1^1 = \frac{q_1^1}{S_1} = \frac{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R_1}{4\pi R_1^2} \frac{R_1\varphi_1 + R_2\varphi_2}{R_1 + R_2} = \frac{\varepsilon_0\varepsilon(R_1\varphi_1 + R_2\varphi_2)}{R_1(R_1 + R_2)},$$

$$\sigma_2^1 = \frac{q_2^1}{S_2} = \frac{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R_2}{4\pi R_2^2} \frac{R_1\varphi_1 + R_2\varphi_2}{R_1 + R_2} = \frac{\varepsilon_0\varepsilon(R_1\varphi_1 + R_2\varphi_2)}{R_2(R_1 + R_2)}.$$

Сон қийматларини ўрнига қўйиб, ҳисоблаймиз:

$$\sigma_1^1 = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{м} \cdot 1 \cdot (0,1м \cdot 20В + 0,05м \cdot 10В)}{0,1м(0,1м + 0,05м)} = 14,75 \cdot 10^{-10} \frac{Кл}{м^2},$$

$$\sigma_2^1 = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{м} \cdot 1(0,1м20В + 0,05м10В)}{0,05м(0,1м + 0,05м)} = 29,75 \cdot 10^{-10} \frac{Кл}{м^2}.$$

$$\text{Жавоби. } q_1^1 = 1,85 \cdot 10^{-19} Кл, q_2^1 = 0,93 \cdot 10^{-10} Кл,$$

$$\sigma_1^1 = 14,75 \times 10^{-10} Кл/м^2, \sigma_2^1 = 24,5 \cdot 10^{-19} Кл/м^2.$$

3-масала: Ясси конденсатор копланларининг ораси бирдай $d = 0,5мм$ калинликдаги шиша ($\varepsilon_1 = 7$), слюда ($\varepsilon_2 = 6$) ва парафинланган когоз ($\varepsilon_3 = 2$) дан иборат диэлектриклар билан тулдирилган. Агар конденсатор копланларининг юзи $S = 200см^2$ бўлса, конденсаторнинг электр сиғими C топилин.

$$\text{Берилган: } d = 0,5мм = 5 \cdot 10^{-4} м, S = 200см^2 = 2 \cdot 10^{-2} м^2, \varepsilon_1 = 7, \varepsilon_2 = 6, \varepsilon_3 = 2,$$

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \Phi / м.$$

Топиш керак: $C = ?$

Ечилиши. Агар ясси конденсатор копланларига параллел қилиб юпка металл пластинка киритилса, у ҳолда унинг сиртларида тенг катталиқдаги қарама-қарши ишорали заряд пайдо бўлади. Шунинг учун ҳам, копланлари орасида диэлектрик пластинкалари бўлган конденсаторнинг электр сиғимини бу пластинка сиртларига юпка металл катламлар силжиган деб фараз қилиб аниқлаш мумкин. Бу ҳолда ўзаро кетма-кет уланган конденсатор ҳосил қилиб, уларнинг электр сиғимлари $C_1 = \frac{\varepsilon_0\varepsilon_1 S}{d}; C_2 = \frac{\varepsilon_0\varepsilon_2 S}{d}; C_3 = \frac{\varepsilon_0\varepsilon_3 S}{d}$. бўлгани учун конденсаторнинг умумий электр сиғими:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{d}{\varepsilon_0 S} \left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} + \frac{1}{\varepsilon_3} \right).$$

Бундан

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 S}{(\varepsilon_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_1 \varepsilon_3 + \varepsilon_2 \varepsilon_3) d}.$$

Сон қийматларини ўрнига қўйиб, ҳисоблаймиз:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 S}{(\varepsilon_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_1 \varepsilon_3 + \varepsilon_2 \varepsilon_3) d} = \frac{8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}} \cdot 7 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2}{(7 \cdot 6 + 7 \cdot 2 + 6 \cdot 2) 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}} = \frac{8.85 \cdot 168 \cdot 10^{-14} \Phi}{0.8 \cdot 5 \cdot 10^{-4}} = 437 \cdot 10^{-12} \Phi = 437 \text{ нФ}.$$

Жавоби. $C=437 \text{ нФ}$.

Керакли адабиётлар:

1. В.С. Волькенштейн «Умумий физика курсидан масалалар тўплами» Тошкент, 1969 й
2. М.С.Цедрик «Умумий физика курсидан масалалар тўплами» Тошкент. 1991 йил.

Амалий машғулот бўйича мустақил иш топшириқлари.

1. [1] адабиётдан 9-бўлимдан 81,87,90
2. [2] адабиётдан 17-булим 70,75,80,82 масалаларни ечинг

Муҳокама учун саволлар:

- 5.1 Моддаларда одатдаги шароитда зарядлар тақсимооти қандай тушинирилади?
- 5.2 Ташқи электр майдонига киритилган моддаларда зарядлар тақсимооти қандай ўзгаради?
- 5.3 Электр сиғими молекуляр сиғимдан нимаси билан фарк қилади?
- 5.4 Ўтказгичлар (конденсаторлар) сиғими қандай тушинирилади?
- 5.5 Конденсаторларни электр занжирига улашнинг қандай усуллари бор?

Мавзу бўйича ечимни кутаётган илмий муоммолар:

1. Моддаларда, хусусан ўтказгичларда зарядлар тақсимоотининг ўзгариши қонуниятини тушунтириш муоммолари.
2. Моддаларнинг зарядланишида ва разрядланишида зарядлар тақсимоотининг ўзгариш қонуниятини тушунтириш муоммолари.
3. Катта сиғимли конденсаторлар яратиш ва улардан самарали фойдаланиш усулини яратиш муоммолари.

6-мавзу: Зарядлар системасининг энергияси. Электр майдон энергияси. Энергия зичлиги.

Асосий саволлар:

1. Электр зарядининг энергияси. Зарядлар системасининг энергияси.
2. Электр майдон энергияси.
3. Энергия зичлиги.

Мавзуга оид таянч тушинча ва иборалар:

Система, энергия, система энергияси, майдон энергияси, энергия характери, потенциал характери, энергия зичлиги, энергия тақсимоти.

Асосий саволлар бўйича ўқитувчининг мақсади:

- 1.1. Электр зарядининг энергияси тўғрисида тушунча бериш;
- 1.2. Зарядлар системаси ва уларнинг энергияси тўғрисида тушунча бериш;
- 1.3. Яккаланган ўтказгич ва конденсаторлар ҳосил қилган электростатик майдон энергияси тўғрисида тушунча бериш;
- 1.4. Электростатик майдон энергияси зичлиги тўғрисида тушунча бериш;

Идентив ўқув мақсадлари:

- 1.1. Электр заряди ҳосил қилган электростатик майдон энергиясини тушунтириб бера олади.
- 1.2. Зарядлар системаси ва уларнинг электр майдон энергиясини тушунтира олади.
- 1.3. Яккаланган ўтказгич ва конденсаторлар ҳосил қилган электростатик майдон энергиясини тушунтириб бера олади.
- 1.4. Электростатик майдон энергиясининг зичлигини тушунтириб бера олади.

Асосий саволларга оид муаммолар:

- Электр заряди ва зарядлар системаси ҳосил қилган майдонни кўргазмали намоёниш этиш ва майдон энергиясини тушунтириш;
- Майдон энергиясини тасаввур этиш ва уни тушунтириш;
- Энергия зичлигини бевосита кўзатиш ёрдамида тушунтириш;

Асосий саволнинг баёни:

Зарядланган жисмларнинг ҳар қандай системасини ҳосил қилишда ҳам иш бажарилади, чунки зарядлар Кулон қонунига мувофиқ ўзаро таъсирлашади ва уларни тегишли уринларга жойлаштириш учун иш бажариш керак бўлади. Бу иш қандайдир ташқи кучлар томонидан қандайдир ташқи энергия манбалари ҳисобига, масалан, жисмларни зарядлаётган гальваник элементдаги химиявий процесслар энергияси ҳисобига бажарилиши керак. Энергиянинг сақланиш қонунига кўра, системага таъсир этувчи ташқи кучларнинг бажарган иши система энергиясининг ўзгаришини билдиради. Шундай қилиб, зарядланган жисмлар системанинг маълум энергияси бўлади. Агар жисмлар шундан кейин зарядланса, ёки кўчса уларнинг электр энергияси қайтадан қисман ёки тўла равишда энергиянинг бошқа турларига айланади.

Мисол тарикасида бир-биридан r масофада B_1 ва B_2 нуқталарда турган q_1 ва q_2 иккита нуқтавий заряддан иборат системанинг электр энергиясини ҳисоблаймиз. Бунинг учун q_1 ва q_2 зарядларни чексиз ўзоқдаги сохалардан берилган B_1 ва B_2 нуқталарга кўчириш учун ташқи кучларнинг сарфлаган ишини ҳисоблаш кифоя: бу сохаларда зарядлар орасидаги ўзаро таъсир кучи нолга тенг бўлади; бунда q_1 ва q_2 зарядларни берилган деб ҳисоблаб, бу зарядни ўзини вужудга келтиришишини назарга олмаймиз.

q_1 ва q_2 зарядларни чексиз ўзоқликдаги сохалардан кўчириш иши зарядларни кўчириш тартибига боғлиқ эмас. Даставвал q_1 зарядни

чексизликдан B_1 нуктага келтирайлик. q_2 зарядни хали чексизликда турганда q_1 зарядни кўчириш иши нолга тенг. Чунки зарядларнинг ўзаро таъсир кучи нолга тенг. q_1 зарядни B_1 нуктага жойлаштирилгандан кейин q_1 зарядни B_2 нуктага кучирамиз. Бунда сарфланган иш q_2 заряд катталигининг B_2 нукта билан чексиз ўзоқликдаги нукта орасидаги потенциаллар айирмасига кўпайтмасига тенг бўлади. Чексиз ўзоқликдаги нуктанинг потенциали нолга тенг, B_2 нуктадаги потенциали эса q_1 заряд вужудга келтиради. Бу потенциал курсатилгандек, q_1/r га тенг. Демак, q_1 ва q_2 зарядларни бир-биридан r масофада жойлаштириш учун сарфланадиган A иш қуйидагича тенг бўлади:

$$A = \frac{q_1 q_2}{r}$$

Бу иш иккита нуктавий зарядлар системанинг ўзаро таъсир энергияси W нинг ўлчови бўлади:

$$W = \frac{q_1 q_2}{r}$$

q_1 заряднинг B_1 нуктада вужудга келтирилган потенциалнинг V_1 билан ва q_1 заряднинг B_2 нуктада вужудга келтирган потенциалнинг V_2 билан белгиласак, бўларнинг ифодаси қуйидагича бўлади:

$$V_1 = \frac{q_2}{r} ; \quad V_2 = \frac{q_1}{r} ;$$

W энергия ифодасини қуйидаги курунишда ёзамиз:

$$W = \frac{q_1 q_2}{r} = \frac{1}{2} \frac{q_1}{r} \cdot q_2 + \frac{1}{2} \frac{q_2}{r} \cdot q_1 \quad (1)$$

бундан

$$W = \frac{1}{2} \cdot q_1 V_1 + \frac{1}{2} q_2 V_2 \quad (1a)$$

ифода келиб чиқади. Зарядлар бир хил ишорали бўлса, энергиянинг ишораси мусбат, зарядлар турли ишорали бўлса, энергиянинг ишораси манфий бўлади.

Энергиянинг (1a) ифодасини бир-биридан муаян масофаларда жойлашган n та заряддан ташқил топган системага осонгина умумлаштириш мумкин; бу энергия q_i зарядлардан ҳар бирини чексизликдан у жойлашиши керак бўлган нуктага келтириш учун зарур бўлган ишларнинг йиғиндиси билан ифодаланади. Бунда қуйидаги ифода чиқади:

$$W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i v_i, \quad (2)$$

бундан $v_i - i$ дан бошқа барча зарядларнинг i -заряд турган жойда вужудга келтирган потенциали.

Энди зарядли яккаланган ўтказгичнинг электростатик энергиясини ҳисоблаймиз. Дастлаб зарядланмаган ўтказгич маълум Q электр миқдори билан зарядланади ва бунда унинг потенциали қиймати V га тенглашади, дейлик.

Ўтказгичнинг зарядлаш учун иш бажариш керак, бу иш зарядланган ўтказгич энергиясининг ўлчови бўлади; ўтказгич зарядланганда бу ишни қайтадан олиш мумкин. Зарядлашда бажарилган ишни ҳисоблайлик.

Ўтказгичнинг заряди билан унинг потенциали қуйидагича боғланган:

$$Q = CV \quad (3)$$

бунда C -ўтказгичнинг сифими.

Ўтказгичнинг зарядлаётганда унинг Q заряди орта боради, заряд билан бирга унинг V потенциали ҳам ортади ва бунда улар ҳамма вақт (3) муносабатни боғлаб туради.

V потенциалнинг Q зарядга боғланиш график равишда координата бошидан ўтувчи тўғри чизик билан тасвирланади.

Ўтказгичда аввалдан бирор Q заряд бор деб фараз қилиб, ўтказгичга чексизликдан яна чексиз кичик dQ зарядни келтириш учун сарфлаш керак бўлган dA ишни ҳисоблайлик. dQ заряд кичик бўлгани учун уни ўтказгичга берганда ўтказгичнинг потенциали сезиларли ўзгармайди, деб ҳисоблаш мумкин. Шунинг учун dA иш dQ заряднинг ўтказгич билан шартга кўра потенциали нолга тенг бўлган чексиз ўзоқлашган соҳа орасидаги потенциаллар айирмасининг кўпайтмасига тенг бўлади. Шундай қилиб, $dA = VdQ$ бўлади. Жисмнинг 0 потенциалидан V потенциалгача зарядланганда барча зарядларни кўчиришда бажарилган тўла иш барча элементар dA ишларнинг йиғиндиси билан, яъни 0 дан V гача олинган интеграл билан ифодаланилади:

$$A = \int_0^V VdQ.$$

(3) ифодадан: $dQ = C dV$ бўлади, бундан ишнинг ифодаси қуйидагича бўлади:

$$A = \int_0^V CVdV.$$

Жисмнинг сифими C доимий катталиқ бўлгани учун уни интеграл белгисидан ташқарига чиқариш мумкин, шундай қилсак, қуйидагини топамиз:

$$A = C \int_0^V V \cdot dV = \frac{CV^2}{2}$$

Бу иш зарядланган жисмнинг W энергиясини билдиради; зарядланган ўтказгич энергияси қуйидагига тенг бўлади;

$$W = \frac{CV^2}{2} \quad (4)$$

C сизим (3) муносабатга кўра Q заряд ва V потенциал орқали ифодаласак, энергия учун бшқа ифода ҳосил бўлади:

$$W = \frac{1}{2} QV \quad (4a)$$

ва нихоят, потенциални заряд сизим орқали ифодалаб, зарядланган ўтказгичнинг энергиясини ифодаловчи учинчи формулани ҳосил қиламиз:

$$W = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}. \quad (4б)$$

Энергия учун олинган формулаларни зарядланган конденсатор учун ҳам осон умулаштириш мумкин. Пластинкаларни зарядлаш процесси қуйидагича амалга оширилади, дейиш мумкин: бошда нейтрал пластинкалар чексиз кичик $+dQ$ электр миқдорларни бир пластинкадан иккинчисига қўчириш натижасида аста-секин зарядлана боради. Бу қўчириш бир пластинканинг мусбат зарядини шунчага камайтиради, ёки, бари-бир, манфий зарядини шунчага оширади. Шундай қилиб, зарядланиш процессида ҳамма вақт иккала пластинкада тенг ва қарама-қарши ишорали электр миқдори бўлади. Бир пластинкадан бошқасига dQ электр миқдорини қўчириш учун иш бажариш керак. Агар бир пластинканинг потенциали V_1 иккинчисиники V_2 га тенг бўлса у ҳолда бу иш қуйидагича белгиланади.

$$dA = (V_1 - V_2)dQ.$$

Шундай қилиб, dA элементар ишнинг ифодаси ҳам якка жисмнинг зарядлаш ҳолидаги ифода сингари бўлади, фақат бу ҳолда V потенциал ўрнига $V_1 - V_2$ потенциаллар айирмаси киради. Бундан зарядланган конденсаторнинг тўла энергияси ҳам (4а) формула билан ифодаланади, фақат V ни $V_1 - V_2$ га алмаштириш керак.

$$W = \frac{1}{2} Q(V_1 - V_2). \quad (5)$$

Q заряд билан конденсатор сиғими орасидаги $Q = C(V_1 - V_2)$ муносабаттан фойдаланиб, бу формулани яна бошқача қурилишда ёзамиз.

$$W = \frac{1}{2} C(V_1 - V_2)^2 \quad (5a)$$

шунингдек

$$W = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C} \quad (5b)$$

Учала формулада ҳам зарядланган конденсаторнинг энергияси учта катталиқ (копламлардаги потенциаллар айирмаси $V_1 - V_2$, копламлардаги Q заряд ва C сиғим) дан иккитасининг функцияси сифатида ифодаланган.

Электростатик майдон энергияси.

Ҳосил килинган формулалар ясси конденсатор энергиясини конденсатор копламларини орасидаги электростатик майдони ҳарактерловчи катталиқлар орқали ифодалашга имкон беради. Бунинг учун ясси конденсатор пластинкаларидаги Q заряд билан пластинкалар оралигидаги E майдон кучланганлиги орасидаги боғланишдан фойдаланамиз.

$$E = \frac{4\pi Q}{S} \quad (1)$$

бунда S -пластинканинг юзи. Бундан ташқари, копламлардаги потенциаллар айирмаси E майдон кучланганлиги ва конденсатор пластинкалари оралигидаги d масофа билан қуйидагича боғланган:

$$E = \frac{V_1 - V_2}{d} \quad (2)$$

(1) ва (2) формулалардан Q ва $V_1 - V_2$ ларнинг қийматларини конденсатор энергияси ифодасига қуйсак қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$W = \frac{1}{8\pi} E^2 Sd .$$

формула конденсатор энергиясини E майдон кучланганлиги орқали ифодалайди. Шундай қилиб, конденсатор энергиясини икки хил усулда– пластинкаларнинг заряди билан потенциаллари орқали ёки, зарядлар ҳосил қилган электростатик майдон кучланганлиги орқали ифодалаш мумкин экан.

Энергиянинг майдон кучланганлиги орқали ифодаланиши *электростатик майдоннинг энергияси* бор дейишга, ва демак, *электростатик майдоннинг энергияси* ҳақида гапиришга имкон беради. Бу фикр энергиянинг (3) формулага кўра конденсатор пластинкалари орасидаги фазонинг Sd ҳажмига пропорционал эканлиги билан ҳам тасдикланади. Пластинкалар ҳосил қилган майдон фақат улар орасидаги фазодаги 0 га тенг булмайди, шу сабабли Sd кўпайтма бир вақтнинг ўзида биз текшираётган ҳолда майдон тупланган фазонинг ҳажмини билдиради. Шундай қилиб, W энергия майдон эгаллаган фазо ҳажмига пропорционал бўлар экан.

Конденсаторнинг электростатик майдони энергиясини ургангандан сўнг энергиянинг ҳажми зичлиги тушунчасини киритиш мумкин. Энергиянинг ҳажм зичлиги сон жихатидан майдоннинг ҳажми бирлигига тўғри келадиган энергияга тенг бўлган катталиқ ва у

$$\omega = \frac{W}{Sd} \quad (4)$$

билан белгиланади. (4) формуладаги W ўрнига унинг (3) даги қийматини куйсак:

$$\omega = \frac{1}{8\pi} E^2 \quad (5)$$

Энергия зичлиги тушунчасини конденсаторнинг бир жинсли майдони учун киритдик. Уни ҳар қандай электростатик майдон учун ҳам умумлаштириш осон. Агар майдон бир жинсли булмаса, бир жинслимас майдоннинг ΔV ҳажмига тўғри келадиган энергия ўртача жичлиги $\bar{\omega}$ учун шундай катталиқни оламизки, бу катталиқ ΔV ҳажмга тегишли ΔW энергиянинг шу ҳажм катталигига нисбати билан ўлчанади, яъни

$$\bar{\omega} = \frac{\Delta W}{\Delta V}$$

Майдоннинг бирор нуқтасидаги энергия зичлиги деб, ΔV ҳажмни шу нуқта яқинида чексиз кичирайтирганда бу нисбат интиладиган лимитни айтилади:

$$\omega = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta W}{\Delta V} \right).$$

Жуда кичик ҳажмда ҳар қандай майдонни тақрибан бир жинсли ва у E кучланганлик векторининг муайян қиймати билан ҳарактерланади дейиш мумкин. Демак, бир жинслимас майдон энергиясининг бирор нуқтадаги зичлиги

$$\omega = \frac{1}{8\pi} E^2$$

бунда E -майдоннинг энергия зичлиги ҳисобланаётган нуқтадаги кучланганлиги. Бундан кўринадики, энергия зичлиги (5) ифодаси ҳар қандай

майдон учун тўғри экан. Бир жинслимас майдоннинг энергия зичлиги турли нукталарда турлича бўлади.

Электростатик майдоннинг чекли V хажмига тўғри келадиган энергияни ҳисоблаш учун шу хажмни ΔV элементар хажмларга булиш, бу элементар хажмларнинг ҳар бирига тўғри келадиган $\Delta W = \omega \cdot \Delta V$ энергияни ҳисоблаш ва бутун хажм бўйича йиғиб чиқиш керак:

$$W = \sum \omega \cdot \Delta V$$

бу ерда ω зичлигининг ҳар бир ΔV элементар хажмга тегишли қиймати.

Майдон энергиясининг ω хажм зичлиги билан тақсимланиш ҳақидаги тасавур кейинчалик электр ва магнит ҳодисалар ҳақидаги таълимотнинг ривожланиши билан тасдиқланади. Бу таълимот энергиянинг «буш» фазода электромагнит тулкилар энергияси сифатида чекли $c = 3 \cdot 10^{10} \text{ см/сек}$ тезлик билан ўзатилишини кўрсатди. Бу хулосанинг майдон табиатни тушунишда катта аҳамият бор. Энергия материя ҳолатининг характеристикаларидан биридир ва, демак, энергия тушунчасини материя тушунчасидан ажратиб бўлмайди. Бу нарса электростатик майдоннинг ўзи материянинг ўзига хос қурилишдир деган хулосани тасдиқлайди.

6-Амалий машғулот: Электр зарядининг энергияси. Зарядлар системасининг энергияси. Электр майдон энергияси. Энергия зичлиги.

Дарсининг мақсади:

Энергия тўғрисидаги тушунчаларини электр заряди энергияси, зарядлар системасининг энергияси ва электр майдонининг энергияси тушунчалари билан мустаҳамлаш ҳамда энергия зичлиги тўғрисида талабаларга тушунча бериш

Идентив ўқув мақсадлари:

- 1.1 Электр зарядларининг энергиясини таърифлай олади.
- 1.2 Зарядлар системасининг энергиясини билади ва ҳисоблай олади
- 1.3 Электр майдон энергиясини тушунтириб бера олади.
- 1.4 Энергия зичлиги тўғрисида тушунтириш бера олади.

Масалалар ечиш тартиби:

1-масала Керосинга ботирилган шарнинг потенциали 4500 в ва зарядининг сирт зичлиги $3,4 \text{ ГСГ}_q / \text{см}^2$. Шарнинг 1) радиуси, 2) заряди, 3) сифими ва 4) энергияси топилсин.

Берилган: $U = 4500 \text{ в}, \sigma = 3,4 \text{ ГСГ}_q / \text{см}^2 = 1,13 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}, \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}, \epsilon = 2,$

Топиш керак: $R = ?, q = ?, c = ?, w = ?$

Ечиш: Шарнинг заряди q , унинг сифими C ва унинг потенциали U ўзаро қуйидагича боғланган.

$$C = \frac{q}{U} \quad (1)$$

Бунда шар заряди

$$q = \sigma \cdot 4\pi R^2 \quad (2) \text{ га тенг.}$$

Шар сифими эса

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon R \quad (3) \text{ ифода билан аниқланади.}$$

(1), (2), ва (3) ифодалардан шар радиусини аниқлаш мумкин:

$$R = \frac{\varepsilon_0 U}{\sigma} \quad (4)$$

Сон қийматларини ўрнига қуйсак

$$R = \frac{2 \cdot 8 / 85 \cdot 10^{-12} \cdot 4500}{1.13 \cdot 10^5} = \frac{79649.99 \cdot 10^{-12}}{1.13 \cdot 10^5} = 7.0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Масалада топилиш суралган шар заряди

$$q = \sigma 4\pi R^2 \text{ ифодадан топилади.}$$

Сон қийматларини ўрнига қуйсак

$$q = 1.13 \cdot 10^{-5} \cdot 4 \cdot 3.14 \cdot (7 \cdot 10^{-3})^2 = 14.2 \cdot 10^{-5} \cdot 49 \cdot 10^{-6} = 6.95 \cdot 10^{-9} \approx 7 \cdot 10^{-9} \text{ Кл келиб чиқади}$$

Шарнинг сиғими

$$C = 4\pi \varepsilon_0 R \text{ формуладан топилади.}$$

$$C = 4 \cdot 3.14 \cdot 2 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 7 \cdot 10^{-3} = 1.55 \cdot 10^{-12} \text{ Ф} = 1.55 \cdot 10^{-6} \text{ мкФ келиб чиқади.}$$

Зарядланган якка ўтказгичнинг энергияси қуйидаги формуладан топилади:

$$W = \frac{1}{2} C U^2$$

Бу ифодага сон қийматларини қуйсак

$$W = \frac{1}{2} \cdot 1.55 \cdot 10^{-12} \cdot (4500)^2 = 1.57 \cdot 10^{-5} \text{ Ж келиб чиқади.}$$

Демак масалада суралган катталикларнинг жавоби қуйидагича бўлади:

$$R = 7 \cdot 10^{-3} \text{ м; } q = 7 \cdot 10^{-9} \text{ Кл; } C = 1.55 \cdot 10^{-6} \text{ мкФ; } W = 1.57 \cdot 10^{-5} \text{ Ж}$$

2-масала: Қуйидаги ҳолларда нуқтадаги электр майдони энергиясининг ҳажм зичлиги топилсин: 1) нуқта 1см радиусли зарядланган шар сиртидан 2см зокликда, 2) чексиз зарядланган текислик яқинида ва 3) зарядланган чексиз ўзун ипдан 2см ўзоқликда жойлашган. Шар ва текисликдаги заряднинг сирт зичлиги $1,67 \cdot 10^{-5} \text{ Кл/м}^2$ ва ипдаги заряднинг чизиқли зичлиги $1,67 \cdot 10^{-7} \text{ Кл/м}$. Учала хол учун муҳитнинг диэлектрик киритувчанлигини 2 га тенг деб олинсин.

Берилган: $R = 1 \text{ см, } r = 2 \text{ см, } a = 2 \text{ см, } \sigma = 1,67 \cdot 10^{-5} \text{ Кл/м}^2, \tau = 1,67 \cdot 10^{-7} \text{ Кл/м, } \varepsilon = 2,$
 $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м.}$

Топиш керак: учала хол учун энергия зичлиги W_0 топилсин.

Ечиш:

1) масалани ечиш учун энергия зичлиги формуласини эслаймиз.

$$W = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} \quad (1)$$

Бу ифодада майдон кучланганлик ифодасини олиб келиб қуйиш керак. Майдон кучланганлиги қуйидаги ифодадан топилади:

$$E = \frac{q}{4\pi \varepsilon_0 (R + X)^2} \quad (2)$$

Бу ерда $R + X$ – шар марказидан қаралаётган нуқтагача бўлган масофа. (2) ифодада заряд миқдори қуйидагича топилади:

$$q = \tau \cdot 4\pi R^2 \quad (3)$$

Натижада майдон кучланганлиги ифодаси қуйидаги кўринишга келади:

$$E = \frac{\tau 4\pi R^2}{4\pi\epsilon_0 (R+r)^2} = \frac{\tau R^2}{\epsilon_0 (R+r)^2}$$

Бу ифодани (1) ифодага қуямиз ва сон қийматларни ўрнига қўйиб ҳисоблаймиз:

$$W_0 = \frac{\epsilon_0}{2} \left(\frac{\tau R^2}{\epsilon_0 (R+r)^2} \right)^2 = \frac{\tau^2 R^4}{2\epsilon_0 (R+r)^4} = 9.7 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Ж}}{\text{м}^3}$$

2) Чексиз зарядланган текислик ҳосил қилаётган энергия зичлиги

$$W_0 = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} \quad (4)$$

Бу ифодада майдон кучланганлиги

$$E = \frac{\tau}{2\epsilon_0} \quad (5) \quad \text{тенг бўлади.}$$

(5) ифодани (4) ифодага қуйсак чексиз текислик ҳосил қилаётган майдон энергия зичлигини топамиз.

$$W_0 = \frac{\epsilon_0}{2} \left(\frac{\tau}{2\epsilon_0} \right)^2 = \frac{\tau^2}{8\epsilon_0} 1.97 \frac{\text{Ж}}{\text{м}^3}$$

3) Майдон энергия зичлиги ифодаси

$$W_0 = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} \quad (6)$$

Бу ифодага чексиз ўзун ип ҳосил қилаётган майдон кучланганлиги ифодасини ёзамиз:

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 a} \quad (7)$$

ва майдон энергия зичлигини ҳисоблаймиз.

$$W_0 = \frac{\epsilon_0}{2} \left(\frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 a} \right)^2 = \frac{\tau^2}{8\pi^2 \epsilon_0 a^2} = 0.05 \frac{\text{Ж}}{\text{м}^3}$$

Жавоб: 1) $W_0 = 9.7 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Ж}}{\text{м}^3}$; 2) $W_0 = 1.97 \frac{\text{Ж}}{\text{м}^3}$; 3) $W_0 = 0.05 \frac{\text{Ж}}{\text{м}^3}$

Муҳокама учун саволлар:

6.1 Электр зарядини ҳосил майдон энергияси қандай тушунтирилади?

6.2 Зарядлар системаси ҳосил қилган майдон энергияси қандай тушунтирилади?

6.3 Зарядланган ўтказгичлар ҳосил қилган майдон энергияси қандай тушунтирилади?

6.4 Электростатик майдон энергиясининг зичлиги қандай тушунтирилади?

Мавзу бўйича ечимини кутаётган илмий муоммолар:

1. Электр заяди ва зарядлар системаси ҳосил қилган майдон энергиясини мухитларда ўзгаришини тушунтириш муаммолари.

2. Электростатик майдон энергиясини ўзатилишини тушунтириш муаммолари.
3. Электростатик майдон энергиясининг фазода зичлигини ўзгаришини тушунтириш муаммолари.

Мустақил иш топшириқлари:

- 1- топширик. Электростатика булимини тахлил қилиш.
 - 1.1. Электр зарядлари ва уларнинг сақланиши аниқланг.
 - 1.2. Электр зарядларининг ўзаро таъсири Кулон қонунини аниқланг.
 - 1.3. Мухитда вакуумга нисбатан электр таъсири ўзгаришини аниқланг.
 - 2- топширик. Электр майдонини ўрганиш.
 - 2.1. Электр майдонини хусусиятларини аниқланг.
 - 2.2. Электростатик майдон суперпозиция принципини ўрганинг.
 - 2.3. Электростатик майдон индукция векторини ва унинг оқимини аниқланг.
 - 3- топширик. Электростатик майдон кучланганлигини ҳисоблаш ҳоллари.
 - 3.1. Силжиш векторини аниқланг.
 - 3.2. Остроградский-Гаусс теоремасини аниқланг.
 - 3.3. Турли шаклдаги зарядланган жисмларнинг майдон кучланганлигини аниқланг.
 - 4-топширик. Электростатик майдонда бажарилган иш ва потенциаллар фарқи.
 - 4.1. Электростатик майдонда заряд кучирилганда бажарилган ишни аниқланг.
 - 4.2. Потенциал ва потенциаллар фарқини аниқланг.
 - 4.3. Потенциаллар градиентини аниқланг.
 - 4.4. Турли шаклдаги зарядланган жисмларнинг ҳосил қилган потенциалини аниқланг.
 - 5-топширик. Электр майдонидаги ўтказгичлар.
 - 5.1. Ўтказгичлардаги зарядларнинг мувозанатини аниқланг.
 - 5.2. Электростатик майдонга киритилган ўтказгичлардаги заряд тақсимотини ўзгаришини аниқланг.
 - 5.3. Ўтказгичларни электр сиғимини аниқланг.
 - 5.4. Конденсаторларни сиғимини ҳисоблашнинг хусусий ҳолларини аниқланг.
 - 5.5. Конденсаторларни параллел ва кетма-кет улаш усулларини ўрганинг.
 - 6 -топширик. Электр майдон энергиясини ўрганиш.
 - 6.1. Электр зарядлар системасининг ҳосил қилган майдон энергиясини ўрганинг.
 - 6.2. Электростатик майдон энергиясини аниқланг.
 - 6.3. Электростатик майдон зичлигини аниқланг.
- Ушбу топшириқлар саволларига қуйидаги адабиётлардан жавоб топасиз:
- 1.5 Калашников С.Г. Электр Тошкент Ўқитувчи 1979й.
 - 1.6 Сивухин Д.В. Умумий физика курси. Тошкент. Ўқитувчи 1977 й
 - 1.7 С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. Умумий физика курси. Т-2. Тошкент. 1972й

- 1.8 К.А. Путилов. Физика курси. Т-2. Тошкент.1971й.
- 1.9 Савельев И.В. Умумий физика курси. Т-2 Тошкент. 1977й.
- 1.10 Жўраев У.Б. Электр ва магнетизмдан маъруза матнлари. Гулистон. 2000й.

Модул бўйича якуний машғулот:

Бу машғулот якунловчи (умумлаштирувчи) дарс бўлиб, унда интерактив методлар ёрдамида, модул бўйича асосий хулосалар чиқарилади.

1. Электростатика бўлимида зарядларнинг ҳосил бўлиши ва уларнинг хоссалари ўрганилади.
2. Электр зарядлари таъсири ўрганилади.
3. Электр зарядлари юзага келтирган электростатик майдон хоссалари ўрганилади.
4. Электр майдон кучланганлиги ва уларни ҳисоблаш усуллари ўрганилади.
5. Электростатик майдонда бажарилган иш ва потенциаллар фарқи ўрганилади.
6. Ўтказгичларда заряд тақсимооти ва майдонга киритилган ўтказгичларнинг хоссалари ўрганилади.
7. Электростатик майдон энергияси ва энергия зичлиги ўрганилади.

Назорат саволлари:

1. Электродинамика деб нимага айтилади?
2. Мусбат ва манфий заряд деб қандай зарядга айтилади?
3. Бир хил ва ҳар хил ишорали зарядлар қандай ўзаро таъсирлашади?
4. Электроскоп деб қандай асбобга айтилади?
5. Электр зарядининг сақланиш қонунини таърифланг?
6. Элементар заряд деб қандай зарядга айтилади ва унинг сон қиймати қанчага тенг?
7. Электростатика деб нимага айтилади?
8. Нуқтавий заряд деб нимага айтилади?
9. Кулон қонунини таърифланг ва уни СИ даги ифодасини ёзинг.
10. СИ даги заряд бирлиги қандай?
11. Қандай майдонни электростатик майдон деб аталади?
12. «Синов заряди» деб қандай зарядга айтилади?
13. Электростатик майдоннинг бирор нуқтасидаги кучланганлиги деб нимага айтилади?
14. Нуқтавий заряд ҳосил қилган майдоннинг кучланганлигини ифодаловчи формулани ёзинг.
15. Электр майдонлар суперпозицияси принципини тушунтириб беринг.
16. Электр куч чизиқлари деб нимага айтилади?
17. Заряд кўчиришда бажарилган иш формуласини ёзинг.
18. Икки нуқтавий заряднинг ўзаро потенциал энергиясининг математик ифодасини ёзинг.
19. Электр майдоннинг потенциали ва потенциаллар айирмаси деб нимага айтилади? Улар қандай birlikда ўлчанади?

20. Нуқтавий заряд ҳосил қилган майдон потенциалининг формуласи ёзилсин.
21. Қандай сиртларга эквипотенциал сиртлар дейилади?
22. Эквипотенциал сиртларда зарядни кўчиришда бажарилган иш нимага тенг?
23. Майдон кучланганлиги билан потенциаллар айирмаси ўзаро қандай боғланган?
24. Яккаланган ўтказгичнинг электр сиғими деб нимага айтилади?
25. Электр сиғими СИ системасида қандай ўлчов бирликда ўлчанади?
26. Шарнинг электр сиғими формуласи ёзилсин.
27. Ўзаро электр сиғими деб нимага айтилади?
28. Конденсаторлар нима? Уларнинг қандай турлари бор?
29. Ясси, сферик ва цилиндрик конденсаторлар сиғими нимага тенг?
30. Параллел ва кетма-кет уланган конденсаторлар батареясининг сиғими нимага тенг?

Тавсия қилинган адабиётлар:

1. Калашников С. Г. Электр Тошкент Ўқитувчи. 1979 йил.
2. Сивухин. Д.В. Умумий физика курси. Тошкент. Ўқитучи. 1977й.
3. С.Э.Фриш, А.В.Тиморева. Умумий физика курси. Т-2. Тошкент. 1972й.
4. К.А. Путилов. Физика курси. Т-2. Тошкент. 1971й.
5. Савельев И.В. Умумий физика курси. Т-2. Тошкент. 1977й.
6. Волькенштейн В.С. Умумий физикадан масалалар тўплами. Тошкент. Ўқитувчи 1971й.
7. М.С. Цедрик. Умумий физика курсидан масалалар тўплами. Тошкент. 1991 йил.

Мундарижа

1.1-мавзу.Электр ва магнетизм фани.....	12
2.1-амалий маш\улот.Зарядларнинг ўзаро таъсири.Кулон қонунларига оид масалалар ечиш.....	17
3.2-мавзу.Электр майдони	20
4.2-амалий маш\улот.Электр майдон кучланганлиги. Электр диполи.Электростатик майдон индукция вектори ва унинг оқими.....	27
5.3-мавзу. Остроградский-Гаусс теоремаси ва унинг ёрдамида электр майдон кучланганлигини ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари.....	30
6.4-мавзу. Электростатик майдонда бажарилган иш.Потенциал. Потенциаллар фарқи.Потенциаллар градиенти.Потенциаллар фарқини ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари.....	41
7.4-амалий маш\улот. Электростатик майдонда бажарилган иш.Потенциал. Потенциаллар фарқи.Потенциаллар градиенти.Потенциаллар фарқини ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари.....	47
8.5-мавзу. Электр майдонидаги ўтказгич. Ўтказгичдаги зарядларнинг мувозанати. Ташқи электр майдонидаги ўтказгичлар. Электр сиғими. Конденсаторлар ва уларнинг сиғими. Конденсаторлар сиғимини ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари. Конденсаторларни электр занжирига улаш усуллари.....	50
9.5-амалий маш\улот. Электр сиғими. Конденсаторлар. Конденсаторлар сиғимини ҳисоблашнинг хусусий ҳоллари. Конденсаторларни электр занжирига улаш усуллари ва уларнинг сиғими.....	56
10.6-мавзу. Зарядлар системасининг энергияси. Электр майдон энергияси. Энергия зичлиги.....	59
11.6-амалий маш\улот. Электр зарядининг энергияси. Зарядлар системасининг энергияси. Электр майдон энергияси. Энергия зичлиги.....	64
12.Мустақил иш топшириқлари.....	67
13.Модул бўйича якуний маш\улот.....	68
14.Назорат саволлари.....	69
15.Тавсия қилинган адабиётлар рўйхати.....	70
Мундарижа	71

