

УТВЕРЖДЕНО
Заместитель председателя оргкомитета
заключительного этапа Республиканской олимпиады,
заместитель министра образования Республики Беларусь

_____ **К.С. Фарино**
«___» декабря 2009 года



Республиканская физическая олимпиада 2010 год (III этап)

Экспериментальный тур

1. Полный комплект состоит из одного большого задания, на выполнение которого отводится пять часов.
2. Ознакомьтесь с перечнем оборудования – проверьте его наличие и работоспособность. При отсутствии оборудования или сомнения в его работоспособности *немедленно* обращайтесь к представителям оргкомитета.
3. При оформлении работы каждую задачу и каждую ее часть начните с новой страницы. Первая половина тетради предназначена для чистовика – вторая черновика.
4. Все графики рекомендуем строить на отдельных кусках миллиметровой бумаги, которые прикрепите к тетради с помощью степлера.
5. Подписывать тетради, отдельные страницы и графики запрещается.
6. В ходе работы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, калькулятор.
7. Со всеми вопросами, связанными с условиями задач (но не с их решениями), обращайтесь к представителям Жюри.



Желаем успехов в выполнении данных заданий!

9 класс.

Медленное движение.

Список оборудования:

1. Штатив
2. Линейка 30-40 см
3. Секундомер
4. Шприц одноразовый 5 - 10 мл
5. Жидкий гель (для мытья посуды, шампунь, жидкое мыло) – 50 мл.
6. Трубка для коктейля (прозрачная, или полупрозрачная) диаметр – 5 мм
7. Палочка деревянная для шашлыка (диаметр 3 мм, длина 20 см)
8. Набор металлических стержней, длина 3 см , диаметры 2 от до 4 мм.
9. Скотч узкий (для крепления).
10. Стакан одноразовый
11. Тряпочка для вытирания стола и рук.
12. Вода

Конструирование установки.

Вам необходимо исследовать движение тел цилиндрической формы в узкой трубке. Насадите трубку для коктейля на одноразовый шприц, при необходимости используйте скотч для герметизации стыка, иначе в трубку начнет попадать воздух и ваши эксперименты не приведут к хорошим результатам (и оценкам).

Заполните шприц и трубку гелем. Прикрепите шприц с трубкой с помощью скотча к линейке, линейку закрепите в штативе. При необходимости с помощью поршня шприца можно освободить содержимое трубки.

Часть 1. Металл.

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

Подберите, при необходимости, нужную концентрацию геля – он может быть очень вязким. Сначала попробуйте опустить самый тонкий металлический стерженек в вертикальную трубку. Время его опускания на 7-8 см должно быть около 1 минуты. Если время опускания значительно больше этого, то немного разбавьте его водой. В дальнейшем концентрацию раствора не изменяйте!

1. Докажите экспериментально, что движение стержня внутри трубки равномерным. Определите скорость падения стержня с максимальной точностью.
2. Измерьте зависимость скорости движения стержня (постоянной длины) от его диаметра. Постройте график полученной зависимости.
3. Теоретически можно показать, что скорость движения стержня зависит от толщины зазора между стенкой трубки и боковой поверхностью стержня по закону

$$V = Ch^\gamma.$$

Используя полученные экспериментальные данные, проверьте данную зависимость. Попытайтесь определить показатель степени γ в данной формуле.

Часть 2. Дерево.

1. Расположите трубку вертикально открытым концом вверх. Поместите деревянную палочку для шашлыка в трубку. Измерьте глубину погружения палочки. Рассчитайте отношение плотности дерева к плотности геля.

Переверните трубку со шприцом открытым концом вниз.

Если теперь вставить кусочек палочки для шашлыка в трубку (снизу!), то он начнет медленно всплывать. Отрежьте от палочки кусочек длиной 6 см. Поместите его в трубку, если он всплывает очень медленно (медленнее, чем за 5 минут), то слегка разбавьте раствор.

Далее вам предстоит изучать движение кусочка палочки. Начинайте с максимальной длины, затем ее постоянно уменьшайте. При движении палочка должна полностью находиться внутри жидкости.

2. Докажите экспериментально, что движение палочки является равномерным.
3. Исследуйте зависимость скорости движения палочки от ее длины. Постройте график полученной зависимости. Дайте качественное объяснение полученного результата.

10 класс.

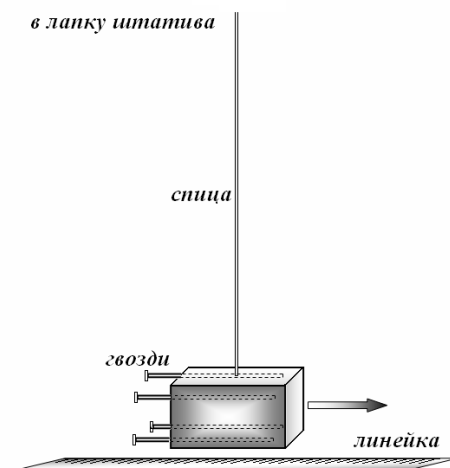
Трение и сопротивление.

Список оборудования:

1. Штатив с лапкой и зажимом
2. Линейка 40 см
3. Спица стальная 2 мм – 2 штуки
4. Палочка (деревянная) для шашлыка.
5. Книга в твердом переплете (не менее 200 стр.) – с возвратом!
6. Резинка банковская для денег – 2 штуки
7. Ластик (стирка) прямоугольная – 2 штуки
8. Гвозди 40-45 мм - 4 штуки
9. Скотч.
10. Пластилин (кусок)
11. Спичечный коробок
12. Поролон упаковочный – кусок в форме параллелепипеда 1 см x 3 см x 8см.

Конструирование универсального молотка.

В данной задаче вам предстоит исследовать движение гвоздя в различных материалах. Для этого вам необходим молоток, силу удара которого можно контролируемо изменять. Вам предлагается изготовить следующую конструкцию. Конец стальной спицы прочно зажмите в лапке штатива. На другой конец спицы насадите ластик (который и будет ударником молотка). Утяжелите ластик 4 гвоздями. Ударная грань ластика должна быть свободной. Ластик-ударник должен двигаться в непосредственной близости от стола. Рядом положите линейку для измерения начального отклонения ударника. Следите за тем, чтобы каждый удар проходил в точке, соответствующей вертикальному положению спицы, в этом случае скорость в момент удара будет максимальна. Вам постоянно придется передвигать свой ударник, по мере погружения исследуемых «гвоздей» в материал.



Все измерения проходят с заметным разбросом, постарайтесь уменьшить случайную ошибку измерений, увеличивая их число.

Часть 1. Изучение молотка.

Заполните спичечный коробок пластилином. При ударе молотка по коробку, лежащему на столе, последний приходит в движение и проходит по столу некоторый путь S , который легко измерить. Стол лучше накрыть бумагой!

1. Покажите (теоретически), путь, пройденный коробком после удара, пропорционален энергии, переданной коробку в момент удара.
2. Исследуйте зависимость энергии, переданной коробку при ударе, от начального отклонения маятника. (Энергию можно измерять в относительных единицах – укажите, какой именно единицей измерения вы

пользуетесь). Постройте график полученной зависимости, дайте ему качественное объяснение.

Часть 2. Поролон.

Проткните деревянной палочкой кусок поролона. Кусок поролона закрепите на столе скотчем. Забивайте универсальным молотком палочку далее.

1. Исследуйте зависимость пути, пройденного палочкой через поролон, от числа ударов молотка. Проведите измерения, протыкая поролон вдоль его короткой стороны (ширина около 1 см). Повторите измерения, когда палочка протыкает поролон вдоль средней стороны (ширина около 3 см). Постройте графики полученной зависимости, дайте им качественное объяснение. Сравните средние пути, проходимые палочкой в поролоне за один удар, при разной ширине поролона.

Силу удара молотка сохраняйте постоянной.

Совсем не обязательно проводить измерения после каждого удара, рекомендуем это делать после нескольких (3-5) ударов.

Часть 3. Бумага.

Обвяжите книгу двумя резинками (по два оборота). Закрепите книгу на столе с помощью скотча и пластилина. Между страницами книги воткните деревянную палочку. Вбивайте ее дальше с помощью молотка с постоянным начальным отклонением (выбор начального отклонения молотка обоснуйте).

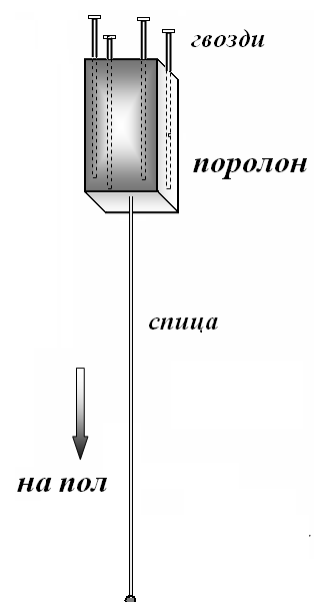
1. Исследуйте зависимость глубины проникновения палочки между страницами книги от числа сделанных ударов. Постройте график полученной зависимости.
2. Постройте теоретическую модель движения палочки между страницами книги. Докажите ее применимость в рассматриваемом случае.

Часть 4. Спица в поролоне.

1. Исследуйте зависимость движения спицы в поролоне, когда она не протыкает кусок, а полностью находится внутри. Для этого рекомендуем воткнуть спицу в поролон (вдоль длинной стороны) утяжелить кусок поролона несколькими гвоздиками. Затем следует бросать спицу вертикально, так чтобы кусок поролона был сверху и в момент удара о пол натыкался на спицу.

Измерьте зависимость глубины погружения спицы от числа ударов (бросайте с одной и той же высоты!) Постройте график полученной зависимости.

2. Постройте теоретическую модель движения палочки в поролоне. Докажите ее применимость в рассматриваемом случае.



11 класс.

Как измерить радиус кривизны с помощью секундомера?

Теория предсказывает как должно быть, а эксперимент показывает как оно есть на самом деле.

Во время теоретического тура вы должны были решить задачу о расчете периодов колебаний полукольца. Сегодня вам предстоит проверить экспериментально полученные формулы. А затем исследовать более сложную колебательную систему, форма которой не известна как описывается теоретически.

Приборы и оборудование.

1. Пластиковое полукольцо.
2. Линейка гибкая пластмассовая (40 см)
3. Скотч узкий.
4. Штатив с лапкой и зажимом
5. Секундомер
6. Лезвие для бритвы
7. Нитка с грузиком для изготовления отвеса
8. Нитки.
9. Лист миллиметровой бумаги формата А3.

Лезвие используйте в качестве упора при изучении колебаний, закрепив его в лапке штатива. Будьте осторожны!

Лист миллиметровой бумаги можете использовать для измерения длин (если у вас нет своей линейки), кроме того, рекомендуем на нем проводить необходимые построения, если вы считаете необходимым то этот лист с **подписанными построениями** следует сдать в жюри, возможно, что ваш труд будет оценен!

Часть 1. Полукольцо.

Края полукольца скрепите полоской скотча.

1.1 Определите экспериментально положение центра масс кольца. Не забудьте кратко описать методику проведения эксперимента.

1.2 Подвесьте полукольцо за середину скотча (центр полукольца). Измерьте с максимальной точностью период колебаний.

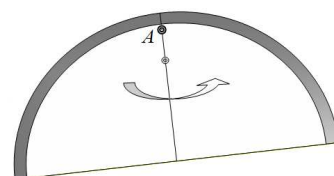
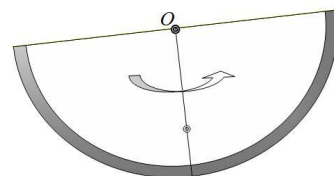
Сравните полученные результаты с теоретической формулой.

Напоминаем, формула для периода таких колебаний имеет вид

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\pi R}{2g}}. \quad (1)$$

1.2 Подвесьте кольцо за вершину полукольца. Измерьте с максимальной точностью период колебаний.

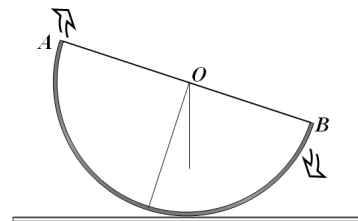
Сравните полученные результаты с теоретической формулой.



Напоминаем, формула для периода таких колебаний имеет вид

$$T_2 = 2\pi \sqrt{2 \frac{R}{g}} \quad (2)$$

1.3 Поставьте полукольцо на горизонтальную поверхность. Измерьте с максимальной точностью период «качательных» колебаний. Проследите, чтобы во время движения не было проскальзывания по столу. Сравните полученные результаты с теоретической формулой.



Напоминаем, формула для периода таких колебаний имеет вид

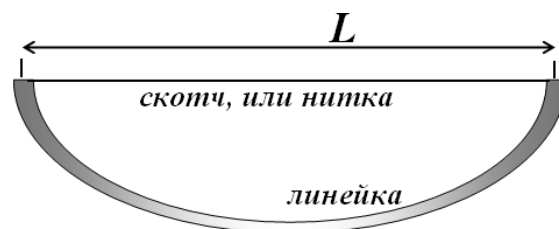
$$T_3 = 2\pi \sqrt{(\pi - 2) \frac{R}{g}}. \quad (3)$$

1.4 Сделайте вид, что вам неизвестны ни радиус полукольца, ни ускорение свободного падения (число π считайте известным). В этом случае для проверки формул, можно найти отношение периодов различных типов колебаний.

Используя результаты измерений рассчитайте отношения периодов трех типов колебаний. Сравните полученные значения с теоретическими предсказаниями.

Часть 2. Изогнутая линейка.

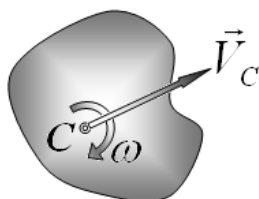
В данной части задания вам необходимо исследовать колебания изогнутой пластмассовой линейки. Линейку согните и закрепите с помощью полоски скотча (или нитки, как вам удобнее).



Расстояние между краями линейки L не должно быть меньше 30 см, иначе линейка может сломаться, а новой могут и не дать!

Настоятельно рекомендуем сделать нужный изгиб линейки и провести все необходимые измерения при сделанном изгибе, а затем изменять изгиб. Возможно, что второй раз линейка изогнется чуть по другому!

Ненужное теоретическое введение (для любопытных).



Кинетическая энергия тела зависит от выбора системы отсчета и при переходе от одной к другой инерциальной системе отсчета изменяется.

В системе отсчета, в которой центр масс твердого тела покоится, кинетическая энергия вращения твердого тела вокруг фиксированной оси может быть представлена в виде

$$E_C = \frac{J_0 \omega^2}{2},$$

где $\omega = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t}$ - угловая скорость вращения тела, J_0 - постоянный коэффициент, зависящий от массы, размеров и формы тела. Эта характеристика тела называется его моментом инерции, часто

его представляют в виде $J_0 = mb^2$, где b - некоторая постоянная, имеющая размерность длины, часто ее называют радиус инерции.

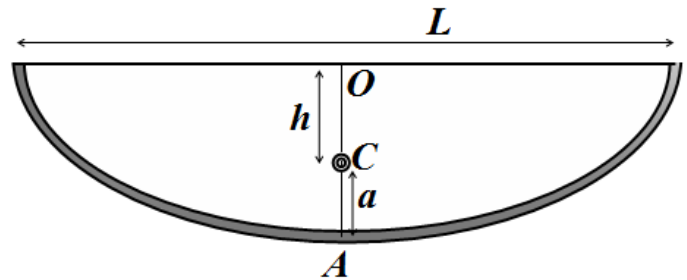
При плоскопараллельном движении твердого тела (когда ось вращения не изменяет своего направления в пространстве). кинетическая энергия такого движения может быть представлена в виде

$$E = E_C + \frac{mV_c^2}{2},$$

где E_C - кинетическая энергия в системе отсчета, связанной с центром масс тела (энергия вращательного движения); V_C - скорость центра масс тела (второе слагаемое – кинетическая энергия поступательного движения). Эти идеи используются при выводе приведенных ниже формул (вам их выводить не надо).

В своей работе используйте следующие обозначения:

- C - центр масс линейки;
- A - середина линейки (вершина);
- O - середина скотча (центр);
- h - расстояние от центра скотча до центра масс;
- a - расстояние от центра масс до середины линейки;
- L - расстояние между краями изогнутой линейки.

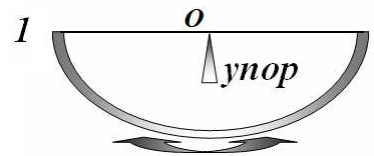


Вам будет необходимо исследовать три типа колебаний:

1. Колебания вокруг горизонтальной оси, проходящей через центр скотча O (в прямом подвесе).

Период этих колебаний определяется формулой

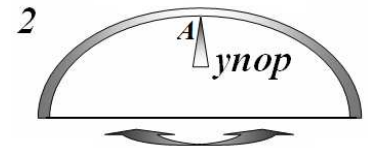
$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{b^2 + h^2}{gh}} \quad (4)$$



2. Колебания вокруг горизонтальной оси, проходящей через центр линейки A (в перевернутом подвесе).

Период этих колебаний определяется формулой

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{b^2 + a^2}{ga}} \quad (5)$$



3. Качания на столе.

Следите, чтобы не было проскальзывания, на скользкий стол можете положить, что-нибудь шероховатое (например лист бумаги)!

Период этих колебаний определяется формулой

$$T_3 = 2\pi \sqrt{\frac{b^2 + h^2}{g(R - a)}} \quad (6)$$



Здесь R - радиус кривизны нижней части линейки.

В формулах (4)-(6) параметр b один и тот же, но он может изменяться при изменении изгиба линейки.

Наконец задания:

Настоятельно рекомендуем сделать нужный изгиб линейки и провести все необходимые измерения при сделанном изгибе, а затем изменять изгиб. Возможно, что второй раз линейка изогнется чуть по другому!

Старайтесь проводить все измерения тщательно и аккуратно, для получения хороших результатов (и баллов) нужна достаточно высокая точность!

2.1 Измерьте зависимость положения центра масс линейки h и a от величины L . Методику измерения положения центра масс предложите самостоятельно, кратко опишите ее. Постройте график зависимости $h(L)$.

2.2 Измерьте зависимости периодов трех типов колебаний от расстояния между концами линейки L . Постройте графики полученных зависимостей.

2.3 На основании измеренных данных, проверьте, согласуются ли формулы для периодов колебаний (4)-(5). Свой ответ обоснуйте расчетами, графиками.

2.4 Предположим, что параметр b не изменяется при изменении изгиба линейки. Используя результаты эксперимента проверьте данное предположение. Укажите диапазон изменения величины L , в котором ваши экспериментальные данные позволяют считать b постоянным. Определите ее значение с максимальной возможной точностью.

2.5 Считая величину b постоянной и известной (равной рассчитанной вами), проверьте еще раз согласование формул (4)-(5). Предложите такую линеаризацию зависимости периодов, чтобы их графики совпадали. Постройте эти графики.

2.6 Постройте график зависимости радиуса кривизны нижней части линейки от величины L , используя свои экспериментальные данные.

Считая, что форма изогнутой линейки является дугой окружности, рассчитайте зависимость радиуса этой дуги от величины L . Сравните эту зависимость с полученной вами экспериментально. Укажите диапазон изменения L , в котором форму изогнутой линейки можно считать дугой окружности.

2.7 Для одного значения L (выберите его самостоятельно) постройте на миллиметровой бумаге профиль изогнутой линейки и с помощью геометрических построений определите его радиус кривизны в нижней точке. Сравните полученный результат с результатом, найденным из измерений периодов различных колебаний.

Последнее. Для облегчения задания во второй части работы рассчитайте погрешности измерения периода колебаний и определения параметров h и a только для одного изгиба и одного типа колебания. Полученные оценки погрешностей используйте при необходимости для всех остальных измерений.