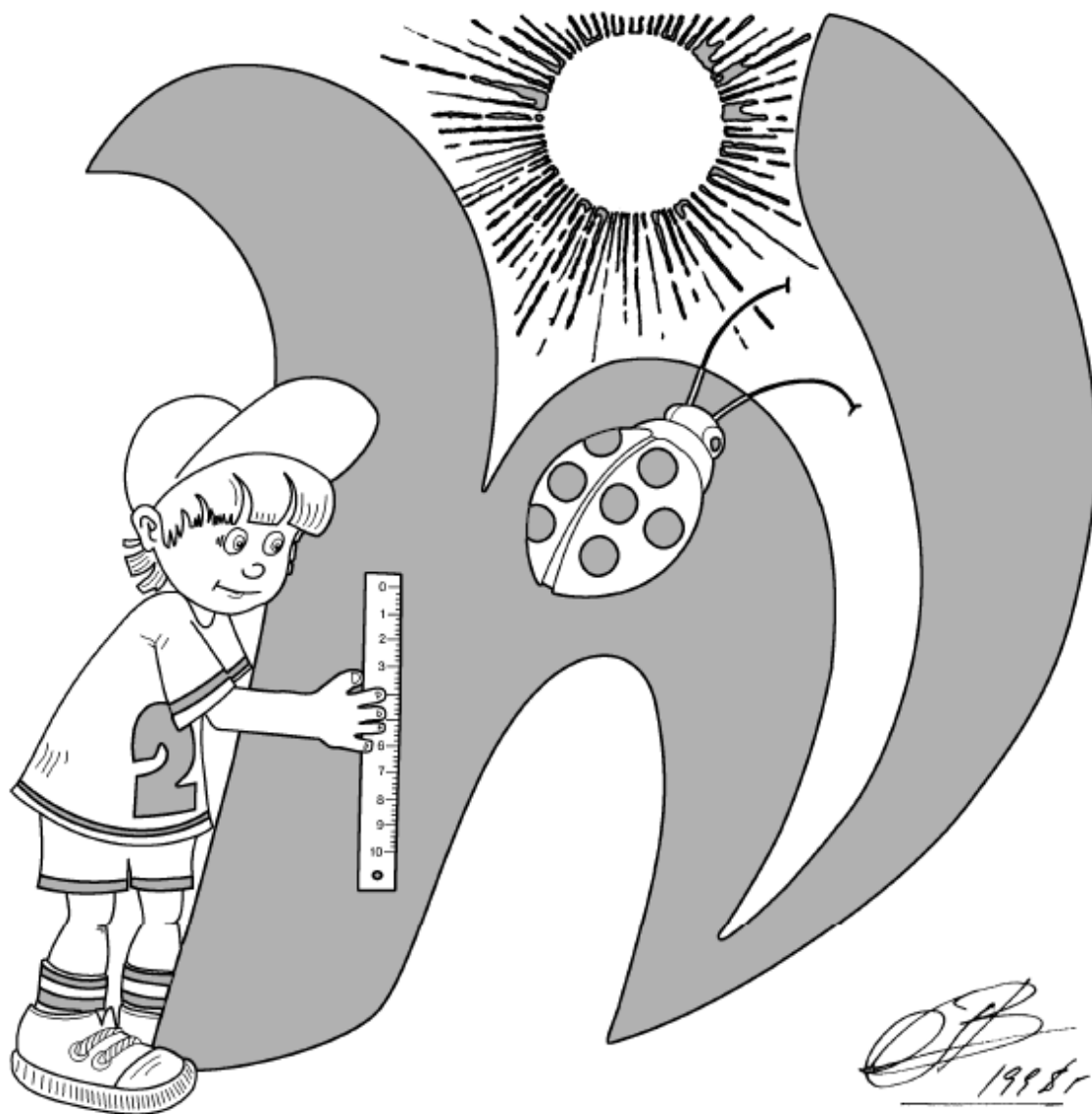


Федеральное агентство по образованию  
Центральный оргкомитет Всероссийских олимпиад  
Методическая комиссия по физике

**XLII Всероссийская олимпиада школьников по физике.**

**Региональный этап. Экспериментальный тур.**

**Методическое пособие**



**Москва, 2007/2008 уч. г.**

## Регламент олимпиады

*Общая длительность теоретического тура составляет:*

*4 часа – для учащихся 7 – 9 классов;*

*5 часов – для учащихся 10 и 11 классов.*

*Общая продолжительность экспериментального тура зависит от обеспечения участников олимпиады экспериментальным оборудованием. В случае двух задач и перехода участников с одной экспериментальной установки на другую:*

*для учащихся 7 – 9 классов на выполнение одного задания отводится 2 часа;*

*для учащихся 10 – 11 классов на выполнение одного задания отводится 2 часа 20 минут;*

*Методическая комиссия регионального этапа:*

- 1) может заменить по одной задаче в каждом классе (в силу сложности задачи, наличия похожей задачи на II этапе текущего года или иным причинам);*
- 2) разрабатывает по одной дополнительной экспериментальной задаче для каждой параллели (класса).*

### Рекомендации жюри III этапа

1. Заранее обсудите (отредактируйте) регламент олимпиады и проинформируйте о нем участников олимпиады.

2. В сборнике задач и заданий с возможным вариантом решения, который подготовила вам методическая комиссия по физике Всероссийской олимпиады школьников дается **примерная** система оценивания задач и заданий.

2.а. В начале каждого тура все члены жюри получают полный комплект условий задач и заданий соответствующего тура и самостоятельно прорешивают задачи своего класса. Авторские решения раздаются им через час после начала тура.

2.б. Окончательная система оценивания задач обсуждается и утверждается на заседании жюри после проверки приблизительно 10% задач в каждом классе.

3. Окончательная система оценивания должна быть доведена до сведения участников олимпиады во время разбора решений, непосредственно перед показом работ и апелляцией, с тем, чтобы учащиеся могли убедиться в том, что выставленные им баллы согласуются с принятой системой оценивания.

4. Не экономить время на разборе – оно окупится при апелляции.

5. Настоятельно рекомендуется, чтобы после проверки или апелляции проверяющий по каждой задаче написал свое мнение о самой задаче и особенностях решений, выполненных участниками олимпиады.

## I. Проведение тура

### 1. Чем можно и чем нельзя пользоваться во время тура

Эта информация доводится до сведения участников перед выдачей заданий

а. Во время выполнения заданий теоретического и экспериментального туров участник может иметь при себе только пишущие принадлежности и калькулятор. После рассадки школьников по рабочим местам представители организационного комитета выдают им листы с заданием и специальным образом помеченную бумагу (для решения задач и выполнения заданий). В случае необходимости дополнительно может выдаваться миллиметровая бумага.

б. Во время выполнения работы **запрещается** пользоваться:

1) мобильными телефонами;

2) какой-либо справочной литературой или информацией.

в. Во время тура участники могут обращаться только к дежурному по аудитории.

г. Вопросы по задачам и заданиям задаются в письменной форме. Дежурный по аудитории **не отвечает на вопросы по условию задач.**

д. Черновики работ **не проверяются.**

е. Во время экспериментального тура запрещается пользоваться тем оборудованием, которое не указано в условии задачи.

## 2. Порядок выдачи условий

а. Дежурный по аудитории размещает участников согласно списку, предоставленному оргкомитетом и раздает тетради для выполнения работ.

в. Член жюри раздает условия задач и пишет на доске время начала и окончания тура в данной аудитории.

## 3. Вопросы по условиям задач

а. Листы бумаги для вопросов по уточнению условия задачи или задания находятся у дежурного по аудитории и выдаются участникам олимпиады по их требованию.

Школьник, желающий задать вопрос по условию задач, делает это в письменной форме на листе бумаги, указывая на верхнем поле номер аудитории, номер места, класс, номер задачи, формулирует суть вопроса и отдает лист дежурному по аудитории.

б. Дежурный по аудитории передает листы с вопросами в жюри.

в. При необходимости комментарии к условию задачи озвучиваются членом жюри во всех аудиториях, где есть участники соответствующего класса.

г. Участники могут задавать вопросы не раньше, чем через полчаса после начала тура. Это время им необходимо для того, чтобы **вдумчиво** прочесть условия задач. Через пол часа, как правило, стресс связанный с необычностью и ответственностью ситуации, в которой оказался участник олимпиады, проходит и вопросы «отпадают».

## 4. Временные выходы из аудитории

а. На время выхода из аудитории участник оставляет свою работу на столе у дежурного по аудитории.

б. Одновременное отсутствие двух или более участников из одной аудитории не допускается.

в. Дежурный по коридору обеспечивает отсутствие контактов между участниками вне аудиторий.

## 5. Сдача работ

а. По окончании тура (длительность тура составляет 4 часа для младших классов и 5 часов для 10 и 11 классов) участник обязан сдать свою работу (тетради и дополнительные листы).

б. При сдаче работ и дополнительных листов участник и дежурный по аудитории расписываются в учетном листе.

в. Участник может сдать работу досрочно, после чего должен незамедлительно покинуть место проведения тура.

г. Дежурный по аудитории напоминает участникам об оставшемся на выполнение работы времени за полчаса, за 15 минут и за 5 минут до окончания тура.

д. В момент окончания тура в данной аудитории дежурный по аудитории объявляет о завершении тура и немедленно собирает работы участников.

е. Дежурный по аудитории проверяет, чтобы все участники сдали работы, и ждет представителя оргкомитета в аудитории для передачи ему работ учащихся.

ж. До начала проверки все работы шифруются представителями оргкомитета.

# **II. Проверка**

## 1. Подготовка к проверке работ

Порядок подготовки жюри к проверке работ описан во вводной части данных рекомендаций.

## 2. Что проверяется

а. Если участник написал несколько решений одной задачи и указал, какое из них он считает правильным (лучшим), то оценивается только указанное им решение.

- б. Если в теоретическом туре участник написал для одной той же задачи несколько решений, приводящих к разным ответам, но не указал, какое из решений он считает правильным (лучшим), то оценивается только **худшее** из представленных решений (участник не понимает какая из выбранных им моделей лучше (более правильно) описывает ситуацию из задания).
- в. Если по условию задачи требуется решить ее несколькими способами, а также если задача экспериментальная, то проверяются все (существенно различные) представленные решения.
- г. Черновик работы **не проверяется**.

### 3. Максимальное количество баллов за задачу (задание)

- а. За каждую задачу **теоретического** тура ученик может получить от 0 до 10 баллов.
- б. Оценка за каждую задачу **экспериментального** тура может лежать в пределах от 0 до 10 баллов в 7 - 9 классах и от 0 до 15 баллов в 10 и 11 классах.

### 4. Итоги проверки

- а. Представители организационного комитета расшифровывают проверенные работы и составляют предварительные протоколы проверки работ по классам.
- б. Протоколы подписываются председателем жюри и ответственными за соответствующую параллель.
- в. Подписанные протоколы вывешиваются на доступном участникам олимпиады месте для ознакомления.

## **III. Показ работ. Апелляция**

- а. После показа работ участники олимпиады, не согласные с выставленными им баллами по отдельным задачам, могут подать заявление на апелляцию. Заявление подают ответственному за соответствующую параллель.

Заявление пишется участником в свободной форме с указанием номеров задач, по которым учащийся просит пересмотреть результаты проверки.

- б. Руководитель команды имеет право присутствовать на апелляции только в качестве наблюдателя (без права голоса).

**в. Система оценивания задач не апеллируется и не подлежит пересмотру.**

- г. На апелляции повторно проверяется текст решения задачи, а не оцениваются устные пояснения участника во время апелляции.

д. В ходе апелляции оценка обсуждаемой задачи может быть изменена в любую сторону.

- е. Если участник и после апелляции не согласен с оценкой, то вопрос рассматривается повторно в присутствии председателя жюри. Решение принятое совместно с председателем жюри является окончательным.

ж. Согласно действующему Положению о Всероссийской олимпиаде школьников, присуждение дипломов производится в соответствии с абсолютным рейтингом. **Не допускается** зависимость количества дипломов или их степень от максимально возможного числа баллов. (Вся подборка задач или какая-либо из задач может оказаться очень сложной и учащиеся смогут решить только её часть). Количество дипломов не должно превышать 45% от числа участников олимпиады.

**В течение тура и последующей проверки руководители команд и сопровождающие не должны находиться поблизости от места проведения тура.**

В случае нарушения регламента участник может быть дисквалифицирован решением жюри.

## 7 класс

### Задача 1. Копеечная масса

(Соловьёва К.)

Определите массу  $M$  конфеты с наибольшей точностью.

*Оборудование.* Конфета, груз заданной массы ( $m = 50$  г), равноплечные чашечные весы, монеты достоинством 1 копейка (20 штук), монеты достоинством 5 копеек (15 штук).

*Рекомендации для организаторов.* Необходимо подобрать массу конфеты  $M > m$ , но меньше общей массы всех монет и груза  $m$ . Равноплечные весы можно изготовить самостоятельно.

#### Решение

1. Положим на весы все монеты по 5 копеек на одну чашку и все монеты по 1 копейке на другую. Будем убирать с весов монеты по 1 копейке, пока чаши весов не уравновесятся. Пусть  $n_{11}$  – количество копеечных монет,  $n_{51}$  – количество пятикопеечных монет на чашах весов.

Тогда  $n_{11}/n_{51} = k$  – отношение массы пятикопеечной монеты к массе копеечной.

$$n_{11} = 17, n_{51} = 10, k = 1,7.$$

2. Снимем все монеты с весов. Положим на одну чашу весов груз известной массы, а на другую – все монеты. Будем убирать с чаши весов монеты разного достоинства, пока чаши не уравновесятся. Пусть  $n_{12}$  – количество копеечных монет,  $n_{52}$  – количество пятикопеечных монет в этом опыте.

Тогда  $m = n_{12}x + kn_{52}x$ , где  $x$  – масса копеечной монеты.

$$n_{12} = 13, n_{52} = 14, x \approx 1,5 \text{ г.}$$

3. Положим на одну чашу весов груз неизвестной массы, а на другую – груз известной массы и все монеты. Будем убирать монеты, пока чаши весов не уравновесятся.  $n_{13}$  – количество копеечных монет,  $n_{53}$  – количество пятикопеечных монет в этом опыте.

Тогда искомая масса груза  $M = n_{13}x + kn_{53}x + m$ .

## 8 класс

### Задача 1. Изоляционная лента

(Кузьмичёв С.)

Определите длину  $L$  изоляционной ленты в целом мотке.

*Примечание.* От мотка можно отмотать кусок изоляционной ленты длиной не более 20 см.

*Оборудование.* Моток изоляционной ленты, штангенциркуль, лист миллиметровой бумаги.

*Рекомендации для организаторов.* Необходимо предоставить участникам описание штангенциркуля.

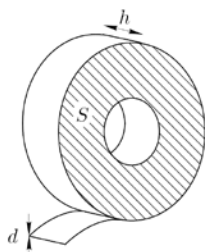


Рис. 1

#### Решение

Пусть  $L$ ,  $d$ ,  $h$ ,  $V$  – длина, толщина, ширина и объём ленты. Пусть  $S$  – площадь основания мотка изоляционной ленты (рис. 1). Её можно определить либо «по клеточкам» на миллиметровой бумаге, либо из расчёта  $S = \pi R^2_{\text{внеш}} - \pi R^2_{\text{внутр}}$ , но последнее выражение даёт менее точный результат, поскольку моток может быть деформирован и иметь овальную форму. Толщину ленты  $d$  измерим методом рядов. Тогда длина ленты равна

$$L = \frac{V}{d \cdot h} = \frac{S \cdot h}{d \cdot h} = \frac{S}{d}.$$

## 9 класс

### Задача 1. Нарушение изоляции длинной линии

(Кузьмичёв С.)

В закрытой коробке находится два медных провода (витая пара) одинаковой длины. Выводы, соответствующие началу линии и её концу, подписаны. Между проводами на расстоянии  $x$  от входа произошло нарушение изоляции. Определите длину  $L$  одного провода. Найдите расстояние до места повреждения изоляции. Вычислите сопротивление  $R$  повреждённой изоляции.

Удельное сопротивление меди  $\rho = 17 \cdot 10^{-3}$  Ом·мм<sup>2</sup>/м.

**Оборудование.** Коробка с четырьмя промаркированными выводами, мультиметр, микрометр.

**Рекомендации для организаторов.** Необходимо предоставить участникам описание микрометра и мультиметра.

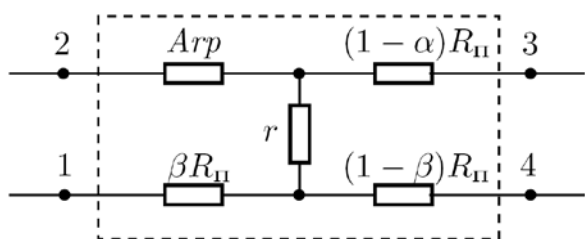


Рис. 2

*Решение*

1. Определим длину провода. Для этого найдём, какие из выводов 1, 2, 3, 4 (рис. 2) принадлежат одному проводу (например, 1 соединён с 4, так как сопротивление между ними меньше, чем между 1 и 3). Тогда  $R_{II} = R_{1-4} = R_{2-3}$ . Далее, измерим микрометром диаметр провода  $d$ . Рассчитаем длину провода:

$$R_{II} = \rho \frac{L}{S} = \rho \frac{L}{\pi d^2 / 4}, \quad \text{и} \quad L = \frac{R_{II} \pi d^2}{4\rho}.$$

2. Пусть  $\alpha = \beta$ . Определим  $\alpha$  и  $R$ .

При разомкнутых концах 3 и 4  $R_{1-2} = 2\alpha R_{II} + R$ .

При разомкнутых концах 1 и 2  $R_{3-4} = 2(1 - \alpha)R_{II} + R$ .

Вычитая, получим  $R_{1-2} - R_{3-4} = (4\alpha - 2)R_{II}$  и окончательно

$$\alpha = \frac{1}{2} + \frac{R_{1-2} - R_{3-4}}{R_{II}}, \quad L_a = \alpha L.$$

Складывая, найдём  $R$ :

$$R = \frac{1}{2}(R_{1-2} + R_{3-4} - 2R_{II}).$$

## 10 класс.

### Задача 1. Физические свойства шприца

(Гущин И.)

Определите массы корпуса шприца  $m_1$  и его поршня  $m_2$ , а также расстояние  $l_1$  от основания иглы до центра масс шприца и расстояние  $l_2$  от основания поршня до его центра масс (в делениях шприца).

**Оборудование.** Шприц, вода, круглый карандаш.

**Примечание.** Плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

*Решение*

Основной идеей данной задачи является использование карандаша для сооружения опоры, уравновешивая на которой шприц или его части, можно находить положение их центра масс. Для измерения длин используется шкала на шприце.

1. Разберём шприц и уравниванием найдём положения  $l_1$  и  $l_2$  центров масс корпуса и поршня шприца.

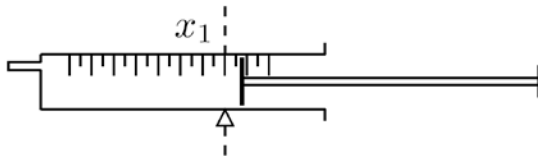


Рис. 3

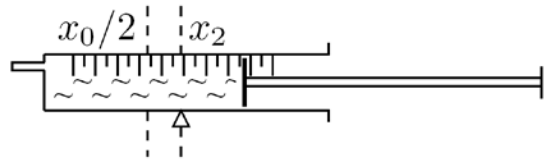


Рис. 4

2. Выдвинем поршень шприца на некоторое расстояние  $x_0$  (в делениях шкалы). Уравновесив шприц на карандаше, найдём положение его центра масс  $x_1$  (рис. 3). Далее, наберём в шприц объём воды  $x_0$  (по шкале) и найдём новое положение центра масс системы  $x_2$  (рис. 4). В данном измерении положение центра масс шприца с поршнем также равно  $x_1$ . Центр масс воды отстоит от основания иглы на  $x_0/2$ . Её массу можем узнать по известным плотности и объёму:  $m = \rho \cdot x_0$ . Тогда выражение для центра масс системы:

$$(m + m_1 + m_2) \cdot x_2 = m \cdot x_0 / 2 + (m_1 + m_2) \cdot x_1.$$

Отсюда найдём сумму масс корпуса и поршня шприца:

$$M = m_1 + m_2 = \frac{x_2 - x_0 / 2}{x_1 - x_2} \rho x_0.$$

3. Аналогичным способом по двум измерениям положения центра масс системы корпус-поршень (например, при полностью выдвинутом и полностью вставленном поршне) определим отношение массы поршня к массе корпуса шприца:  $\alpha = m_2/m_1$ . Таким образом, получаем систему:

$$\begin{cases} M = m_1 + m_2 \\ m_2 = \alpha \cdot m_1, \end{cases} \quad \text{откуда} \quad \begin{cases} m_1 = M / (1 + \alpha) \\ m_2 = \alpha M / (1 + \alpha). \end{cases}$$

## 11 класс

### Задача 1. Пустая коробка

(Кармазин С.)

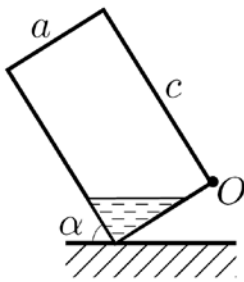


Рис. 5

Определите массу пустой коробки из-под сока. Для этого:

1. Исследуйте зависимость угла наклона  $\alpha$  (или его тангенса) от массы  $m$  налитой в коробку воды для равновесного положения коробки, установленной на самое короткое ребро (рис. 5).
2. Выведите формулу зависимости  $\alpha(m)$  для случая, когда уровень воды в коробке находится ниже точки  $O$ .
3. По результатам исследования (пункты 1 и 2) вычислите массу коробки не менее чем для 4-х различных значений.
4. Оцените погрешность измерения.

*Оборудование.* Пустая коробка из под сока (объёмом 1 л), стакан (200 мл) с водой, шприц (10 мл), линейка.

*Рекомендации для организаторов.* Вместимость коробки из-под сока должна быть 1 л.

#### Решение

Обозначим  $a$  – ширина коробки,  $b$  – длина её короткого ребра,  $c$  – высота.

Прежде всего, определим, при каком условии уровень воды в коробке будет ниже точки  $O$ . Введём для этого обозначения  $AD = x$ ,  $AE = y$  (рис. 6). Масса налитой воды равна произведению объёма треугольной призмы высотой  $b$  на плотность воды:  $m = \rho \cdot bxy/2$ . Поскольку  $x/y = \operatorname{tg} \alpha$ , то

$$m = \frac{x^2}{\operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{b - \rho}{2}, \quad \text{и} \quad x = \sqrt{\frac{2m \operatorname{tg} \alpha}{b\rho}}.$$

Чтобы уровень воды не доходил до  $O$ , необходимо  $x < a$ , или

$$\operatorname{tg} \alpha < \frac{a^2 b \rho}{2m}.$$

При проведении эксперимента следует следить за выполнением данного неравенства.

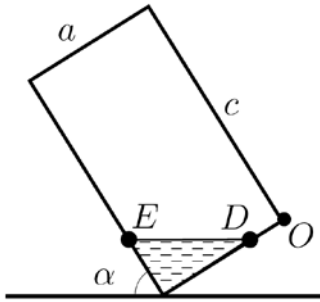


Рис. 6

Условием равновесия коробки является равенство моментов сил  $Mg$  и  $mg$  относительно оси вращения (рис. 7). Сила тяжести, действующая на коробку, приложена в точке пересечения диагоналей  $O'$ , а сила тяжести, действующая на призму воды, приложена в точке  $T$  – центре тяжести треугольника  $AED$ , находящемся в точке пересечения медиан треугольника, то есть на расстоянии одной трети длины отрезка  $AP$  от точки  $P$  ( $EP = PD$ ).

Плечом силы  $Mg$  является отрезок  $GA$ . Его длина равна половине разности  $AJ - HJ$ , где  $AJ$  и  $HJ$  – проекции рёбер коробки  $c$  и  $a$  соответственно на горизонтальное направление. Таким образом,

$$GA = (c \cos \alpha - a \sin \alpha) / 2.$$

Плечом силы  $mg$  является отрезок  $AF$ . Его длина составляет две трети от разности  $AK - PO$ , где  $AK$  – проекция отрезка длиной  $x$  на горизонтальное направление, а  $PO$  – половина гипотенузы прямоугольного треугольника  $AED$  с катетами  $x$  и  $y$ . Следовательно,

$$AF = \frac{2}{3} \left( x \sin \alpha - \frac{x}{2 \sin \alpha} \right).$$

С учётом этих выражений равенство моментов сил  $Mg$  и  $mg$  можно записать в виде

$$Mg \left( \frac{c \cos \alpha - a \sin \alpha}{2} \right) = \frac{2}{3} mg \sqrt{\frac{2m \operatorname{tg} \alpha}{b \rho}} \left( \frac{2 \sin^2 \alpha - 1}{2 \sin^2 \alpha} \right).$$

После алгебраических преобразований получим

$$M = \frac{2}{3} m \sqrt{\frac{2m}{b \rho}} \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha - 1}{\sqrt{\operatorname{tg} \alpha (c - a \operatorname{tg} \alpha)}}.$$

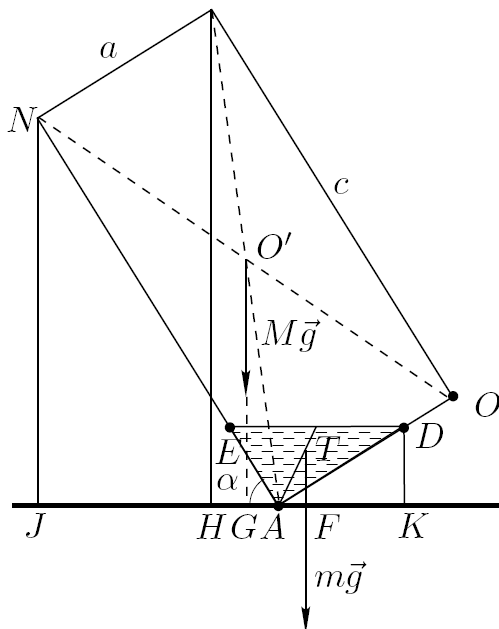


Рис. 8

При проведении эксперимента необходимо измерить  $a$ ,  $b$  и  $c$ . Далее, нальём в коробку некоторое количество воды и, измерив тангенс угла  $\alpha$ , соответствующий положению равновесия, определим при помощи полученной формулы массу коробки.