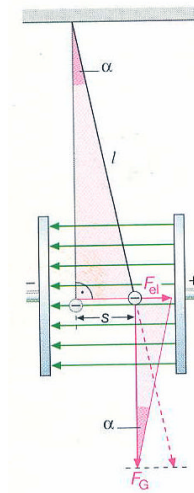


## Berechnen der elektrischen Feldkonstante



Zwischen den Platten eines geladenen Kondensators hängt an einem 1 m langen Faden eine leichte Metallkugel. Die Masse der Kugel ist  $m = 5 \text{ g}$ , ihre Ladung beträgt  $Q = 2 \cdot 10^{-9}$ . Die Kugel wird im elektrischen Feld um  $s = 4 \text{ cm}$  ausgelenkt (siehe Bild rechts). Berechnen Sie die elektrische Feldstärke!

### Lösung:

Längs der Feldlinien erfährt die Kugel die Kraft  $F_{el} = Q \cdot E$ , dazu wirkt Senkrecht die Gewichtskraft:  $F_G = m \cdot g$ . Aus dem eingezeichneten Kräfte Dreieck kann man:  $\alpha = Q \cdot E / m \cdot g$

Am Pendel gilt folgendes:  $\sin \alpha = s/l$ , denn für kleine Winkel gilt:  $\sin \alpha = \tan \alpha$  und für  $\alpha = \sin \alpha$  ( $\rightarrow \alpha$  im Bogenmaß). Da die Gleichung innerhalb der Messgenauigkeit ist, darf man diese benutzen. Also erhält man:

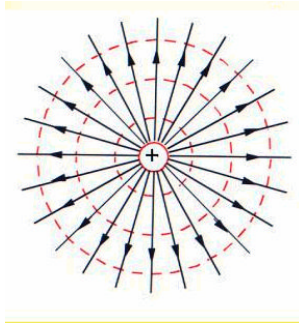
$$\frac{Q \cdot E}{m \cdot g} = \frac{s}{l}; \text{ daraus folgt: } E = \frac{m \cdot g \cdot s}{l \cdot Q}$$

Setzt man nun die entsprechenden Größen ein, so erhält man :

$$E = \frac{0,05 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 0,04 \text{ m}}{1 \text{ m} \cdot 2 \cdot 10^{-9} \text{ C}} = 1 \cdot 10^6 \text{ N/C}$$

Die elektrische Feldstärke hat an der Stelle der Kugel die Ladung:  $E = 1 \cdot 10^6 \text{ N/C}$ .

## Das elektrische Feld einer Punktladung

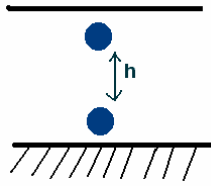
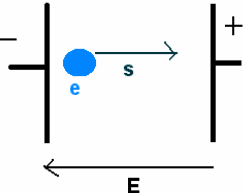


Da die Punktladung des elektrischen Feldes dem Gravitationsfeld ähnelt, können wir mit Hilfe von Analogien eine Formel zur Berechnung des elektrischen Feldes einer Punktladung herleiten.

<u>Im Gravitationsfeld gilt:</u>	<u>Im Feld einer Punktladung gilt:</u>
$F = m \cdot g$ $F = \gamma \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2$ $F = m \cdot \gamma \cdot M / r^2$ (M= felderzeugende Masse, m= Probemasse im Feld) → Das ist: <b>Newton's Gravitationsgesetz</b>	$F = q \cdot E$ <u>Vermutung:</u> $F = q \cdot \epsilon_0 \cdot (Q / r^2)$ ( q= Probeladung) statt der elektrischen Feldkonstante nimmt man nun $1 / (4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0)$ . Somit erhält man eingesetzt und gekürzt in die Formel : $E = F / q$ : $E = (1 / (4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0)) \cdot (Q / r^2)$ → das ist das sogenannte: <b>Coulombsche Gesetz</b>

## Die elektrische Arbeit

Die elektrische Arbeit leiten wir uns diesmal auch wieder mit Hilfe von Analogien ab!

<u>Mechanik</u>	<u>Elektrik</u>
<p><math>W = F \cdot s</math> (allgemein)</p> <p>Im konstanten Feld gilt daher:</p>  <p style="text-align: right;"><math>m \cdot g \cdot h</math></p> <p><math>W = m \cdot g \cdot h</math></p>	<p><math>W = F \cdot s</math> (allgemein)</p> <p>Im konstanten Feld (z. Bsp. bei einem Plattenkondensator) gilt daher:</p>  <p><math>W = q \cdot E \cdot s</math></p> <p><math>W \sim q</math> mit der proportionalen Konstante: <math>E \cdot s = U</math></p>

## Spannung

→ Spannung ist definiert als die Arbeit die man benötigt um Ladung in einem elektrischen Feld zu verschieben/ rüberzubringen.

$$U = E \cdot s = W / q$$

$$[U] = \frac{N}{C} \cdot m = \frac{J}{C} = V \text{ (Volt)}$$

Im Plattenkondensator gilt also:  $U = E \cdot s \Leftrightarrow E = U / s$

### Einige Beispielaufgaben:

1.

Ein Probekörper mit der Ladung  $Q = 3,5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  erfährt im Punkt P eines elektrischen Feldes die Kraft  $F = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ N}$ .

Berechnen sie für diesen Punkt den Betrag der elektrischen Feldstärke und die Kraft die auf einen Probekörper mit der Ladung  $5,2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ !

Skizze:



P = Punkt

Richtung des elektrischen  
Feldes ist gleichgerichtet mit der  
Kraft!

### Lösung:

$E = F / Q \rightarrow$  also setzen wir die oben genannten Angaben ein und erhalten somit:

$$E = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ N} / 3,5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

ausgerechnet ergibt das:

$$E = 600 \text{ N/C}$$

Auf einen Probekörper mit der Ladung  $Q_2 = 5,2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  wirkt an der gleichen Stelle im elektrischen Feld die Kraft:

$$F = Q \cdot E$$

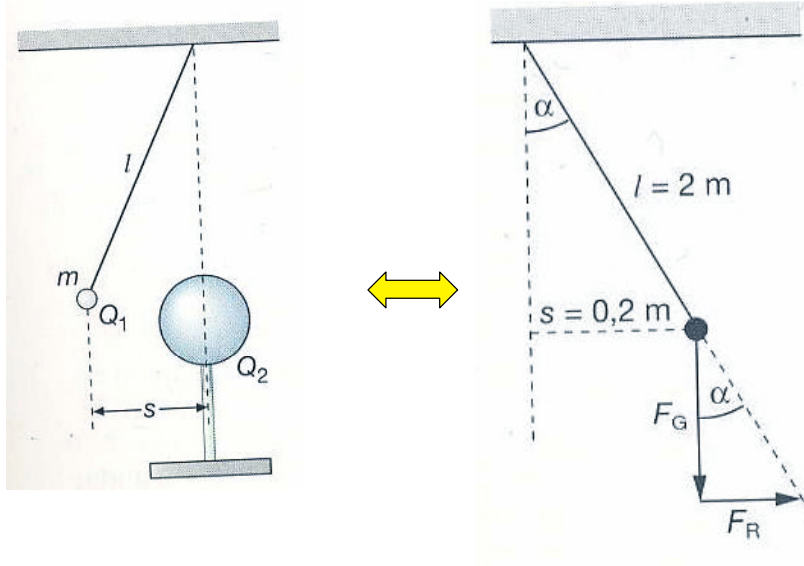
einsetzen:

$$\begin{aligned} F &= 5,2 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot 600 \text{ N/C} \\ &= \underline{3,12 \cdot 10^{-6} \text{ N}} \end{aligned}$$

2.

Eine kleine Kugel mit der Ladung  $Q_1 = 1,2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  und der Masse  $m = 2 \text{ g}$  hängt an einem  $l = 2 \text{ m}$  langen, isolierenden Faden. Im Feld einer anderen Kugel wird sie um  $s = 20 \text{ cm}$  aus der Lotrechten ausgelenkt. Bestimmen sie die Feldstärke am Ort der kleinen Kugel und die Ladung  $Q_2$  der anderen Kugel!

Skizzen:



### Lösung:

Aus den Skizzen ergibt sich:  $F_R / F_G = \tan \alpha$

$$\begin{aligned} \text{Damit erhält man: } F_R &= 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot \tan \alpha \\ &= 3,42 \cdot 10^{-5} \text{ N} \end{aligned}$$

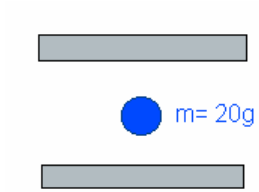
Für die Feldstärke erhält man nun aus  $F = Q \cdot E$ :

$$E = \frac{3,42 \cdot 10^{-5} \text{ N}}{1,2 \cdot 10^{-8} \text{ C}} = 2,85 \cdot 10^3 \text{ N/C}$$

3.

Zwischen zwei horizontal angeordneten, entgegengesetzt geladenen Metallplatten schwebt ein Probekörper mit der Ladung  $Q = 5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  und der Masse  $m = 2 \text{ mg}$ . Berechnen sie den Betrag der Feldstärke zwischen den Platten!

Skizze:



Die Kugel schwebt, wenn die untere Platte positiv aufgeladen ist und die Beträge der elektrischen Feldkraft und der Gravitationskraft gleich sind!

### Lösung:

$$\text{Es gilt: } m \cdot g = Q \cdot E \quad \Leftrightarrow \quad E = \frac{m \cdot g}{Q}$$

$$\text{einsetzen: } E = \frac{20\text{g} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{5 \cdot 10^{-9} \text{ C}} = 1,64 \cdot 10^7 \text{ V}$$