ГЛАВА I. ЕЛЕКТРОСТАТИКА

1. ЕЛЕКТРИЧНИ ЗАРЯДИ

ЗАД.1. Примери за наелектризиране на телата чрез триене:

1. ако при сух въздух натрием гребен в косата си, той привлича леки късчета хартия;
2. след натриване с парче от вълнен плат надут балон се привлича и прилепва към стената или тавана на стаята;
3. при събличане на дрехите вечер се виждат искри;
4. ако си натрием краката в мокета и докоснем дръжката на врата, прескачат искри.

Електричните заряди са два вида- положителни и отрицателни.
Мерната единица за електричен заряд се нарича кулон С.
Елементарен електричен заряд е най- малкият електричен заряд, който може да притежава една микрочастица или тяло- $e = 1{,}6.10^{-19}$ С.
Частици, които притежават елементарен електричен заряд са протонът и електронът.

ЗАД.2. Взаимодействието между неподвижни наелектризирани тела, се нарича електростатично взаимодействие.

ЗАД.3. Примери за процеси и явления, при които се запазва електричния заряд:

1. при наелектризиране на макроскопичните тела (при натриване на стъклена пръчка с парче кожа);
2. в света на микрочастиците (напр. при делене на ядрата на урана- пълният електричен заряд на всички продукти, получени от деленето на ядрото на урана, е равен на електричния заряд на изходното ядро на урана)

ЗАД.4. Основната разлика между проводниците и диелектриците е, че в проводниците електричните заряди могат да се движат под действие на електричните сили, докато в диелектриците електричните заряди не могат да се движат свободно. Това се дължи на различния строеж на тези вещества. Съгласно атомната теория част от електроните на металите могат да се движат свободно вътре във веществото, докато в диелектриците практически няма свободни заряди, тъй като всички електрони са здраво свързани с ядрата.

ЗАД.5. Пръчката на електроскопа се прави от метал, за да може некомпенсираните заряди да се разположат върху двете листенца и те да се отблъснат.

ЗАД.6. Ако докоснем с ръка металното топче на зареден електроскоп, листенцата му се прибират. Причината за това е, че некомпенсираните заряди преминават в нашето тяло.

ЗАД.7. Листенцата на зареден елестроскоп се събират бавно с течение на времето, защото некомпенсираните заряди постепенно се компенсират със заряди от въздуха.

ЗАД.8. Не. Съгласно със закона за запазване на електричния заряд пълният заряд на двете части трябва да бъде равен на пълния заряд на електронеутралното тяло, т. е. нула. Следователно едната част ще се зареди положително, а другата – отрицателно.

2. ЗАКОН НА КУЛОН

ЗАД.1. Когато размерите на едно тяло са много малки в сравнеие с разстоянията до другите наелектризирани тела, електричната сила вече не зависи от големината и формата на тялото. Тогава можем да приемем, че целият електричен заряд на тялото е съсредоточен в една геометрична точка и разглеждаме тялото като точков заряд. Например при взаимодействието на две топчета или сфери, разстоянието между които е по- голямо от техните размери.

ЗАД.2. Законът на Кулон се нарича още и закон на обратните квадрати. Ако $q_1 = q_2 = q$, то от формулата $F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$ получаваме $F = k\frac{qq}{r^2} = k\frac{q^2}{r^2}$

ЗАД.3. Използаме закон на Кулон $F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$. Съгласно с тази формула силата F е обратнопропорционална на квадрата на разстоянието между точковите заряди. Следователно ако разстоянието между тях се намали 2 пъти, то знаменателят r^2 се намалява 2^2 пъти, т.е. 4 пъти. Тогава силата се увеличава 4 пъти.

ЗАД. 4. Дадено: $F_1 = 9$ N
$r_1 = 5$ cm $= 0.05$ m;
$r_2 = 15$ cm $= 0.15$ m
Търси се: $F_2 = ?$

Използваме закон на Кулон: $F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$

$F_1 = k\frac{q_1 q_2}{r_1^2}$ и $F_2 = k\frac{q_1 q_2}{r_2^2}$. Образуваме отношението $\frac{F_1}{F_2} = \frac{k\frac{q_1 q_2}{r_1^2}}{k\frac{q_1 q_2}{r_2^2}} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$.

Следователно $F_2 = \frac{F_1 r_1^2}{r_2^2} = \frac{9.0.05^2}{0.15^2} = 1N$

Зад.5. Дадено: $q_1 = q_2 = 1C$;
r = 1m;
m = 3000 kg;
g = 10 m/s^2;
k = $9.10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$
Търси се: F = ?; G = ?; $\frac{F}{G} = ?$

Използваме закон на Кулон и определяме електростатичната сила

$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{9.10^9.1.1}{1^2} = 9.10^9 N$

Силата на тежесттта е $G = mg$ и $G = 3000.10 = 3.10^4 N$

Отношението $\frac{F}{G} = \frac{9.10^9}{3.10^4} = 3.10^5$ Следователно $F = 3.10^5 G$

Двата заряда се привличат със сила, равна по големина на силата, с която земята привлича 300 000 слона.

ЗАД.6. Дадено: F = 9N;
r =10 cm = 0.1m;
$q_2 = 1.10^{-6}$ C;
k = $9.10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$
Търси се: q_1=?

Електричният заряд определяме от закон на Кулон $F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$. Оттук следва, че

$$q_1 = \frac{F.r^2}{kq_2} = \frac{9.0,1^2}{9.10^9.1.10^{-6}} = 1.10^{-5} C$$

3.ЕЛЕКТРИЧНО ПОЛЕ

ЗАД.1. Поле, създадено от неподвижни точкови заряди, се нарича електростатично. Интензитетът на електричното поле е равен на отношението на силата F, действаща на пробен заряд, поставен в полето, към големината на този пробен заряд q_0

т.е. $E = \frac{F}{q_0}$. Електрично поле, чийто интензитет има еднаква големина и посока във всички негови точки, се нарича еднородно поле. Неговите силови линии са успоредни прави, разположени на еднакви разстояния една от друга.

ЗАД.2 Дадено: q = 2.10^{-7} C;
F = 0,02 N
Търсим: E = ?

От формулата за интензитет на електричното поле $E = \frac{F}{q} = \frac{0,02}{2.10^{-7}} = 1.10^5 N/C$

ЗАД.3. Дадено: q_1 =3.10^{-7} C; N_1 = 15; q_2 = 2.10^{-7} C;
Търси се: N_2 =?

Броят на силовите линии, които излизат от положителния заряд и влизат в отрицателния заряд, е правопропорционален на големината на заряда. Можем да запишем, че $N_1 \sim q_1$ $N_2 \sim q_2$

След почленно разделяне получаваме: $\frac{N_1}{N_2} \sim \frac{q_1}{q_2}$ $N_1 q_2 \propto N_2 q_1$

Следователно $N_2 \sim N_1 \frac{q_2}{q_1} = \frac{15.2.10^{-7}}{3.10^{-7}} = 10$

4. ЕЛЕКТРИЧНИ СИЛИ И ЕЛЕКТРИЧНО ПОЛЕ (РЕШАВАНЕ НА ЗАДАЧИ)

ЗАД.1. Дадено: q = 0,001 C;
e = $1,6.10^{-19}$ C
Търси се: N = ?
Общият заряд q_1 на отнетите електрони от металното топче е равен на броя N на електроните по големината на заряда на електрона e : q = N.e . От закона за запазване на електричния заряд следва, че q_1 = q. Тогава q_1 = q = N.e. От тук

$$N = \frac{q}{e} = \frac{1.10^{-3}}{1,6.10^{-19}} = 6,25.10^{15} \text{ електрона}$$

ЗАД.2. Дадено: F_1 = 1N; q_1, q_2, r_1;
F_2 = 16 N
Търсим: r_2 = ?

Използваме закон на Кулон $F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$. В случая

$F_1 = k\frac{q_1 q_2}{r_1^2}$ и $F_2 = k\frac{q_1 q_2}{r_2^2}$ Делим двете равенства почленно и получаваме:

$\frac{F_1}{F_2} = \frac{k\frac{q_1 q_2}{r_1^2}}{k\frac{q_1 q_2}{r_2^2}} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$. Коренуваме двете страни на равенството и получаваме:

$\sqrt{\frac{F_1}{F_2}} = \sqrt{\frac{r_2^2}{r_1^2}}$ или $\sqrt{\frac{1}{16}} = \frac{r_2}{r_1}$. От тук определяме r_2

$4.r_2 = r_1$; $r_2 = \frac{r_1}{4}$ - следователно разстоянието между зарядите трябва да се намали 4 пъти, за да се увеличи силата на 16 N.

ЗАД.3. Дадено: $q_0 = 2.10^{-9}$ C ;
F = 4.10^{-5} N
Търсим: E = ?
От формулата за определение на интензитет на електрично поле

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{4.10^{-5}}{2.10^{-9}} = 2.10^4 N/C$$

ЗАД.4. Дадено: r_1 = 18cm = 0,18m;
E_1 = 10 N/C;
r_2 = 2 cm = 0,02 m
Търсим: E_2 =?

Интензитетът на поле, създадено от точков заряд, се определя по формулата: $E = k\frac{q}{r^2}$

За двете разстояния можем да запишем: $E_1 = k\frac{q}{r_1^2}$ и $E_2 = k\frac{q}{r_2^2}$. Разделяме двете равенства почленно и получаваме: $\frac{E_1}{E_2} = \frac{k\frac{q}{r_1^2}}{k\frac{q}{r_2^2}} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$. От тук определяме E_2

$$E_2 = \frac{E_1 r_1^2}{r_2^2} = \frac{10.0{,}18^2}{0{,}02^2} = 810 N/C$$

ЗАД.5. Дадено: r_1; $r_2 = r_1 + 0{,}15m$

$$F_2 = \frac{F_1}{16}$$

Търсим: r_1 =?

Използваме закон на Кулон $F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$

$F_1 = k\frac{q_1 q_2}{r_1^2}$ $F_2 = k\frac{q_1 q_2}{r_2^2} = k\frac{q_1 q_2}{(r_r + 0{,}15)^2}$. Разделяме двете страни на равенствата почленно и получаваме:

$\frac{F_1}{F_2} = \frac{k\frac{q_1 q_2}{r_1^2}}{k\frac{q_1 q_2}{(r_r + 0{,}15)^2}} = \frac{(r_1 + 0{,}15)^2}{r_1^2}$. Тъй като $F_2 = \frac{F_1}{16}$, то следователно

$\frac{F_1}{\frac{F_1}{16}} = \frac{(r_1 + 0{,}15)^2}{r_1^2}$; $16 = \frac{(r_1 + 0{,}15)^2}{r_1^2}$. Коренуваме двете страни на равенството и получаваме: $4 = \frac{r_1 + 0{,}15}{r_1}$; $4.r_1 = r_1 + 0{,}15$; $3.r_1=0{,}15$; $r_1 = 0{,}05m = 5$ cm

ЗАД.6. Дадено: N_1; N_2;

Търсим: $\frac{q_1}{q_2} = ?$

Броят на силовите линии N, които излизат или влизат в точков заряд q, е пропорционален на големината на зарядите, т.е N~ q. Следователно q_1 ~12 q_2 ~ 6.

Тогава $\frac{q_1}{q_2} = \frac{12}{6} = 2$.

5.ПОТЕНЦИАЛ НА ЕЛЕКТРОСТАТИЧНО ПОЛЕ

ЗАД.1. Мерни единици за:

електрична потенциална енергия W – джаул J;
електрично напрежение U – волт V
потенциал φ – волт V

ЗАД.2. Дадено: $\varphi_M = 180$ V;
$\varphi_N = -40$ V
Търсим: U = ?
Електричното напрежение се определя по формулата $U = \varphi_M - \varphi_N$
$U = \varphi_M - \varphi_N = 180 - (-40) = 220$ V.

ЗАД.3. Дадено: $\varphi = 100$V;
а) $q = 3.10^{-6}$ C;
б) $q = -5.10^{-6}$ C
Търсим: W =?
По определение $W = q.\varphi$
а) $W = q\varphi = 3.10^{-6}.100 = 3.10^{-4}\,J$
б) $W = -q\varphi = -5.10^{-6}.100 = -5.10^{-4}\,J$

6. ДВИЖЕНИЕ НА ЗАРЕДЕНИ ЧАСТИЦИ В ЕЛЕКТРИЧНО ПОЛЕ

ЗАД.1. Електронно – лъчевата тръба е вакуумна тръба, чиято по- широка предна част служи за екран, а в задния й край е разположен електронният прожектор – система, която създава електронния сноп. Катодът на електронния прожектор е свързан към отрицателния полюс на източник на високо напрежение, а анодът – към положителния полюс. През нагревателя се пропуска електричен ток, който нагрява катода до висока температура. От горещия катод се откъсват електрони, които след това се ускоряват от електричното поле, създадено между катода и анода. В средата на анода има отвор, през който електронният сноп достига до екрана. Вътрешната стена на екрана е покрита с луминофор. Електронният лъч може да се отклонява в различни посоки от две двойки управляващи пластинки – хоризонтална и вертикална.

В телевизорите се използват електронно- лъчеви тръби, които се наричат кинескопи. Подобни тръби има и в компютрите.

ЗАД.2. Протон и електрон попадат без начална скорост в еднородно електрично поле , чиито силови линии са насочени на север. Тогава на протона, който е положително зарадана частица, ще действа електрична сила, която е насочена по посока на силовите линии, т.е. на север и той ще се движи на север. На електрона ще действа електрична сила в противоположна посока и той ще се движи на юг. И в двата случая електричната им потенциална енергия ще намалява за сметка на тяхната кинетична енергия.

ЗАД.3. Дадено: d = 1 cm = 0,01 m;
U = 10 V
Търсим: E = ?
Интензитета определяме от формулата за връзка между интензитет и напрежение:
$E = \frac{U}{d}$. Тогава $E = \frac{U}{d} = \frac{10}{0{,}01} = 1000V/m$

7. ДВИЖЕНИЕ НА ЗАРЕДЕНИ ЧАСТИЦИ (РЕШАВАНЕ НА ЗАДАЧИ)

ЗАД.1. Дадено: U = 5 kV = 5.10^3 V
Търсим: E_k = ? keV

Използваме закона за запазване на енергията при движение на заредени частици в електростатично поле: $W_1 + E_{k_1} = W_2 + E_{k_2}$

$W_1 - W_2 = E_{k_2} - E_{k_1}$, но $E_{k_k} = 0$

$e\varphi_1 - e\varphi_2 = E_{k_2}$;

$e(\varphi_1 - \varphi_2) = E_{k_2}$;

$eU = E_{k_2}$; $E_{k2} = e.5kV = 5keV$

ЗАД.2. Дадено: q = 2e; e = 1,6.10^{-19} C;

φ_M = 400 V

φ_N = 300 V

Търсим: E_k =? eV

Използваме закона за запазване на енергията. В началния момент в точка M йонът е в покой, следователно неговата кинетична енергия е 0, а електричната му потенциална енергия е $W_M = 2e.\varphi_M$. В точка N йонът притежава кинетична енергия E_{kN} и електрична потенциална енергия W_N

Тогава от $W_M + E_{kM} = W_N + E_{kN}$ получаваме

$W_M = W_N + E_{kN}$

$2e.\varphi_M = 2e.\varphi_N + E_{kN}$

$E_{kN} = 2e.(\varphi_M - \varphi_N) = 2e.(400 - 300) = 2e.100V = 200eV$ (I начин)

Или $E_{kN} = 2e.(\varphi_M - \varphi_N) = 2.1{,}6.10^{-19}.(400 - 300) = 3{,}2.10^{-19}.100 = 3{,}2.10^{-17}\,J$ (II начин)

Използваме, че 1eV = 1,6.10^{-19} J и преминаваме от мерна единица джаул в електронволт.

$$E_{kN} = \frac{3{,}2.10^{-17}}{1{,}6.10^{-19}} = 200eV$$

ЗАД.3. Дадено: E = 1.10^5 V/m;

e = 1,6.10^{-19} C;

E_{kM} = 3,2.10^{-16} J;

$$E_{kN} = \frac{E_{kM}}{2} = 1{,}6.10^{-16}\,J$$

Търсим: d =?

От формулата за връзка между интензитета и напрежението $E = \frac{U}{d}$ определяме разстоянието $d = \frac{U}{E}$. Напрежението можем да определим като използваме закона за запазване на енергията: $W_M + E_{kM} = W_N + E_{kN}$

$E_{kM} - E_{kN} = W_N - W_M = (-e).\varphi_N - (-e).\varphi_M = (-e).(\varphi_N - \varphi_M) = e.(\varphi_M - \varphi_N) = eU$

$$U = \frac{E_{kM} - E_{kN}}{e} = \frac{3{,}2.10^{-16} - 1{,}6.10^{-16}}{1{,}6.10^{-19}} = 10^3 V$$

Заместваме в $d = \frac{U}{E}$ и получаваме: $d = \frac{10^3}{1.10^5} = 0{,}01m$

8. ПРОВОДНИК В ЕЛЕКТРОСТАТИЧНО ПОЛЕ

ЗАД.1. Явлението, при което под влияние на външно поле става преразпределяне на свободните електрони и едни части от повърхността на проводниците се зареждат с положителен заряд, а други – с отрицателен заряд, се нарича електростатична индукция, а зарядите – индуцирани.

Заземяването се осъществява като дадена метална сфера (или машина) се свърже с проводяща жица за земята. Така натрупаните некомпенсирани заряди се отвеждат в земята или се компенсират със заряди с противоположен знак.

Основните свойства на проводниците в състояние на елестростатично равновесие са:

1. Интензитетът на електричното поле във всички точки вътре в проводника е нула;
2. Извън проводника силовите линии на полето са перпендикулярнина неговата повърхност;
3. Некомпенсираните заряди се разполагат само по повърхността на проводника;
4. Най– много некомпенсирани заряди се натрупват в изпъкналите части на проводника;
5. Всички точки от повърхността на проводника имат еднакъв потенциал.

ЗАД.2. Не. Съгласно със закона за запазване на електричния заряд част от зарядите ще преминат върху сферата и част от тях ще останат на топчето, но така че пълният заряд на топчето и сферата да е равен на първоначалния заряд на топчето.

ЗАД.3. Решена е в учебника- страница 27

9. КОНДЕНЗАТОРИ

ЗАД.1. Кондензаторите са устройства, в които се натрупват разделени положителни и отрицателни заряди и се съхранява електрична енергия.

Съгласно определението за капацитет на кондензатор $C = \frac{q}{U}$ = const. Единицата за капацитет се нарича фарад F: $1F = \frac{1C}{1V}$.

Капацитетът на плосък кондензатор не зависи от заряда и напрежението на кондензатора, от размерите, формата и взаимното положение на двата елетрода.

ЗАД.2. Причината да се поставя диелектрик между електродите на повечето кондензаторие,че това води до увеличаване на капацитета на кондензатора.

Не може напрежението на даден кондензатор да се увеличава неограничено, защото ще настъпи т. нар. пробив на кондензатора: електричното поле в кондензатора става толкова силно, че от молекулите на диелектрика се откъсват електрони и между двата електрода прескача искра.

ЗАД.3. Дадено: U = 12 V;

q = 24μC = 24.10-6 C

Търсим: C =?

Използваме формулата за капацитет на кондензатор $C = \frac{q}{U} = \frac{24.10^{-6}}{12} = 2.10^{-6} F = 2\mu F$

10. ПОЛЯРИЗАЦИЯ НА ДИЕЛЕКТРИЦИТЕ

ЗАД.1. Електричен дипол е система от два равни по големина и противоположни по знак заряда, разстоянието между които е много по- малко от разстоянията до другите заредени тела или частици.

Когато електричен дипол попадне в електрично поле под действие на двойка равни по големина и противополжни по посока електрични сили той се завърта и се ориентира по посока на полето.

ЗАД.2. Водородните атоми в молекулата на водата са разположени под ъгъл 105. При това центърът на тежестта на отрицателните заряди съвпада с кислородния атом, докато центърът на положителните заряди е разположен по средата на отсечката, съединяваща двата водородни атома. Можем да направим електричен модел на молекулата на водата, при което двата заряда образуват електричен дипол. Затова казваме, че молекулата на водата е полярна молекула.

Молекулата на въглеродния диоксид е неполярна молекула. Тя е симетрична линейна молекула- центровете на положителните и на отрицателните заряди съвпадат.

ЗАД.3. Когато неполярна молекула попадне в електрично поле, под действие на електричните сили молекулата се поляризира и полученият дипол се ориентира по посока на полето.

Когато полярна молекула попадне в електрично поле, на ориентиращото действие на електричните сили се противопоставя хаотичното топлинно движение и поради това полярната молекула се ориентира частично по посока на полето.

ЗАД.4. Зарядите, които се индуцират по повърхността на проводника са свободни. Докато индуцираните върху повърхонста на диелектриците заряди не са свободни- те са част от поляризираните молекули.

ЗАД.5. Сегнетоелектриците намират приложение в техниката- от тях се изработват кондензатори, чийто капацитет зависи от приложеното напрежение. От кристалите се изработват пластинки, в които се наблюдава пиезоелектричен ефект (използва се в приемниците и източниците на ултразвук).