

Aufgabe 1:

a) Durch das Reiben des Stabes am Katzenfell wird er negativ geladen. Die Metallkugel ist ungeladen und enthält somit gleich viele positive wie negative Ladungen. Durch das Annähern des PVC-Stabes an die Kugel werden die beweglichen negativen Ladungen in der Kugel aufgrund der elektrostatischen Kräfte nach links verdrängt. Dadurch entsteht in der linken Kugelhälfte ein Überschuss an negativen Ladungen, welche vom Stab abgestoßen werden und in der rechten Kugelhälfte ein gleich großer Überschuss positiver Ladungen, welche vom Stab angezogen werden.

Aufgrund der Inhomogenität des elektrischen Feldes des Stabes nimmt die Feldstärke mit wachsendem Abstand ab. Daher ist die anziehende Kraft auf die positiven Ladungen der Metallkugel stärker als die abstoßende Kraft auf die negativen Ladungen und die Kugel wird als Ganzes vom Stab angezogen.

b) Der Metallkäfig besteht aus positiven wie negativen Ladungen. Aufgrund der Feldkräfte durch das äußere Feld wandern negative Ladungen in den oberen Teil des Käfigs. Der entstehende Überfluss negativer Ladungen im oberen Teil und positiver Ladungen im unteren Teil des Käfigs verursacht ein elektrisches Feld, welches dem äußeren Feld entgegengerichtet ist. Inneres und äußeres Feld überlagern sich. Die überlagerte Feldstärke nimmt mit zunehmender Ladungstrennung aufgrund der damit verbundenen Zunahme des inneren Feldes ab. Der Ladungsfluss erlischt, wenn die überlagerte Feldstärke Null wird und somit keine Kräfte mehr auf die Ladungen wirken.

Das Innere des Käfigs ist dann feldfrei.

Aufgabe 2: $r = 12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$ $d = 3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}$ $q = 20 \text{ nC} = 20 \cdot 10^{-9} \text{ C}$

a) $\sigma = \frac{Q}{A} = \frac{20 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{\pi \cdot (0,12 \text{ m})^2} = 4,42 \cdot 10^{-7} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$

b) $\sigma = \epsilon_0 \cdot E \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = 49979,88 \frac{\text{V}}{\text{m}}$

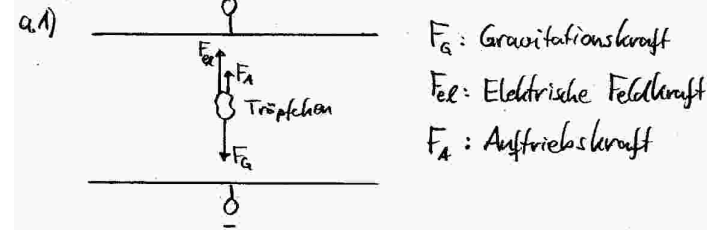
$E = \frac{U}{d} \Rightarrow U = E \cdot d = 49979,88 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot 0,03 \text{ m} = 1497,76 \text{ V}$

2.c)

$Q = \sigma \cdot A = \epsilon_0 \cdot E \cdot A = \epsilon_0 \cdot \frac{U}{d} \cdot A \quad | \cdot d : Q$

$\Rightarrow d = \frac{\epsilon_0 \cdot U \cdot A}{Q} = \frac{\epsilon_0 \cdot 1497,76 \text{ V} \cdot \pi \cdot (0,12 \text{ m})^2}{150 \cdot 10^{-9} \text{ C}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,004 \text{ m} = \underline{4 \text{ mm}}$

Aufgabe 3: $d = 2 \text{ mm} = 0,002 \text{ m}$ $m = 1,37 \cdot 10^{-14} \text{ kg}$



Es handelte sich um ein Experiment, welches die im 19. Jahrhundert aufgekommene Vermutung der Existenz einer Elementarladung bestätigte und mit dem zum ersten Mal die Betraggröße der Elementarladung bestimmt werden konnte. Es wurde nach Millikan benannt und wird in der Literatur häufig als Millikan'scher Öltröpfchenversuch bezeichnet.

a.2) Berechnung ohne Berücksichtigung der Auftriebskraft.

Wegen des Schwebezustands sind F_{el} und F_g im Gleichgewicht.

$F_{el} = F_g \Rightarrow q \cdot E = m \cdot g \Rightarrow q \cdot \frac{U}{d} = m \cdot g$

$\Rightarrow q = \frac{m \cdot g \cdot d}{U} = \frac{1,37 \cdot 10^{-14} \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,002 \text{ m}}{240 \text{ V}} = 1,1998 \cdot 10^{-18} \text{ C}$

$q = \underline{7 \cdot e}$

a.3) $A = 100 \text{ cm}^2 = 0,01 \text{ m}^2$ $d = 2 \text{ mm} = 0,002 \text{ m}$ $U = 240 \text{ V}$

$Q = C \cdot U = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \cdot U = 1,0625 \cdot 10^{-8} \text{ C}$

$Q = \underline{6,632 \cdot 10^{10} \cdot e}$

b.1) Bei angeschlossenen Platten bleibt die Spannung U konstant. Wegen $Q = \epsilon_0 \cdot A \cdot U \cdot \frac{1}{d}$ verringert sich die Ladung bei größer werdendem Plattenabstand. Wegen $F_{el} = q \cdot E = q \cdot \frac{U}{d}$ wird die elektrische Kraft auf das Teilchen, wodurch es kein Kräftegleichgewicht mehr gibt und das Teilchen absinkt.

b.2) Verwendung der Formel aus a.2):

$$q \cdot \frac{U}{d} = m \cdot g \Rightarrow U = \frac{m \cdot g \cdot d}{q} = \frac{1,37 \cdot 10^{-10} \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,005 \text{ m}}{1,1938 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = \underline{\underline{600 \text{ V}}}$$

Aufgabe 4: $r = 0,3 \text{ m}$ $d = 0,1 \text{ m}$ $U = 2000 \text{ V}$

a) Die Kugel ist positiv geladen.

$$C = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d} = \epsilon_0 \cdot \frac{\pi \cdot (0,3 \text{ m})^2}{0,1 \text{ m}} = 2,50 \cdot 10^{-11} \text{ F} = \underline{\underline{25 \text{ pF}}}^{+2}$$

$$E = \frac{U}{d} = \frac{2000 \text{ V}}{0,1 \text{ m}} = 20000 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

b) Berechnung des Winkels:

$$\sin(\alpha) = \frac{\Delta x}{l} \Rightarrow \alpha \approx 1,91^\circ$$

Berechnung der elektrischen Kraft:

$$\frac{F_{\text{el}}}{F_g} = \tan(\alpha) \approx \frac{\Delta x}{l} \Rightarrow F_{\text{el}} = \frac{\Delta x}{l} \cdot F_g = \frac{\Delta x}{l} \cdot m \cdot g$$

$$\Rightarrow F_{\text{el}} = \frac{0,04 \text{ m}}{1,2 \text{ m}} \cdot 0,00025 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 8,175 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

Berechnung der Ladung:

$$F_{\text{el}} = q \cdot E \Rightarrow q = \frac{F_{\text{el}}}{E} = \frac{8,175 \cdot 10^{-5} \text{ N}}{20000 \frac{\text{V}}{\text{m}}} = 4,0875 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

Berechnung der Anzahl an Elementarladungen:

$$q = 2,55 \cdot 10^{10} \cdot e$$

Notenschlüssel

Note	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Min.%	0	20	27	34	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
Min. Punktzahl	0	13	17,5	22	26,5	29,5	33	36	39	42,5	45,5	49	52	55	58,5	61,5