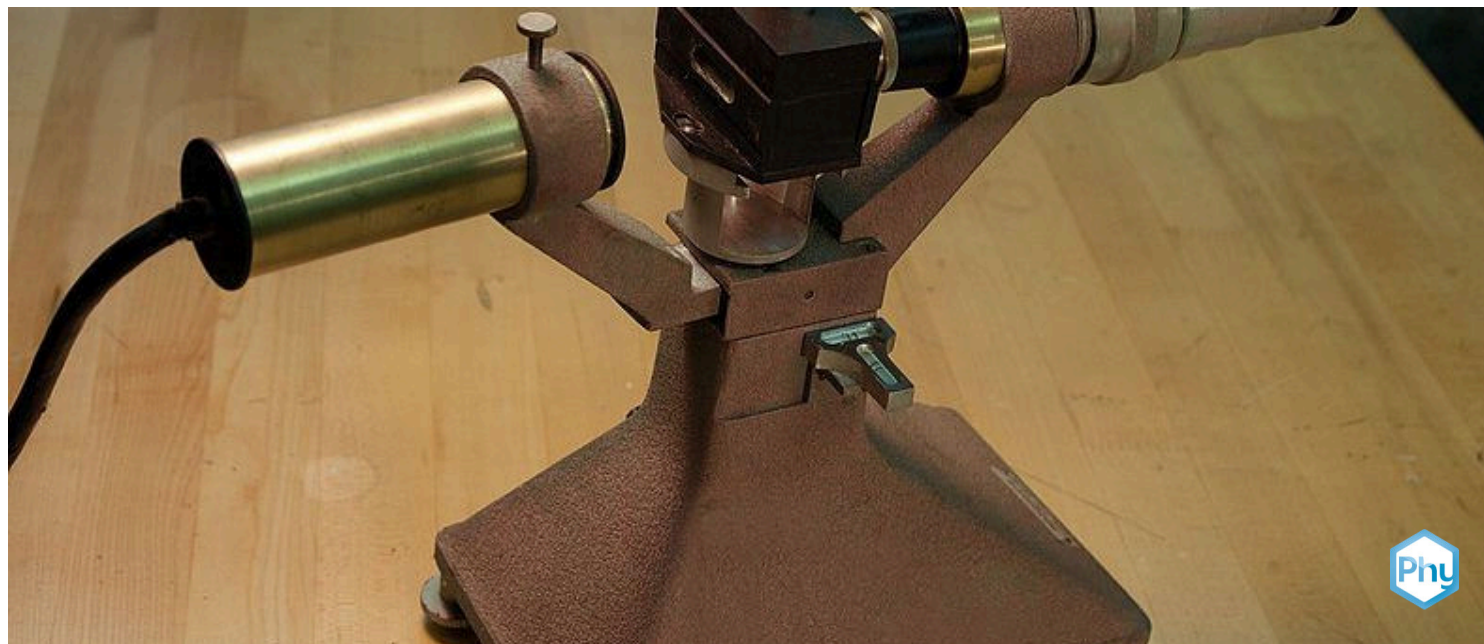


Элементарный заряд и опыт Милликена



Физика

Электричество и магнетизм

Электростатика и электрическое поле

Физика

Современная физика

Квантовая физика



Уровень сложности

тяжелый



Кол-во учеников

2



Время подготовки

45+ Минут



Время выполнения

45+ Минут

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/5f196bf199df9e000334403b>

PHYWE

Общая информация



Описание

PHYWE



Аппарат Милликена для экспериментов с каплей масла

В 1909 году Роберт Милликен провел эксперимент по определению заряда электрона, сравнивая приложенное напряжение с изменениями в движении каплей масла, что позволило определить электрический заряд на каждой капельке. Это привело к выводу, что все капли имели заряды, которые были простыми кратными постоянному числу, фундаментальному заряду электрона, который обозначается как e или q_e .

$$e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Этот метод убедительно доказал, что электрический заряд всегда кратен заряду электрона.

Дополнительная информация (1/2)

PHYWE

Предварительные

знания



Элементарный заряд - это электрический заряд, переносимый одним электроном или протоном. Атомы вещества электрически нейтральны, поскольку их ядра содержат такое же количество протонов, что и электронов, окружающие ядро. Таким образом, заряд всегда кратен заряду электрона или протона, фундаментальной физической постоянной.

Научный принцип



Заряженные капли масла между пластинами конденсатора, находящиеся под действием электрического поля и силы тяжести, ускоряются за счет приложенного напряжения. Элементарный заряд определяется по скорости капли в направлении силы тяжести и в противоположном направлении.

Дополнительная информация (2/2)

PHYWE

Цель обучения



Определение электрического заряда, переносимого частицей, при измерении силы, действующей на частицу в электрическом поле известной силы.

Задачи



1. Измерение времени подъема и падения капель масла с разным зарядами при разных напряжениях
2. Определение радиусов и заряда капель.

Инструкции по технике безопасности

PHYWE

Для этого эксперимента применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов при преподавании естественных наук.

Примите соответствующие меры защиты, так как электрические токи могут быть опасны для человека.

Теория (1/3)

PHYWE

Сила F , действующая на каплю радиуса r , движущуюся со скоростью v в вязкой жидкости с вязкостью η , равна:

$$F = 6\pi \cdot r \cdot \eta v \quad (\text{закон Стокса}).$$

Капелька масла массы m объёмом V и плотностью ρ_1 находится в гравитационном поле Земли:

$$F = m \cdot g = \rho_1 \cdot V \cdot g$$

Выталкивающая сила (сила Архимеда) определяется выражением:

$$F = \rho_2 \cdot V \cdot g$$

Сила электрического поля равна:

$$F = Q \cdot E = Q \cdot \frac{U}{d}$$

Теория (2/3)

PHYWE

Из суммы сил, действующих на заряженную частицу, вычисляются скорости падения и подъема капель v_1 и v_2 соответственно:

$$v_1 = \frac{1}{6\pi r \eta (QE + \frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho_1 - \rho_2))}$$

$$v_2 = \frac{1}{6\pi r \eta (QE - \frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho_1 - \rho_2))}$$

Вычитание или сложение этих уравнений дает радиус и заряд капли.

Теория (3/3)

PHYWE

Отсюда получаем:

$$Q = C_1 \left(\frac{v_1 + v_2}{U} \right) \sqrt{v_1 - v_2}$$

$$C_1 = \frac{9}{2} \pi d \sqrt{\frac{\eta^3}{g(\rho_1 - \rho_2)}}$$

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

$$C_2 = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{\eta}{g(\rho_1 - \rho_2)}}$$

Заряд капель имеет определенные значения, кратные элементарному заряду e :

$$Q = n \cdot e$$

Оборудование

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	Аппарат Милликена	09070-00	1
2	PHYWE Источник питания, регулируемый пост. ток: 0...12 В, 0,5 , 50 мА / перем. ток: 6,3 В, 2 А	13672-93	1
3	Цифровой мультиметр, 3 1/2 разрядный дисплей с NiCr-Ni термопарой	07122-00	1
4	Секундомер, цифровой, 24 часа, 1/ 100 с & 1 с	24025-00	2
5	Микрометр, 1мм/ 100 ч.	62171-19	1
6	Покровные стекла, 18x18 мм, 50 шт.	64685-00	1
7	Круглый уровень, d = 36 мм	02123-00	1
8	Треножник	02002-55	1
9	Трубка-стойка с зажимом	02060-00	1
10	Соединительный проводник, безопасн., 32 А, 50 см, красный	07336-01	1
11	Соединительный проводник, безопасн., 32 А, 100 см, красный	07337-01	2
12	Соединительный проводник, безопасн., 32 А, 100 см, синий	07337-04	2
13	Соединительный проводник, 750 мм, черный	07362-05	2
14	Соединительный проводник, 750 мм, желто-зеленый	07362-15	1
15	Переключатель-коммутатор	06006-00	1

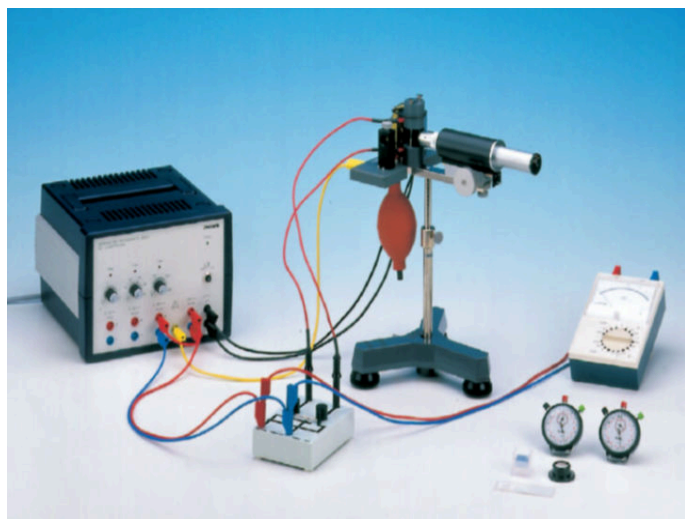
PHYWE



Подготовка и выполнение работы

Подготовка (1/3)

PHYWE



Экспериментальная установка

Соедините фиксированный (300 В) и варьируемый (от 0 до 300 В) выходы источника напряжения, чтобы можно было получать напряжение выше 300 В. Через переключатель направления поля источник соединяется с установкой Милликена. Параллельно присоединяется вольтметр. Оптическая система установки Милликена подсоединяется на выход 6,3 В источника напряжения. Через переключатель направления поля источник соединяется с установкой Милликена. Параллельно присоединяется вольтметр. Оптическая система установки Милликена подсоединяется на выход 6,3 В источника напряжения. Сначала откалибруйте окуляр микрометра. Последовательно соедините фиксированный (300 В пост. тока) и регулируемый (от 0 до 300 В пост. тока) выходы и получите напряжение более 300 В постоянного тока.

Подготовка (2/3)

PHYWE

- Переключатель коммутатора используется для изменения полярности конденсатора. Калибровка окуляра микрометра: Масштаб 30 дел. = 0.89 мм
- Установите напряжение на конденсаторе в пределах от 300 до 500 В.
- С помощью распылителя впрысните капли масла между пластинами конденсатора.
- Выберите капельку масла и, нажав на переключатель, переместите капельку между верхним и нижним делениями на окуляре микрометра. При необходимости откорректируйте фокусировку микроскопа.
- Измерьте время падения и подъема 20 капель

Подготовка (3/3)

PHYWE

При выборе капли обратите внимание на следующие критерии:

- Капля не должна двигаться слишком быстро, тогда у нее будет небольшой заряд (на путь 30 дел потребуется примерно 1... 3 с).
- Капля не должна двигаться слишком медленно и не должна раскачиваться. При необходимости увеличьте напряжение на конденсаторе.
- Подсчитайте время подъема с помощью первого секундомера.
- Подсчитайте время падения с помощью второго секундомера.
- Добавленное время в обоих случаях должно быть больше 5 с.

Выполнение работы (1/2)

PHYWE

По известным постоянным значениям определяются C_1 и C_2 :

$$C_1 = 2.73 \cdot 10^{-11} \text{ КГМ(МС)}^{-1/2}$$

$$C_2 = 6.37 \cdot 10^{-5} \text{ (МС)}^{1/2}$$

Наблюдают движение заряженной капли масла в электрическом поле конденсатора и определяют скорости.

Параметры	Значения
Расстояние между конденсаторами	$d = (2.5 \pm 0.01) \text{ мм}$
Плотность силиконового масла	$\rho_1 = 1.03 \cdot 10^3 \text{ КГ/М}^3$
Вязкость воздуха	$\eta = 1.82 \cdot 10^{-5} \text{ КГ/(МС)}$
Ускорение свободного падения	$g = 9.81 \text{ М/с}^2$
Плотность воздуха	$\rho_2 = 1.293 \text{ КГ/М}^3$

Табличные значения величин во время эксперимента

Выполнение работы (2/2)

PHYWE

$\frac{U}{\text{В}}$	$\frac{t_1}{\text{с}}$	$\frac{s_1}{\text{дел}}$	$\frac{t_2}{\text{с}}$	$\frac{s_2}{\text{дел}}$	$\frac{s_1}{\text{мм}}$	$\frac{s_2}{\text{мм}}$	$\frac{v_1}{\text{М/с}} \cdot 10^{-4}$	$\frac{v_2}{\text{М/с}} \cdot 10^{-4}$	$\frac{r}{\text{М}} \cdot 10^{-7}$	$\frac{Q}{\text{Кл}} \cdot 10^{-19}$	n	$\frac{e}{\text{Кл}} \cdot 10^{-19}$
300	9.6	150	13.5	150	4.45	4.45	4.64	3.30	7.37	8.54	5	1.71
400	6.9	90	9.8	90	2.67	2.67	3.87	2.72	6.82	4.92	3	1.64
500	6.4	120	7.2	120	3.56	3.56	5.56	4.94	5.01	4.61	3	1.54

$$\bar{e} = 1.68 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Измерения на различных каплях для определения элементарного заряда методом Милликена

Задача 1

PHYWE

Когда капли масла поднимаются вверх?

- ☐ Сила электрического поля меньше, чем сила тяжести.
- ☐ Сила электрического поля равна силе тяжести.
- ☐ Сила электрического поля больше, чем сила тяжести.

✓ Проверить



Силы, действующие на каплю масла

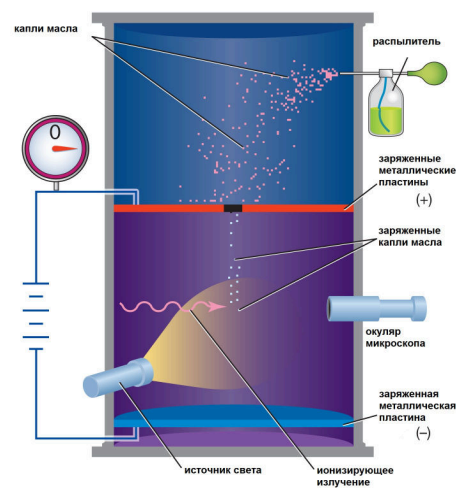
Задача 2

PHYWE

Что доказывает эксперимент с каплями масла?

- ☐ Электрический заряд квантован
- ☐ Электрический заряд непрерывный
- ☐ Значение элементарного заряда $1.602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

✓ Проверить



© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.

Эксперимент Милликена с каплями масла

Слайд	Оценка/Всего
Слайд 16: эксперимент по каплепанию масла	0/1
Слайд 17: Эксперимент по каплепанию масла 2	0/2

Общий балл



Показать решения



Вспомнить