

# PRÜFUNGSVORBEREITUNG PHYSIK: ELEKTROSTATIK, MAGNETE

Theoriefragen: Diese Begriffe musst du auswendig in ein bis zwei Sätzen erklären können.

- a) Vektor/Skalar
- b) Nenne Beispiele für vektorielle/skalare Größen in der Physik
- c) Eigenschaften von Magneten
- d) Nenne drei Materialien, die ferromagnetisch sind
- e) Erkläre das Modell der Elementarmagnete
- f) Wann ist ein Stoff magnetisch? Wie kann die Magnetisierung verloren gehen?
- g) Magnetisch weich/magnetisch hart
- h) Magnetfeld
- i) Definition der Richtung einer Magnetfeldlinie
- j) Ladung
- k) Eigenschaften von Ladungen
- l) Elementarladung
- m) Polarisierung
- n) Influenz
- o) Elektrisches Feld
- p) Probeladung
- q) Homogenes Feld
- r) Feldstärke/Definiton der Richtung der elektrischen Feldstärke
- s) Spannung
- t) Arbeit
- u) Elektrischer Strom
- v) Stromstärke

Physikalische Größen: Für diese physikalischen Größen musst du Symbol und Einheit kennen.

	Symbol	Einheit		Symbol	Einheit
Weg/Strecke			Zeit		
Geschwindigkeit			Beschleunigung		
Kraft			Masse		
Radius			Länge		
Arbeit			Energie		
Leistung			innere Energie		
Wärme			Ladung		
Stromstärke			Elektrische Feldstärke		
Spannung					

Formeln: An der Prüfung erhältst du ein Formelblatt. Auf dem Formelblatt findest du alle Formeln, die du brauchst, sowie Tabellenwerte und ein paar wichtige Formeln aus der Mathematik. Das Formelblatt kannst du auf massenpunkt.ch anschauen und herunterladen.

#### Fähigkeiten:

- Gleichungen für physikalische Situationen aufstellen
- Formeln umformen, Zahlenwerte mit Einheiten einsetzen und ausrechnen
- Resultate auf die richtige Anzahl Ziffern runden und mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise notieren
- Mit Diagrammen umgehen
- Elektrische und magnetische Feldlinienbilder interpretieren und zeichnen können
- Aufgaben mit vektoriellen Größen zeichnerisch und rechnerisch lösen
- Joule in Elektronvolt umwandeln können und umgekehrt

Übungsaufgaben: Bei allen Aufgaben muss der Lösungsweg klar ersichtlich sein.

Bei Berechnungen werden für die volle Punktzahl eine algebraische Lösung (das heisst die Formel, umgeformt nach der gesuchten Grösse) und die vollständig eingesetzte Rechnung (das heisst Zahlenwerte mit Einheiten) verlangt.

Resultate müssen unterstrichen sein (Einheiten nicht vergessen!).

#### **Alle Arbeitsblätter, Theorieblätter sowie Aufgabenblätter A46 – A49**

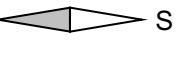
#### **Weitere Aufgaben**

1. Vervollständige die folgenden Sätze mit grösser/kleiner:
  - a) «Je grösser der Abstand zwischen zwei Ladungen ist, desto ..... ist die Coulombkraft zwischen ihnen.»
  - b) «Je grösser der Betrag zweier Ladungen ist (bei festem Abstand), desto ..... ist die Coulombkraft zwischen ihnen.»
2. Wir betrachten zwei Ladungen  $Q_1$  und  $Q_2$ , deren Mittelpunkte sich im Abstand  $r$  voneinander befinden. Vervollständige die folgenden Sätze:
  - a) «Wenn man  $Q_1$  verdoppelt, ohne  $Q_2$  und  $r$  zu verändern, dann wird die Coulombkraft ..... so gross.»
  - b) «Wenn man sowohl  $Q_1$  als auch  $Q_2$  verdoppelt, ohne  $r$  zu verändern, dann wird die Coulombkraft ..... so gross.»
  - c) «Wenn man  $r$  verdoppelt, ohne  $Q_1$  und  $Q_2$  zu verändern, dann wird die Coulombkraft ..... so gross.»
  - d) «Wenn man  $r$  verdreifacht, ohne  $Q_1$  und  $Q_2$  zu verändern, dann wird die Coulombkraft ..... so gross.»
3. 

N	S
---	---

X

  - a) Zeichne das Feldlinienbild dieses Magneten.
  - b) Zeichne an der mit x bezeichneten Stelle ein, wie sich eine kleine Kompassnadel ausrichtet, wenn man sie dort hinlegt.

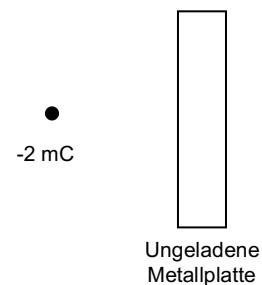
Kompassnadel: N  S

4. Skizziere qualitativ die Feldlinienbilder. Zeichne influenzierte Ladungen (dort, wo sie vorkommen) ein.

a)



b)



5. Zwei gleiche Punktladungen befinden sich in einem Abstand von 0.029960 m voneinander und stossen sich gegenseitig mit 0.0400 mN ab. Die Ladung einer einzelnen Punktladung soll berechnet werden.

- a) Setze bei den benötigten Zahlenwerten einen Punkt über die signifikanten Ziffern. Wie viele signifikante Ziffern besitzen die benötigten Zahlenwerte? Wie viele Ziffern sollte das Resultat besitzen?  
 b) Berechne den Betrag der Ladung einer einzelnen Punktladung.  
 c) Notiere das Resultat mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise und runde auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.

6. Die Spannung zwischen den Platten eines Plattenkondensators beträgt 0.08997040 kV, der Abstand zwischen den Platten ist 0.600 cm. Die Feldstärke soll berechnet werden.

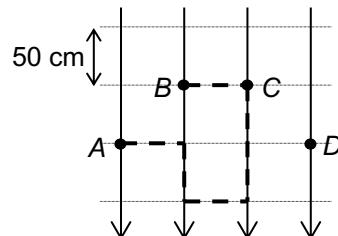
- a) Wie viele signifikante Ziffern besitzen die beiden Zahlenwerte? Wie viele Ziffern sollte das Resultat besitzen?  
 b) Rechne aus, wie gross die Feldstärke ist und runde das Resultat auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.  
 c) Notiere das Resultat mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise.

7. Ein geladener Wattebausch ( $q = 2.4 \cdot 10^{-9}$  C) der Masse  $m = 5.6$  g «durchfällt» im Vakuum eine Spannung von  $U = 15$  kV.

- a) Wie viel Energie in Joule und Elektronvolt nimmt er hierbei aus dem elektrischen Feld auf?  
 b) Auf welche Geschwindigkeit wird der Wattebausch beschleunigt, wenn er sich zu Beginn in Ruhe befand?

8. Im elektrischen Feld der Erde ( $E = 130 \frac{V}{m}$ ) zeigen die Feldlinien senkrecht nach unten (Richtung Erdmittelpunkt, siehe Abbildung).

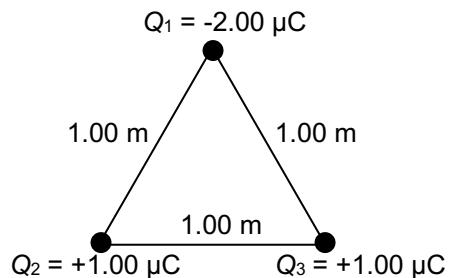
- a) Wie gross ist die Spannung zwischen den Punkten A und C?  
 b) Wie viel Arbeit muss verrichtet werden, um ein geladenes Kugelchen ( $Q_1 = -1.9 \cdot 10^{-6}$  C,  $m = 0.045$  g) von A nach B entlang des eingezeichneten Weges zu bewegen?  
 c) Wenn man ein negativ geladenes Kugelchen ( $Q_2 = -5.3 \cdot 10^{-5}$  C) am Punkt D loslässt, wird es mit  $4.97 \frac{m}{s^2}$  nach unten beschleunigt. Wie gross ist seine Masse?



9. Ein Öltröpfchen ( $\rho = 0.973 \frac{g}{cm^3}$ ,  $r = 1.20 \cdot 10^{-3}$  mm) trägt drei Elementarladungen und befindet sich im vertikalen, homogenen Feld eines Millikan-Kondensators mit dem Plattenabstand  $d = 0.500$  cm.  
 Welche Spannung muss zwischen den Platten liegen, damit das Öltröpfchen schwebt?

10. Zwei gleich grosse Kugelchen sind mit  $+10.0$  nC und  $+90.0$  nC aufgeladen und werden im Abstand  $r$  festgehalten. Die Kugeln stossen sich mit einer Kraft von 1.26 mN ab.  
 In welchem Punkt zwischen den beiden Ladungen ist eine kleine Probeladung im Gleichgewicht? (Hinweis: Löse die Aufgabe mit Hilfe einer Skizze.)

11. Ein Proton wird in einem homogenen elektrischen Feld innerhalb von 3.89 ms von 0 auf  $180'000.0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  beschleunigt.  
Wie gross ist die Feldstärke?
12. Ein Olivenöltröpfchen ( $r = 1.20 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$ ) trägt drei Elementarladungen und schwebt in einem homogenen elektrischen Feld zwischen den horizontalen Platten eines Plattenkondensators. Berechne die elektrische Feldstärke.
13. schwierig Drei Ladungen liegen auf den Ecken eines Dreiecks gemäss nebenstehender Abbildung.
- Wie gross ist die Kraft
    - zwischen den Ladungen  $Q_1$  und  $Q_2$ ?
    - zwischen den Ladungen  $Q_2$  und  $Q_3$ ?
    - zwischen den Ladungen  $Q_1$  und  $Q_3$ ?
  - Wie gross ist die resultierende Kraft auf jede der einzelnen Ladungen  $Q_1$ ,  $Q_2$  und  $Q_3$ ? In welche Richtung wirkt diese?

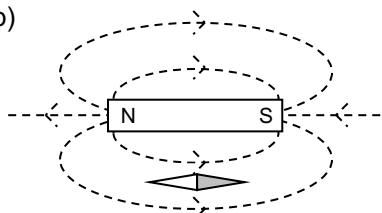


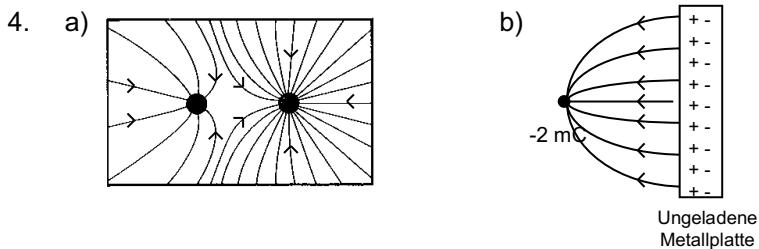
14.   
schwierig (nur für sehr ehrgeizige Leute) Zwei gleiche Kugeln von je  $1.3 \cdot 10^{-2} \text{ N}$  Gewichtskraft sind an je einem  $0.45 \text{ m}$  langen, oben an demselben Punkt befestigten Faden aufgehängt und tragen gleiche Ladungen. Die Kugelmittelpunkte haben einen Abstand von  $15 \text{ cm}$ . Bestimme die Ladung jeder Kugel.

---

#### Lösungen:

- |               |            |                |                |
|---------------|------------|----------------|----------------|
| 1. a) kleiner | b) grösser |                |                |
| 2. a) doppelt | b) viermal | c) ein viertel | d) ein neuntel |
| 3. a) und b)  |            |                |                |





5. a)  $r = 0.029960 \text{ m}$ : 5 signifikante Ziffern,  $F = 0.0400 \text{ mN}$ : 3 signifikante Ziffern,  
 $\varepsilon_0 = 8.8542 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}}{\text{V}\cdot\text{m}}$ : 5 signifikante Ziffern, Resultat: 3 signifikante Ziffern

$$\text{b) } F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q^2}{r^2}$$

$$Q = \sqrt{4\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot F \cdot r^2} \\ = \sqrt{4\pi \cdot 8.8542 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N}\cdot\text{m}^2} \cdot 0.0400 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot (0.029960 \text{ m})^2} = 1.998717 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$\text{c) } \underline{2.00 \cdot 10^{-9} \text{ C}}$$

6. a)  $U = 0.08997040 \text{ kV}$ : 7,  $d = 0.600 \text{ cm}$ : 3; Resultat: 3

$$\text{b) } E = \frac{U}{d} = \frac{89.97040 \text{ V}}{6.00 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 14'995.067 \frac{\text{V}}{\text{m}} = \underline{\underline{15'000 \frac{\text{V}}{\text{m}}}} = \underline{\underline{15.0 \frac{\text{kV}}{\text{m}}}}$$

$$\text{c) } \underline{\underline{1.50 \cdot 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}}}$$

7. a)  $W = q \cdot U = 2.4 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot 15'000 \text{ V} = \underline{\underline{3.6 \cdot 10^{-5} \text{ J}}} = \underline{\underline{2.23 \cdot 10^{14} \text{ eV}}}$

$$\text{b) } v = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3.6 \cdot 10^{-5} \text{ J}}{0.0056 \text{ kg}}} = \underline{\underline{0.11 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

8. a)  $U = E \cdot d = 130 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot 0.50 \text{ m} = \underline{\underline{65 \text{ V}}}$

- b) Gewichtskraft wirkt nach unten, elektrische Kraft nach oben:

$$F = m \cdot g - Q_1 \cdot E = 0.045 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} - 130 \frac{\text{N}}{\text{C}} \cdot 1.9 \cdot 10^{-6} \text{ C} = 1.94 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

Der Weg ist  $s = 0.50 \text{ m}$  (nur auf dem Weg parallel zu den Feldlinien wird Arbeit verrichtet, wobei sich Wege in entgegengesetzten Richtungen aufheben)

$$W = F \cdot s = 1.94 \cdot 10^{-4} \text{ N} \cdot 0.50 \text{ m} = \underline{\underline{9.7 \cdot 10^{-5} \text{ J}}}$$

$$\text{c) } m \cdot a = m \cdot g - Q \cdot E \Rightarrow m = \frac{Q \cdot E}{g - a} = \frac{5.3 \cdot 10^{-5} \text{ C} \cdot 130 \frac{\text{N}}{\text{C}}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 4.97 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \underline{\underline{1.4 \text{ g}}}$$

9. Kräftegleichgewicht:  $F_G = F_{\text{el}}$        $m \cdot g = q \cdot E = q \cdot \frac{U}{d}$        $q = 3 \cdot e$

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{4\pi}{3} \cdot r^3 = 7.04 \cdot 10^{-12} \text{ g} = 7.04 \cdot 10^{-15} \text{ kg}$$

$$U = \frac{m \cdot g \cdot d}{3e} = \frac{\rho \cdot \frac{4\pi}{3} \cdot r^3 \cdot g \cdot d}{3e} = \frac{973 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{4\pi}{3} \cdot (1.20 \cdot 10^{-6} \text{ m})^3 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0.00500 \text{ m}}{3 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = \underline{\underline{719 \text{ V}}}$$

$$10. \quad r = \sqrt{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{F}} = \sqrt{\frac{1}{4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}} \cdot \frac{10.0 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot 90.0 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{1.26 \cdot 10^{-3} \text{ N}}} = 0.0801 \text{ m} = 8.01 \text{ cm}$$

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot Q}{r_1^2} = F_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot 9Q}{r_2^2} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{r_1^2} = \frac{9}{r_2^2} \quad \Rightarrow \quad r_2^2 = 9 \cdot r_1^2$$

$$r_2 = 3 \cdot r_1 \quad r_1 = \frac{1}{4} r = \underline{\underline{2.0 \text{ cm von der kleineren Ladung entfernt}}}$$

$$11. \quad 180'000 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 50'000 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad v = a \cdot t \quad a = \frac{v}{t} \quad F = m \cdot a = m \cdot \left( \frac{v}{t} \right)$$

$$E = \frac{F}{q} = \frac{m \cdot \left( \frac{v}{t} \right)}{q} = \frac{m \cdot v}{q \cdot t} = \frac{1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 5.0 \cdot 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 3.89 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = \underline{\underline{0.134 \frac{\text{N}}{\text{C}}}}$$

$$12. \quad \text{Kräftegleichgewicht: } F_G = F_{\text{el}} \quad m \cdot g = q \cdot E \\ \text{Ersetze } q = 3 \cdot e \quad \text{und } m = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{4\pi}{3} \cdot r^3$$

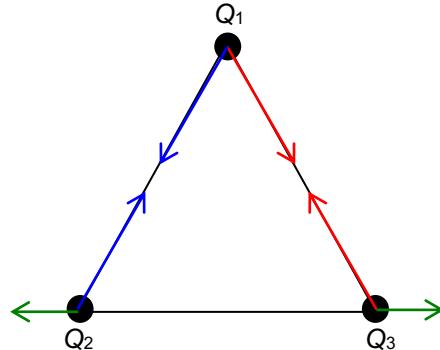
$$E = \frac{m \cdot g}{q} = \frac{\rho \cdot \frac{4\pi}{3} \cdot r^3 \cdot g}{3e} = \frac{920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{4\pi}{3} \cdot (1.20 \cdot 10^{-6} \text{ m})^3 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{3 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = \underline{\underline{1.36 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}}}$$

$$13. \quad \text{a) } F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}} \cdot \frac{2.0 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 1.0 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(1.00 \text{ m})^2} = \underline{\underline{18 \text{ mN}}}$$

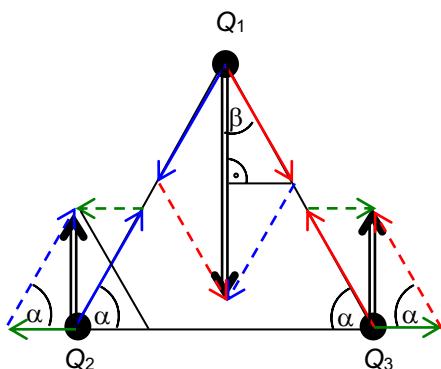
$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_2 \cdot Q_3}{r^2} = \frac{1}{4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}} \cdot \frac{1.0 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 1.0 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(1.00 \text{ m})^2} = \underline{\underline{9.0 \text{ mN}}}$$

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_3}{r^2} = \frac{1}{4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}} \cdot \frac{2.0 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 1.0 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(1.00 \text{ m})^2} = \underline{\underline{18 \text{ mN}}}$$

b) An jeder Ladung greifen zwei Kräfte (der beiden Nachbarpartikeln) an. Wir zeichnen die Kräfte in einem Kräfteplan ein:



Diese Kräfte müssen für jedes Teilchen vektoriell addiert werden. Wir bilden die Resultierende, die an jedem Teilchen angreift:



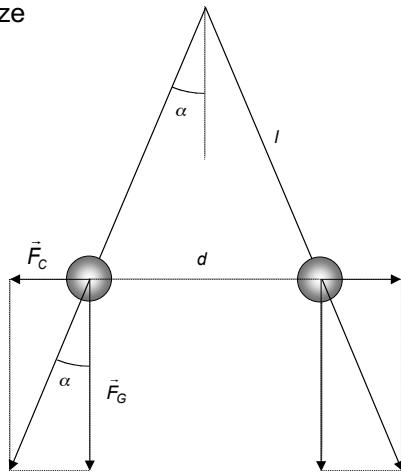
Kraft auf  $Q_2$  und  $Q_3$ : Da  $F = 2 \cdot F$  und  $\alpha = 60^\circ$  ist, ist die Resultierende die Höhe eines gleichseitigen Dreiecks mit der Seitenlänge  $F$ :

$$F_{\text{res}} = \frac{F}{2} \cdot \sqrt{3} = \frac{18 \text{ mN}}{2} \cdot \sqrt{3} = \underline{\underline{15.6 \text{ mN}}}$$

Kraft auf  $Q_1$ : Die Resultierende ist das Doppelte der Ankathete eines rechtwinkligen Dreiecks mit der Hypotenuse  $F$  und dem Winkel  $\beta = 30^\circ$ :

$$F_{\text{res}} = 2 \cdot F \cdot \cos \beta = 2 \cdot 18 \text{ mN} \cdot \cos 30^\circ = \underline{\underline{31.2 \text{ mN}}}$$

14. Skizze



Aus der Skizze entnimmt man

$$\sin(\alpha) = \frac{\frac{d}{2}}{\ell} \quad \alpha = \arcsin\left(\frac{\frac{d}{2}}{\ell}\right) = \arcsin\left(\frac{7.5 \text{ cm}}{45 \text{ cm}}\right) = 9.6^\circ$$

$$\tan(\alpha) = \frac{F_c}{F_G} \quad F_c = F_G \cdot \tan(\alpha) = 1.3 \cdot 10^{-2} \text{ N} \cdot \tan(9.6^\circ) = 2.197 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$Q_1 = Q_2 = Q \quad F_c = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2} = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q^2}{d^2}$$

Nach Q auflösen ergibt

$$Q = \sqrt{F_c \cdot 4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot d^2} = \sqrt{2.197 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot 4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2} \cdot (0.15 \text{ m})^2} = \underline{\underline{7.4 \cdot 10^{-8} \text{ C}}}$$