

Министерство образования Республики Беларусь



ЛАВРИНЕНКО А.В.
МАРКОВИЧ Л.Г.
СЛОБОДЯНЮК А.И.

***Республиканская
олимпиада
школьников
по физике
Брест - 2000
(теоретический тур)***



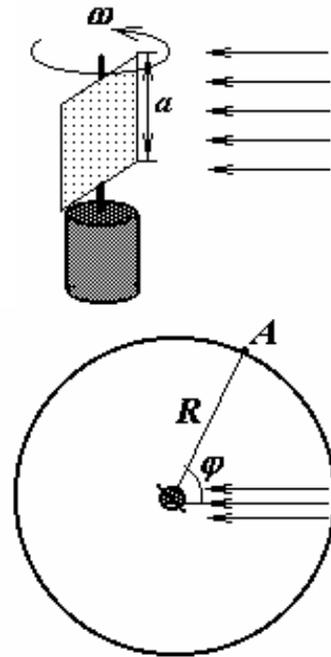
**Республиканская олимпиада школьников по
физике.
Брест, 2000 год**

9 класс.

1. Автобус проехал первую треть пути со скоростью $v_1 = 50 \text{ км/час}$, а вторую - со скоростью $v_2 = 60 \text{ км/час}$. С какой скоростью ему нужно проехать оставшуюся часть пути, чтобы средняя скорость движения автобуса на всем маршруте была: а) $v_{cp}^a = 70 \text{ км/час}$; б) $v_{cp}^b = 90 \text{ км/час}$?

2. Шар радиусом R плавает в жидкости, практически полностью погрузившись в нее. Найдите силу давления жидкости на нижнюю половину поверхности шара. Плотность жидкости ρ . Объем шара рассчитывается по формуле $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

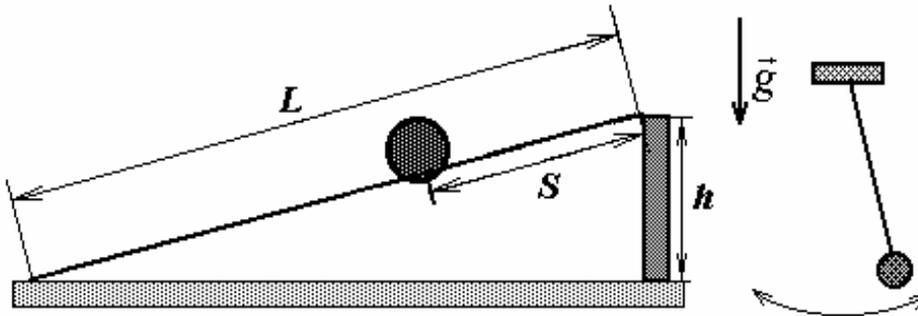
3. Плоское квадратное зеркальце со стороной a симметрично закреплено на валу электродвигателя и вращается вокруг вертикальной оси с постоянной угловой скоростью ω . Эта “вертушка” установлена в центре круглой комнаты радиусом R ($R \gg a$) и полностью освещена параллельным пучком света. На стене комнаты на пути светового зайчика от зеркальца в точке A установлен точечный фотоприемник. Направление на точку A образует угол φ с направлением падающего света. Какова длительность светового импульса, регистрируемого фотоприемником?



4. Имеется теплоизолированный толстостенный цилиндрический стакан, толщина стен которого составляет 20% от его внешнего радиуса. Если стакан нагреть до $t_1 = 400^\circ\text{C}$ и полностью заполнить льдом, взятым при температуре плавления $t_0 = 0^\circ\text{C}$, то, в конечном счете, весь лед растает. Во сколько раз нужно изменить толщину стенок стакана (при неизменном внешнем радиусе), чтобы, запонив его полностью льдом при тех же начальных температурах льда и стакана мя смогли бы закипятить воду? Испарением и тепловыми потерями пренебречь. Удельная теплоемкость воды $c = 4,19 \text{ Дж/кг} \cdot \text{K}$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,36 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$, температура кипения воды $t_2 = 100^\circ\text{C}$.

5. Одним из основоположников современной физики по праву считается итальянский ученый Галилео Галилей. В начале XVII века он экспериментально исследовал движение различных тел под действием притяжения к Земле. Ему удалось доказать, что такое движение является равноускоренным и не зависящим от массы тела (если пренебречь силами сопротивления). В частности, Г.Галилей подробно исследовал качение шаров (в качестве которых использовал пушечные ядра) по наклонной плоскости.

Воспроизведем результаты опытов Г. Галилея. В качестве наклонной плоскости используется желоб длиной $L = 5,0\text{ м}$ (конечно, во времена Галилея в Италии употреблялись другие единицы длины), один из концов которого приподнят на высоту h .



Для того, чтобы отмерять равные промежутки времени, Г.Галилей использовал маятник - груз подвешенный на нити.

В Таблице 1 приведены значения пути S , пройденного шаром, за время, равное целому числу n колебаний маятника, при разных значениях высоты h (проскальзывание отсутствует).

Таблица 1.

$h = 20$ см	n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	$S, \text{ м}$	0,19	0,39	0,77	1,18	1,59	2,29	2,92	3,43	4,37
$h = 30$ см	n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	$S, \text{ м}$	0,27	0,64	1,17	1,79	2,47	3,51	4,31	-	-
$h = 40$ см	n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	$S, \text{ м}$	0,37	0,90	1,54	2,31	3,01	4,60	-	-	-

На основании приведенных данных

1. Покажите, что движение ядра по желобу действительно является равноускоренным.
2. Найдите, как зависит ускорение ядра от высоты h . Объясните эту зависимость.
3. Вычислите путь, который пройдет ядро за пять колебаний маятника при высоте $h = 50\text{ см}$?



Республиканская олимпиада школьников по физике.

Брест, 2000 год

10 класс.

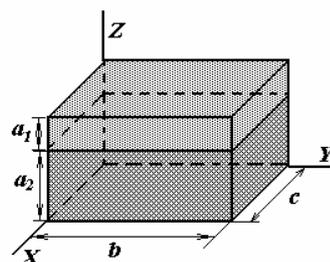
1. Упругая комбинированная прокладка представляет собой стальную и алюминиевую пластины, сложенные вместе.

Определите коэффициенты упругости системы вдоль осей OX ; OY ; OZ . Модуль Юнга

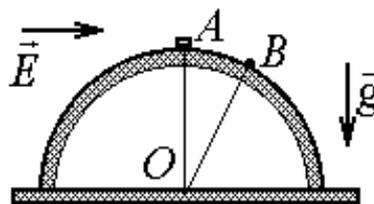
стали $E_1 = 250 \text{ ГПа}$, алюминия $E_2 = 71 \text{ ГПа}$,

толщина стального бруска $a_1 = 1,0 \text{ см}$,

алюминиевого $a_2 = 2,0 \text{ см}$, $b = 5,0 \text{ см}$, $c = 10 \text{ см}$.

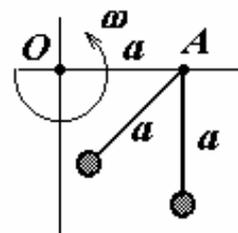


2. В горизонтальном однородном электростатическом поле находится гладкий сферический купол, с вершины которого (точка A) отпускают небольшую заряженную шайбу. Шайба оторвалась от поверхности купола в точке B , причем $\angle AOB = 30^\circ$ (O - центр купола). Определите отношение силы тяжести, действующей на шайбу, к силе ее взаимодействия с полем.



3. Два небольших пластилиновых шарика привязаны нитями длиной $a = 20 \text{ см}$ к точке A , расположенной на горизонтальной поверхности диска на расстоянии a от его центра O . Шарик расположили так, что одна нить образует угол $\alpha_1 = 45^\circ$ с отрезком OA , а вторая - угол $\alpha_2 = 90^\circ$.

Диск начинают медленно раскручивать вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр. Постройте примерный график зависимости угла между нитями от угловой скорости вращения диска, укажите его характерные точки. Коэффициент трения шариков о поверхность диска $\mu = 0,40$.



4. В качестве модели упругой пленки можно рассмотреть квадратную сетку, образованную очень маленькими пружинками с жесткостью k . Покажите, что в рамках данной модели потенциальная энергия однородно растянутой пленки определяется формулой $U = k(\sqrt{S} - \sqrt{S_0})^2$, где S - площадь растянутой пленки, S_0 - ее площадь в недеформированном состоянии. Из пленки изготовили воздушный шарик, радиус которого при недеформированной пленке равен r_0 . Найдите зависимость давления воздуха внутри шарика от его радиуса. Атмосферным давлением пренебречь.

5. Для измерения заряда электрона американский физик Роберт Милликен в 1909-1912 годах провел серию экспериментов по исследованию движения маленьких заряженных масляных капель в электрическом поле. В установке Милликена капли масла

вбрызгивались в пространство между двумя горизонтальными металлическими пластинами, к которым прикладывалось постоянное электрическое напряжение. С помощью микроскопа проводилось наблюдение за движущимися в воздухе каплями и измерялась скорость их движения. Капли приобретали отрицательный электрический заряд в процессе разбрызгивания. Кроме того, можно было изменять заряд капель, облучая их ультрафиолетовым излучением.

Не претендуя на абсолютно точное воспроизведение результатов опытов Милликена, опишем одну из возможных схем проведения эксперимента и приведем их результаты в Таблице 1.

В отсутствии электрического поля измеряется значение скорости падения капли v_0 . Если на пластины подать постоянное напряжение U_0 , капля начинает двигаться вверх, измеренная при этом скорость капли обозначена v_1 , измеренное значение радиусов капель r . Плотность масла

$$\rho = 910 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \text{ расстояние между металлическим пластинами } h = 1,0 \text{ см},$$

ускорение свободного падения принять равным $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Для капель микронного радиуса сила вязкого трения пропорциональна скорости их движения. Считать, что в процессе измерения по описанной схеме заряд капли остается постоянным.

Таблица 1.

№	$r, \text{мкм}$	$v_0, \frac{\text{мм}}{\text{с}}$	$U_0, \text{кВ}$	$v_1, \frac{\text{мм}}{\text{с}}$
1	1,3	0,19	5,0	0,18
2	1,7	0,32	5,0	0,51
3	1,7	0,32	5,0	0,24
4	1,2	0,16	5,0	0,23
5	1,4	0,22	5,0	0,29
6	2,0	0,44	5,0	0,39
7	1,6	0,28	5,0	0,46
8	1,5	0,25	5,0	0,38
9	2,2	0,53	5,0	0,22
10	1,4	0,22	5,0	0,63

Определите по этим данным заряд электрона, оцените погрешность полученной величины.

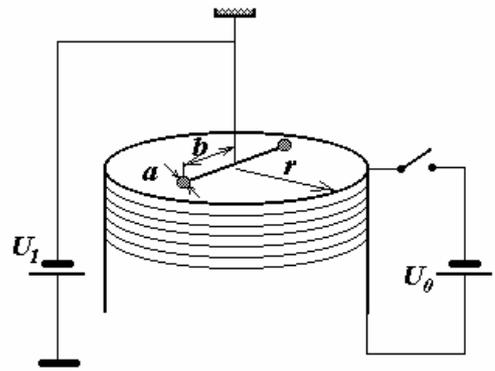


Республиканская олимпиада школьников по физике.

Брест, 2000 год

11 класс.

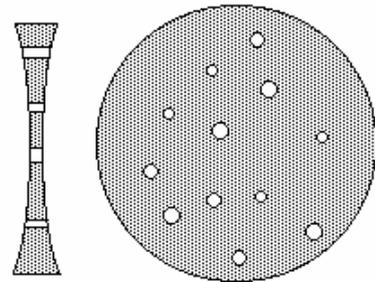
1. Крутильный маятник представляет собой легкий жесткий проводящий стержень, к концам которого прикреплены два одинаковых полых металлических шарика, подвешенный на длинной упругой проводящей нити. Маятник подвесили над верхним торцом вертикально расположенного соленоида с ферромагнитным сердечником. Обмотка соленоида сделана из медного провода, намотанного в один слой «виток к витку». Маятник подключили к источнику высоковольтного напряжения $U_1 = 15 \text{ кВ}$, а обмотку соленоида через ключ к источнику постоянного напряжения $U_0 = 2,0 \text{ кВ}$. Оцените на какой максимальный угол повернется стержень маятника, если замкнуть ключ в цепи обмотки?



Параметры установки: удельное электрическое сопротивление меди $\rho = 0,017 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$; радиус обмотки $r = 15 \text{ см}$, ее высота $h = 40 \text{ см}$, диаметр провода $d = 5,0 \text{ мм}$, магнитная проницаемость сердечника $\mu = 1,8 \cdot 10^3$, диаметры шариков маятника $a = 5,0 \text{ см}$, масса шарика $m = 1,4 \text{ г}$, период свободных крутильных колебаний маятника $T = 14 \text{ с}$.

Индукция магнитного поля внутри сердечника длинного соленоида рассчитывается по формуле $B = \mu \mu_0 n I$, где n - плотность намотки (число витков на единицу длины, I - сила тока в обмотке. Рекомендуем также воспользоваться формулой $\mu_0 \epsilon_0 = \frac{1}{c^2}$, где $c = 3,0 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ - скорость света.

2. Для изготовления тонкой линзы пространство между двумя сферическими тонкими поверхностями залили материалом с показателем преломления $n_0 = 1,69$. В процессе изготовления линзы был допущен технологический брак, из-за чего внутри линзы оказалось множество небольших воздушных пузырьков, касающихся обеих граней линзы, и равномерно распределенных по поверхности линзы.

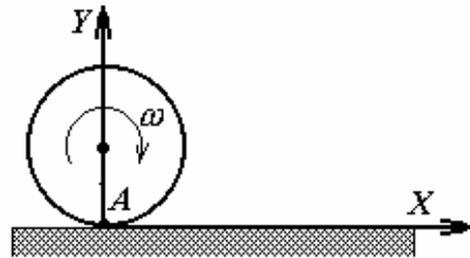


Полученную таким образом двояковогнутую линзу поместили в воду (показатель преломления $n_1 = 1,33$), и на расстоянии $a = 40 \text{ см}$ за линзой расположили экран параллельно плоскости линзы. Линзу полностью осветили параллельным пучком света, направленным вдоль главной оптической оси. На экране образовался светлый круг, диаметр которого в два раза больше диаметра линзы. Кроме того, в центре этого светлого круга образовалось небольшое круглое пятно, освещенность которого в $\eta = 3,0$ раза больше освещенности остального круга. Определите суммарную площадь (в процентах к общей площади линзы) пузырьков в линзе. Дифракцией света пренебречь.

3. Стрелу гарпуна массы $m = 1,5 \text{ кг}$, к которой привязана гладкая гибкая нить, бросают вертикально вверх с начальной скоростью $v_0 = 15 \text{ м/с}$. Масса единицы длины нити $\lambda = 20 \text{ г/м}$. На какую высоту поднимется стрела, если длина нити равна а) $l = 5,0 \text{ м}$; б)

$l = 15 \text{ м}$? Соппротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

4.1 Колесо радиуса R катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности, вращаясь вокруг своей оси с постоянной угловой скоростью ω . Введем декартовую систему координат, как показано на рисунке. Точка A , находящаяся на ободке колеса, в момент времени $t = 0$ находилась в начале координат.



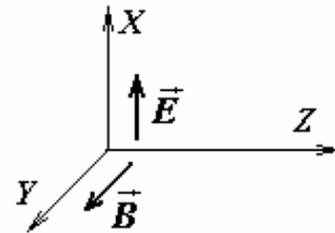
Запишите уравнения, описывающие зависимости от времени проекций ускорения a_x, a_y ; проекций скорости v_x, v_y ; координат x, y точки A .

Найдите среднюю скорость $\langle \vec{v} \rangle$ движения точки A за достаточно большой промежуток времени.

4.2 Две одинаковых частицы, массы которых равны m , движутся вдоль оси X под действием изменяющихся во времени сил. На первую частицу действует сила, $F_1 = F_0 \sin \omega t$ на вторую $F_2 = F_0 \cos \omega t$ (F_0, ω - известные постоянные величины).

Запишите уравнения зависимостей от времени ускорений частиц a_1, a_2 , скоростей частиц v_1, v_2 , их координат x_1, x_2 . Найдите средние скорости частиц за достаточно большой промежуток времени.

4.3 Электрон движется в поле плоской электромагнитной волны, вектор напряженности электрического поля которой направлен вдоль оси X и изменяется со временем по закону $E = E_0 \cos \omega t$, а вектор индукции магнитного поля



направлен вдоль оси Y и изменяется со временем по закону $B = B_0 \cos \omega t$. Длина волны велика настолько, что можно пренебречь зависимостью характеристик волны от координаты Z . В поле электромагнитной волны при не слишком больших скоростях движения электрона v выполняется соотношение $E_0 \gg vB_0$. Используя это соотношение, найдите зависимость проекции скорости электрона на ось X от времени. Найдите среднюю скорость движение электрона вдоль оси Z (скорость дрейфа электрона). Считайте, что первоначально скорость электрона равнялась нулю.