

Elektrisches und Gravitationsfeld

Ein Vergleich zwischen elektrischem und Gravitationsfeld zeigt einige Analogien, und Analogien öffnen ja bekanntlich die Augen für größere physikalische Zusammenhänge.

1.1. $F \sim \frac{1}{r^2}$ bei radial-symm. Feldern

Unterschiede:
E-Feld abschirmbar,
 σ kann abstoßend sein

- 1.1. Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen dem elektrischem und dem Gravitationsfeld kennst du?
- 1.2. Bestimme die Gravitationskraft zwischen einem Jungen von 65 kg und einem Mädchen von 50 kg, wenn der Abstand zwischen ihnen 0,5 m beträgt und die beiden als Punktmassen betrachtet werden.
- 1.3. In welcher Höhe h über der Erdoberfläche ist die Erdbeschleunigung g nur noch halb so groß wie auf Meereshöhe? (Tipp: Auf der Erdoberfläche wirkt auf einen Körper der Masse m die Gravitationskraft $F_G = m \cdot g$, andererseits gilt auch in diesem Fall das Newtonsche Gravitationsgesetz, mit dessen Hilfe sich die Anziehungskraft zwischen zwei Massen berechnen läßt, deren Mittelpunkte den Abstand r voneinander haben.)
- 1.4. (Für Experten:) Zeige, dass die Gravitationskraft auf einen Körper der Masse m auf dem Mond nur ca. ein Sechstel der Gravitationskraft auf der Erde beträgt. (Tipp: Formelsammlung!)

1.2.
$$F_G = \gamma \frac{M_1 M_2}{r^2} = 0,87 \mu\text{N} = 8,7 \cdot 10^{-7} \text{N}$$

1.3.
$$m \cdot g = \gamma \cdot \frac{m M}{r_E^2} \rightarrow m \frac{g}{2} = \gamma \frac{m M}{r_x^2} \Rightarrow r_x = \sqrt{\frac{\gamma M \cdot 2}{g}} = 9035 \text{ km}$$

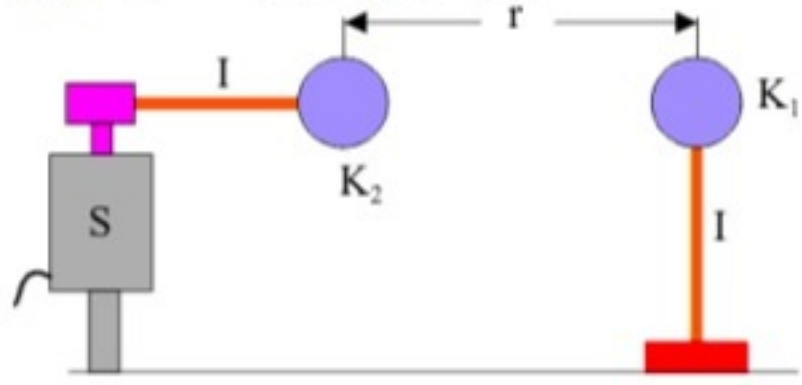
$$\Rightarrow h = r_x - r_E = 2635 \text{ km}$$

1.4.
$$\frac{F_{G,M}}{F_{G,E}} = \frac{\gamma \cdot \frac{m \cdot M_M}{r_M^2}}{\gamma \cdot \frac{m \cdot M_E}{r_E^2}} = \frac{r_E^2 M_M}{M_E r_M^2} = 0,166 = \frac{1}{6}$$

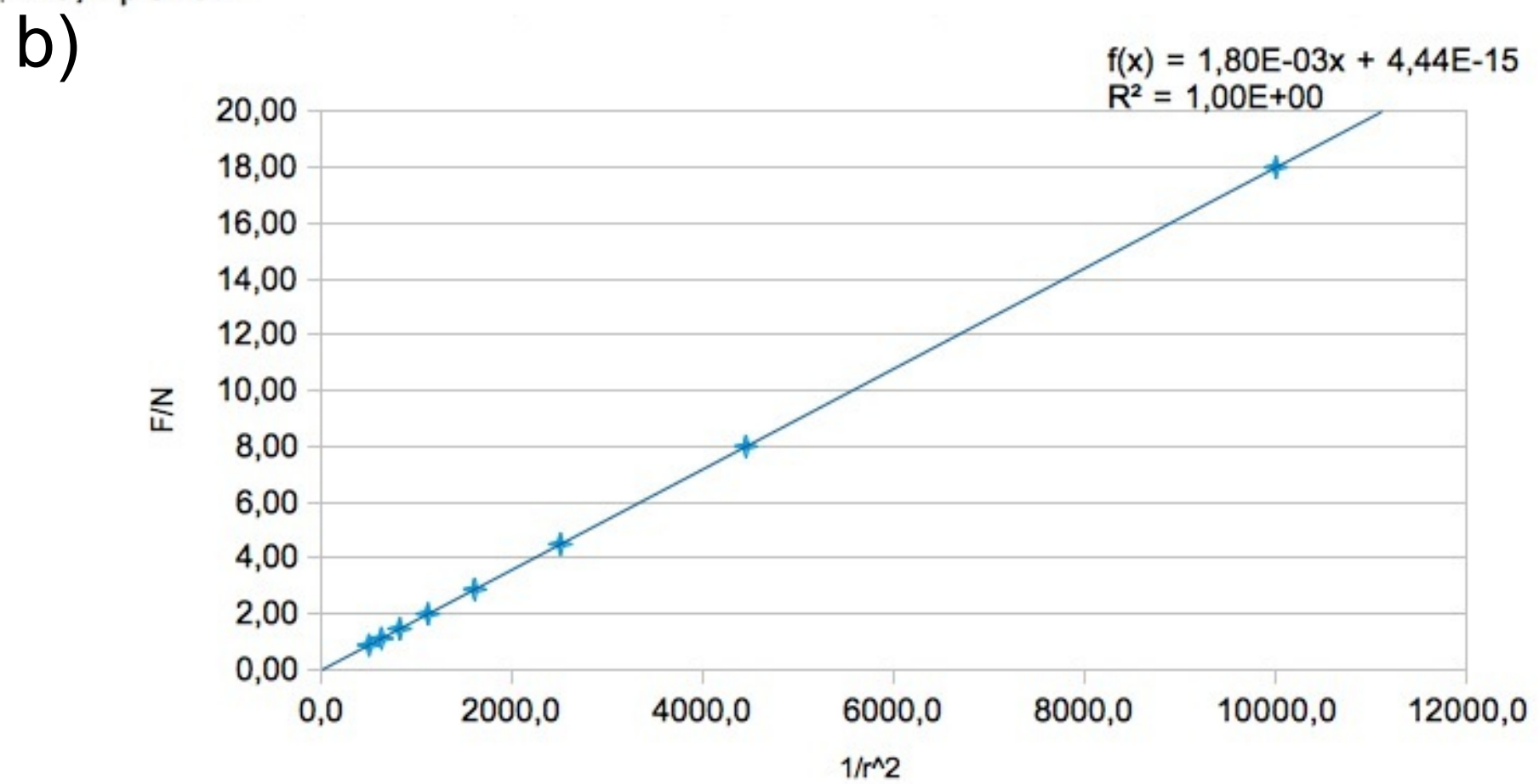
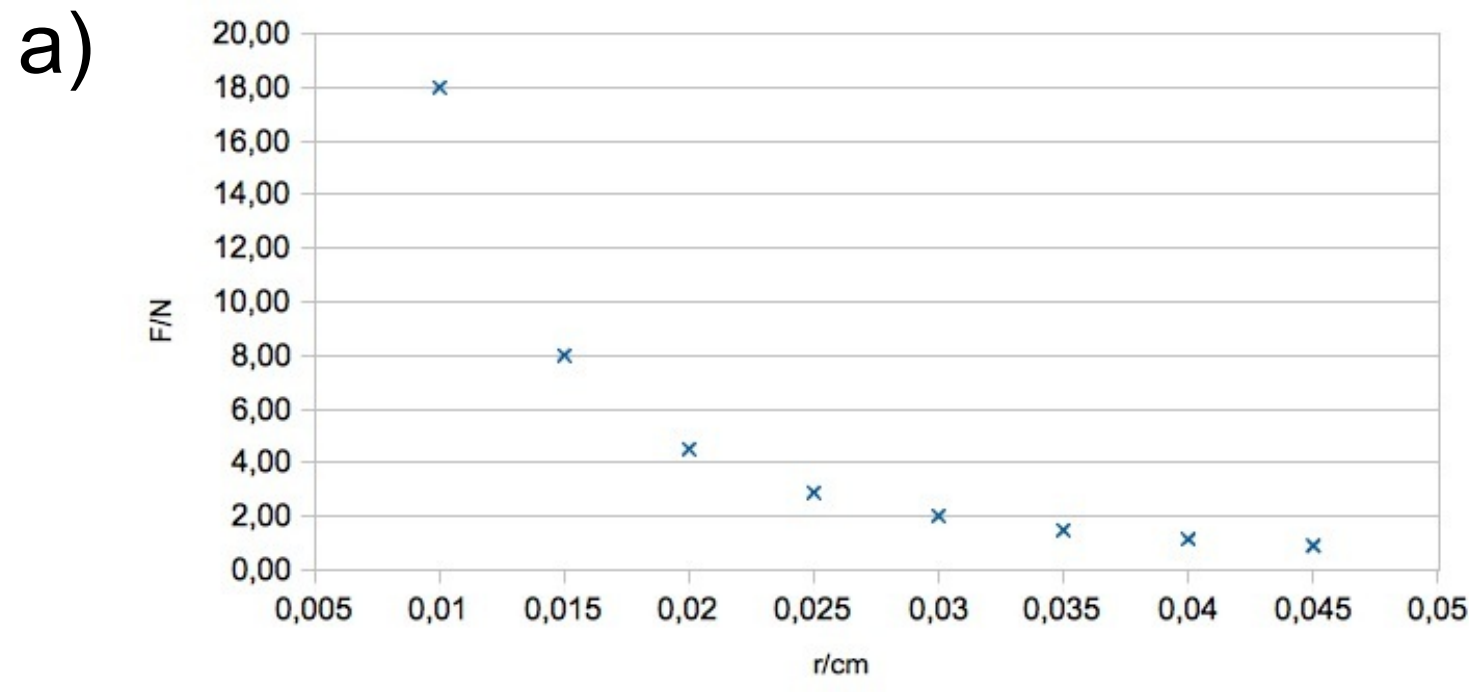
Im Folgenden soll ein Kraftgesetz, das wir im Unterricht theoretisch hergeleitet haben, mit Hilfe der Messwerte eines Experimentes gefunden werden.

1.5. In einem Experiment sei eine Kraft in Abhängigkeit zum Abstand zwischen zwei nahezu punktförmigen Probekörpern mit den Ladungen Q_1 und Q_2 gemessen worden mit folgenden Messergebnissen:

r/cm	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
F/N	18	8	4,5	2,85	2	1,47	1,13	0,89



- a) Erstelle ein $F(r)$ -Diagramm und diskutiere den Graphen qualitativ. Welche Funktion $F(r)$ könnte dem Graphen zu Grunde liegen? (Bitte Formel und Begründung!)
- b) Trage in einem neuen Diagramm die F -Werte gegen die zugehörigen $1/r^2$ -Werte auf und diskutiere den Graphen physikalisch. Welche Aussagen lassen sich über die Funktion $F(r)$ durch diese graphische Analyse formulieren?
- c) Berechne anhand eines Messwertpaares die Ladung Q_2 , wenn $Q_1 = 0,1 \mu\text{C}$ ist.



Keine e-Fkt., weil es kein "Halbwerts-r" gibt!
 (Man vermutet natürlich das Coulombsche Gesetz, d.h. $F \sim 1/r^2$.)

c)

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \Leftrightarrow Q_2 = \frac{F \cdot 4\pi\epsilon_0 r^2}{Q_1}$$

$$([0,01\text{m}; 18\text{N}]) = 2\mu\text{C}$$

Und siehe da:
 Wenn F gegen $1/r^2$ aufgetragen eine Gerade ergibt, dann ist $F \sim 1/r^2$!

Feldlinien und elektrische Feldstärke

Die Kraft F , die vom Feld einer Ladung Q auf eine (kleine) Probeladung q ausgeübt wird, ist der Probeladung proportional: $F \sim q$. Man definiert als *elektrische Feldstärke* den Quotienten aus Kraft und Probeladung: $E = \frac{F}{q}$.

2.1.

- a) Welche Einheit hat E ? $[E] = \frac{[F]}{[q]} = 1 \frac{N}{C}$
- b) Zeige, dass E ebenfalls in der Einheit V/m angegeben werden kann. (Tipp: Die elektrische Spannung ist definiert als Energie pro Ladung: $U = \frac{W}{q}$) $[U] = \frac{[W]}{[q]} = 1 \frac{N \cdot m}{C} \xrightarrow{=} 1V \xrightarrow{=} \frac{V}{m} = \frac{N}{C}$ ($W = \overline{F} \cdot s$)
- c) Kennst du eine zu E analoge Größe („Quotient aus Kraft auf Probegröße und Probegröße“) aus der Mechanik?

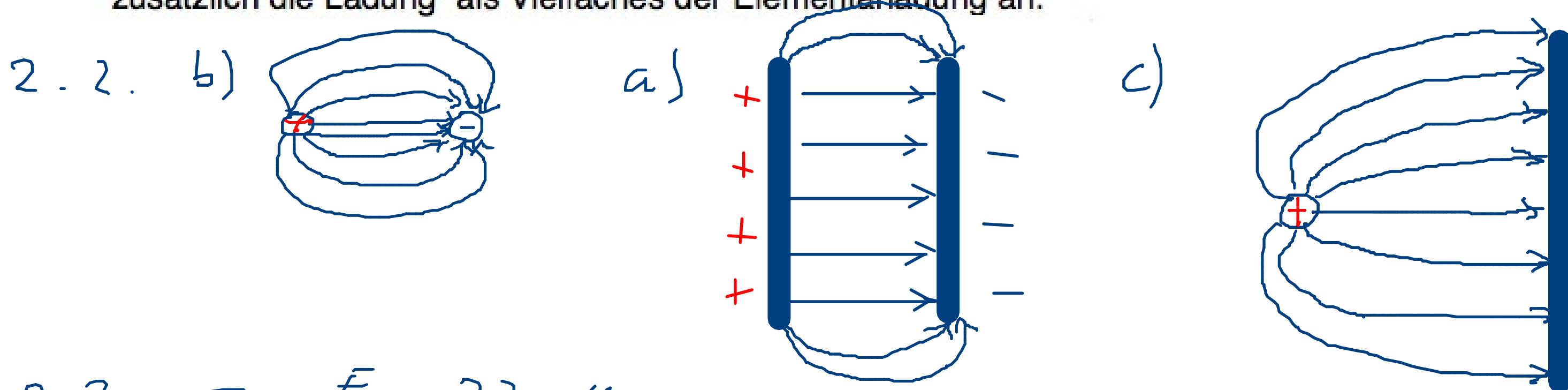
$$g = \frac{F_G}{m}$$

2.2. Skizziere die Feldlinien

- zwischen zwei ungleichnamig geladenen Kondensatorplatten,
- zwischen zwei ungleichnamigen Punktladungen und
- zwischen einer positiven Punktladung, die sich im Abstand r vor einer negativ geladenen Platte befindetet.

2.3. Berechne die elektrische Feldstärke an einem Ort, an dem auf einen Körper der Ladung $q = 26 \text{ nC}$ die Kraft $F = 37 \text{ }\mu\text{N}$ wirkt.

2.4. Die Feldlinien eines Kondensators verlaufen vertikal von oben nach unten. Ein in den Plattenraum eingebrachtes negativ geladenes Öltröpfchen, dessen Masse $m = 4,7 \cdot 10^{-10} \text{ kg}$ ist, schwebt gerade. Messungen ergeben eine Feldstärke von $E = 7,2 \cdot 10^9 \text{ N/C}$. Berechne die Ladung des Öltröpfchens. Gib zusätzlich die Ladung als Vielfaches der Elementarladung an.



$$2.3. \quad E = \frac{F}{q} = \frac{37 \mu\text{N}}{26 \text{ nC}} = \frac{37 \cdot 10^{-6} \text{ N}}{26 \cdot 10^{-9} \text{ C}} = 1,42 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$2.4. \quad \text{Schweben} \Leftrightarrow \vec{F}_G = \vec{F}_{el} \Leftrightarrow m \cdot g = q \cdot E$$

gesucht: $q = \frac{m \cdot g}{E} = 6,4 \cdot 10^{-19} \text{ C} = 4e$

1. Erkläre in zwei Sätzen physikalisch detailliert, was man unter den Begriffen *Influenz* und *Polarisation* in der Elektrostatik versteht.

siehe Tafelbild Sep

2. In einer Batterie fließt eine Stunde lang ein Strom der Stärke 1 A.

a) Berechne die insgesamt geflossene Ladung!

$$Q = \bar{I} \cdot t = 1 \text{ A} \cdot 3600 \text{ s} = 3600 \text{ C}$$

b) Wie viele Elektronen sind dabei geflossen?

$$N = \frac{Q}{e} = \frac{3600 \text{ C}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 2,25 \cdot 10^{22}$$

3. Wie ist die elektrische Feldstärke definiert?

$$E = \frac{F}{q}$$

4. Mit Hilfe der Flächenladungsdichte lässt sich die elektrische Feldstärke bequem messen. Gib den mathematischen Zusammenhang zwischen den beiden an („die Formel“)!

$$\frac{Q}{A} = \epsilon_0 E$$

5. Wie lautet das Coulombsche Gesetz? Erkläre die darin enthaltenen physikalischen Größen!

$$F_c = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

Q_1, Q_2 : Ladung 1 u. 2

ϵ_0 : (Dielektrizitätskonstante) Naturkonstante

r : Abstand der Ldg's - Mittelp.

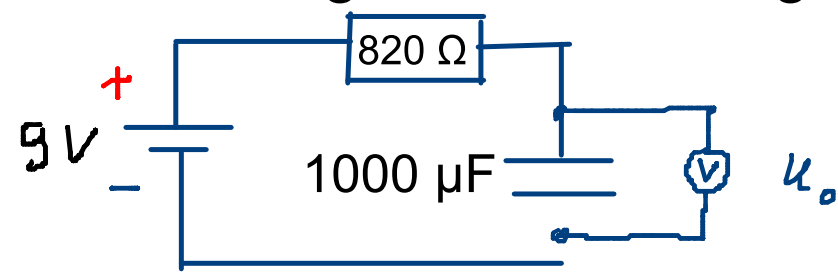
6. Wie ist die elektrische Spannung definiert?


(Gemeint ist nicht $U = R \cdot I$, denn das ist das Ohmsche Gesetz und keine Definition..)

$$U = \Delta \varphi = \frac{\Delta W}{q}$$

Entladung eines Kondensators

1. Baue folgende Schaltung auf:



Schaltsymbol eines Kondensators: 

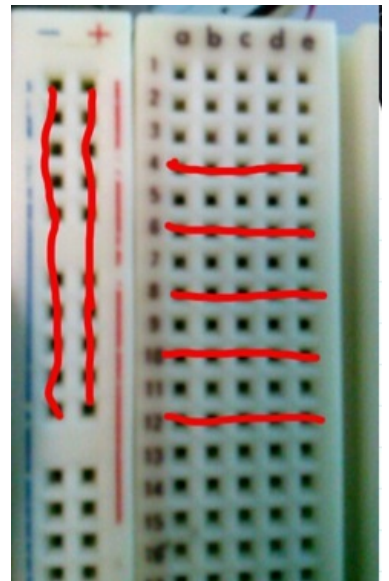
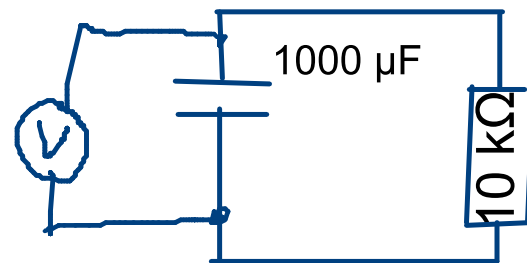
Maßeinheit für die Kapazität C: $[C] = 1 F$
 (nicht zu verwechseln mit der Maßeinheit für die elektr. Ldg.: $[Q] = 1 C$)
 (Farad)

2. Miss die Spannung U_a .

3. Trenne die Anschlüsse zum Widerstand und zur Batterie.

4. Halte die Stoppuhr bereit!

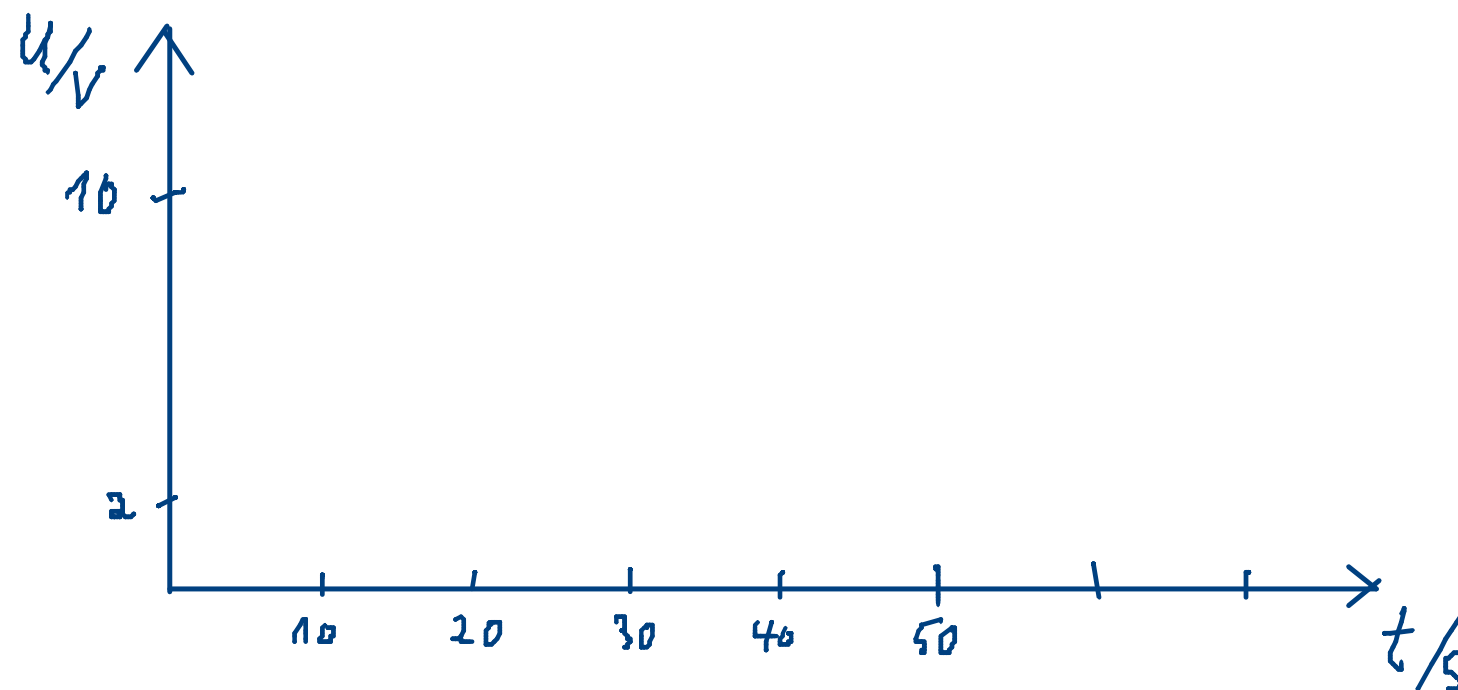
5. Baue folgende Schaltung auf und starte direkt die Stoppuhr:



6. Notiere alle 10 s die Spannung.

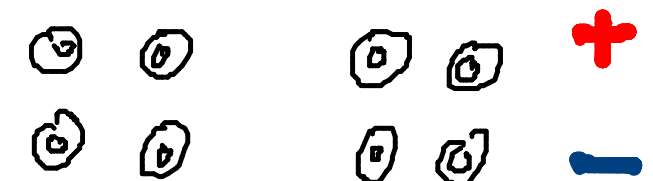
7. Erstelle ein t-U-Diagramm.

8. Welche Funktion könnte dem t-U-Graphen zugrunde liegen?



t/s	U/V
0	8,...
10	⋮
20	⋮
30	⋮
⋮	

Statt Batterie: Tisch



$$a^x \stackrel{?}{=} e^{x \cdot \ln a} \quad | \cdot \ln$$

$$\Leftrightarrow \ln a^x = \ln e^{x \cdot \ln a}$$

$$\Leftrightarrow x \cdot \ln a = x \cdot \ln a \cdot \underbrace{\ln e}_{=1}$$

$$y = C_1 \cdot e^{C_2 x} \quad | \ln$$

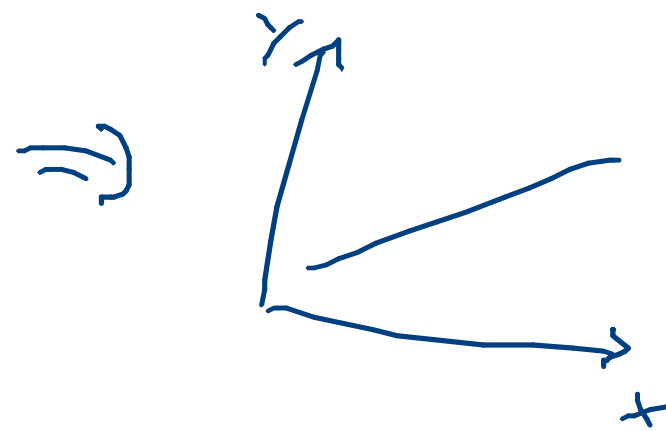
Bsp. $x = t$, $u = y$

ges.: C_1, C_2

$$\Rightarrow u(t) = u_0 \cdot e^{\lambda \cdot t}$$

$$\begin{aligned} \Leftrightarrow \underbrace{\ln y}_{y_{\text{neu}}} &= \ln(C_1 \cdot e^{C_2 x}) \\ &= \ln C_1 + \ln e^{C_2 x} \\ &= \ln C_1 + C_2 \cdot x \end{aligned}$$

$$\left[\stackrel{1}{=} y = n + m \cdot x \right] \quad \begin{matrix} \underbrace{x} \\ x \end{matrix}$$



Und wenn es keine Gerade ergibt?

$$y = C_1 \cdot x^{C_2} \quad | \ln$$

$$\Rightarrow \underbrace{\ln y}_{y_{\text{neu}}} = \ln C_1 + C_2 \underbrace{\ln x}_{x_{\text{neu}}}$$