

Physikalisches Praktikum 2

Versuch AP 1
Der Millikansche Öltröpfchenversuch

Verfasser:

Marcel vom Scheidt
Moritz Schubotz

Betreuer:

Maren Vaupel

Abgabetermin:

Donnerstag, 15. April 2010

0 Abstract

0.1 Zielsetzung

Ziel des heutigen Versuches ist die qualitative und quantitative Bestimmung der Naturkonstanten „Elementarladung“.

0.2 Grundidee

Aus der Annahme, dass es eine kleinste Ladung gibt folgt, dass jede Ladung ein ganzzahliges Vielfaches dieser Ladung ist. Nun versucht man diese kleinste Ladung dadurch zu bestimmen dass man die Menge aller Ladungen als kommutativen Ring auffasst und das Einselement bestimmt. Durch die Wahl einer genügend großen Menge (kleiner) voneinander verschiedener Elemente kann eine beliebig hohe Wahrscheinlichkeit erreicht werden, dass der „ggT“ dieser Menge gleich dem Einselement in diesem Ring ist.

0.3 Ladungsmessung

Zuerst muss man jedoch einmal die Ladungen messen. Geht man davon aus dass $F_{El} = QE$ folgt dass $Q = \frac{F_{El}}{E}$ unter der Annahme dass ein Kondensator ein homogenes E-Feld mit $E = \frac{U}{d}$ erzeugt, hängt die Ladung lediglich noch vom F_{El} ab. Durch die Formel $W = \int F ds$ kann dann schließlich die Ladung durch Messung von Weg, Kondensatorspannung, Plattenabstand und Zeit bestimmt werden.

0.4 Bedingungen in der Realität

Da wir in der Realität jedoch keine Masselosen Ladungen wirken noch andere Kräfte und die zu Probeladungen aus denen wir die Elementarladung berechnen wollen.

0.5 Der Milikanversuch

Im heutigen Versuch werden Öltröpfchen als geladene Teilchen betrachtet: Hier ist dann nach längerer Rechnung schließlich die Gesamtladung:

Falls $F_{el} = F_G$ also $v = 0$ gilt $Q = \frac{6\pi d \mu v_1}{U} \cdot \sqrt{\frac{9\mu v_1}{2\rho g}}$. Andernfalls $Q = (v_1 + v_2) \frac{\sqrt{v_1}}{U} \mu^{\frac{3}{2}} \frac{18\pi d}{\sqrt{2\rho g}}$ mit:

Beschreibung	Name	Symbol	Einheit	Wert	Fehler rel	Fehler abs
Ladung	Q	Q	Q	100	10%	10
Sinkgeschwindigkeit ohne E-Feld	v1	v_1	m/s		5%	0
Sinkgeschwindigkeit mit E-Feld	v2	v_2	m/s		5%	0
Kondensatorspannung	U	U	V		2%	0
Viskosität der Luft	μ	μ	Ns/m ²	1,81E-05	0%	0
Plattenabstand des Kondensators	d	d	m	6,00E-03	0%	0
Öldichte unter Annahme Luftdichte =0	p	ρ	kg/m ³	874,01	0%	0
Gravitationskonstante	g	g	m/s ²	9,81	0%	0
Luftdichte	pL	ρ_L	kg/m ³	1,29	0%	0
Öldichte	pOel	ρ_{Oel}	kg/m ³	875,3	0%	0

Physikalisches Praktikum 2
Versuch AP 1 - Der Millikansche Öltröpfchenversuch

0.6 Inhalt

0	Abstract	2
0.1	Zielsetzung	2
0.2	Grundidee.....	2
0.3	Ladungsmessung	2
0.4	Bedingungen in der Realität	2
0.5	Der Milikanversuch	2
0.6	Inhalt.....	3
1	Qualitative Messung der Quantelung	4
1.1	Aufbau	4
1.2	Durchführung.....	4
1.3	Auswertung.....	4
1.3.1	Formeln und Fehler:.....	8
Anhang A	Bildquellen	10

1 Qualitative Messung der Quantelung

1.1 Aufbau

Der Aufbau des Versuchs war recht simpel:

Die auf dem oben stehenden Bild abgebildeten Stoppuhren waren in unserem Fall jedoch in einer Integriert, wodurch die Messung erleichtert wurde. Wir fanden den Versuch komplett aufgebaut mit gereinigtem Mikroskop und Ölbefülltem Zerstäuber vor.

1.2 Durchführung

Wir führten den Versuch wie in der folgenden Beschreibung durch. Die Werte übertrugen wir direkt in eine Exceltabelle, zwischenzeitlich unterbrachen wir die Wertaufzeichnung, um eine Formel zu korrigieren und so schön während der Messung eine Plausibilitätsprüfung durchführen zu können. :

Wir verwendeten in unserem Fall immer 500V Spannung und 10 Skalenstriche.

1.3 Auswertung

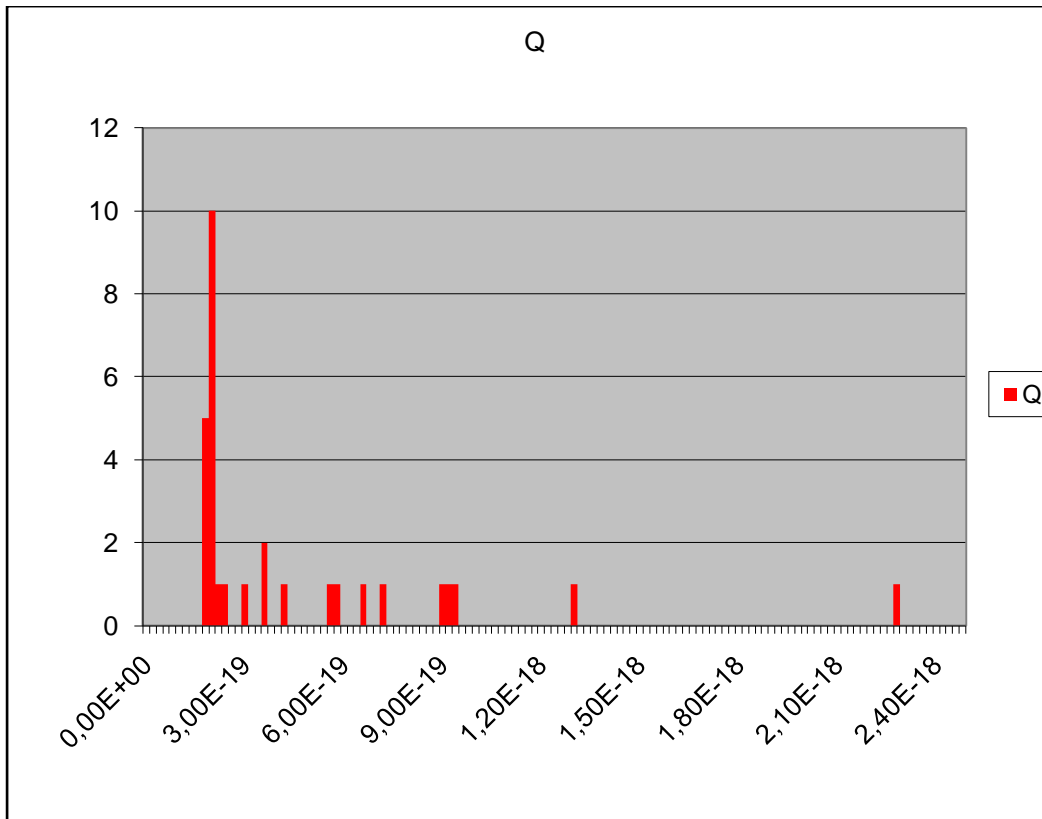
Die Auswertung: Zusammenfassend lässt sich sagen, dass wir mit dem Versuchsergebnis zufrieden sind da wir eine Durchschnittliche Abweichung vom Literaturwert von 12% hatten. Unser Mittelwert lautet $1,69E-19.+-10\%$.

Aus Effizienzgründen werteten wir zwar beide Versuchteile gemeinsam aus, wir werden uns aber bemühen die Ergebnisse getrennt darzustellen.

Die qualitative Beobachtung lieferte das folgende Histogramm:

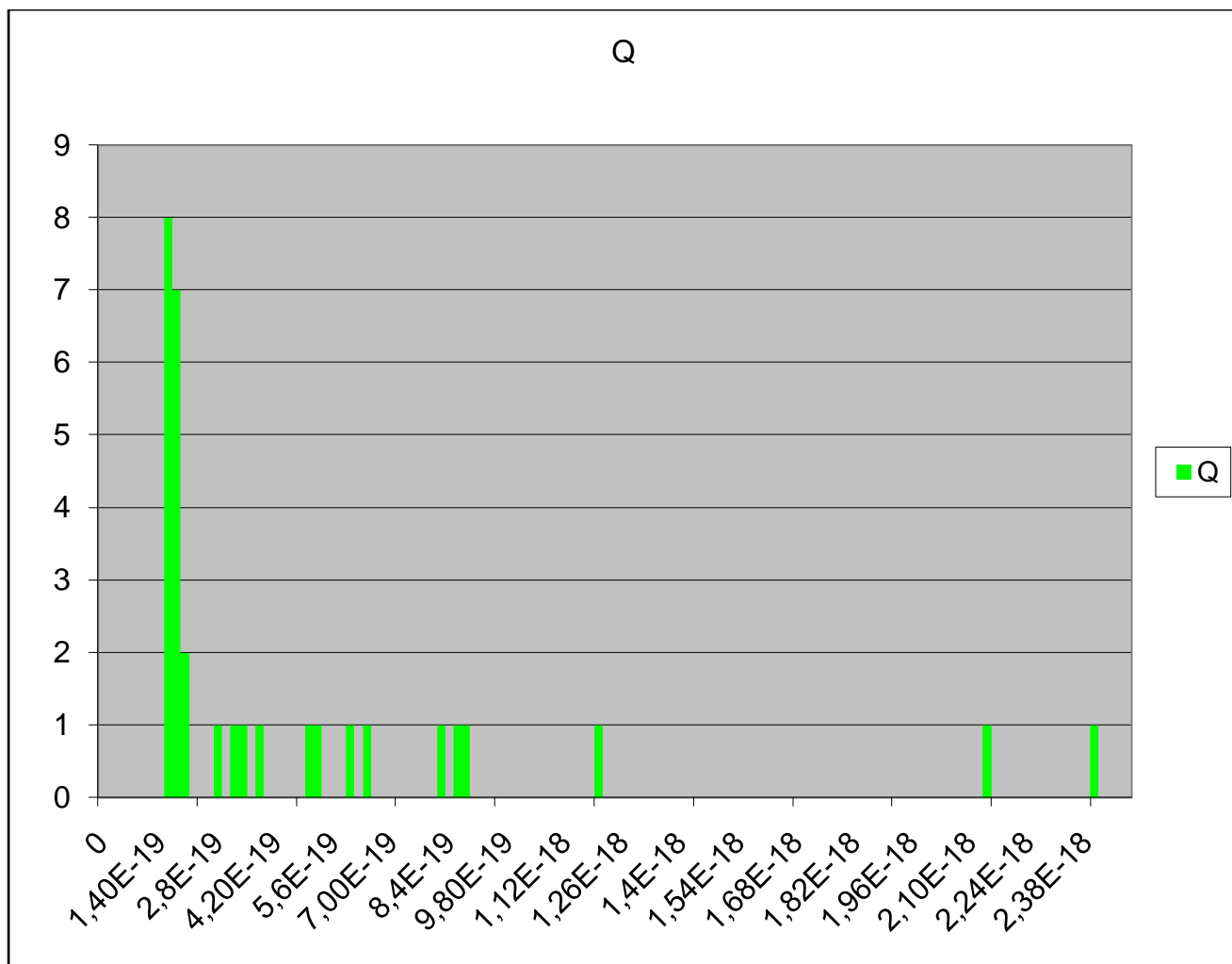
Physikalisches Praktikum 2

Versuch AP 1 - Der Millikansche Öltröpfchenversuch



Man stellt fest, dass die Vermutung der gequantelten Ladungen nahe liegt, jedoch stimmen die Ergebnisse nicht gut mit den Literaturwerten überein. Betrachtet man die Viskosität zusätzlich so erhält man die Richtigen Werte:

Physikalisches Praktikum 2
Versuch AP 1 - Der Millikansche Öltröpfchenversuch



Eingestellt		Gemessen		Gemessen		Gemessen		Gemessen		Berechnet		Berechnet		Berechnet		Berechnet								
Einheit	Volt	Einheit	skT	Einheit	s	Einheit	skT	Einheit	s	Einheit	m/s	Einheit	m/s	Einheit	m	Einheit	C	%	C	Korrektur	Neuer Ewert	Literaturwe	Elementarl	
Name	Spannung	Name	Weg	Name	Zeit	Name	Weg	Name	Zeit	Name	Geschwi ndigkeit	Name	Geschwi ndigkeit	Radius	Radius	Name	Ladung	Fehler rel	Fehler abs	Korrektur faktor	Neuer Ewert	rtdiff	adung	
U	500	s1	10	t1	9,9	s2	10	t2	48,3	v1	5,39E-05	v2	1,10E-05	r	7,15E-07	Q	1,90E-19	-12%	-2,24E-20	0,88	1,68E-19	5%	1	
U	500	s1	10	t1	11,6	s2	10	t2	22,0	v1	4,60E-05	v2	2,42E-05	r	6,61E-07	Q	1,90E-19	-10%	-1,94E-20	0,87	1,66E-19	4%	1	
U	500	s1	10	t1	7,6	s2	10	t2	3,8	v1	7,04E-05	v2	1,39E-04	r	8,18E-07	Q	7,02E-19	-7%	-4,62E-20	0,90	6,28E-19	-7%	4	
U	500	s1	10	t1	8,3	s2	10	t2	18,9	v1	6,42E-05	v2	2,82E-05	r	7,81E-07	Q	2,95E-19	-10%	-3,01E-20	0,89	2,63E-19	64%	1	
U	500	s1	10	t1	10,6	s2	10	t2	26,2	v1	5,03E-05	v2	2,03E-05	r	6,91E-07	Q	2,00E-19	-11%	-2,14E-20	0,88	1,76E-19	10%	1	
U	500	s1	10	t1	4,9	s2	10	t2	12,1	v1	1,10E-04	v2	4,40E-05	r	1,02E-06	Q	6,44E-19	-9%	-6,03E-20	0,91	5,90E-19	69%	3	
U	500	s1	10	t1	2,7	s2	10	t2	-16,9	v1	1,96E-04	v2	-3,17E-05	r	1,36E-06	Q	9,19E-19	-11%	-1,00E-19	0,94	8,59E-19	37%	5	
U	500	s1	10	t1	8,1	s2	10	t2	12,0	v1	6,60E-05	v2	4,46E-05	r	7,92E-07	Q	3,59E-19	-9%	-3,30E-20	0,89	3,20E-19	0%	2	
U	500	s1	10	t1	3,6	s2	10	t2	4,7	v1	1,50E-04	v2	1,14E-04	r	1,19E-06	Q	1,29E-18	-7%	-9,34E-20	0,93	1,19E-18	47%	7	
U	500	s1	10	t1	26,9	s2	10	t2	6,4	v1	1,98E-05	v2	8,37E-05	r	4,34E-07	Q	1,84E-19	-6%	-1,08E-20	0,82	1,50E-19	-6%	1	
U	500	s1	10	t1	2,5	s2	10	t2	3,1	v1	2,14E-04	v2	1,74E-04	r	1,43E-06	Q	2,27E-18	-6%	-1,32E-19	0,94	2,12E-18	28%	13	
U	500	s1	10	t1	10,4	s2	10	t2	20,3	v1	5,15E-05	v2	2,63E-05	r	6,99E-07	Q	2,23E-19	-10%	-2,26E-20	0,88	1,96E-19	22%	1	
U	500	s1	10	t1	5,6	s2	10	t2	12,0	v1	9,61E-05	v2	4,43E-05	r	9,55E-07	Q	5,49E-19	-9%	-5,16E-20	0,91	4,99E-19	12%	3	
U	500	s1	10	t1	12,3	s2	10	t2	17,0	v1	4,33E-05	v2	3,13E-05	r	6,41E-07	Q	1,96E-19	-10%	-1,86E-20	0,87	1,70E-19	6%	1	
U	500	s1	10	t1	5,1	s2	10	t2	4,8	v1	1,06E-04	v2	1,10E-04	r	1,00E-06	Q	8,82E-19	-7%	-6,55E-20	0,91	8,06E-19	4%	5	
U	500	s1	10	t1	20,8	s2	10	t2	8,7	v1	2,57E-05	v2	6,15E-05	r	4,94E-07	Q	1,76E-19	-7%	-1,21E-20	0,84	1,48E-19	-8%	1	
U	500	s1	10	t1	10,8	s2	10	t2	38,5	v1	4,94E-05	v2	1,39E-05	r	6,85E-07	Q	1,77E-19	-11%	-2,02E-20	0,88	1,56E-19	-3%	1	
U	500	s1	10	t1	7,0	s2	10	t2	21,4	v1	7,66E-05	v2	2,49E-05	r	8,53E-07	Q	3,55E-19	-11%	-3,72E-20	0,90	3,19E-19	-1%	2	
U	500	s1	10	t1	9,1	s2	10	t2	47,6	v1	5,86E-05	v2	1,12E-05	r	7,46E-07	Q	2,13E-19	-12%	-2,51E-20	0,89	1,89E-19	18%	1	
U	500	s1	10	t1	13,5	s2	10	t2	15,9	v1	3,97E-05	v2	3,36E-05	r	6,14E-07	Q	1,84E-19	-9%	-1,69E-20	0,86	1,59E-19	0%	1	
U	500	s1	10	t1	3,3	s2	10	t2	24,9	v1	1,62E-04	v2	2,14E-05	r	1,24E-06	Q	9,29E-19	-10%	-8,84E-20	0,93	8,63E-19	39%	5	
U	500	s1	10	t1	18,1	s2	10	t2	10,0	v1	2,95E-05	v2	5,33E-05	r	5,29E-07	Q	1,79E-19	-7%	-1,33E-20	0,85	1,52E-19	-5%	1	
U	500	s1	10	t1	15,6	s2	10	t2	14,1	v1	3,42E-05	v2	3,78E-05	r	5,70E-07	Q	1,68E-19	-9%	-1,44E-20	0,86	1,44E-19	-10%	1	
U	500	s1	10	t1	5,3	s2	10	t2	13,4	v1	1,01E-04	v2	3,98E-05	r	9,78E-07	Q	5,62E-19	-10%	-5,39E-20	0,91	5,12E-19	20%	3	
U	500	s1	10	t1	9,0	s2	10	t2	#####	v1	5,93E-05	v2	5,19E-06	r	7,50E-07	Q	1,96E-19	-13%	-2,48E-20	0,89	1,76E-19	10%	1	
U	500	s1	10	t1	17,3	s2	10	t2	9,8	v1	3,08E-05	v2	5,44E-05	r	5,41E-07	Q	1,89E-19	-7%	-1,41E-20	0,85	1,60E-19	0%	1	
U	500	s1	10	t1	12,7	s2	10	t2	0,1	v1	4,20E-05	v2	1,03E-03	r	6,32E-07	Q	2,76E-18	-4%	-1,11E-19	0,87	2,40E-18	-2%	15	
U	500	s1	10	t1	20,0	s2	10	t2	8,9	v1	2,67E-05	v2	5,99E-05	r	5,03E-07	Q	1,78E-19	-7%	-1,25E-20	0,84	1,50E-19	-6%	1	
U	500	s1	10	t1	14,4	s2	10	t2	13,6	v1	3,70E-05	v2	3,92E-05	r	5,93E-07	Q	1,85E-19	-9%	-1,60E-20	0,86	1,59E-19	0%	1	
U	500	s1	10	t1	6,8	s2	10	t2	13,6	v1	7,84E-05	v2	3,92E-05	r	8,63E-07	Q	4,16E-19	-10%	-4,00E-20	0,90	3,74E-19	34%	2	
U	500	s1	10	t1	12,0	s2	10	t2	20,2	v1	4,44E-05	v2	2,64E-05	r	6,50E-07	Q	1,88E-19	-10%	-1,88E-20	0,87	1,64E-19	3%	1	
																	Maximu	2,76E-18	3E-18	2,76E-18		2,7608E-18	12%	

Abbildung unserer Arbeitsmappe sehr große Fehlerabweichungen werden Einzelheiten zu Fehlern und Formeln stehen im nächsten abschnitt:
Es ist aber deutlich zu erkennen, dass die Fehler während der ersten Messungen größer waren, daher ist davon auszugehen, dass es sich hier um systematische Fehler handelt.

1.3.1 Formeln und Fehler:

Wir entnehmen die entsprechenden Formeln aus dem Leyboldheft und tippten Sie dann ab so dass wir in Excel damit rechnen konnten:

Auf den theoretischen Hintergrund wird hier aber nicht näher eingegangen

$$Q = (v_1 + v_2) \frac{\sqrt{v_1}}{U} \mu^{\frac{3}{2}} \frac{18\pi d}{\sqrt{2\rho g}}; r = \sqrt{\frac{9\mu v_1}{2\rho g}}; Q = (v_1 + v_2) \frac{\sqrt{v_1}}{U} \mu^{\frac{3}{2}} \frac{18\pi d}{\sqrt{2\rho g}} \frac{1}{(1 + \frac{b}{r\rho})^{\frac{3}{2}}};$$

Wir berechneten: $\frac{\partial Q}{\partial v_1} = \frac{\sqrt{v_1}}{U} \cdot \mu^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{18 \cdot \pi d}{\sqrt{2\rho g}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{v_1 + v_2}{\sqrt{v_1} \cdot U} \cdot \mu^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{18 \cdot \pi d}{\sqrt{2\rho g}}$ sowie

$$\frac{\partial Q}{\partial v_2} = \frac{\sqrt{v_1}}{U} \cdot \mu^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{18\pi d}{\sqrt{2\rho g}} \text{ und}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial U} = -(v_1 + v_2) \cdot \frac{\sqrt{v_1}}{U^2} \cdot \mu^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{18 \cdot \pi d}{\sqrt{2\rho g}} \text{ daraus folgt dann für den Gesamtfehler:}$$

$$\Delta Q = \mu^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{18\pi d}{U \cdot \sqrt{2\rho g}} \cdot \sqrt{\left(\sqrt{v_1} + \frac{1}{2} \frac{v_1 + v_2}{\sqrt{v_1}}\right)^2 \cdot (\Delta v_1)^2 + v_1 \cdot (\Delta v_2)^2 + \left(\frac{v_1 + v_2}{U^2}\right)^2 (\Delta U)^2}$$

Um uns viele Fehlerrechnungen zu ersparen nutzen wir ein Computer Algebra System um die Fehlerrechnung zu automatisieren:

Fehlerrechnung

`Q:=(v_1,v_2,U)-`

`>(v_1+v_2)*((sqrt(v_1)/U)*(`μ`^(3/2))*(18*PI*d/sqrt(2*`ρ`*g)))`

`Arg:=proc(f:DOM_PROC) begin op(f)[1] end_proc:`

Testen von Arg

`Arg(Q)`

Definition einer Funktion die eine Funktion in einen arithmetischen Ausdruck transformiert

`Arith:=proc(f:DOM_PROC) begin f(Arg(f)) end_proc:`

Testen von Arith

`Arith(Q),testtype(Arith(Q),Dom::ArithmeticalExpression)`

Definition der Fehlerfunktion

`Err:=proc(f:DOM_PROC)`

`local arf, Argf,aktArg,res;`

`begin`

`res:=null();`

`arf:=simplify(Arith(f));`

`Argf:={Arg(f)};`

`for aktArg in Argf do`

`res:=res+text2expr("D_". expr2text(aktArg))*diff(arf,aktArg);`

`//`Δ`(`aktArg)`

`end_for;`

`(res);`

`end;`

Berechnen von Delta Q

`DQ:=Err(Q)`

vereinfachen:

`factor(DQ);`

nicht besonders schön!

`Q_k:=(v_1,v_2,U)->Arith(Q)*1/(1+b/(r*`ρ`))^(3/2)`

Für 2. Teil mit Korrekturterm

`DQ_k:=Err(Q_k)`

Physikalisches Praktikum 2

Versuch AP 1 - Der Millikansche Öltröpfchenversuch

verinfachen:

`Simplify(DQ_k)`

auch nicht besser aber akzeptabel.

Ebenso für r

`diff(sqrt(9*m*v/(2*p*g)),v)`

die Ergebnisse wurden dann von Hand nach Excel exportiert!

