

# Електричне силе и електрична поља

# Особине наелектрисања

- Постоје две врсте наелектрисања
  - Позитивна и негативна
- Наелектрисања супротног знака се привлаче, а различитог знака се одбијају
- Основни носиоц позитивног наелектрисања је протон
  - Протони се не померају са једног материјала на други пошто су они чврсто везани у оквиру језгра

# Још особина наелектрисања

- Основни носиоц негативног наелектрисања је електрон
  - Добијање или губљење електрона је начин на који објекат постаје наелектрисан
  - Наелектрисање се не креира, само се размењује
  - Објекат постаје позитивно наелектрисан када његови електрони пређу на други објекат

# Особине наелектрисања, крај

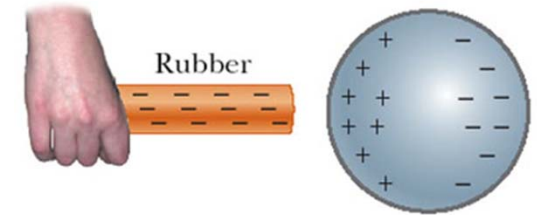
- Наелектрисање је квантовано
  - Свако наелектрисање је умножак фундаменталне јединице наелектрисања, која се означава са  $e$
  - Електрони имају наелектрисање  $-e$
  - Протони имају наелектрисање  $+e$
  - SI јединица наелектрисања је кулон (C)
    - $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$

# Проводници

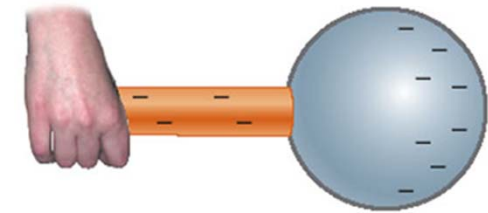
- Проводници су материјали по којима се наелектрисање слободно креће услед деловања електричног поља
  - Бакар, алуминијум и сребро су добри проводници
  - Када је било који део проводника наелектрисан, наелектрисање се веома брзо распоређује по читавој површини материјала

# Наелектрисавање путем провођења

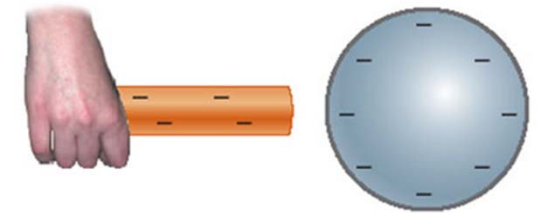
- Наелектрисани објекат (штап) је доведен у контакт са другим објектом (сфером)
- Неки електрони из штапа могу да се пренесу на сферу
- Када се штап уклони, сфера остаје наелектрисана
- Објекат који је наелектрисан има исти знак наелектрисуња као и објекат који је извршио наелектрисавање



(a) Before



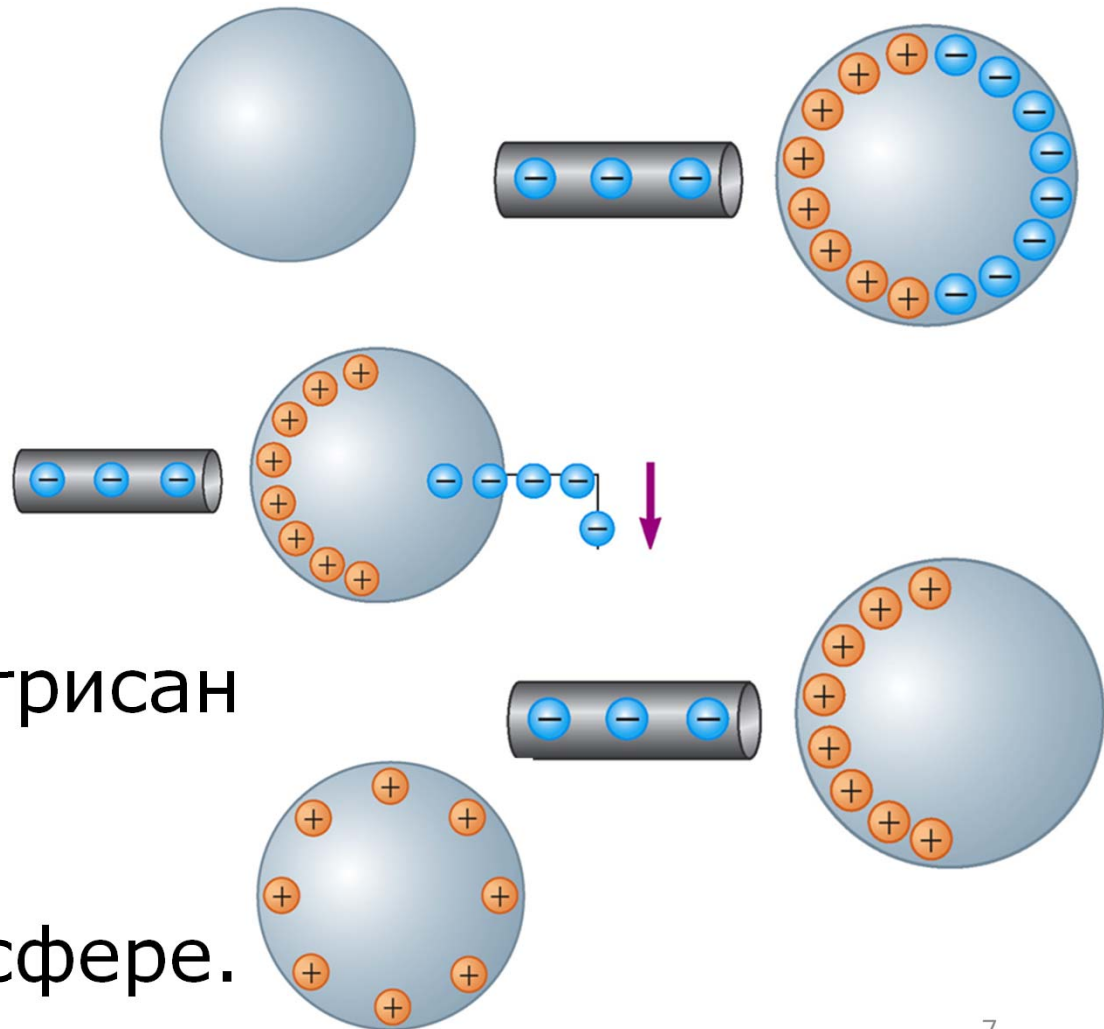
(b) Contact



(c) After breaking contact

# Наелектрисање путем индукције

- Када је објекат повезан са проводном жицом или цеви која је у контакту са земљом, каже се да је уземљен.



- Негативно наелектрисан гумени штап је постављен близу ненаелектрисане сфере.

# Наелектрисавање путем индукције, 2

- Наелектрисања у сфери се раздвајају на две половине у лопти
  - Електрична сила која потиче од електрона у штапу одбија неке од електрона у сфери.



# Наелектрисање индукцијом, 3

- Регион сфере који је најближи негативно наелектрисаном штапу има вишак позитивног наелектрисања због тога што електрони беже ка супротном региону сфере
- Уземљена проводна жица се онда повеже за сферу
  - То омогућава неким од електрона да се са сфере помере на земљу

# Наелектрисање индукцијом, крај

- Када се жица повезана за земљу уклони, сфера остаје са вишком позитивног наелектрисања
- Позитивно наелектрисање на сфери је равномерно распоређено услед одбијања позитивних наелектрисања
- *Наелектрисање путем индукције не захтева физички контакт између објеката*

# Кулонов закон

- По Кулоновом закону електрична сила има следеће особине:
  - Делује дуж линије која повезује два наелектрисања, и обрнуто је пропорционална квадрату растојања,  $r$ , између тих наелектрисања.
  - Сила је пропорционална производу интензитета наелектрисања,  $|q_1|$  и  $|q_2|$  две честице.
  - Сила је привлачна ако су наелектрисања супротног знака или одбојна ако су наелектрисања истог знака

# Кулонов закон, наставак

- Математички,

$$F = k_e \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

- $k_e$  се зове *Кулонова константа*
  - $k_e = 8.9875 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$
- Типична наелектрисања могу да буду реда  $\mu\text{C}$
- Запамтите да је сила *векторска* величина
- Применљив само на тачкаста наелектрисања

# Крактеристике честица

**TABLE 15.1**

---

**Charge and Mass of the Electron, Proton, and Neutron**

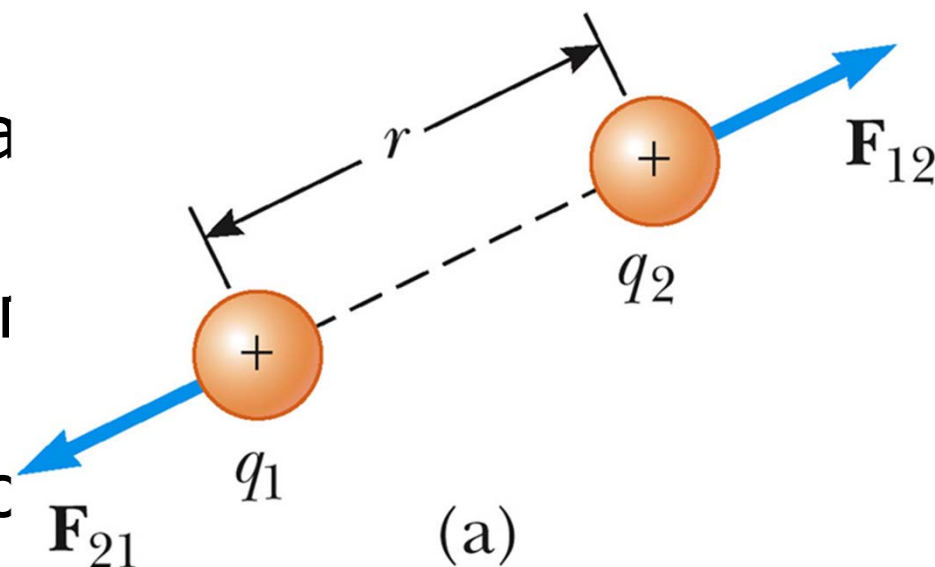
---

<b>Particle</b>	<b>Charge (C)</b>	<b>Mass (kg)</b>
Electron	$-1.60 \times 10^{-19}$	$9.11 \times 10^{-31}$
Proton	$+1.60 \times 10^{-19}$	$1.67 \times 10^{-27}$
Neutron	0	$1.67 \times 10^{-27}$

---

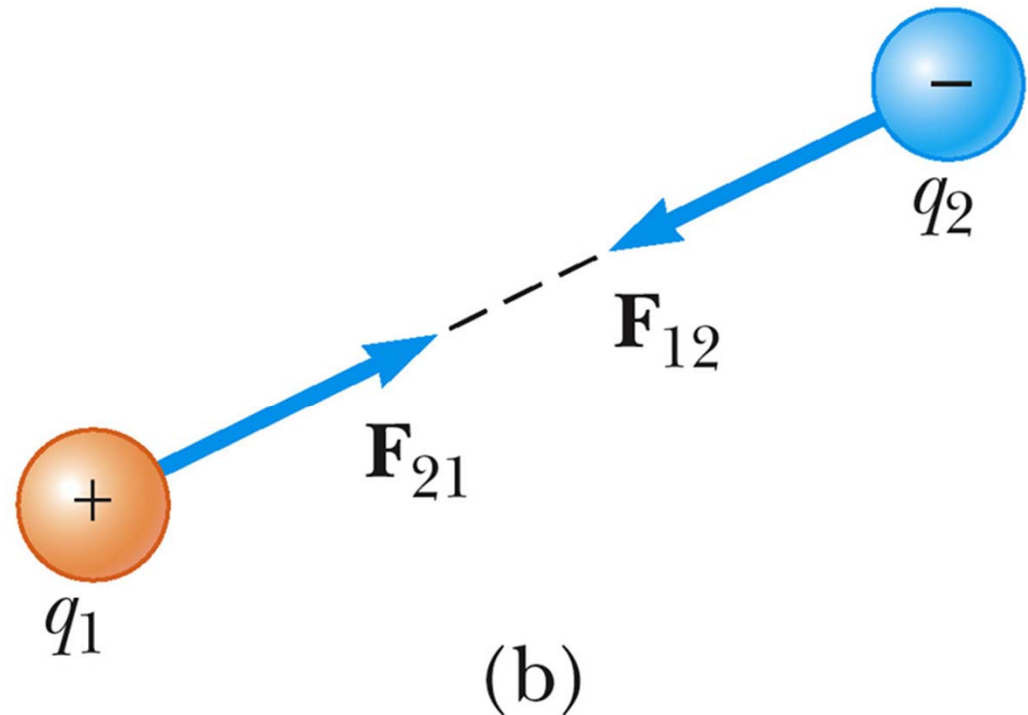
# Векторска природа електричне силе

- Два тачкаста наелектрисања су на растојању  $r$
- Наелектрисања истога знака се одбијају
- Сила на  $q_1$  је једнак интензитета и супротног смера као сила на  $q_2$



# Векторска природа сила, наставак

- Два тачкаста наелектрисања су на растојању
- Наелектрисања супротног знака се привлаче
- Сила на  $q_1$  је једнаког интензитета а супротног знака од сила на  $q_2$



# Питање

Објекат А има наелектрисање  $+2\mu\text{C}$ , а објекат Б наелектрисање  $-6\mu\text{C}$ . Који исказ је тачан?

a)  $\mathbf{F}_{AB} = -3\mathbf{F}_{BA}$

b)  $\mathbf{F}_{AB} = -\mathbf{F}_{BA}$

c)  $3\mathbf{F}_{AB} = -\mathbf{F}_{BA}$



# Задатак: Електрична сила

Електрон и протон у атому водоника су у средњем удаљени  $5.3 \cdot 10^{-11}$  m. Нађи интензитет електричне силе која делује између ових честица.

# Електрична сила као поље силе

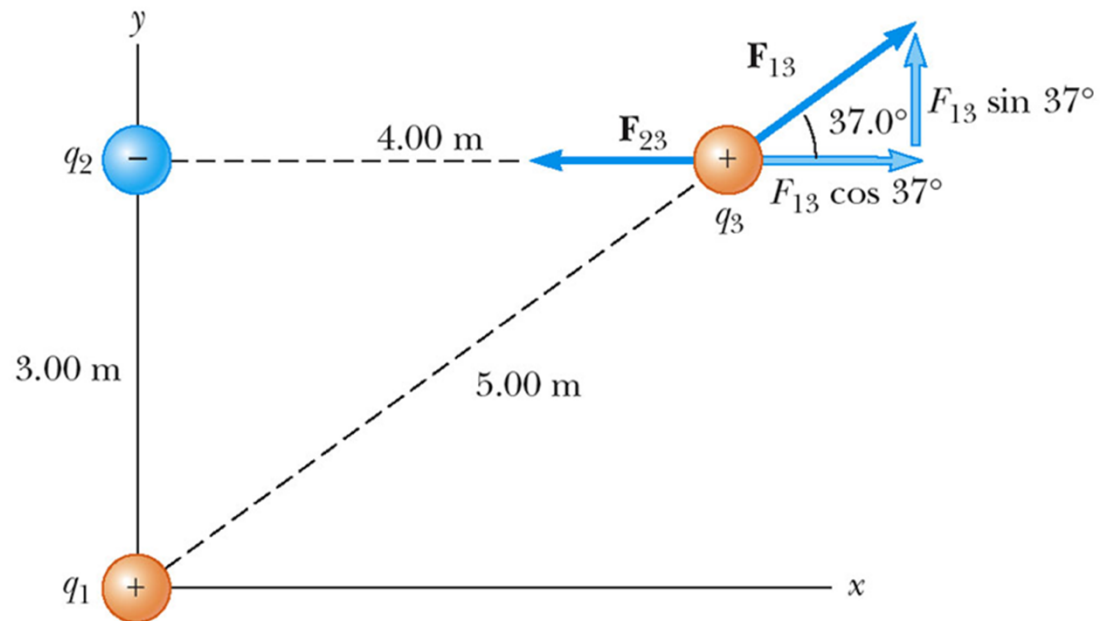
- Ово је други пример поља силе
  - Гравитација је била први
- Подсећање: Код поља силе један објекат делује силом на други иако између њих не постоји физички контакт
- Постоје битне сличности и разлике између гравитационе и електричне силе

# Принцип суперпозиције

- Резултантна сила на дато наелектрисање је једнака векторској суми сила које потичу од свих осталих наелектрисања
  - Не заборавите да саберете силе као *векторе*

# Принцип суперпозиције, пример

- Сила којом  $q_1$  делује на  $q_3$  је  $\vec{F}_{13}$
- Сила којом  $q_2$  делује на  $q_3$  је  $\vec{F}_{23}$
- *Укупна сила* која делује на  $q_3$  је векторска сума  $\vec{F}_{13}$  и  $\vec{F}_{23}$



# Стратегија за решавање проблема

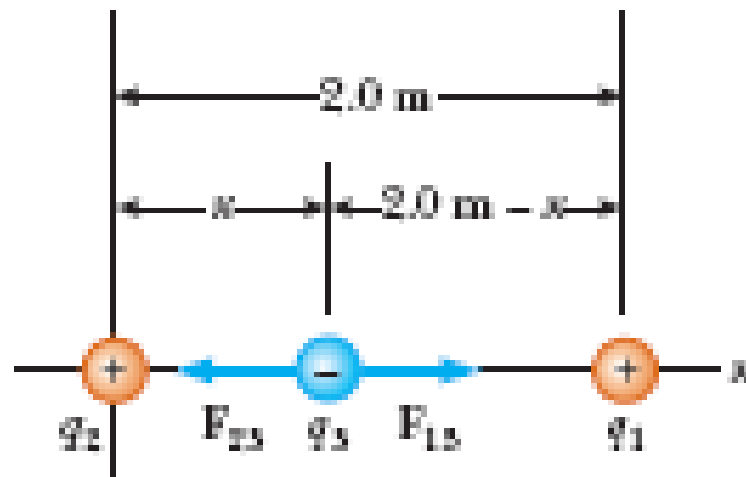
- **Нацртајте** дијаграм наелектрисања у проблему
- **Идентификујте** наелектрисање од интереса у проблему
  - Можете да га заокружите
- **Јединице** – Претворите све у SI систем
  - Морају да буду конзистентне са  $k_e$

# Стратегија за решавање проблема, наставак

- **Примени Кулонов закон**
  - За свако наелектрисање, нађи силу на наелектрисање од интереса
  - Одреди правац силе
- **Сабери све  $x$  и  $y$  компоненте**
  - То даје  $x$ - и  $y$ - компоненту резултантне силе
- **Нађи резултантну силу** користећи Питагорину теорему и тригонометрију

# Електрично поље

Три наелектрисања леже дуж  $x$  осе као на слици. Позитивно наелектрисање од  $q_1 = 15\mu\text{C}$  се налази на  $l = 2\text{m}$  а позитивно наелектрисање од  $q_2 = 6\mu\text{C}$  се налази у координатном почетку. Где мора да се налази негативно наелектрисање  $q_3$  да би резултантна сила на њега била нула?

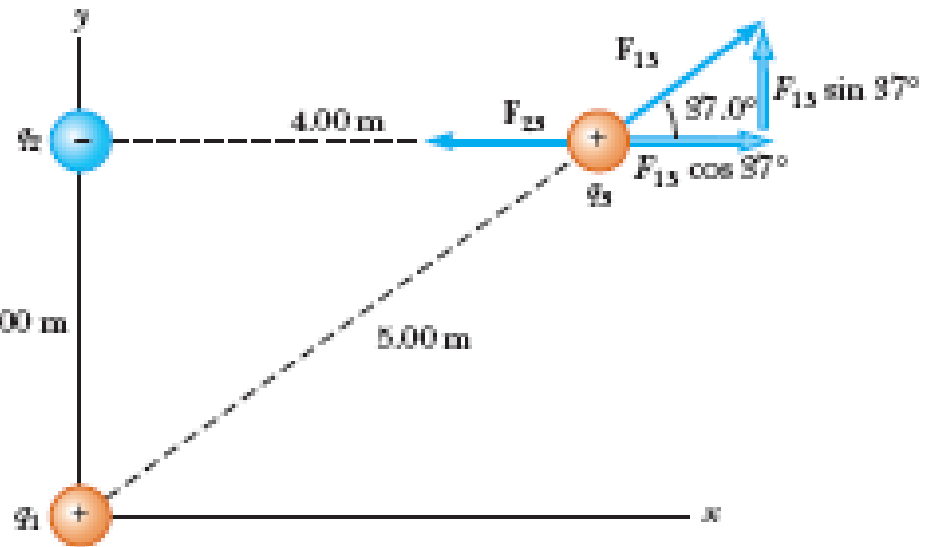


# Задатак - троугао

Разматрајте три тачкаста наелектрисања која се налазе у теменима троугла, као што је приказано на слици. Наелектрисања су:

$$q_1 = 6 \cdot 10^{-9} \text{ C} \quad q_2 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ C} \quad q_3 = 5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

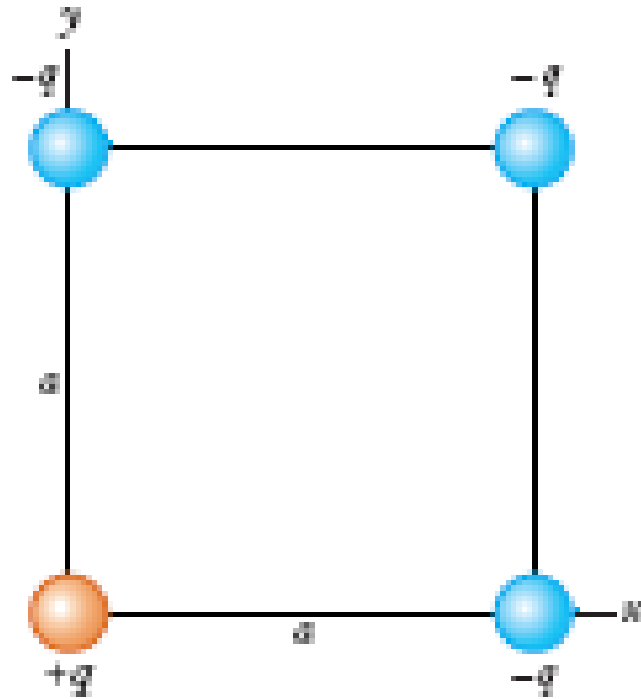
- Нађи компоненте силе којом  $q_2$  делује на  $q_3$ .
- Нађи компоненте силе којом  $q_1$  делује на  $q_3$ .
- Нађи резултантну силу која делује на  $q_3$ . Одреди њене компоненте интензитет и правац





# Задатак - квадрат

- Четири наелектрисања су постављена у темена квадрата странице  $a$ . Нађи израз за резултантну силу на наелектрисање  $+q$ .

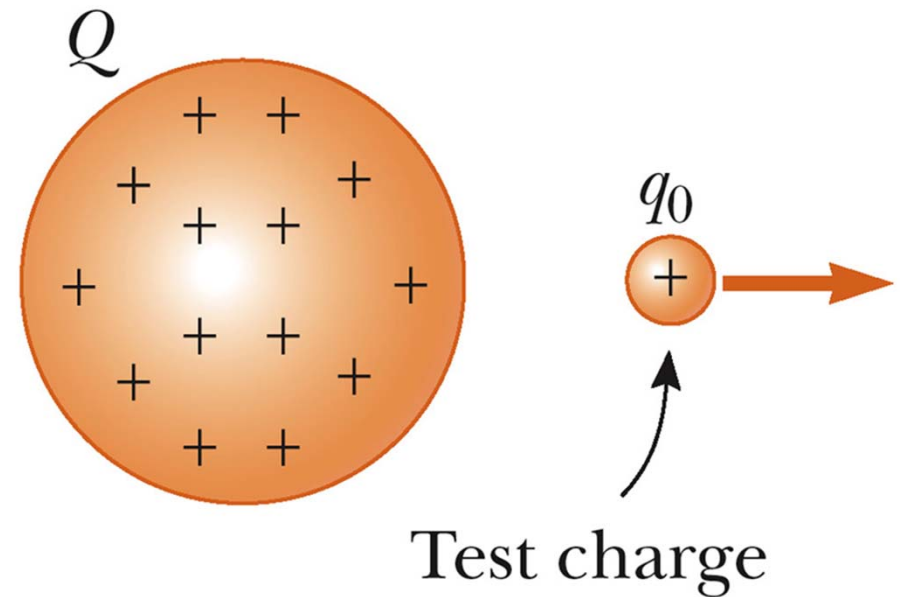


# Електрично поље

- Сваком пољу силе припада одговарајуће поље
- Кажемо да **електрично поље** постоји у области простора око наелектрисаног објекта
  - Када други наелектрисани објекат уђе у то поље, поље делује *силом* на тај други објекат

# Електрично поље, наставак

- Наелектрисана сфера, са наелектрисањем  $Q$ , производи електрично поље у простору око ње
- На мало *пробно* наелектрисање,  $q_0$ , које је стављено у поље, ће деловати сила

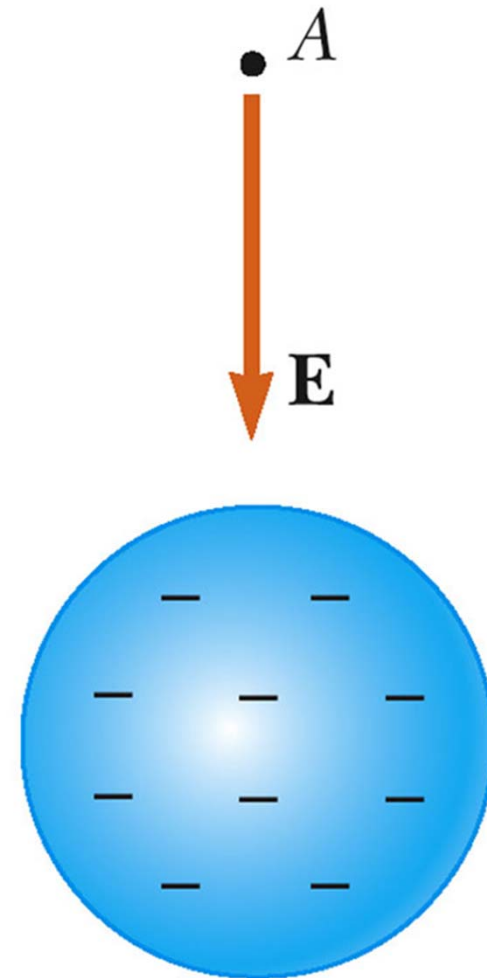


# Електрично поље

- Математички, 
$$\vec{\mathbf{E}} = \frac{\vec{\mathbf{F}}}{q_o} = \frac{k_e Q}{r^2}$$
- SI јединице су  $\text{N/C} = \text{V/m}$
- Електрично поље је векторска величина
- Правац електричног поља у датој тачки се поклапа са правцем електричне силе која би деловала на мало, позитивно, пробно наелектрисање постављено у ту тачку

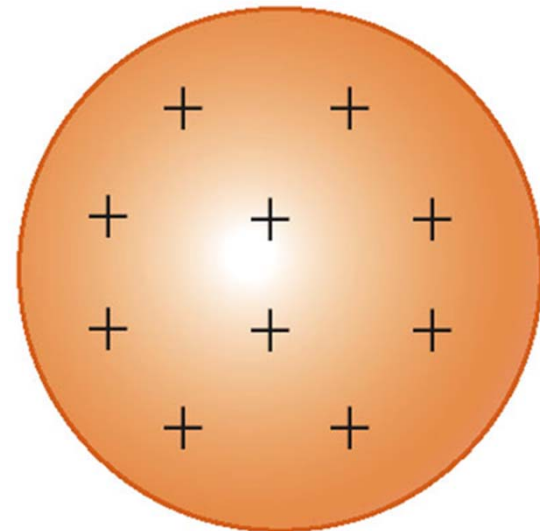
# Правац електричног поља

- Електрично поље које производи негативно наелектрисање је усмерено ка наелектрисању
  - Позитивно тест наелектрисање би било привучено ка негативном наелектрисању које ствара поље



# Правац електричног поља, наставаг

- Електрично поље које производи позитивно наелектрисање је усмерено од тог наелектрисања
  - Позитивно пробно наелектрисање би било одбијено од позитивног извора наелектрисања



# Питање: пробно наелектрисање

Пробно наелектрисање од  $+3\mu\text{C}$  је постављено у тачки  $P$  где је електрично поље од других наелектрисања усмерено надесно и има интензитет од  $4 \cdot 10^6 \text{ N/C}$ . Ако се ово пробно наелектрисање замени замени са наелектрисањем од  $-3\mu\text{C}$ , електрично поље у тачки  $P$  је:

- a) Истог интензитета као и раније али супротног смера
- b) Расте у интензитету и мења смер
- c) Остаје исто
- d) Смањује се у интензитету и мења смер

# Питање - прстен

Кружни прстен радијуса  $b$  има укупно наелектрисање  $q$  које је равномерно распоређено по прстену. Интензитет електричног поља у центру прстена је:

a) 0

b)  $\frac{k_e q^2}{b}$

c)  $\frac{k_e q^2}{b^2}$

d)  $\frac{k_e q}{b^2}$

e) Не може да се одреди



# Питање – протон и електрон

Слободан електрон и слободан протон су стављени у идентично електрично поље: Који од следећих исказа је тачан:

- a) И на електрон и на протон делује иста електрична сила и имају исто убрзање
- b) Електрична сила на протон је већег интензитета него на електрон, али имају супротан смер
- c) Електрична сила на електрон је истог интензитета као на протон, али имају супротан смер.
- d) Интензитет убрзања електрона је већи него протона.
- e) Обе честице имају исто убрзање

# Задатак - капљице

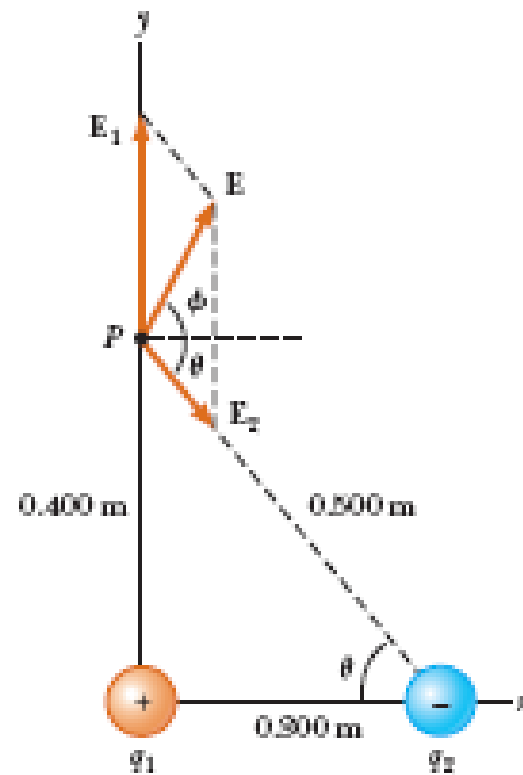
Мале капљице уља су наелектрисане. Електрично поље интензитета  $5.92 \cdot 10^4 \text{ N/C}$  је усмерено вертикално нагоре.

- a) Једна од капљица лебди (стоји непомично) у ваздуху. Ако је маса капљице  $2.93 \cdot 10^{-15} \text{ kg}$ , нађи наелектрисање капљице.
- b) Друга капљица исте масе пада 10.3cm из мира у току 0.25s. Нађи наелектрисање ове капљице.

# Задатак - суперпозиција

Наелектрисање од  $q_1 = 7\mu\text{C}$  се налази у координатном почетку, док се наелектрисање од  $q_2 = 5\mu\text{C}$  налази на растојању од  $0.3\text{m}$ .

- Нађи интензитет и правац електричног поља у тачки  $P$  која је  $0.4\text{m}$  удаљена од наелектрисања  $q_1$ .
- Нађи силу на наелектрисање од  $q_3 = 2 \cdot 10^{-8}\text{C}$  које се постави у тачку  $P$

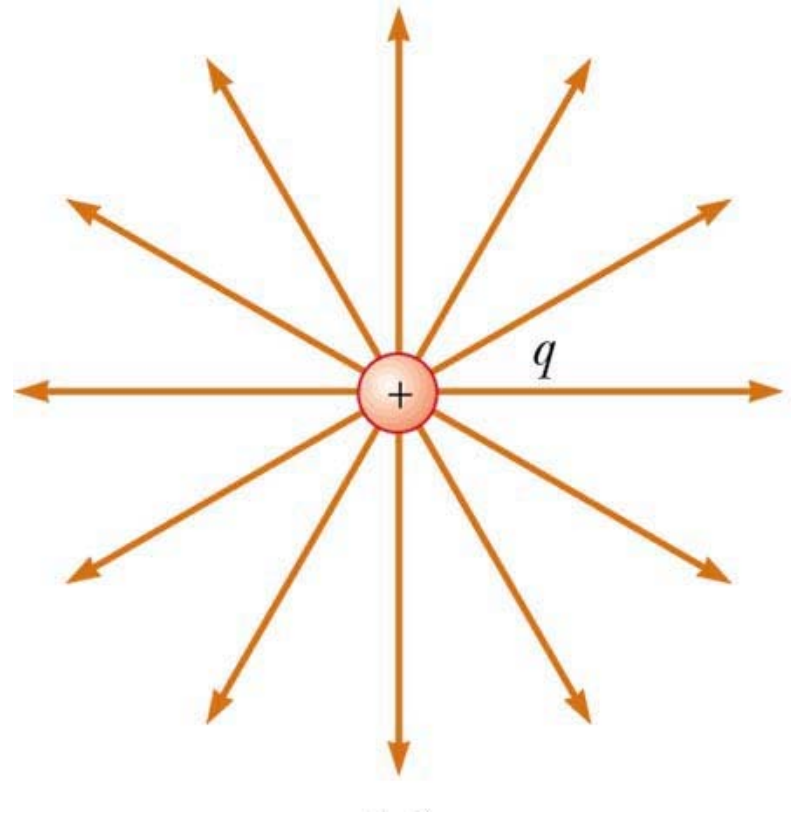


# Линије силе електричног поља

- Представљају начин за визуелизацију електричног поља.
- Електрично поље у свакој тачки има правац тангенте на линије сила електричног поља.
- Густина линија је пропорционална интензитету електричног поља

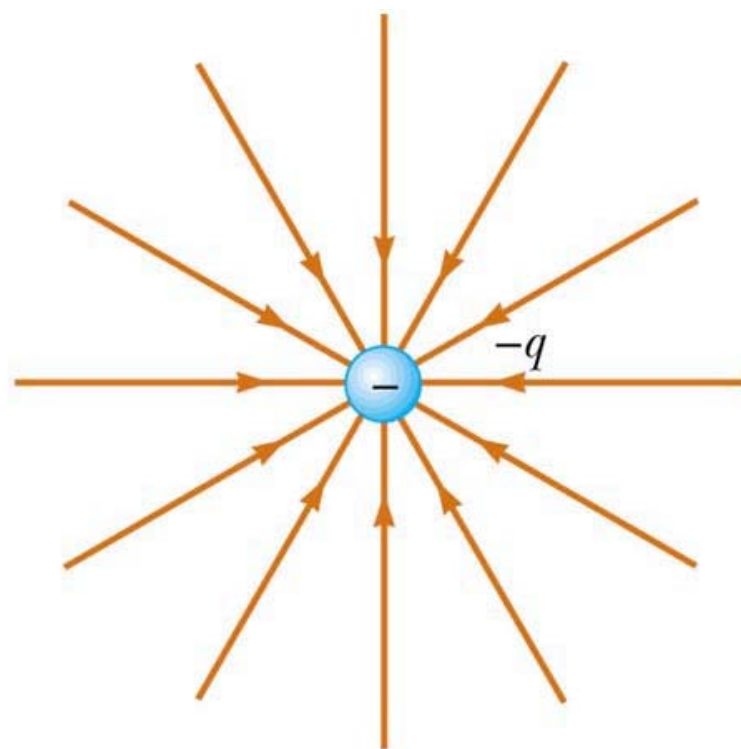
# Линије силе електричног поља

- Тачкасто наелектрисање
- Линије се радијално шире у свим правцима
- За позитивно наелектрисање, линије се шире ка споља



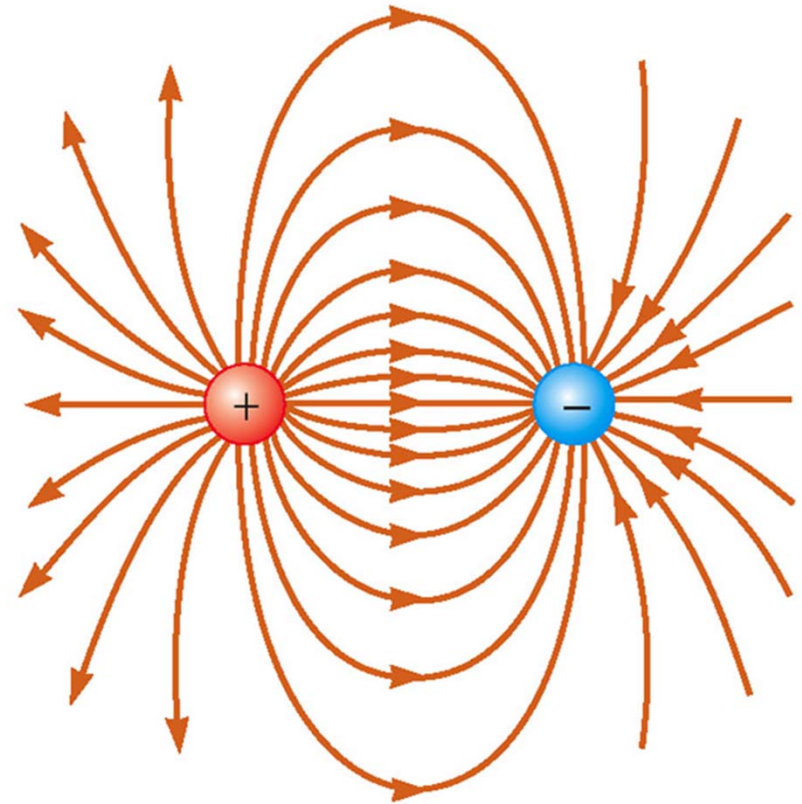
# Линије силе електричног поља

- За негативни извор наелектрисања, линије су усмерене ка унутра.



# Електрични дипол

- Електрични *дипол* се састоји од два једнака и супротна наелектрисања
- Велика густина линија сила између два наелектрисања указује на јако електрично поље у том региону.



# Кратко питање – електрично поље

Рангирај интензитета електричног поља у тачкама А, В и С, од највећег ка најмањем.

- a) А,В,С
- b) А,С,В
- c) С,А,В
- d) не може да се визуелно одреди

