

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТУР

14 января 2010 года

**Сначала, пожалуйста, прочитайте следующее:**

1. Экспериментальный тур состоит из одной задачи. Продолжительность тура 3 часа.
2. Пользуйтесь только той ручкой, которая Вам предоставлена.
3. Для расчетов Вы можете использовать свой непрограммируемый калькулятор. Если своего у вас нет, тогда Вы можете попросить его у организаторов олимпиады.
4. Вам предоставлены чистые листы бумаги и *Листы для записи (Writing sheets)*. Чистые листы бумаги предназначены для черновых записей, их Вы можете использовать по Вашему усмотрению, они не проверяются. На *Writing sheets* следует записывать решения задач, которые будут оценены при проверке работы. В решениях как можно меньше используйте словесные описания. В основном Вы должны использовать уравнения, числа, буквенные обозначения, рисунки и графики.
5. Используйте только лицевую сторону *Writing sheets*. При записи не выходите за пределы отмеченной рамки.
6. На каждом использованном *Writing sheets*, в отведенных для этого графах, необходимо указать Вашу страну (*Country*), Ваш код (*Student Code*), текущий номер каждого листа (*Page Number*) и полное количество листов, использованных при решении всех задач (*Total Number of Pages*). Если Вы не хотите, чтобы какие-нибудь использованные *Writing sheets* были включены в ответ, тогда перечеркните их большим крестом на весь лист и не включайте их в Ваш подсчет полного количества листов.
7. Когда Вы закончите тур, разложите все листы в следующем порядке:
  - Пронумерованные по порядку *Writing sheets*;
  - Черновые листы;
  - Неиспользованные листы;
  - Отпечатанные условия задачи

Положите все листы бумаги в конверт и оставьте на столе. Вам не разрешается выносить из аудитории *любые* листы бумаги, приборы, материалы и принадлежности.

## Медленное движение

Целью данной работы является изучение движения тел в вязкой среде.

### Список оборудования:

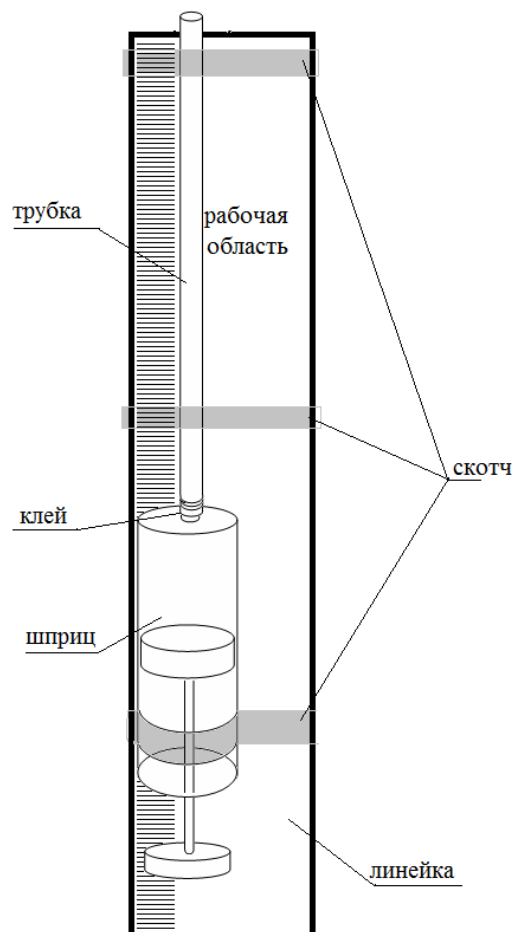
1. Штатив
2. Линейка 30 см
3. Секундомер
4. Шприц одноразовый 10 мл
5. Жидкий гель (жидкое мыло) – 20 мл
6. Трубка стеклянная внутренний диаметр –  $D=4,6$  мм
7. Палочки деревянные (диаметр 3 мм)
8. Набор металлических стержней, длина 4 см, диаметры:  $d=2,5; 3,0; 3,5; 4,0$  мм
9. Стакан одноразовый
10. Салфетки для вытирания стола и рук

### Схема установки

Для работы используется следующая установка. Стеклянная трубка приклеена к наконечнику шприца. Трубка со шприцом прикреплена к линейке с помощью скотча. С помощью шприца вы можете заполнять трубку гелем. Эту установку можно закреплять в штативе вертикально, либо трубкой вверх, либо трубкой вниз. Внутри трубки помещаются металлические или деревянные стержни, движение которых Вам необходимо исследовать.

Для успешного выполнения работы соблюдайте следующие рекомендации:

1. Следите, что бы трубка была полностью заполнена гелем и в ней отсутствовали воздушные пузырьки.
2. Меняйте содержимое шприца и трубки только в случае необходимости.
3. После того, как вы опустили металлический стержень (или деревянную палочку) в трубку, подождите, пока он не начнет двигаться устойчиво, для этого он должен пройти расстояние 4-5 см.
4. Результаты измерений характеристик движения имеют заметный разброс, поэтому все измерения следует проводить несколько раз.
5. Будьте осторожны – края трубки острые!



### Часть 1. Металл

Расположите трубку вертикально, открытым концом вверх, так, чтобы в нее можно было опускать металлические стержни. При необходимости можно проводить повторный эксперимент, просто перевернув трубку: стержень опустился – перевернули трубку и можете повторить измерения.

1. Докажите экспериментально, что движение стержня внутри трубки является равномерным.  
Для этой части работы используйте стержень диаметром 4,0 мм.  
Определите скорость падения этого стержня в геле с максимально возможной точностью. Рассчитайте погрешность измерения скорости.
2. Измерьте зависимость скорости движения стержня (одной длины) от его диаметра. Оцените погрешности измеренных значений.  
Постройте график полученной зависимости.
3. Теоретически можно показать, что скорость движения стержня  $V$  зависит от толщины зазора  $h$  между стенкой трубки и боковой поверхностью стержня (если этот зазор мал по сравнению с радиусом трубки) по закону

$$V = Ch^{\gamma}, \quad (1)$$

где  $C$  – некоторая постоянная величина.

Используя полученные экспериментальные данные, проверьте, выполняется ли данная зависимость.

4. Определите показатель степени  $\gamma$  в формуле (1), при котором она наиболее точно описывает экспериментальные данные. Оцените погрешность полученного значения показателя степени.
5. Дайте краткое теоретическое обоснование полученному в п.4 результату.

### Часть 2. Дерево

Переверните трубку со шприцом открытым концом вниз.

Если теперь вставить деревянный стержень в трубку (снизу!), то он начнет медленно всплывать. Далее вам предстоит изучать движение этой палочки. При движении палочка должна полностью находиться внутри жидкости.

1. Докажите экспериментально, что движение палочки внутри трубки является равномерным.  
Определите скорость всплывания этой палочки в геле с максимально возможной точностью. Рассчитайте погрешность измерения скорости.  
Для проведения этого эксперимента используйте палочку максимальной длины.
2. Исследуйте зависимость скорости движения палочки от ее длины.  
Оцените погрешности измеренных значений.  
Постройте график полученной зависимости.
3. Дайте краткое теоретическое объяснение полученному в п.2 результату.