



**42-ая Международная олимпиада по физике
Бангкок, Таиланд
Экспериментальный тур
Четверг, 14 июля 2011 года**

Прежде всего, прочтите, пожалуйста, следующее:

1. На работу Вам отводится 5 часов.
2. Вам предлагаются две экспериментальные задачи, каждая из которых оценивается 10 баллами.
3. Пользуйтесь только предоставленными Вам установками и бумагой. Не используйте карандаш.
4. Записывайте Ваши результаты в соответствующие клетки **Листов ответов**. Оставляйте необходимое количество значащих цифр и не забывайте указывать единицы измерения. Полные решение и вычисления приводите на **Рабочих листах**. Все листы *будут использованы при выставлении оценок*.
5. При использовании **Рабочих листов**:
 - Используйте только лицевую сторону предоставленных листов бумаги. Начинайте каждую часть задачи с нового листа.
 - На каждом листе укажите:
 - 1) **Номер задачи**, которую Вы выполняете;
 - 2) **Номер листа** — порядковый номер каждого листа, относящегося к данной задаче;
 - 3) **Общее количество листов**, использованных для этой задачи;
 - 4) **Код студента**.
 - Пишите кратко. Ограничьте количество текста до минимума. Используйте уравнения, числа, символы, рисунки и графики всюду, где это возможно.
 - Перечеркните крестом те листы, которые Вы не хотите предоставлять для оценивания и не включайте их в общую нумерацию листов.
6. После окончания работы сложите **Все листы** в следующем порядке сверху вниз для каждой задачи:
 - **Листы ответов**;
 - **Рабочие листы**, которые Вы предоставляете для оценивания;
 - **Рабочие листы**, не предназначенные для оценивания.Поместите все неиспользованные листы, бумагу для графиков и текст задачи под низ.
7. Сложите **Все листы** в предоставленные Вам конверты и оставьте их на парте.
8. Вам запрещено выносить из аудитории *любые* листы бумаги и *любые* материалы, используемые в эксперименте.

1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЧЁРНЫЙ ЯЩИК: Емкостной датчик перемещений

Частота f незатухающих колебаний релаксационного генератора зависит от внешней емкости C по закону

$$f = \frac{\alpha}{C + C_s},$$

где α — постоянная, C_s — емкость соединительных проводов.

Частоту f можно измерить с помощью цифрового частотомера.

В данном эксперименте электрический чёрный ящик представляет собой плоский конденсатор. Каждая пластина состоит из ряда небольших зубцов одинаковой геометрической формы. Величину C можно изменять, перемещая в горизонтальном направлении верхнюю пластину относительно нижней. Между пластинами конденсатора находится слой диэлектрика.

Оборудование: релаксационный генератор, цифровой мультиметр для измерения частоты релаксационного генератора, набор конденсаторов с известной емкостью, электрический чёрный ящик, батарейка.

Внимание: проверьте напряжение на батарейке и если оно меньше 9 вольт, требуйте замены батарейки. Не забудьте включить установку.

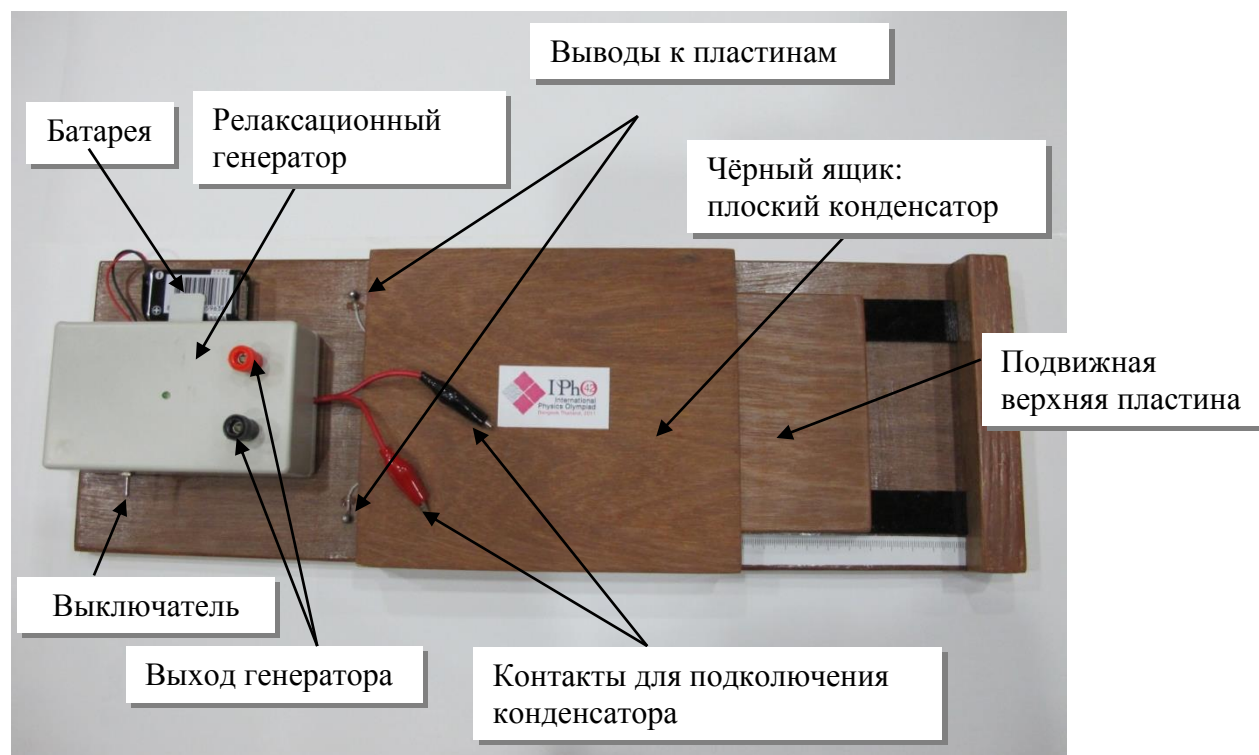


Рис. 1

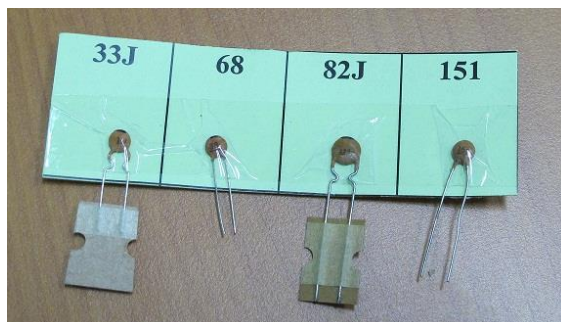


Рис. 2. Конденсаторы



Положение для
измерения частоты

Рис. 3. Цифровой мультиметр для измерения частоты

Таблица 1 (Значения емкостей конденсаторов)

Код	Ёмкость (пФ)
33J	34 ± 1
68	68 ± 1
82J	84 ± 1
151	150 ± 1

Часть 1. Калибровка

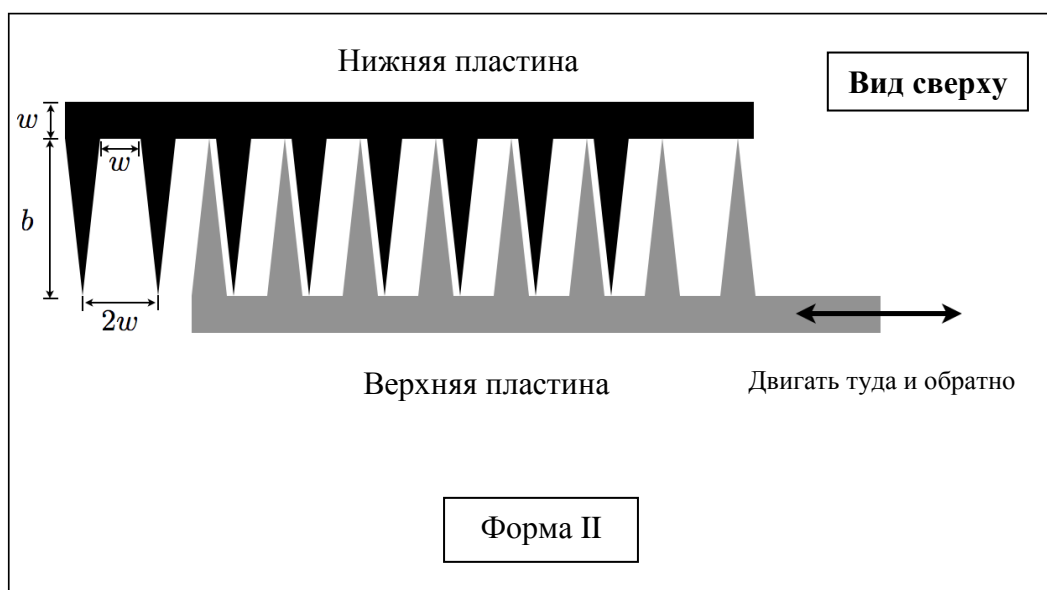
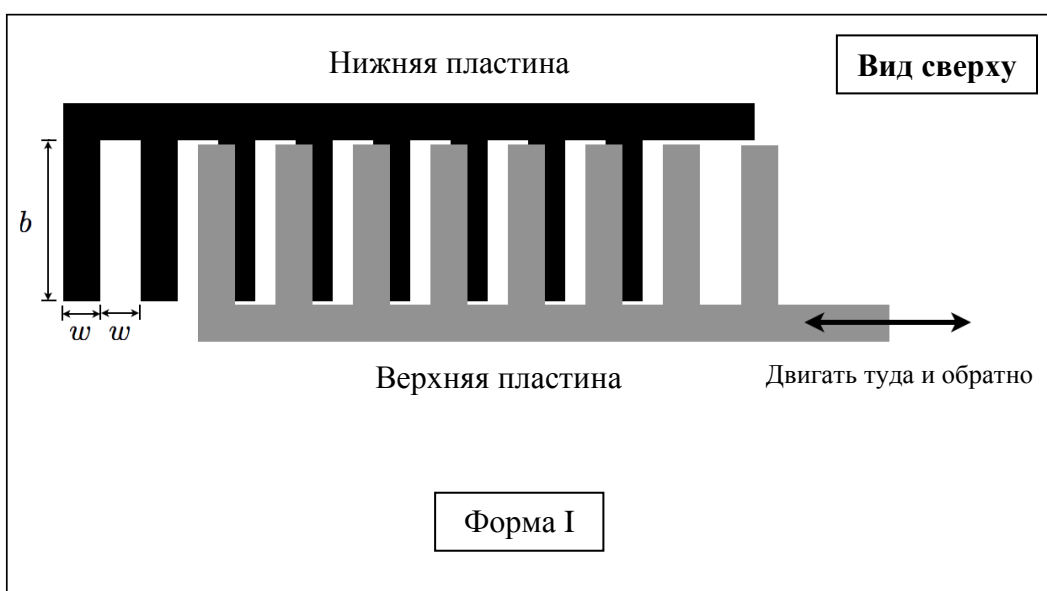
[3 балла]

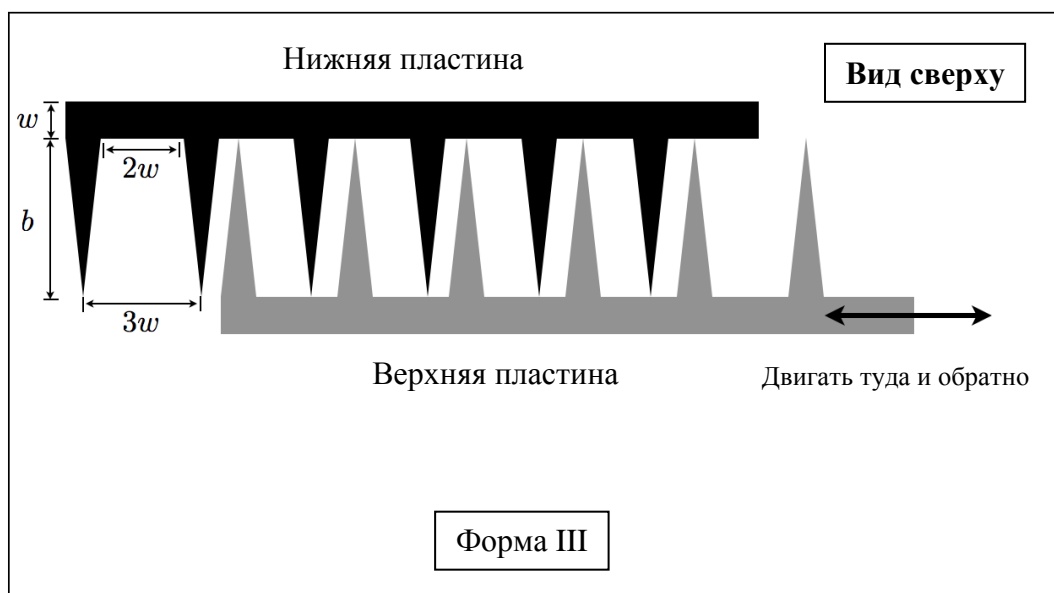
Измерьте частоту f для выданных Вам конденсаторов с известными значениями емкостей. Постройте график в подходящих координатах и определите значения α и C_s .

Часть 2. Определение формы пластины конденсатора

[6 баллов]

Ниже приведены три возможные формы пластин.





Для каждой формы пластин постройте качественный график ожидаемой зависимости C от положения верхней пластины, при этом разметьте ось x в мм. Затем выполните измерения f в зависимости от положения верхней пластины. Постройте график и из него определите номер схемы с пластиной соответствующей формы, и определите значения b и w , характеризующие форму зубцов. Расстояние d между верхней и нижней пластинами составляет $0,20$ мм. Диэлектрик, находящийся между пластинами, имеет диэлектрическую проницаемость $K = 1,5$. Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ Ф/м.

Часть 3. Разрешающая способность цифрового измерителя перемещений [1 балл]

При относительном смещении параллельных пластин емкость периодически изменяется. Данное устройство может быть использовано как цифровой измеритель перемещений. Пусть наша экспериментальная установка является измерителем перемещений. Для частоты $f \approx 5$ кГц, используя данные эксперимента из части 2, оцените его разрешающую способность: минимальное расстояние, которое можно измерить. Оценка погрешности окончательного результата не требуется.

Student Code -



ЛИСТ ОТВЕТОВ

Часть 1. Калибровка

$$a =$$

$$C_s =$$

Часть 2. Определение геометрической формы пластин конденсатора

ФОРМА I: Ожидаемый вид графика зависимости емкости C от положения верхней пластины

ФОРМА II: Ожидаемый вид графика зависимости емкости C от положения верхней пластины

Student Code -



ФОРМА III: Ожидаемый вид графика зависимости емкости C от положения верхней пластины

По результатам эксперимента, геометрическая форма пластины:

- Форма I Форма II Форма III

$b =$

$w =$

Часть 3. Разрешающая способность цифрового измерителя перемещений

Минимально измеримое на частоте $f \gg 5$ кГц
расстояние

2. Механический черный ящик: цилиндр с шаром внутри

Небольшое массивное тело (шар) массы m расположен на расстоянии z от верха длинного пустотелого цилиндра массы M . Перпендикулярно оси цилиндра просверлен ряд отверстий. С их помощью можно обеспечить колебания подвешенного цилиндра в вертикальной плоскости.

Участникам следует провести необходимое количество неразрушающих измерений для определения численных значений следующих величин и оценки их погрешностей:

- i. Положение центра масс цилиндра с шаром внутри.

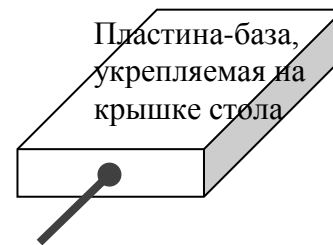
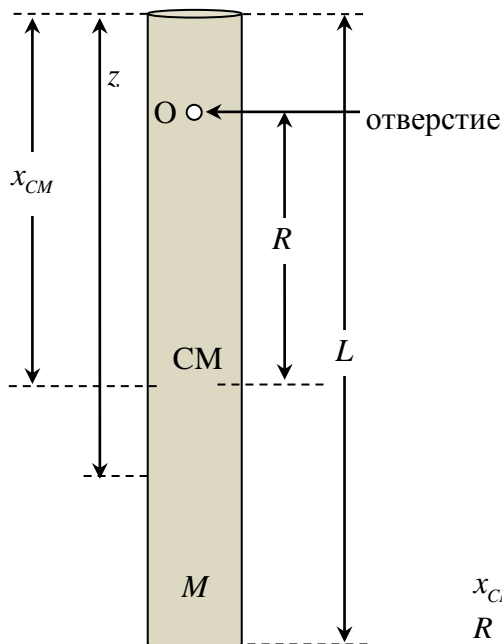
Приведите схему экспериментальной установки для измерения положения центра масс. [1.0 балл]

- ii. Расстояние z [3.5 балл]

- iii. Отношение $\frac{M}{m}$. [3.5 балл]

- iv. Ускорение свободного падения g . [2.0 балл]

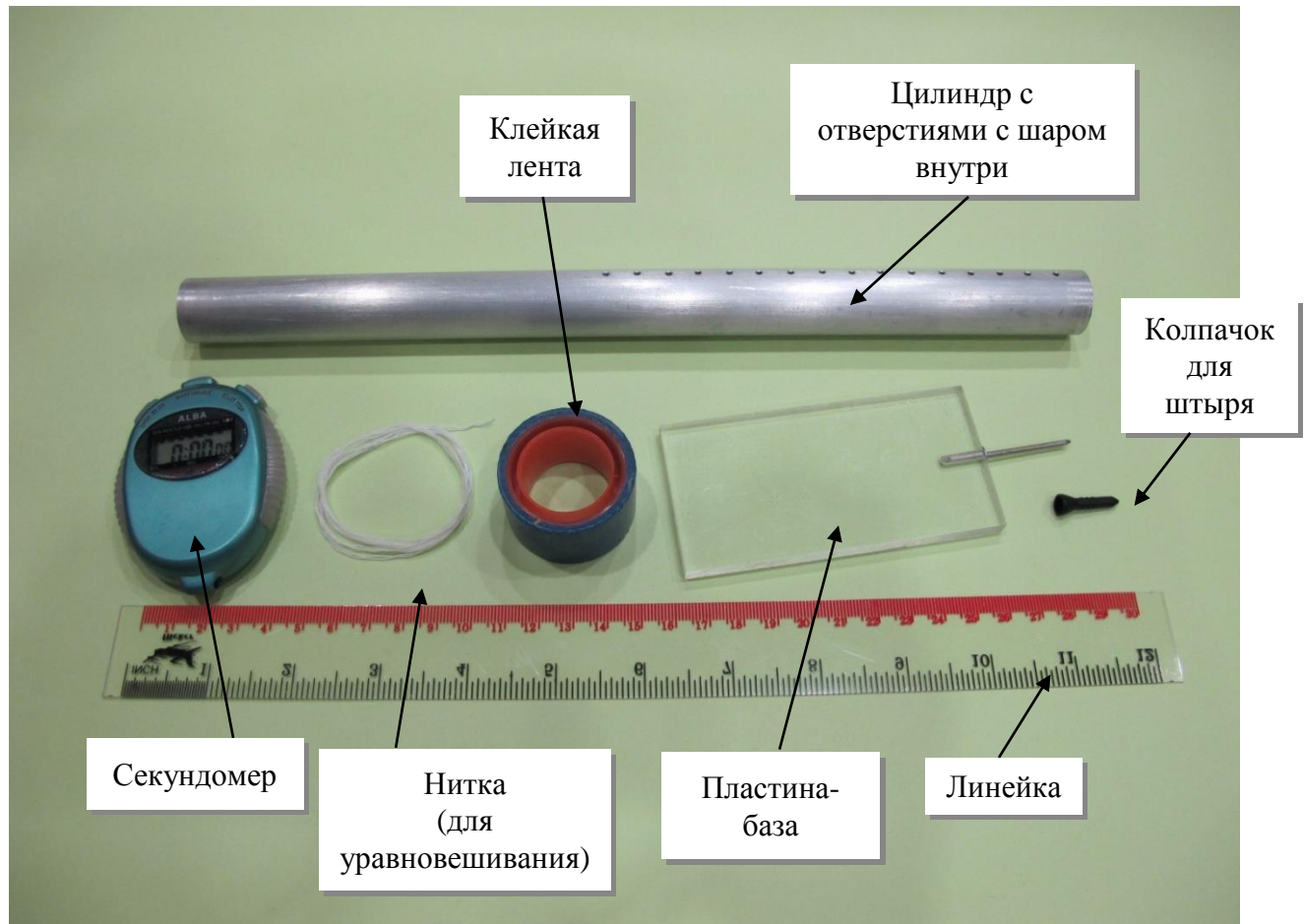
Оборудование: цилиндр с отверстиями и шаром внутри, пластина-база с тонким штырем, колпачок для штыря, линейка, секундомер, нитка, карандаш и клейкая лента.



Тонкий штырь для подвешивания цилиндра

x_{CM} — расстояние от верха цилиндра до центра масс;

R — расстояние от точки подвеса до центра масс.



Предупреждение: Тонкий штырь имеет острие. Когда он не используется, острие должно быть защищено колпачком по правилам техники безопасности.

Полезная информация:

1. Для такого физического маятника уравнение движения имеет вид

$$\left\{ (M + m)R^2 + I_{CM} \right\} \frac{d^2\theta}{dt^2} \approx -g(M + m)R\theta,$$

где I_{CM} — момент инерции цилиндра с шаром относительно центра масс, θ — угловое смещение.

2. Для длинного пустотелого цилиндра длиной L и массой M момент инерции относительно центра масс в случае, когда ось вращения перпендикулярна оси цилиндра, может быть приближенно записан как $\frac{1}{3}M\left(\frac{L}{2}\right)^2$.

3. Теорема о параллельном переносе оси (теорема Штейнера): $I = I_{\text{centre of mass}} + Mx^2$, где x — расстояние от оси вращения до центра масс, M — полная масса вращающегося тела.
4. Шар можно рассматривать как точечную массу, расположенную на оси цилиндра.
5. Цилиндр считается однородным, массой его торцов можно пренебречь.

Student Code -



ЛИСТ ОТВЕТОВ

Схема экспериментальной установки для измерения положения центра масс

Положение центра масс:

$z =$

$\frac{M}{m} =$

$g =$
