



• Engenharia Electrotécnica e de Computadores •
• Exercícios de Electromagnetismo • Ficha 1 •

Conhecimentos e capacidades a adquirir pelo aluno

Aplicação dos conceitos de força eléctrica, de campo e potencial eléctrico. Aplicação da lei de *Gauss*.
Requisitos: conhecimentos de análise matemática.

1. Quais as principais diferenças e semelhanças entre a lei da atracção gravitacional e a lei da interacção eléctrica.
2. Represente as linhas de campo eléctrico produzidas (e calcule o campo eléctrico em alguns pontos):
 - 2.1. por uma carga pontual positiva,
 - 2.2. por uma carga pontual negativa,
 - 2.3. por um dipolo eléctrico (figura 1.1),
 - 2.4. pela distribuição da figura 1.2
 - 2.5. pela distribuição da figura 1.3

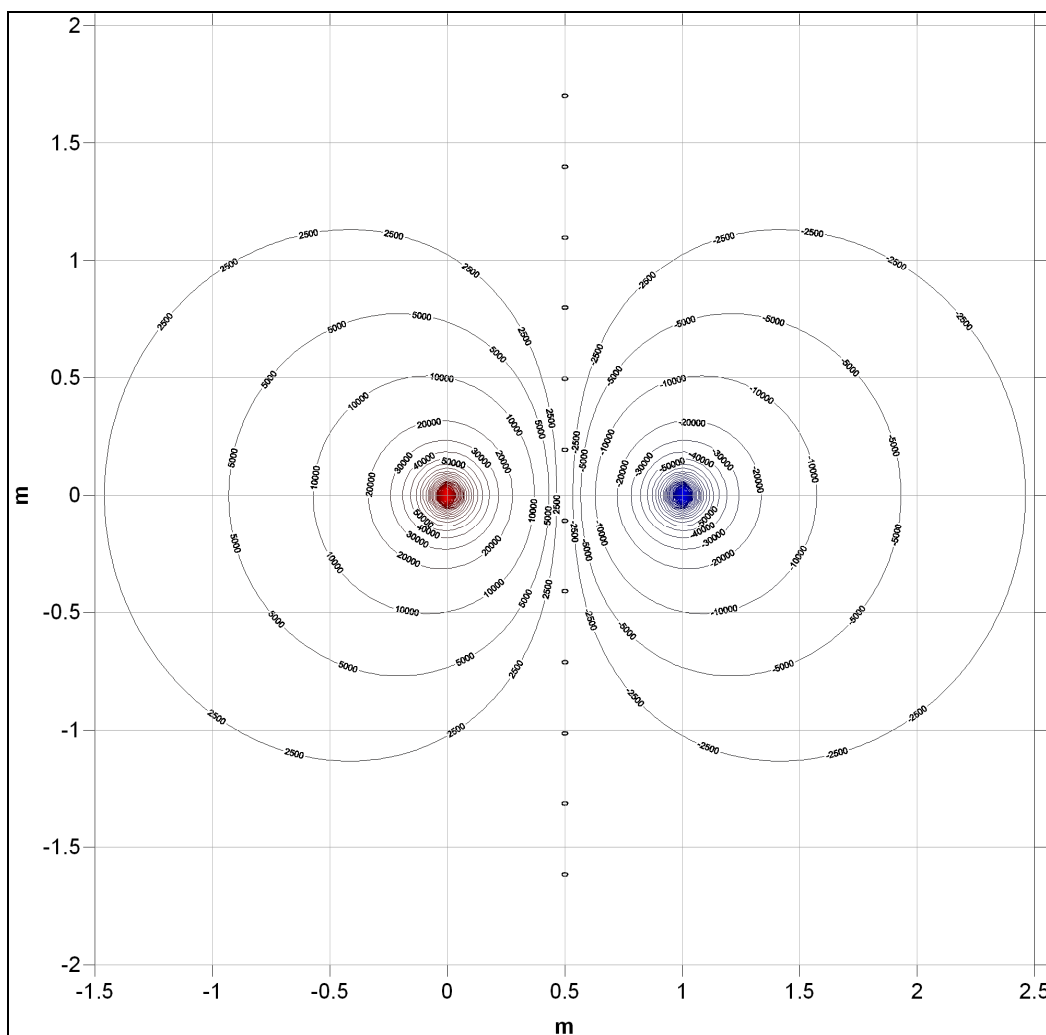


Figura 1.1 – Linhas equipotenciais de um dipolo.

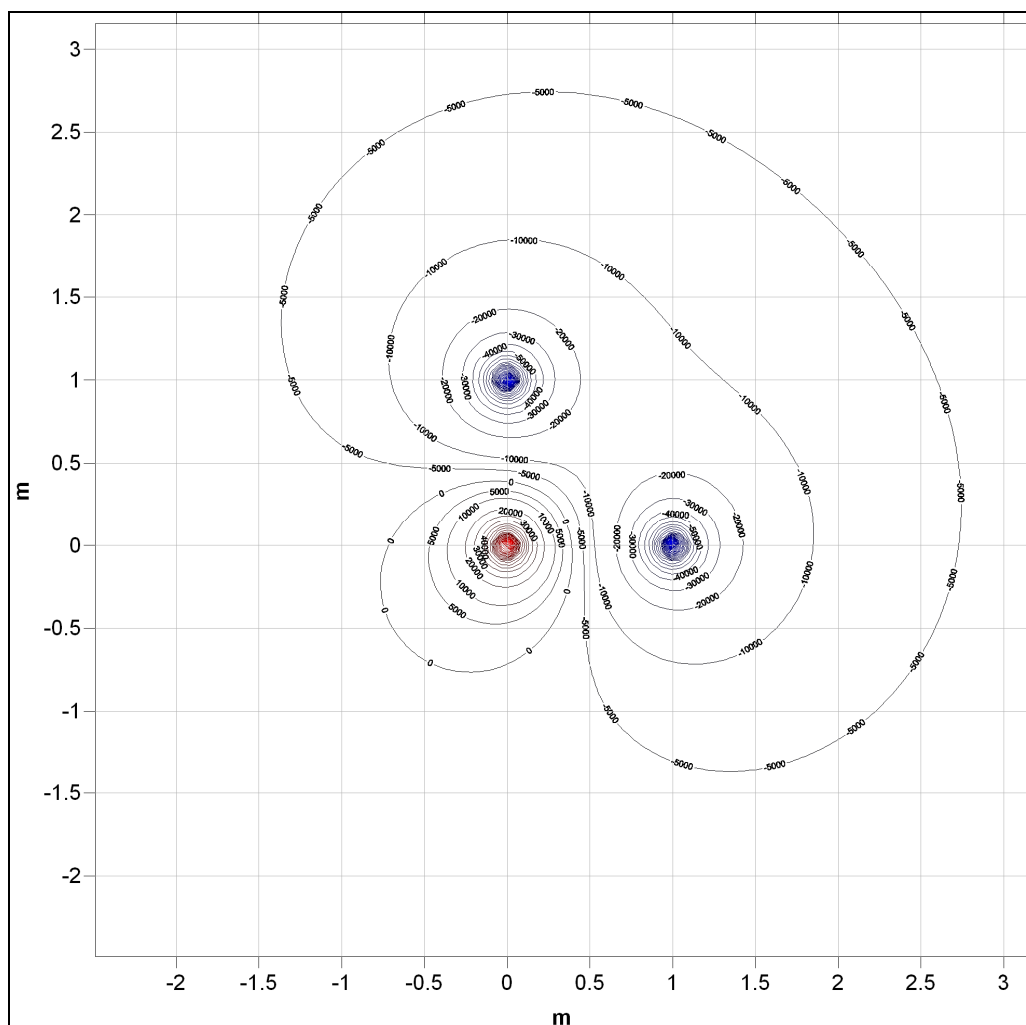
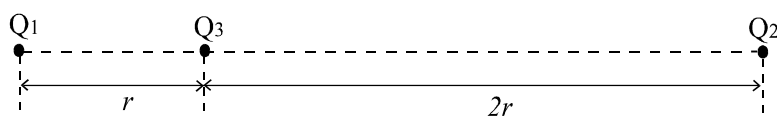


Figura 1.2 – Linhas equipotenciais de três cargas pontuais.

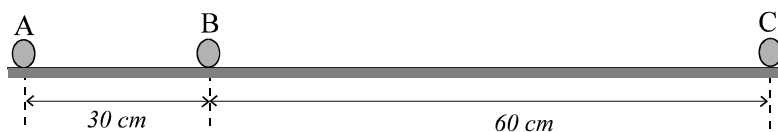
3. Fixaram-se duas cargas Q_1 e Q_2 , à distância $3r$ uma da outra. Verificou-se que uma carga móvel Q_3 , colocada à distância r de Q_1 , ficou em repouso nesse ponto:



3.1. Que sinais poderão ter as três cargas?

3.2. Relacione os módulos de Q_1 e de Q_2 .

4. Electrizaram-se três pequenas esferas A, B, C e, colocando-as alinhadas numa superfície horizontal sem atrito, verificou-se que todas ficaram imóveis. A carga da esfera B é de $-0,40 \mu\text{C}$.



4.1. Quais os sinais das cargas das esferas A e C?

4.2. Calcule os módulos das cargas de A e C.

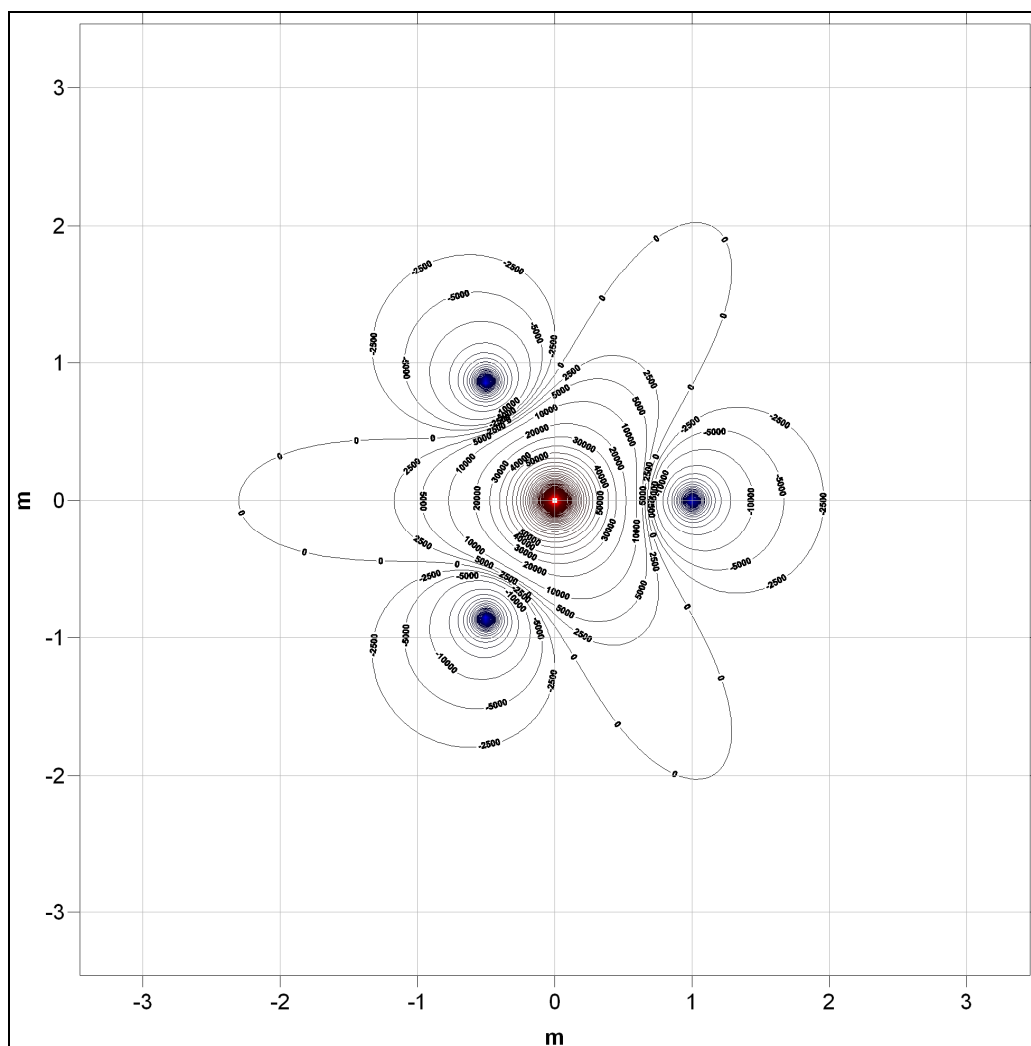
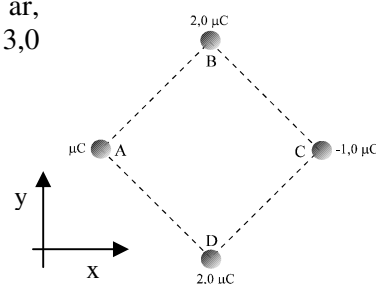


Figura 1.3 – Linhas equipotenciais de quatro cargas pontuais.

5. Quatro pequenas esferas metálicas idênticas, encontram-se no ar, eletrizadas, e dispostas nos vértices dum quadrado de lado igual a 3,0 dm. Calcule a intensidade da força resultante sobre:

5.1. a esfera colocada em A.

5.2. a esfera colocada em C.



6. Duas cargas pontuais $Q_1 = 50 \mu\text{C}$ e $Q_2 = 10 \mu\text{C}$ estão localizadas respectivamente nos pontos $(-1,1,-3)$ e $(3,1,0)$ m. Determine o valor da força eléctrica exercida sobre Q_1 .

7. Calcule o valor do campo eléctrico \vec{E} no ponto $(0,0,5)$, devido às cargas $Q_1 = 0,35 \mu\text{C}$, situadas no ponto $(0,4,0)$ e $Q_2 = -0,55 \mu\text{C}$ em $(3,0,0)$ m.

8. Uma carga pontual $Q_1 = 300 \mu\text{C}$, localizada em $(1,-1,-3)$ m encontra-se sujeita à acção de uma força $\vec{F}_1 = 8\vec{u}_x - 8\vec{u}_y + 4\vec{u}_z$ N, devida a uma carga pontual Q_2 situada em $(3,-3,-2)$ m. Qual o valor de Q_2 ?

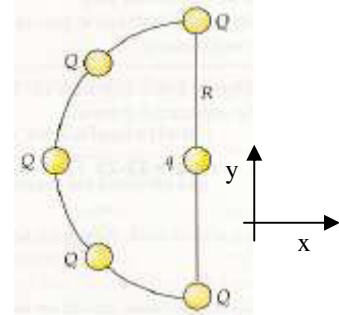


9. Dez cargas iguais de $500 \mu\text{C}$ encontram-se uniformemente distribuídas sobre uma circunferência de raio igual a 2 m (angularmente espaçadas entre si de 36°). Calcule a força que é exercida sobre uma carga pontual de $-20 \mu\text{C}$ localizada 2 m sobre o eixo vertical perpendicular ao plano da circunferência.

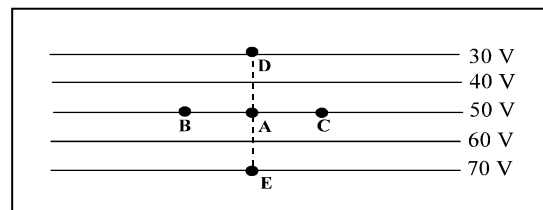
10. Cinco cargas idênticas Q encontram-se igualmente espaçadas sobre uma semicircunferência de raio R . Determine:

10.1. o campo eléctrico no centro do semicírculo,

10.2. a força eléctrica sobre uma carga q colocada no centro do semicírculo.



11. Atenda aos valores dos potenciais correspondentes a superfícies equipotenciais dum campo electrostático uniforme. Considere cinco pontos desse campo e complete, justificando, as frases que se seguem com as letras B, C, D ou E, sabendo que DE é perpendicular às superfícies equipotenciais.



11.1. Uma carga de prova negativa colocada em A, sem velocidade inicial, desloca-se espontaneamente para o ponto ____

11.2. Uma carga de prova negativa perde E_{PE} se for de A para ____

11.3. A E_{PE} de uma carga de prova negativa não varia se ela for de A para ____

11.4. No ponto E o vector campo eléctrico tem o sentido de A para ____

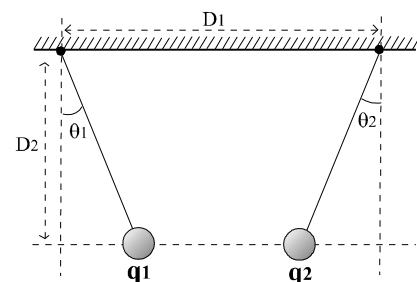
11.5. A força electrostática que actua numa carga de prova positiva colocada em A tem o sentido de A para ____

12. A figura ao lado representa duas partículas carregadas de massas m_1 e m_2 , em equilíbrio, suspensas do tecto por fios que fazem com a vertical ângulos θ_1 e θ_2 respectivamente.

12.1. Trace o diagrama das forças que actuam no sistema.

12.2. Mostre que: $m_1 \cdot \tan(\theta_1) = m_2 \cdot \tan(\theta_2)$.

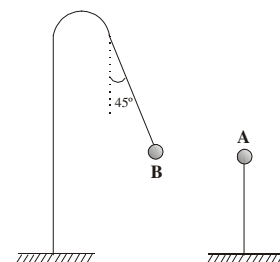
12.3. Calcule a força eléctrica entre as partículas em função das suas cargas e de D_1 , D_2 , θ_1 , θ_2 .



13. Na figura ao lado, o pequeno corpo A e o pêndulo B em equilíbrio têm cargas do mesmo módulo. A massa de B é 10 g e a distância entre A e B é de 5,0 cm. Determine:

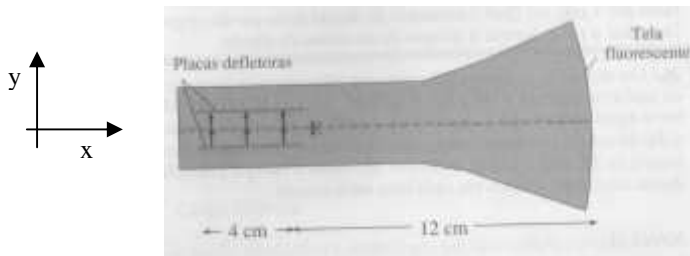
13.1. o valor comum das cargas A e B;

13.2. o número de cargas elementares que corresponde à resposta da alínea anterior.





14. Um electrão ($m_e = 9,109 \times 10^{-31}$ kg; $q_e = -1,602 \times 10^{-19}$ C) de energia cinética 2×10^{-16} J move-se para a direita ao longo do eixo de um tubo de raios catódicos, conforme ilustra a figura abaixo. Existe um campo eléctrico $\vec{E} = 2 \times 10^4 \vec{u}_y$ NC⁻¹, na região entre as placas. O campo anula-se fora das placas. Determine:



14.1. a distância do eixo do tubo a que está o electrão no instante em que atinge a outra extremidade das placas;

14.2. o ângulo que a velocidade do electrão faz com o eixo no mesmo instante;

14.3. a distância ao eixo no instante em que atinge o alvo fluorescente.

15. Considere um campo eléctrico uniforme na região entre duas placas paralelas, carregadas com cargas iguais e opostas e afastadas de 1,6 cm. Um protão ($m_p = 1,673 \times 10^{-27}$ Kg, $q_p = 1,602 \times 10^{-19}$ C) é libertado da superfície da placa positiva, atingindo a superfície da outra placa, num intervalo de tempo igual a $1,5 \times 10^{-6}$ s. Despreze o efeito da força gravítica sobre o protão.

15.1. Obtenha a intensidade do campo eléctrico entre as placas.

15.2. Obtenha a velocidade do protão quando atinge a superfície da placa negativa.

16. Uma carga pontual de $3 \mu\text{C}$ é libertada na origem das coordenadas a partir do repouso. A carga fica sujeita ao campo eléctrico uniforme $\vec{E} = 2000 \vec{u}_x$ Vm⁻¹. Determine:

16.1. a diferença de potencial eléctrico entre os pontos $x = 0$ m e $x = 4$ m;

16.2. a variação de energia potencial da carga quando passa de $x = 0$ m para $x = 4$ m;

16.3. a energia cinética da carga ao chegar a $x = 4$ m;

16.4. a função potencial eléctrico, arbitrando;

i. $V(x = 0 \text{ m}) = 0$ V ; ii. $V(x = 0 \text{ m}) = 4000$ V ; iii. $V(x = 1 \text{ m}) = 0$ V

(Verifique que todas estas funções potenciais correspondem ao mesmo campo eléctrico).

17. O campo eléctrico à superfície da Terra é aproximadamente 150 NC^{-1} , apontando radialmente para o centro da Terra. Determine a carga eléctrica total da Terra. (raio médio terrestre = 6371 km).

18. Numa dada região da atmosfera terrestre, o campo eléctrico é de 150 NC^{-1} a uma altitude de 250 m e de 170 NC^{-1} a uma altitude de 400 m, apontando radialmente para o centro da Terra. Determine a densidade volumétrica de carga (suposta uniforme) nessa região atmosférica.

19. Determine o raio de um condutor esférico com a capacidade de 1 F.

20. Um condensador de placas paralelas é constituído por duas placas quadradas com 14 cm de aresta, separadas de 2 mm. O condensador é ligado a uma bateria de 12 V e posteriormente desligado, aumentando-se a separação entre as placas para 3,5 mm. Determine:

20.1. a carga armazenada no condensador,

20.2. a energia potencial electrostática originalmente armazenada,

20.3. a energia potencial electrostática armazenada após aumentar a distância.

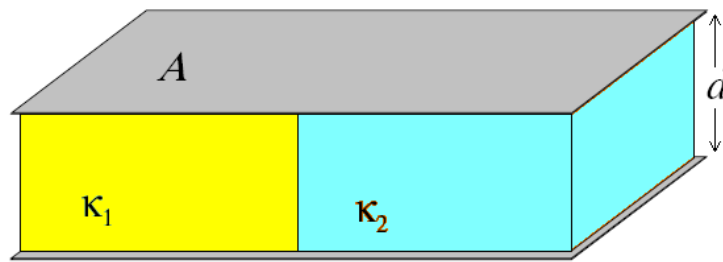


21. Os iões no interior e no exterior de uma célula estão separados por uma membrana plana de espessura 10 nm com uma constante dielétrica $k = 8$.

21.1. Determine a capacidade de 1 cm^2 de membrana.

21.2. Se a diferença de potencial entre o interior e o exterior da membrana for de 0,1 V, determine a energia potencial electrostática armazenada na membrana.

22. Determine a capacidade do condensador de placas planas e paralelas da figura, onde k_1 e k_2 são as constantes dielétricas dos dielétricos representados.



Respostas:

3.1. Q_1 e Q_2 têm sinais iguais, Q_3 qualquer sinal. **3.2.** $|Q_2| = 4|Q_1|$

4.1. sinal positivo. **4.2.** $Q_A = 0,9 \mu\text{C}$, $Q_C = 3,6 \mu\text{C}$

5.1. $\vec{F}_A \cong -0,233 \vec{u}_x \text{ N}$. **5.2.** $\vec{F}_C \cong -0,333 \vec{u}_x \text{ N}$

6. $\vec{F}_1 = -0,144 \vec{u}_x - 0,108 \vec{u}_z \text{ N}$

7. $\vec{E}(0,0,5) = 74,9 \vec{u}_x - 48,0 \vec{u}_y - 64,8 \vec{u}_z \text{ Vm}^{-1}$

8. $Q_2 = -40 \mu\text{C}$

9. $\vec{F} = -79,5 \vec{u}_z \text{ N}$

10.1. $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} (1 + \sqrt{2}) \vec{u}_x \text{ Vm}^{-1}$. **10.2.** $\frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R^2} (1 + \sqrt{2}) \vec{u}_x \text{ N}$

11.1. E, **11.2.** E, **11.3.** C ou B, **11.4.** D, **11.5.** D

12.3. $|F_{12}| = k_0 \frac{q_1 q_2}{(D_1 - D_2 (\tan \theta_1 + \tan \theta_2))^2}$

13.1. $|q_A| = |q_B| = 0,165 \mu\text{C}$. **13.2.** $1,0298 \times 10^{12}$ cargas elementares

14.1. 6,4 mm, **14.2.** $17,7^\circ$, **14.3.** 4,5 cm

15.1. 148 Vm^{-1} , **15.2.** $2,13 \times 10^4 \text{ ms}^{-1}$

16.1. -8000 V, **16.2.** -0,024 J, **16.3.** 0,024 J, **16.4.i.** $V(x) = -2000 x$, **16.4.ii.** $V(x) = 4000 - 2000 x$,

16.4.iii. $V(x) = 2000 - 2000 x$

17. $-6,82 \times 10^5 \text{ C}$

18. $-1,17 \text{ pCm}^{-3}$

19. $9 \times 10^9 \text{ m}$

20.1. 1,04 nC, **20.2.** 6,21 nJ, **20.3.** 10,97 nJ

21.1. $0,7 \mu\text{F}$, **21.2.** 3,52 nJ

22. $(k_1 + k_2) \frac{\epsilon_0 A}{2d} \text{ F}$