



## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТУР

Пятница, 29 апреля 2005 года

**Прочитайте, пожалуйста, внимательно правила проведения тура.**

1. На решение задач экспериментального тура отводится 5 часов.
2. Пользуйтесь только выданными ручками и предоставленным оборудованием. Можно использовать собственный калькулятор.
3. Используйте только лицевую сторону полученных листов бумаги и листов ответа.
4. При решении каждой задачи можно использовать выданные вам чистые листы. Кроме этого вы **должны** занести в *лист ответов* все полученные вами требуемые результаты. Численные результаты следует округлить до количества знаков, соответствующего точности исходных данных, не забывая указывать единицы измерения.
5. На чистых листах запишите результаты **всех** ваших измерений, а также всё, что, как вы считаете, имеет отношение к решению задачи и должно быть оценено при проверке. По возможности сделайте текстовую часть вашего решения как можно короче. Постарайтесь выражать свои мысли в форме уравнений, цифр, формул и схем.
6. В верхней части *каждого* листа черновика **необходимо** указать код страны, ваш номер участника, пронумеровать страницы черновика, а также указать общее количество использованных вами страниц черновика, которые должны быть оценены. Не заполняйте графу «номер задачи».
7. Решение каждой новой части задачи начинайте на новом листе. В начале каждой задачи необходимо написать номер выполняемого задания. Если вы используете часть черновиков для каких-либо дополнительных пометок, которые не должны оцениваться — перечеркните этот лист крест накрест и не нумеруйте его.
8. В конце тура сложите все листы в следующем порядке:
  - ответный лист
  - черновики по порядку решения задач
  - черновики с дополнительными вычислениями, которые не подлежат проверке
  - неиспользованные черновики
  - условия задач.

Вложите все материалы в конверт и оставьте всё это на парте. Запрещается выносить **какие-либо** бумаги из помещения.

**Прежде чем приступать к выполнению эксперимента,  
полностью прочитайте текст задания!**

# 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМЫ ТЕЛА ПО ОТРАЖЕННОМУ ИМ СВЕТУ

### ВВЕДЕНИЕ

Для прямых наблюдений человек использует органы зрения. Вместе с тем не все явления окружающего мира поддаются непосредственному наблюдению. Например, как определить положение сломанной кости? Как увидеть расположение плода в утробе матери? Как определить наличие раковых клеток в мозге человека? Во всех перечисленных выше случаях необходимо использовать метод косвенного наблюдения.

В данном эксперименте вы должны будете определить форму некоторого тела методом косвенного наблюдения. Вам даны два закрытых цилиндрических контейнера, в каждом из которых находится предмет неизвестной формы. Ваша задача определить форму предмета, не открывая контейнеров. Физический смысл этого эксперимента прост, но вам потребуется определённая изобретательность и сноровка, чтобы решить эту задачу.

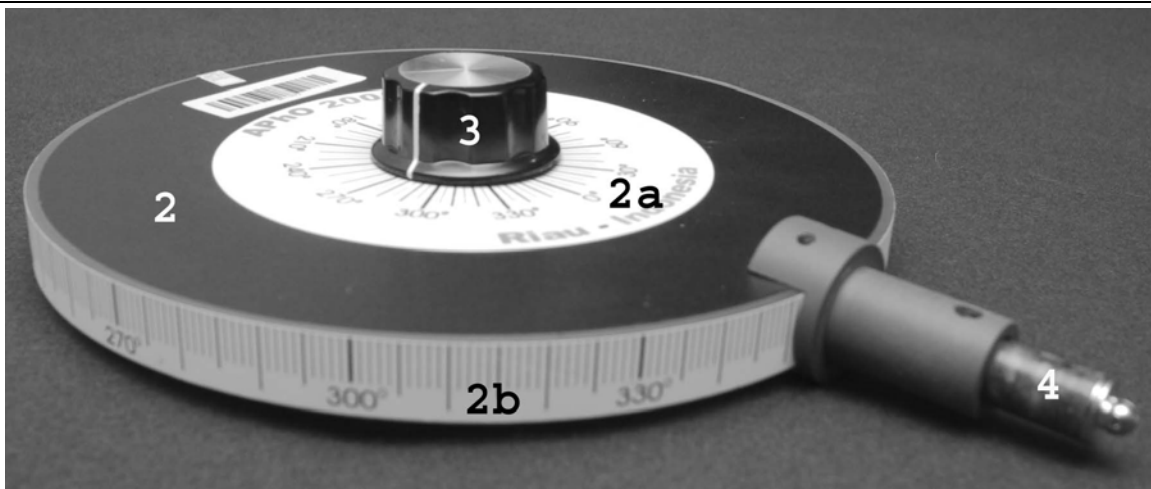
### ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

### ОБОРУДОВАНИЕ

Для проведения этого эксперимента вам предлагается два цилиндрических контейнера, в которых находятся:

1. Предмет неизвестной формы, форму которого надо определить (это геометрическое тело простой формы с плоскими или цилиндрическими гранями)
2. Закрытый цилиндрический контейнер с угловой шкалой на верхней стороне (2a) и по боковой поверхности (2b).
3. Круглая вращающаяся ручка
4. Лазерная указка
5. При необходимости вам выдадут запасные батарейки для лазерной указки.
6. Линейка

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТУР



### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Вы должны определить форму предмета, находящегося внутри закрытого цилиндрического контейнера.

Диаметр контейнера можно измерить линейкой. **Вам не разрешается открывать или любым другим образом нарушать целостность цилиндрического контейнера, для определения формы предмета, находящегося внутри.** Неизвестный предмет — металлическое тело толщиной 8 мм с отполированными до зеркального отражения боковыми гранями. Вы можете вращать тело при помощи круглой ручки на верхней поверхности цилиндра. Ось вращения тела совпадает с осью симметрии цилиндра.

Лазерная указка включается/выключается поворачиванием. Вы можете регулировать направление светового луча, поворачивая указку по или против часовой стрелки. На шкале, расположенной на боковой поверхности цилиндра, можно наблюдать световое пятно от отражённого луча. Эту шкалу можно использовать для измерений. Вращая при включённой лазерной указке круглую ручку на верхней стороне цилиндра, вы можете убедиться, что при повороте тела направление отражённого от тела луча будет изменяться. **Если свет от лазерной указки слишком слабый или указка не работает, попросите членов оргкомитета заменить установку.** Форму тела можно определить, наблюдая зависимость направления отражённого луча от угла поворота тела.

Для **каждого** тела (даны два тела разной формы):

- A. Снимите зависимость положения светового пятна отражённого луча от угла поворота тела. Приведите таблицу результатов. Постройте график этой зависимости. ( $2 \times 1$  балла).
- B. Определите число боковых граней каждого тела ( $2 \times 0,25$  балла).
- C. Используя полученные для графика данные, изобразите на рисунке форму тела. Изобразите на этом же рисунке направление, соответствующее риске на

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТУР

---

круглой ручке, а также отсчитанные по верхней шкале углы, соответствующие местам соединения граней получившейся фигуры. ( $2 \times 1,5$  балла)

Только для тела с **меньшим** количеством граней:

- D. Отметьте на том же рисунке положение оси вращения тела и определите расстояние от неё до каждой из граней тела. (3 балла)
- E. Определите длины всех сторон тела без анализа погрешностей. Определите также углы между соседними гранями. (1,5 балла)

Вы должны предоставить результаты на миллиметровой бумаге и попытаться вывести математические выражения (уравнения), необходимые для определения формы тела.

### **Примечание:**

1. Одно из тел содержит только плоские грани, другое имеет одну цилиндрическую грань.
2. Иногда вы можете получить два отражённых от тела луча.
3. Для фигуры с цилиндрической гранью не требуется определять радиус кривизны, но необходимо указать, является эта грань вогнутой или выпуклой по отношению к оси вращения.

## 2. МАГНИТНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ НА НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ

### ВВЕДЕНИЕ

Когда магнит движется вдоль немагнитного проводника, такого как медь или алюминий, на него действует тормозящая сила, называемая силой магнитного торможения. В этом эксперименте мы исследуем природу этой силы.

Сила магнитного торможения зависит от

- силы магнита, выраженной его магнитным моментом ( $\mu$ ),
- проводимости проводящего материала ( $\sigma_C$ )
- размера и формы магнита и проводника
- расстояния между магнитом и поверхностью проводящего материала ( $d$ )
- скорости движения магнита ( $v$ ) относительно проводника.

В этом эксперименте мы исследуем зависимости силы магнитного торможения от скорости ( $v$ ) и расстояния между проводником и магнитом ( $d$ ). Эмпирически эта зависимость может быть записана в следующем виде:

$$F_{MB} = -k_0 d^p v^n \quad (1)$$

где

$k_0$  некоторая постоянная, зависящая от  $\mu$ ,  $\sigma_C$  и формы проводника и магнита, которые в нашем эксперименте постоянны.

$d$  расстояние от центра магнита до поверхности проводника

$v$  скорость движения магнита

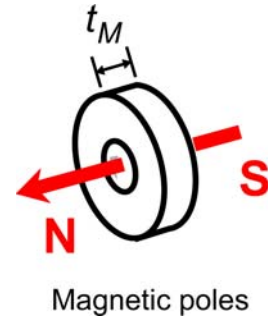
$p$  и  $n$  показатели степени, которые необходимо определить в эксперименте.

### ЭКСПЕРИМЕНТ

В этом эксперименте необходимо провести анализ погрешностей

### ОБОРУДОВАНИЕ

- (1) Тороидальный неодимовый магнит  
Толщина:  $t_M = (6.3 \pm 0.1)$  мм  
Внешний диаметр:  $d_M = (25.4 \pm 0.1)$  мм  
Расположение полюсов магнита показано на рисунке.
- (2) Алюминиевый брусок (2 штуки)
- (3) Пластмассовая пластина в качестве наклонной плоскости с прямым желобком для скатывания магнита.
- (4) Пластиковый штатив
- (5) Цифровой секундомер
- (6) Линейка
- (7) Миллиметровая бумага (10 листов)



Дополнительные данные:

Ускорение свободного падения:  $g = 9.8 \text{ м/с}^2$   
Масса магнита:  $m = (21.5 \pm 0.5) \text{ г}$

*Направление север-юг указано на столе.*

Вы можете прочитать инструкцию по пользованию секундомером.

Эта задача состоит из двух частей:

- (А) Сборка и настройка установки.
- (В) Исследование силы магнитного торможения

#### Примечание:

Перед началом эксперимента убедитесь, что пластмассовая пластина чистая.

### ВОПРОСЫ

Пожалуйста, приводите соответствующие рисунки и графики, чтобы ваша работа была понятна жюри

(A) *Монтаж установки*

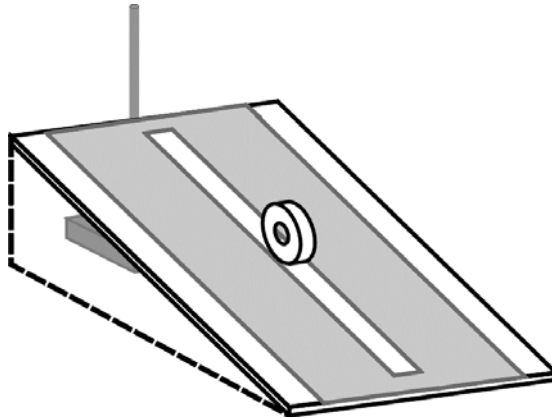


Рис. 1. Монтаж наклонной плоскости без алюминиевых брусков

Скатите магнит по желобку, как показано на рисунке. Выберите относительно небольшой угол наклона, чтобы магнит скатывался не слишком быстро.

- [1] Так как магнит очень сильный, он может испытывать значительный вращающий момент из-за взаимодействия с магнитным полем Земли. Магнитное поле Земли может поворачивать магнит во время скатывания из-за чего может возникнуть значительное трение с поверхностью пластины. Что можно сделать, чтобы минимизировать этот вращающий момент? Поясните ответ с помощью рисунка(ов).

[1.0 балл]

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТУР

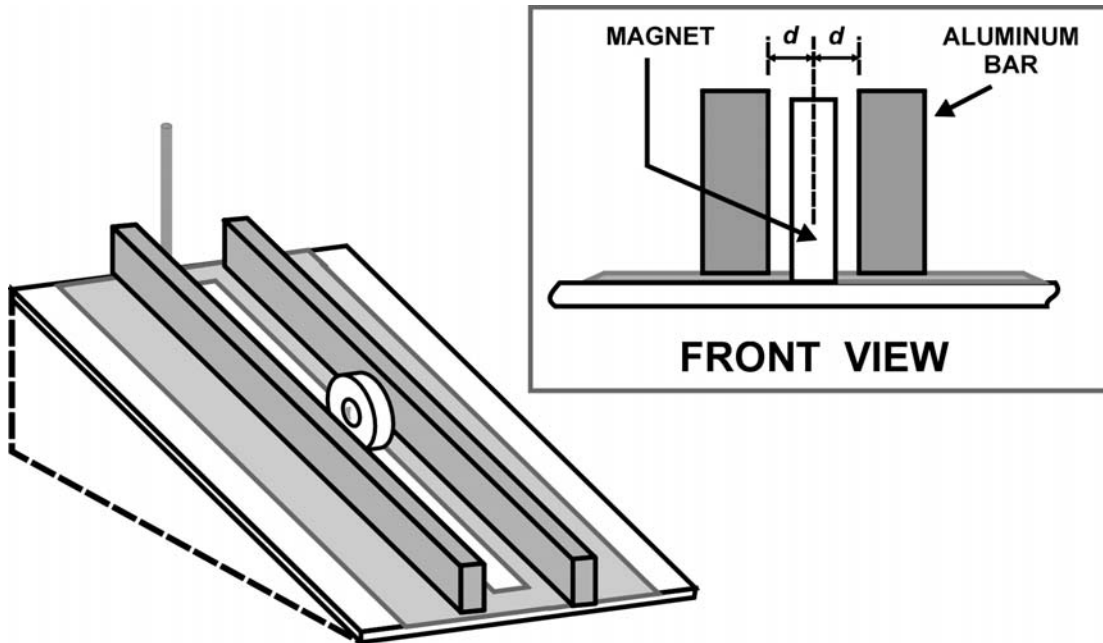


Рис. 2. Полностью собранная установка с алюминиевыми брусками

Установите два алюминиевых бруска, как показано на Рис. 2, так чтобы расстояние между брусками было приблизительно  $d = 5$  мм. **Помните, что расстояние  $d$  — это расстояние до центра магнита, как показано на вставке рис. 2**

Еще раз отпустите магнит и дайте ему скатиться. Вы увидите, что магнит скатывается значительно медленнее по сравнению с первым разом из-за силы магнитного торможения.

[2] Изобразите на рисунке картину силовых линий магнитного поля и действия сил, объясняющую механизм магнитного торможения.

[1.0 балл]



(B) *Исследование силы магнитного торможения*

Экспериментальная установка та же, что на рис. 2 с тем же расстоянием между магнитом и проводниками, приблизительно равном  $d = 5$  мм (зазор между магнитом и проводником приблизительно 2 мм с каждой стороны).

- [1] При фиксированном  $d$  исследуйте зависимость силы магнитного торможения от скорости ( $v$ ). Определите показатель степени  $n$  у скорости в уравнении 1. Приведите соответствующий график, иллюстрирующий полученный результат.

[4.0 балла]

Теперь измените расстояние ( $d$ ) между проводником и магнитом с обеих сторон. Выберите фиксированный относительно небольшой угол наклона.

- [2] Исследуйте зависимость силы магнитного торможения от расстояния ( $d$ ) между проводником и магнитом. Определите показатель степени  $p$  у расстояния в уравнении 1. Приведите соответствующий график, иллюстрирующий полученный результат.

[4.0 балла]



## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТУР

---

Код страны	Номер участника	Номер задачи	Номер страницы	Общее число страниц