

# Coulomb, el. Feld, Potenzial

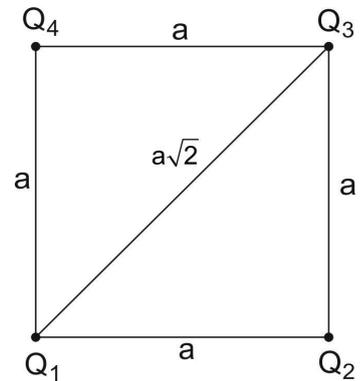
Klasse 11 / 12

1. Vier gleich große Ladungen  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = Q$  sitzen verteilt in den Ecken eines Quadrats mit der Seitenlänge  $a$  und der Diagonalen  $d = a\sqrt{2}$ .

Bestimmen Sie in allgemeiner Form den Betrag der resultierenden Kraft  $\vec{F}_{\text{ges}}$  der sich ergibt, wenn die Ladungen  $Q_2, Q_3$  und  $Q_4$  auf  $Q_1$  wirken.

Eine aussagekräftige Zeichnung der Kraftpfeile ist erforderlich.

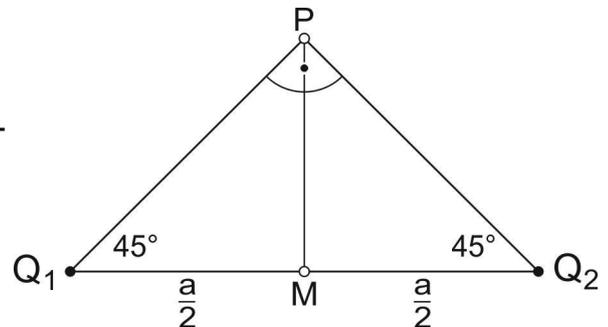
Welche Richtung hat diese resultierende Kraft  $\vec{F}_{\text{ges}}$ ?



2. Die beiden Ladungen  $Q_1 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ As}$  und  $Q_2 = -3 \cdot 10^{-9} \text{ As}$  haben einen Abstand von 0,8 m.

- Berechnen Sie den Betrag der Kraft auf die Ladung  $Q_1$ .
- Berechnen Sie den Betrag der Kraft auf die Ladung  $Q_2$ .
- Berechnen Sie den Betrag der elektrischen Feldstärke im Mittelpunkt der Verbindungsstrecke zwischen  $Q_1$  und  $Q_2$ .

3. Die beiden positiven Punktladungen  $Q_1 = 3 \cdot 10^{-9} \text{ As}$ ,  $Q_2 = 6 \cdot 10^{-9} \text{ As}$  und ein Punkt P bilden ein gleichschenkelig-rechtwinkliges Dreieck  $\triangle Q_1 Q_2 P$  mit der Hypotenusenlänge  $a = 8 \text{ cm}$  (siehe Skizze rechts).

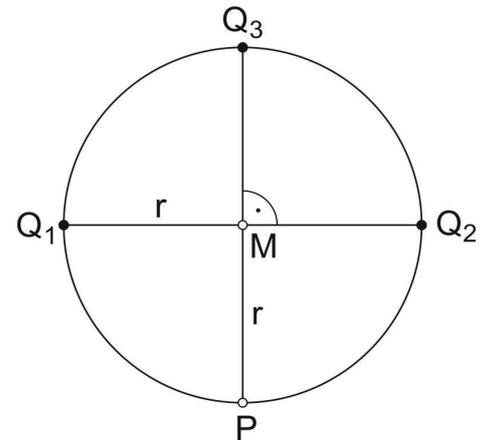


- Berechnen Sie den Betrag der elektr. Feldstärke im Punkt M.
- Welche Richtung hat die elektr. Feldstärke im Punkt M?
- Berechnen Sie das Potenzial im Punkt M für den Fall, dass das Potenzial im Unendlichen den Wert 0 V hat.
- Im Punkt M wird nun eine Ladung  $Q_3$  angebracht. Dies bewirkt, dass im Punkt P das Potenzial  $\varphi_P = 0 \text{ V}$  ist (Potenzial im Unendlichen: 0 V). Berechnen Sie die Ladung  $Q_3$ .

# Coulomb, el. Feld, Potenzial

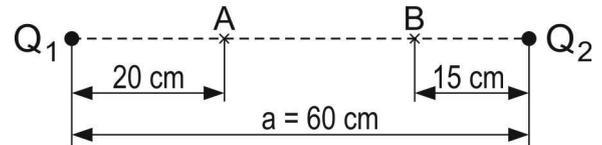
Klasse 11 / 12

4. Auf einem (gedachten) Kreis mit Radius  $r = 4,0 \text{ cm}$  sind die drei Punktladungen  $Q_1 = Q_2 = +75 \text{ nC}$  und  $Q_3 = -150 \text{ nC}$  vorhanden. Der Punkt P ist ladungsfrei, M ist der Kreismittelpunkt. (vgl. Bild rechts).



- Berechnen Sie die el. Feldstärke in M und in P.
- Berechnen Sie das el. Potenzial in M und in P.
- Berechnen Sie die el. Spannung zwischen M und P.
- Welche Arbeit ist zum Verschieben eines Elektrons von P nach M notwendig?

5. Zwei Punktladungen  $Q_1 = +6,0 \text{ nC}$  und  $Q_2 = -3,0 \text{ nC}$  haben einen Abstand von  $a = 60 \text{ cm}$ . Auf der Verbindungsstrecke zwischen  $Q_1$  und  $Q_2$  liegen die beiden Punkte A und B. (siehe Bild rechts).



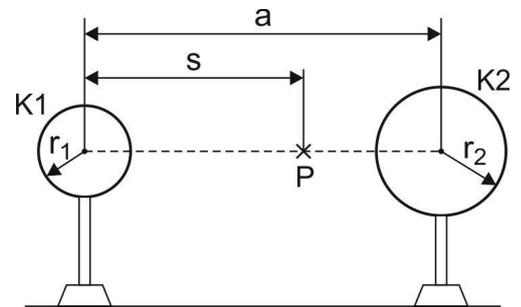
- Berechnen Sie das el. Potenzial in den Punkten A und B.
- Berechnen Sie die erforderliche Arbeit, um eine Probeladung  $q = 3,0 \cdot 10^{-15} \text{ C}$  von A nach B zu transportieren.
- Auf der Verbindungsstrecke zwischen den Ladungen  $Q_1$  und  $Q_2$  gibt es einen Punkt C mit dem Potenzial  $0 \text{ V}$ . Berechnen Sie den Abstand zwischen  $Q_1$  und C.
- Skizzieren Sie ein Feldlinienbild der beiden Ladungen  $Q_1$  und  $Q_2$ .

# Coulomb, el. Feld, Potenzial

Klasse 11 / 12

6. Zwei Kugeln K1 ( $r_1 = 2,0 \text{ cm}$ ) und K2 ( $r_2 = 3,0 \text{ cm}$ )

mit elektrisch leitenden Oberflächen sind im Abstand  $a = 80 \text{ cm}$  ortsfest und isoliert aufgestellt. Auf der Verbindungsstrecke der Kugelmittelpunkte befindet sich im Abstand  $s = 50 \text{ cm}$  zur Kugel K1 ein Punkt P.



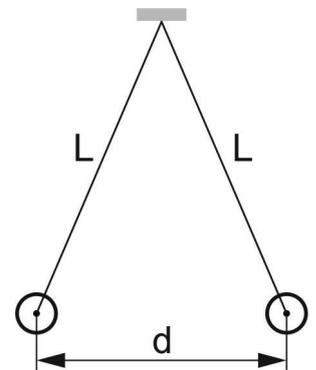
K1 wird mit der Spannung  $U_1 = +250 \text{ V}$ ,  
K2 wird mit der Spannung  $U_2 = -250 \text{ V}$   
aufgeladen.

- Berechnen Sie die Größe der Ladungen  $Q_1$  und  $Q_2$  auf den Kugeln K1 und K2.
- Wie groß ist das von den beiden Ladungen hervorgerufene el. Potenzial im Punkt P?
- Nun wurde eine Probeladung  $q = 2,0 \cdot 10^{-15} \text{ As}$  aus großer Entfernung zum Punkt P transportiert. Welche Arbeit war dazu erforderlich?
- Die Probeladung  $q$  aus c) wird von P aus auf die Oberfläche der Kugel K1 gebracht. Berechnen Sie die Verschiebearbeit.

7. Zwei kleine gleiche Kugeln der Masse  $m = 2 \text{ g}$ , jeweils mit elektrisch leitender Oberfläche, tragen die gleiche Ladung  $Q = 20 \text{ nC}$ . Die beiden Kugeln, an masselosen Fäden hängend, stoßen sich gegenseitig ab. Ihr Mittelpunktabstand beträgt dabei  $d = 5,0 \text{ cm}$ .

Berechnen Sie die Fadenlänge  $L$  (Aufhängepunkt bis Kugelmittelpunkt).

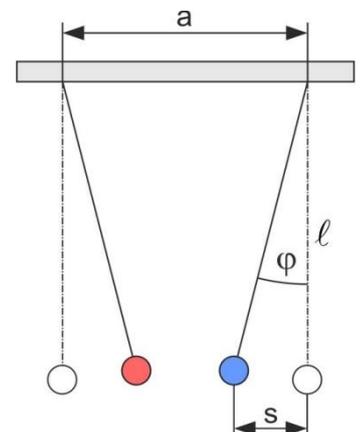
Verwenden Sie für Ihre Rechnung die Näherung  $\tan \varphi = \sin \varphi$ ; zeigen Sie, nachdem das Endergebnis ermittelt wurde, dass diese Näherung gerechtfertigt ist.



8. Zwei kleine Kugeln gleicher Masse ( $m = 1,0 \text{ g}$ ) hängen jeweils an  $\ell = 1,2 \text{ m}$  langen masselosen Fäden, die oben an der Befestigungsstelle den Abstand  $a$  haben. Die Ladungen  $Q = 4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  der Kugeln sind identisch, jedoch ist die eine Kugel positiv, die andere negativ geladen.

Durch die entgegengesetzte Polung ziehen sich die Kugeln an. Die Auslenkung  $s$  im Gleichgewichtszustand beträgt ein Viertel der Länge  $a$ .

Berechnen Sie den Befestigungsabstand  $a$ .  
Verwenden Sie für Ihre Rechnung die Näherung  $\tan \varphi = \sin \varphi$



# Coulomb, el. Feld, Potenzial

Klasse 11 / 12

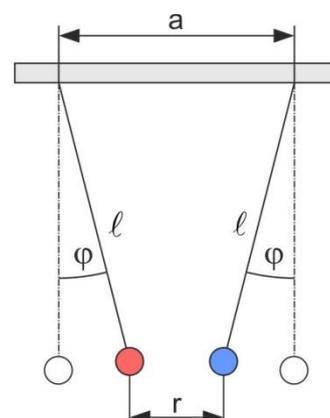
9. Zwei kleine Kugeln gleicher Masse (je 1,0 g) hängen jeweils an  $\ell = 1,0$  m langen masselosen Fäden, die oben an der Befestigungsstelle den Abstand  $a = 20$  cm haben.

Die linke Kugel trägt die Ladung  $+4q$ , die rechte  $-1q$ . Beide ziehen sich unten auf  $r = 10$  cm Abstand an.

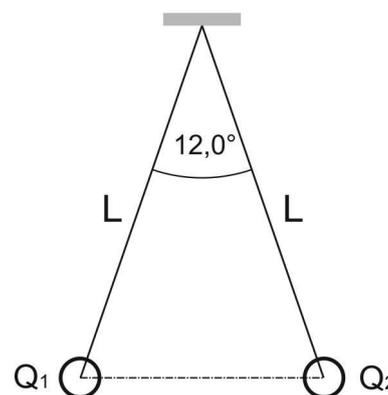
- a) Begründen Sie, weshalb beide Kugeln gleich weit ausgelenkt werden, obwohl sie unterschiedliche Ladungen besitzen.

Zeichnen Sie die auf die Kugeln wirkenden Kräfte ein und berechnen Sie den Auslenkwinkel  $\varphi$ .

- b) Berechnen Sie den Zahlenwert der Ladung  $q$ .  
c) Welche Feldstärke erzeugt jeweils die eine Kugel am Ort der anderen?



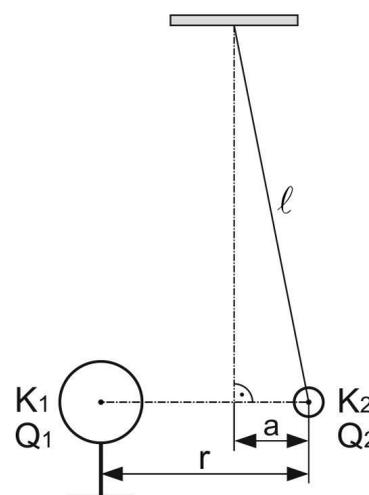
10. Zwei kleine Kugeln mit elektrisch leitender Oberfläche, haben jeweils die Masse 1,5 g. Jede Kugel hängt an einem  $L = 2,0$  m langen masselosen Faden mit gemeinsamem Aufhängepunkt. Die Kugeln sind positiv geladen, die linke mit  $Q_1$ , die rechte mit  $Q_2 = 2,0 \cdot 10^{-7}$  C. Sie stoßen sich gegenseitig ab. Die beiden Fäden schließen an ihrem Aufhängepunkt einen Winkel von  $12,0^\circ$  ein. Berechnen Sie den Betrag der Ladung  $Q_1$ .



11. Neben einer isoliert aufgestellten Konduktorkugel  $K_1$  hängt an einem  $\ell = 2,0$  m langen, isolierten und nahezu masselosen Faden eine kleine Kugel  $K_2$  ( $m = 1,2$  g) mit leitender Oberfläche und der positiven Ladung  $Q_2 = 2,0 \cdot 10^{-9}$  C.

Die Konduktorkugel wird nun positiv aufgeladen und erhält die Ladung  $Q_1$ . Dadurch wird die Kugel  $K_2$  aus ihrer Ruhelage um  $a = 3,5$  cm abgelenkt. Ihr Abstand zur Kugel  $K_1$  beträgt nun  $r = 8,0$  cm.

- a) Wie groß ist die elektrische Feldstärke  $E$ , die von der Ladung  $Q_1$  im Abstand  $r$  erzeugt wird?  
b) Berechnen Sie den Betrag der Ladung  $Q_1$ .  
c) Berechnen Sie das Coulombpotenzial  $\varphi_{K_1}$  auf der Kugeloberfläche von  $K_1$  mit  $\varphi_0 = 0$  im Unendlichen, wenn die Konduktorkugel einen Radius von  $r_{K_1} = 3,0$  cm hat.



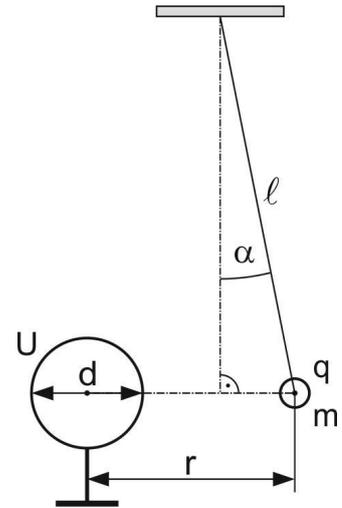
# Coulomb, el. Feld, Potenzial

Klasse 11 / 12

12. Neben einer großen Metallkugel ( $d = 15 \text{ cm}$ ) hängt an einem Faden der Länge  $\ell = 1,5 \text{ m}$  eine sehr kleine Kugel ( $m = 1,4 \text{ g}$ ) mit leitender Oberfläche und der Ladung  $q$ .

Nun lädt man die große Kugel mit der Spannung  $U = 8 \text{ kV}$  auf. Dadurch wird die kleine Kugel um den Winkel  $\alpha = 2,5^\circ$  ausgelenkt. Beide Kugeln haben nun den Abstand  $r = 22 \text{ cm}$ .

Berechnen Sie die Größe der Ladung  $q$ .



13. Im Inneren eines ungeladenen Plattenkondensators (Plattenabstand  $d = 10 \text{ cm}$ ) hängt an einem als masselos angenommenen Faden der Länge  $\ell = 1,0 \text{ m}$  eine kleine, elektrisch geladene Metallkugel ( $m = 0,5 \text{ g}$ ,  $Q = 5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ ). Wird an den Kondensator die Spannung  $U$  angelegt, erfährt die Kugel durch die Wirkung des elektrischen Feldes eine seitliche Auslenkung um  $s = 2 \text{ cm}$ .

- Fertigen Sie eine Skizze des Versuchsaufbaus mit den beteiligten Kräften an. Sie können auch die Skizze rechts entsprechend ergänzen.
- Berechnen Sie die am Kondensator angelegte Spannung  $U$ .
- Der Kondensator wird nun von der Spannungsquelle getrennt. Verändert sich die Auslenkung  $s$ , wenn jetzt der Plattenabstand um  $5 \text{ cm}$  vergrößert wird? Begründung durch Rechnung.  
(Es sei vorausgesetzt, dass die Ladung unverändert und das elektrische Feld homogen bleibt.)

