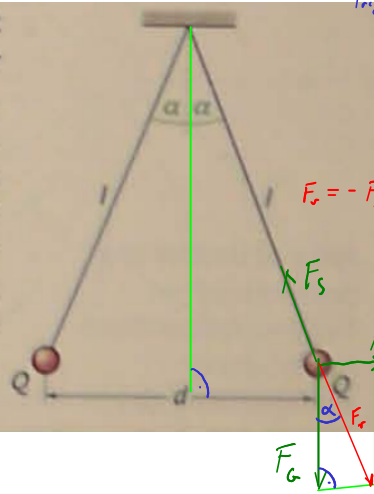
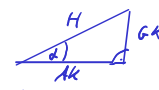


5. Zwei kleine Metallkugeln mit gleicher Masse m und gleicher Ladung Q hängen an zwei isolierenden Fäden der Länge l . Leiten Sie eine Formel für den Abstand d her, den die Kugeln im Gleichgewichtszustand voneinander haben und bestimmen Sie für $l=1\text{ m}$, $m=1\text{ g}$ und $d=3\text{ cm}$ die Ladung Q der Kugeln.



Exkurs: Trigonometrie



$$\sin \alpha = \frac{GK}{H} \quad \cos \alpha = \frac{AK}{H}$$

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{GK \cdot H}{H \cdot AK} = \frac{GK}{AK}$$

Exkurs Bogenmaß:

$$\frac{\alpha(^{\circ})}{360^{\circ}} = \frac{\alpha(\text{rad})}{2\pi}$$

$$\Leftrightarrow \alpha(\text{rad}) = \frac{2\pi}{360} \alpha(^{\circ})$$

1. Mögl.:
 $\alpha = \sin^{-1}\left(\frac{d}{2l}\right) \rightarrow$ einsehen in $\tan \alpha$
 Das hilft bei geg. d u. l , liefert aber keine Fkt. $d = \dots$

$$\sin \alpha = \frac{d/2}{l}$$

$$\tan \alpha = \frac{F_c}{F_g}$$

$\approx \tan \alpha$ für kleine Winkel α
 "Kleinwinkelnäherung"

ges.: $d = ?$

geg.: $F_g = m \cdot g$

$$F_c = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{d^2}$$

$$\Rightarrow \frac{d}{2l} = \frac{F_c}{F_g} \Leftrightarrow \frac{d}{2l} = \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2 m \cdot g} \quad (*)$$

$$\Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{Q^2 \cdot 2l}{4\pi\epsilon_0 \cdot m \cdot g}} = \sqrt[3]{\frac{Q^2 l}{2\pi\epsilon_0 m \cdot g}} = \left(\frac{Q^2 l}{2\pi\epsilon_0 m \cdot g}\right)^{1/3}$$

ges.: Q

geg.: m, l, d

$$(*) \Rightarrow Q^2 = \frac{d \cdot 4\pi\epsilon_0 \cdot d^2 \cdot m \cdot g}{2l}$$

$$\Rightarrow Q = \sqrt{\frac{2\pi\epsilon_0 \cdot d^3 \cdot m \cdot g}{l}}$$

(Werte eingesetzt:)

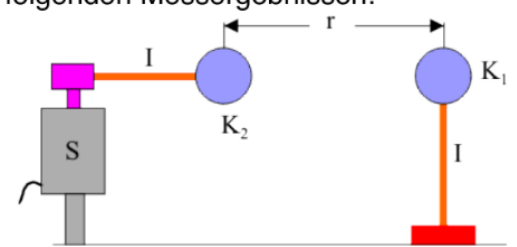
$$= 3,84 \text{ nC} = 3,84 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$$

- $d = 0,03 \text{ m}$
- $l = 1 \text{ m}$
- $m = 10^{-3} \text{ kg}$
- $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

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 diskutierte den Graphen qualitativ. Welche Funktion $F(r)$ könnte dem Graphen zu Grunde liegen? (Bitte Formel und Begründung!)

Wie könnte man beweisen, dass es sich um eine $F \sim 1/r^2$ -Abhängigkeit handelt?

b) Trage in einem neuen Diagramm die F -Werte gegen die zugehörigen $1/r^2$ -Werte auf und diskutierte 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.