

Görevler

Bu deney, iki kondansatör plakası arasında hızlandırılmış yüklü yağ damlacıklarının gözlemlenmesinden oluşmaktadır.

1. Değişik voltaj değerlerinde yağ damlacıklarının yükselme ve düşme sürelerini ölçün.
2. Damlacıkların yarı çaplarını ve yüklerini belirleyiniz.
3. Sonuçlarınıza dayanarak elemanter yük e 'nin değerini belirleyin

Açıklamalar

Bu deneyi her birinde en az iki öğrenci bulunan birden fazla grup ile beraber yapılması şiddetle tavsiye edilmektedir. Böylece değerlendirmenin sonunda, elemanter yük için daha kesin bir değere ulaşabilmek için birisi bütün gruplardan sonuç değerlerini toplayabilir.

Süre: Yaklaşık 2 saat (bu deney için gerekli süre, incelenen yüklü yağ damlacıklarının sayısına bağlıdır. 2 saat, üç yüklü damlacığın incelenmesi için gerekli süredir).

Ekipman

Millikan aygıtı	09070.00	1	Dairesel yüzey	02122.00	1
Overl. prot. ile Multi-aralık ölçeği	07021.01	1	Bağlantı kablosu, $l = 100$ mm, siyah	07359.05	1
Güç Kaynağı, 0...600 VDC	13672.93	1	Bağlantı kablosu, $l = 750$ mm, kırmızı	07362.01	3
Aşama mikrometresi, 1 mm	62171.19	1	Bağlantı kablosu, $l = 750$ mm, mavi	07362.04	3
100 div			Bağlantı kablosu, $l = 750$ mm, yeşil-sarı	07362.15	1
Kronometre, kesilme tipi	03076.01	2			
Koruma camları 18×18 mm, 50 prç	64685.00	1			
Millikan deneyi içim komütatör anahtarı	06034.07	1	Opsiyonel aksesuarlar		
Tripod tabanı -PASS-	02002.55	1	Radyoaktif kaynak, Am-241, 74 kBq	09047.51	1
Tüp ayaklığı	02060.00	1	FlexCam Scientific Pro II	88030.93	1
			TV seti		

Kurulum

Aşağıdaki talimatlara ve resimlere uygun olarak deneyi kurunuz:

- Millikan cihazının kondansatörünü Şek. 1'de gösterildiği gibi komütatör anahtarına bağlayınız. Cihazın yatay olarak hizalanması için dairesel yüzeyi kullanın.



Şek. 1

- Çıkış kaynağı seri olarak bağlayabilmek için (Şek. 2) küçük siyah bağlantı kablosunu kullanarak sabit (300 V d.c) ve değişken (0 ila 300 V d.c) çıkışlarını kullanın ve Millikan cihazını topraklayabilmek için sarı-yeşil bağlantı kablosunu kullanın (Şek. 2 ve 3)

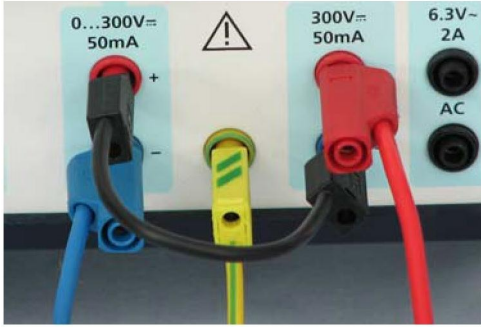


Şek. 2

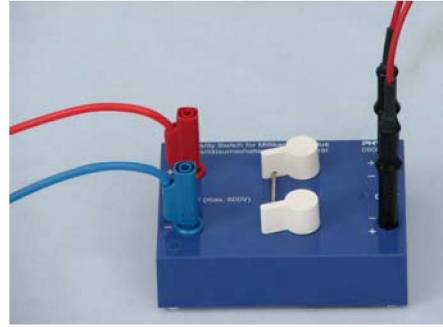


Şek. 3

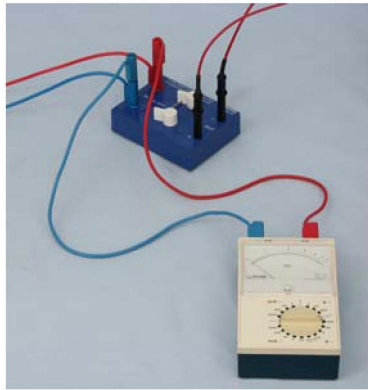
- Şimdi,
Komütatör anahtarı güç kaynağına (Şek. 4 ve 5) ve multi-aralık metresine (Şek. 6) bağlayınız



Şek. 4



Şek. 5



Şek. 6

- Millikan cihazının aydınlatma sistemi, Şek. 7 ve 8'de gösterilen güç kaynağının 6.3 V a.c soketlerine bağlanmaktadır.

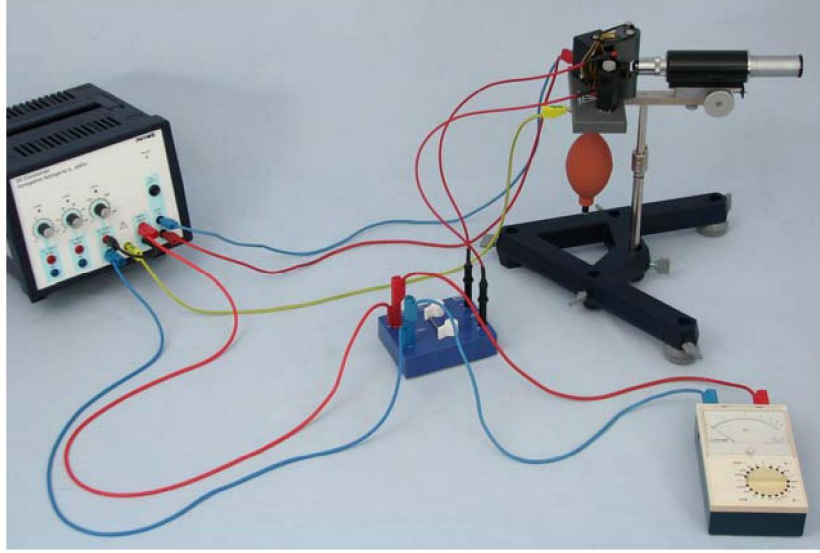


Şek. 7



Şek. 8

- Kurulumunuz artık aşağıdaki resme benzer şekilde olmalıdır:



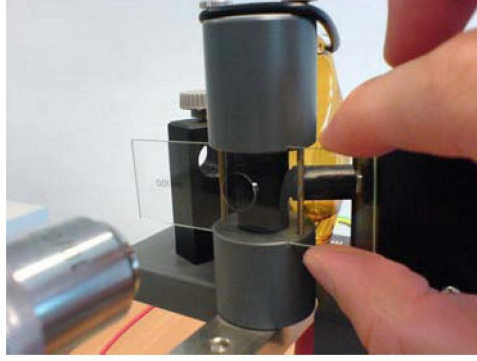
Şek. 9

Prosedür

Kalibrasyon:

Mikroskobun mercek mikrometresini stage (aşama) mikrometresi ile kalibre edin. Stage mikrometresinin ortasında iki adet daire bulunmaktadır ve daha küçük olanın ortasında ise bir ölçek bulunmaktadır. Bu ölçek, mercek mikrometresinin kalibrasyonunda kullanılmaktadır.

- Bunu yapabilmek için, stage mikrometresini mikroskobun lensleri ve küçük odacığın arasına kaydırarak oturtunuz (Şek. 10)

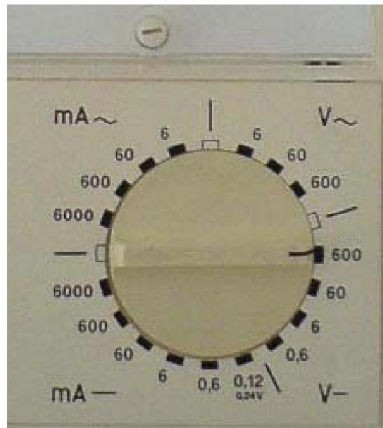


Şek. 10

- Mikroskoptan bakın ve ölçekleri görebilecek gibi odaklamayı ayarlayınız (etrafındaki iki daire, uyumlandırma amacıyla kullanılmalıdır). Mikroskobun lensleri ve stage mikrometresi arasındaki mesafe yalnızca birkaç milimetre kadar olmalıdır
- Her iki ölçek birbiri üzerine yatmalıdır
- Artık, göz parçası mikrometresinin 30 çizgisini kapatması için gerekli olan stage mikrometresinin çizgilerini sayabilirsiniz
- Buradan, stage mikrometresi üzerindeki 100 çizgi 1 mm'ye karşılık geldiğinden, göz parçası mikrometresi üzerindeki 30 div.'i mm olarak çevirebilirsiniz
- Sonuçlarınızı 6'ncı sayfaya not ediniz
- Deneye başlayabilmek için stage mikrometresini yuvasından çıkartınız
- Havalandırma vb. sebeplerden oluşan hava taslağına karşı odacığı koruyabilmek için yuvacıklara bir koruma camının yerleştirilmesi çoğu zaman kullanışlı olmaktadır

Hazırlanması:

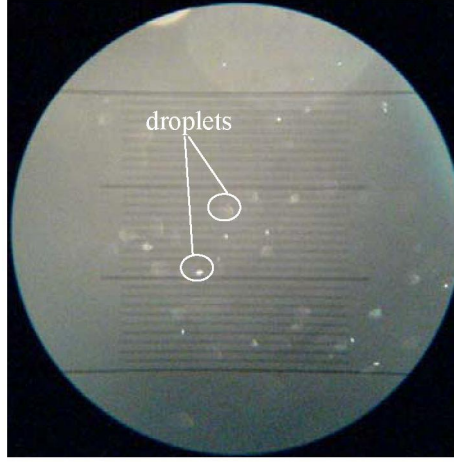
- Multi-aralık metresi üzerinden 600 V d.c ölçüm aralığını Şek. 11'de gösterildiği gibi seçin



Şek. 11

- Güç kaynağını çalıştırın ve kondansatör voltajını 300 V olarak ayarlayınız (güç kaynağı üzerindeki voltaj için dönen anahtarı 0'a getiriniz)

- Mikroskoptan bakınız ve körüklere basarak birkaç yağ damlasını üfleyerek gönderin.
- Mikroskobun odaklanmasını ayarlayarak, yağ damlalarını küçük beyaz yuvarlaklar olarak gözlemlemeye çalışınız (Şek. 12)



Şek. 12

- Yağ damlacıklarının davranışlarını inceleyin ve yüklü olanını bulun (bir yağ damlacığı, kondansatörün kutuplarını tersine çeviren komütatör anahtarının anahtarlama ile yön değiştiriyorsa yüklü olarak tanımlanabilmektedir)
- Bir yağ damlacığını daha uzun bir süre boyunca görebilmek için, mikroskobun odaklamasını düzeltmeniz gerekebilir
- Komütatör anahtarını açıp kapatarak, yüklü bir yağ damlacığını göz parçası mikrometresi üzerindeki en yüksek ve düşük çizgileri arasında birkaç defa hareket ettirmeye çalışın
- Bir yağ damlacığını kontrol ettiğinizi hissedebilirsiniz
- Artık yağ damlacıkları görmemeye başlarsanız, tekrar birkaç tane yağ damlacığı üfleyin (bazen güç kaynağını katmak ve birkaç saniye sonra tekrar açmak faydalı olabilmektedir)
- Daha rahat bir gözleme için, bir opsiyonel FlexCam ile bir TV set birleşimini kullanabilirsiniz

Ölçümler (Görev 1):

- Ölçümlere başlamaya hazır olduğunuzda, partneriniz kronometreyi kullanmalıdır
- Öyle bir yağ damlacığı bulun ki, göz parçası mikrometresi üzerinde 30 div mesafe alabilmesi için yaklaşık olarak 1...3 saniyeye ihtiyaç duyacak hızda olsun
- Buna benzer bir yağ damlacığı bulduğunuzda, ilk kronometre ile bazı yükselme zamanlarını toplayın ve ikinci kronometre ile bazı düşme zamanlarını toplayın. Mikroskop ile görebildiğiniz görüntünün baş aşağı olarak görüntülendiğini unutmayınız
- Her iki durumda da toplanan zamanlar 5 s'den fazla olmalıdır
- Yükselme (t_1) ve düşme (t_2) zamanlarını sayfa 6'daki Tablo 1'e not ediniz (kolonlar 2 ve 5)
- Yağ damlacıklarının bu süre zarfı içerisinde kat ettiği s mesafesini de, Tablo 1'e not ediniz (kolonlar 3 ve 6)
- Deneyi iki defa tekrarlayınız; bir defa 400 V'luk bir voltaj için be ikincisi ise 500 V'luk voltaj için
- Tekrar, sonuçlarınızı Tablo 1'e kaydediniz
- Genellikle yağ damlalarının yalnızca bazıları yüklüdür. Opsiyonel radyoaktif kaynağı kullanarak bunların sayılarını arttırmak mümkün olabilmektedir

Sonuçlar:

Kalibrasyon:

30 div =

Ölçümler:

Ölçüm sonuçlarınızı aşağıdaki tabloya not ediniz:

Table 1

Voltaj U [V]	Yükselme süreleri t_1 [s]	Alınan mesafe s_1 [div]	Alınan mesafe s_1 [mm]	Düşme süreleri t_2 [s]	Alınan mesafe s_2 [div]	Alınan mesafe s_2 [mm]
300						
400						
500						

Kalibrasyonuzun yardımıyla da, yağ damlacıklarının mesafesini mm olarak çevirin ve sonuçlarınızı Tablo 1'e kaydediniz (kolonlar 4 ve 7).

Örnek sonuçlar

30 div = 0.89 mm

Voltaj U [V]	Yükselme süreleri t_1 [s]	Alınan mesafe s_1 [div]	Alınan mesafe s_1 [mm]	Düşme süreleri t_2 [s]	Alınan mesafe s_2 [div]	Alınan mesafe s_2 [mm]
300	8.1	60	1.78	6.3	60	1.78
400	8.8	60	1.78	5.2	60	1.78
500	9.8	120	3.56	5.5	90	2.67

Değerlendirme:

Görev 2:

Her üç yağ damlacığı için v_1 ve v_2 hızları karşılıklı gelecek şekilde s_1 ve t_1 ya da s_2 ve t_2 kullanılarak (bkz. Tablo 1) denklem ile hesaplanabilmektedir

Sonuçlarınızı s_1 ve s_2 için m birimine çevirmeyi unutmayınız. Değerlerinizi aşağıdaki Tablo 2'ye not ediniz:

Tablo 2

Yükselme hızı v_1 [m/s]	Düşme hızı v_2 [m/s]	Yük Q [C]	Yarı çap r [m]

Şimdi, yağ damlacıklarının Q yükleri ile beraber r yarıçaplarını hesaplayın ve aşağıdaki denklemleri kullanarak sonuçlarınızı Tablo 2'ye not ediniz (derivasyonları için ek'e bakınız):

burada

$$Q = C_1 \times \frac{v_1 + v_2}{U} \sqrt{|v_1 - v_2|}$$

ve

$$C_1 = 2.73 \times 10^{-11} \text{ kg (m/s)}^{-1/2}$$

burada

$$r = C_2 \times \sqrt{|v_1 - v_2|}$$

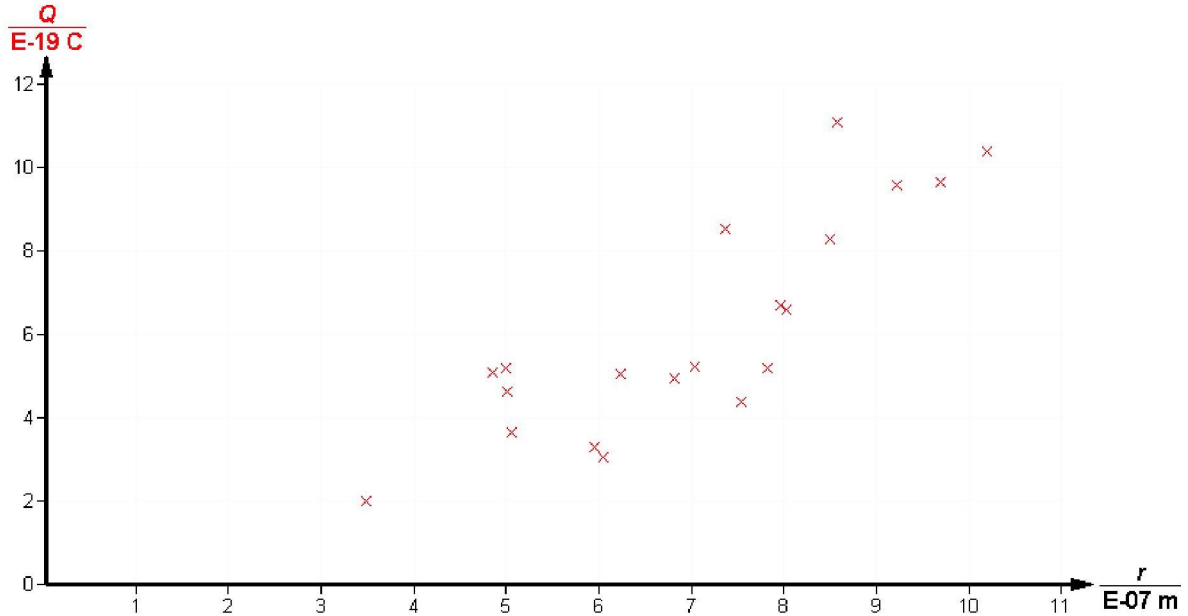
$$C_2 = 6.37 \times 10^{-5} \text{ (m} \times \text{s)}^{1/2}.$$

Örnek sonuçlar

Yükselme hızı v_1 [m/s]	Düşme hızı v_2 [m/s]	Yük Q [C]	Yarı çap r [m]
2.20E-04	2.83E-04	3.63E-19	5.06E-07
2.02E-04	3.42E-04	4.39E-19	7.54E-07
3.63E-04	4.85E-04	5.11E-19	7.04E-07

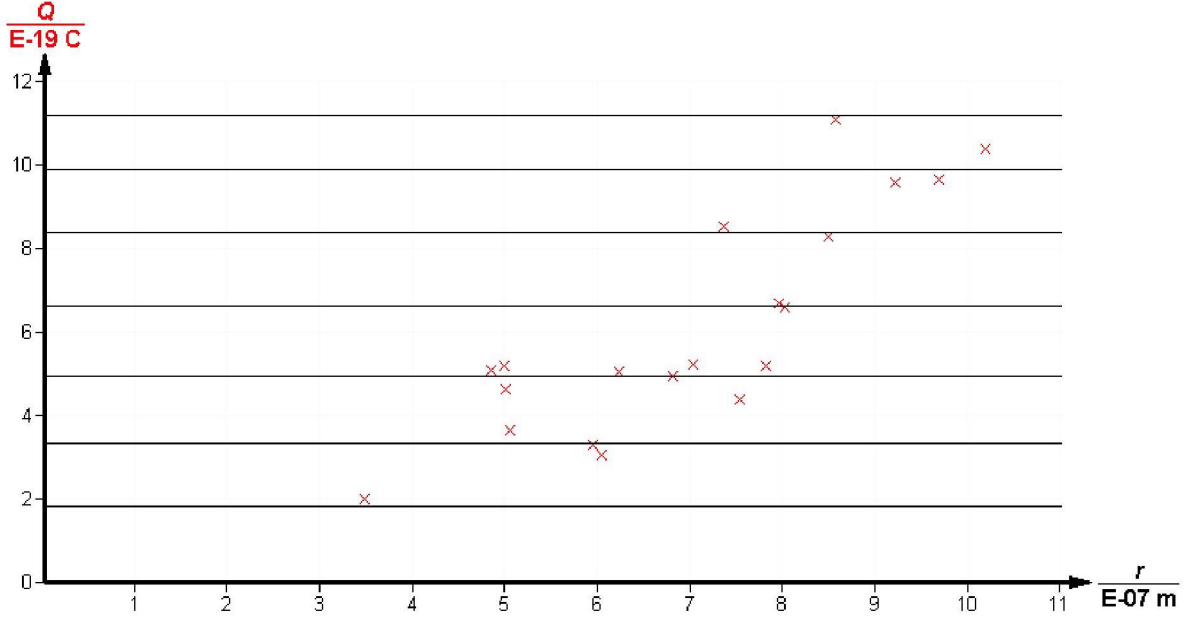
Görev 3:

Elemanter yükü e 'yi ölçüm sonuçlarından belirleyebilmek için, yağ damlacıklarının Q yükleri ve r yarıçapları için toplayabildiğiniz kadar çok sayıda sonuç toplayınız. Ardından Q yüklerini yağ damlacıklarının r yarıçaplarından çıkartınız (bunun için www.phywe.com sitesinden ücretsiz olarak indirebileceğiniz Phywe yazılımındaki "ölçüm" seçeneğini kullanabilirsiniz – bkz. ek):



Şek. 13

Şimdi, her bir şarj seviyesini karakterize eden çizgileri çizin. Grafiğiniz artık aşağıdakine benzer olmalıdır:



Şek. 14

Bir sonraki adımda, her bir çizgi arasındaki mesafeyi belirleyiniz. Bu mesafeler elemanter yükü e 'ye karşılık gelmektedir. X-Ekseni ($Q = 0$) ve ilk çizgi arasındaki mesafeyi unutmayınız. Aşağıdaki tabloya sonuçlarınızı not edin ve mesafelerin ortalama değerini hesaplayınız:

Tablo 3

İncelenen çizgiler	Mesafeler [C]
x-Ekseni ve ilk çizgi	
Birinci ve ikinci çizgi	
İkinci ve üçüncü çizgi	
Üçüncü ve dördüncü çizgi	
Dördüncü ve beşinci çizgi	
Beşinci ve altıncı çizgi	
Altıncı ve yedinci çizgi	
Ortalama değerler	

Örnek sonuçlar

İncelenen çizgiler	Distance [C]
x-Ekseni ve ilk çizgi	1.82E-19
Birinci ve ikinci çizgi	1.50E-19
İkinci ve üçüncü çizgi	1.61E-19
Üçüncü ve dördüncü çizgi	1.68E-19
Dördüncü ve beşinci çizgi	1.78E-19
Beşinci ve altıncı çizgi	1.50E-19
Altıncı ve yedinci çizgi	1.29E-19
Ortalama değerler	1.60E-19

Elemanter yükü e için literatür değeri aşağıdaki gibidir:

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C.}$$

İlave sorular

1. Yağ damlacıklarının, karşılıklı olarak neden yükseldiğini ve düştüğünü açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

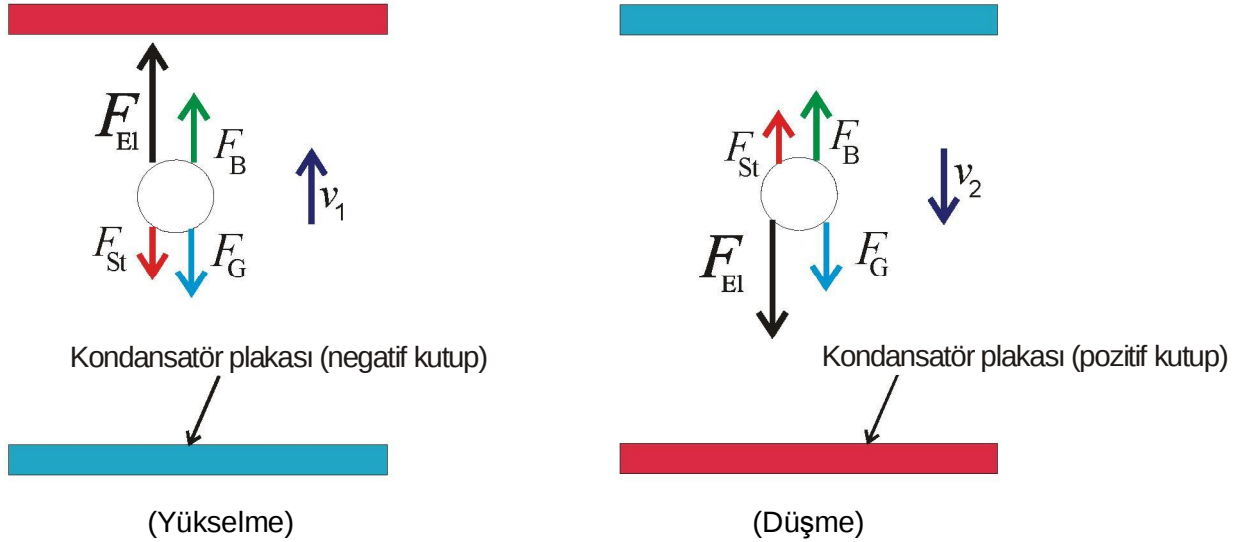
2. Bu deneyde, yüklü yağ damlacıklarının üzerine birden çok kuvvet etmektedir. İki grafik tasarlayın; ilk grafiği yükseldiğinde yüklü yağ damlacıklarına etkiyen kuvvetleri göstermek için kullanın, ve ikinci grafiği ise yüklü yağ damlacığı düştüğündeki aktif kuvvetleri çizmek için kullanın:

3. Bir yağ damlacığının yükü ve elemanter yükü arasında nasıl bir bağlantı gözlemlenmektedir? Yağ damlacıklarının Q yükünü, elemanter yükü e ve şarjlı düzey sayısı n 'yi göz önünde bulundurarak bu bağlantıyı bir formül ile formüle ediniz:

.....

Örnek Cevaplar:

- Yağ damlacıkları kondansatör plakaları arasına üflendiğinde, bazıları elektrik alan tarafından yük toplamaktadır. Bildiğimiz gibi, yağ damlacıklarının yükleri negatiftir. Bu da, yüklü yağ damlacıklarının neden kondansatörün pozitif kutbuna hareket ettiğini açıklamaktadır. Bizim durumumuzda, yukarıdaki çizimden de görülebileceği gibi, öncelikle yükselecektir. Komütatör anahtarı açıp kapatarak, kondansatörün kutupları ters konuma gelir ve yüklü yağ damlacıkları düşmektedir.
- Grafikler aşağıdaki gibi olmalıdır:



Karşılık gelen kuvvetler şunlardır:

- $F_E =$ Elektrik alanının kuvveti.
 - $F_B =$ Yüzdürme kuvveti.
 - $F_{St} =$ Sürtünme kuvveti (Stoke Yasası)
 - $F_G =$ Yerçekimi kuvveti.
- Q yağ damlacığının yükü ve elemanter yükü e arasındaki bağlantı, bu deneyin sonuçlarından da elde edilebileceği gibi aşağıdaki gibidir:

$$Q = n \times e$$

burada n, karşılık gelen şarj seviyesidir. e, bölünebilir olmadığından dolayı n, doğal bir sayıdır.

Ek

Yağ damlacığının çapı ve yükünün belirlenmesi

Elde edilen yağ damlacıklarının yüklerini ve yarıçaplarını belirleyebilmek için, aşağıdaki varsayımlar yapılmaktadır:

Bir küre (bizim durumumuzda yağ damlacığı) r yarıçapında ve v hızında, akışkanlığı η olan bir ortamda hareket ediyorsa (bu deneyde hava), ve F kuvvetini yaşıyorsa:

$$F = 6 \times \pi \times r \times \eta \times v \quad (\text{Stoke yasası}) \quad (1)$$

burada, bizim deneyde $\eta = 1.82 \times 10^{-5} \text{ kgx(mxs)}^{-1}$ havanın yoğunluğudur.

Yağ damlacığında m kütlesi (ve karşılıklı olarak V hacmi ve ρ_1 yoğunluğu) olduğundan, yer çekim kuvveti yerel yer çekim ivmelemesi g üzerinde etkisi bulunmaktadır (9.78 ve 9.82 m/s^2 arasında, enleme bağlı olarak):

$$F = m \times g = \rho_1 \times V \times g, \quad (2)$$

burada $\rho_1 = 1.03 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ yağ damlacığının yoğunluğudur ve $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ ise hacmidir.

Bundan başka yağ damlacığı, havanın kaldırma kuvvetine maruz kalmaktadır (yoğunluk $\rho_2 = 1.293 \text{ kg m}^{-3}$)

$$F = \rho_2 \times V \times g \quad (3)$$

Kondansatör içerisindeki elektrik alanının kuvveti ile birlikte

$$F = Q \times E = Q \times \frac{U}{d}, \quad (4)$$

burada Q , yağ damlacığının yüküdür ve U ise kondansatör voltajı ve $d = 2.4 \text{ mm} \pm 0.001 \text{ mm}$, iki kondansatör plakası arasındaki mesafe.

Yüklü yağ damlacığının üzerine etkiyen bu kuvvetlerin ardından yükselme (v_1) ve düşme hızları (v_2) şu şekilde elde edilebilir:

$$v_1 = \frac{1}{6 \pi r \eta} \left(Q \times \frac{U}{d} - \frac{4}{3} \pi r^3 g (\rho_1 - \rho_2) \right), \quad (5)$$

$$v_2 = \frac{1}{6 \pi r \eta} \left(Q \times \frac{U}{d} + \frac{4}{3} \pi r^3 g (\rho_1 - \rho_2) \right). \quad (6)$$

Artık, birisi yağ damlacıklarının Q yükü ile beraber r yarıçapı için (5) ve (6)'yı kullanarak bir denklem elde edebilir:

$$Q = C_1 \times \frac{v_1 + v_2}{U} \sqrt{|v_1 - v_2|}, \quad (7)$$

where

$$C_1 = \frac{9}{2} \pi d \times \sqrt{\frac{\eta^3}{g(\rho_1 - \rho_2)}} = 2.73 \times 10^{-11} \text{ kg (m/s)}^{1/2}$$

ve

$$r = C_2 \times \sqrt{|v_1 - v_2|} \quad (8)$$

burada

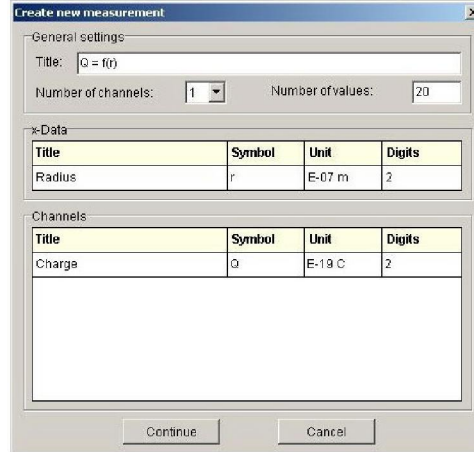
$$C_2 = \frac{3}{2} \times \sqrt{\frac{\eta}{g(\rho_1 - \rho_2)}} = 6.37 \times 10^{-5} \text{ (m} \times \text{s)}^{1/2}.$$

Yük biriminin neden [As] olduğunu anlayabilmek için, aşağıdaki sebepleri göz önünde bulundurunuz. Eğer birisi denklem (7)'e bakarsa ve birimleri incelerse, o kişi şunları elde eder:

$$\text{kg} \sqrt{\frac{\text{m}}{\text{s}}} \times \frac{\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{\text{V}} \times \sqrt{\frac{\text{m}}{\text{s}}} = \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \frac{\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{\left(\frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^3 \text{ A}}\right)} = \text{kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \times \frac{\text{s}^3 \text{ A}}{\text{kg m}^2} = \text{A s} = \text{C}$$

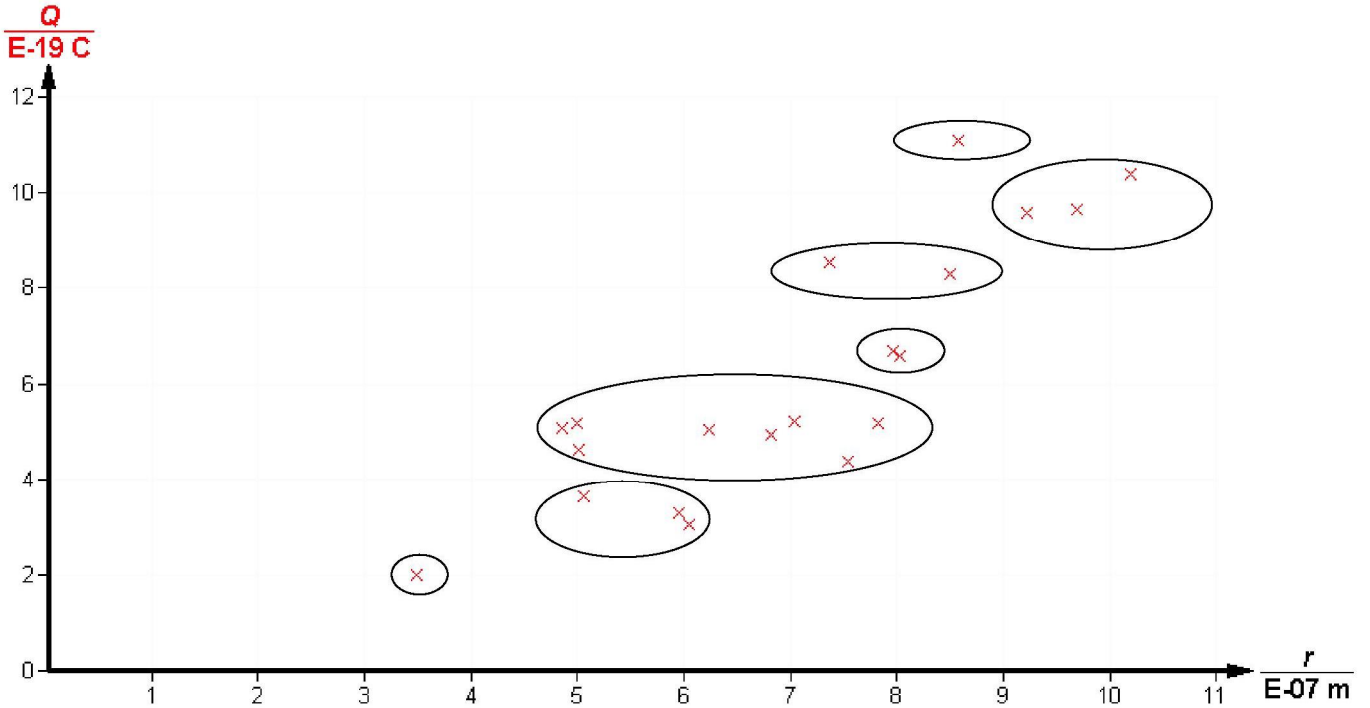
Yazılımda “measure” kullanarak verilerin çizimi ve elde edilmesi mümkündür.

- Başlatıldıktan sonra, “measure” ve ardından “Measurement” tıklayın ve “Enter data manually” seçiniz. Burada, aşağıdaki ekran görüntüsünde gösterilen parametreleri seçiniz (“Değerler sayı”larınız değişik olabilir):

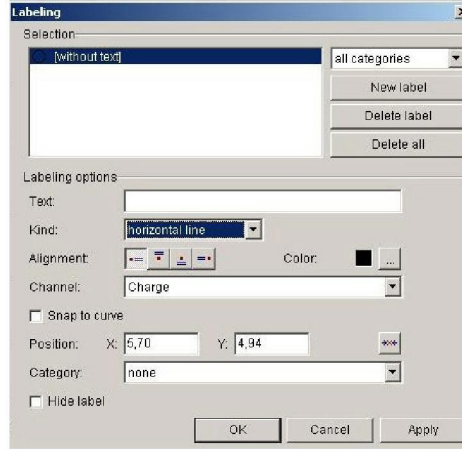


- “Continue” seçin
- r ve Q için değerlerinizi girin (ondalıklı numaralar için nokta yerine virgül kullandığınızdan emin olun)
- “OK” seçin
- Görüntülenen diyalog kutusunda ilk noktayı seçiniz “Sort x-data ...”
- Grafiğiniz üzerine sağ-tıklayın ve “Display options” seçin (Sembol: )
- “Channels” altından “interpolation” ve “none” ile yalnızca noktaların görüntülenmesini sağlayabilirsiniz. Bu menüde, görüntülenen alanı en iyi görüntüleme için de değiştirebilirsiniz

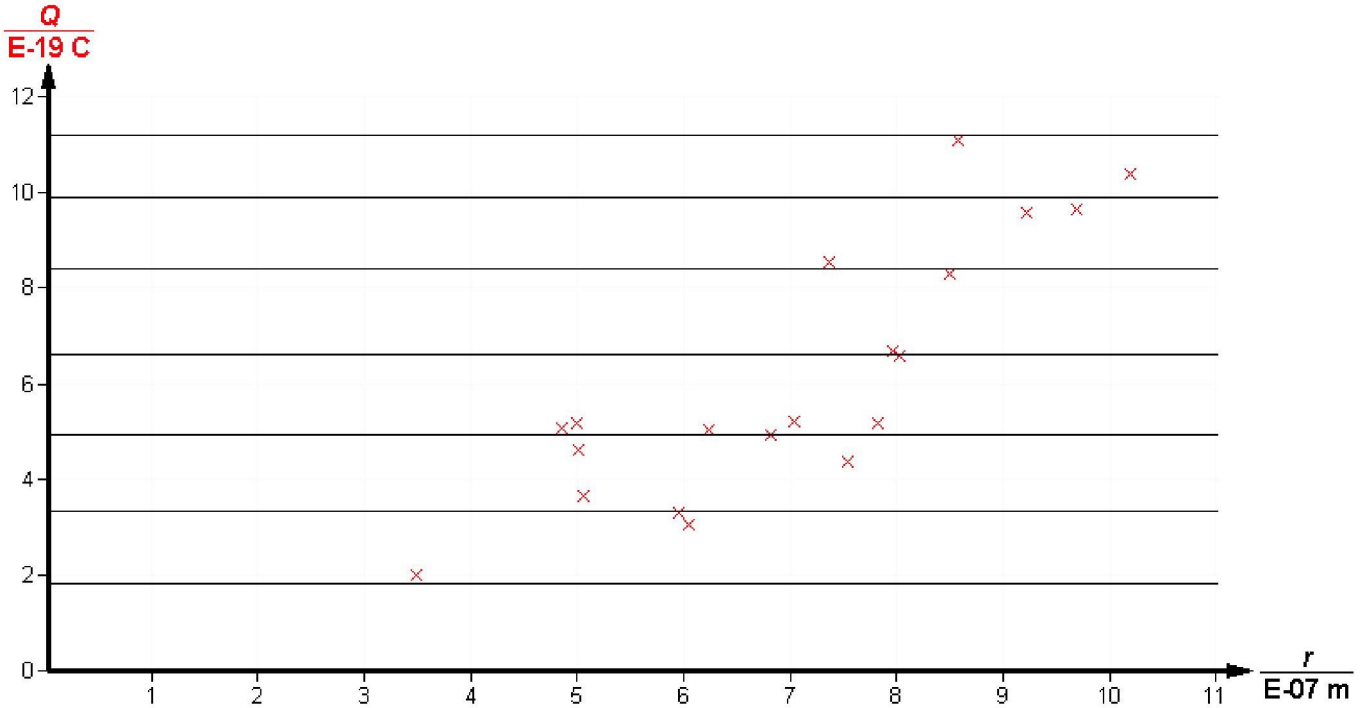
- Noktalara baktığınızda, kesintisiz bir dağılım olmadığını ve ancak noktaların değişik yük seviyelerinde yattığını fark etmelisiniz



- Şimdi, her bir yük seviyesinin karakteristiğini çizgilere çiziniz.
- (A) "Etiket" butonuna basınız.
- Her bir yük seviyesinin ortasında gördüğünüz çaprazı yerleştiriniz, örn. öyle bir şekilde yerleştirmeye çalışın ki, yaklaşık olarak çaprazın altında ve merkezindeki noktaların sayısı aynı olsun (bir tür "manüel yerleştirme" gibi)
- Sol fare butonuna basın, "Kind" altından "horizontal line" seçin ve ardından "OK" tıklayın.



- Artık, şarj seviyesini gösteren bir çizgi göreceksiniz.
- Bu şekilde, diğer seviyeler için de çizgileri çiziniz
- Grafiğiniz artık aşağıdakine benzemelidir:



- Bir sonraki adımda, her bir çizgi arasındaki mesafeyi belirleyin. Bu mesafeler e elemanter yüküne karşılık gelmektedir.
- Bunu yapabilmek için, "Survey" butonuna basınız ()
- "1" ve "2" etiketli iki nokta göreceksiniz
- Bu iki noktanın yeri değiştirilebilir. İki çizgi arasındaki mesafeyi belirlemek için, "1" noktasını hat üzerinde ve "2" noktasını ise bir sonraki çizgi üzerine yerleştirin
- Mesafe ΔY değeri üzerinden belirlenmektedir ve aşağıdaki ekran görüntüsü gibi belirlenmiş olacaktır

