



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»

**ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**«БУДУЩЕЕ С НАМИ»**

*Комплект заданий по физике*  
*Заключительный (очный) этап 2014-2015 уч. г.*

Калининград 2014

### 7 класс

1. По шоссе с постоянной скоростью едет колонна машин. Расстояние между машинами одинаковое. Известно, что если ехать навстречу колонне со скоростью 40 км/ч, то машины будут встречаться каждые 15 секунд. Если же ехать в направлении движения колонны со скоростью 60 км/ч, мы будем обгонять машины колонны каждую минуту. Через какие промежутки времени машины колонны проезжают мимо неподвижного сотрудника ГИБДД?
2. Каждый день ученик выходит из дома в 7.50 и приходит в школу точно к началу занятий в 8.00. Однажды, пройдя треть расстояния до школы, он вспомнил, что забыл дома дневник, и решил вернуться за ним. С какой скоростью он должен бежать, чтобы не опоздать в школу, если обычно он ходит со скоростью 7,2 км/ч?
3. Ученые подсчитали, что на корне пшеничного стебля имеется 10 000 000 волосков. Чему равны общая длина этих волосков и площадь поперечного сечения волоска, если средняя длина его равна 2 мм, а общий объем волосков составляет 1,5 см<sup>3</sup>?
4. Скорость движения автобуса на первой половине пути была в 8 раз больше, чем скорость его движения на второй половине пути. Средняя скорость автобуса на всем пути была равна 16 км/ч. Определите скорость автобуса на второй половине пути.

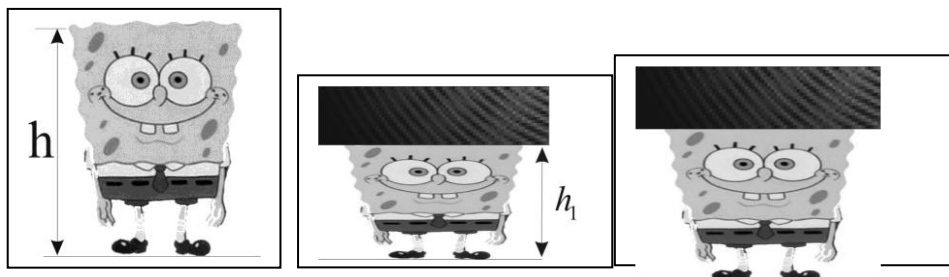
### Ответы

- 1) 30 с
- 2) 4 м/с
- 3) 20 км; 0,000075 мм<sup>2</sup>
- 4) 9 км/ч

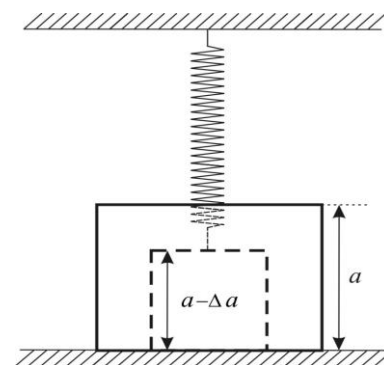
### 8 класс

1. На какую высоту можно было бы поднять груз массой  $m = 1000$  кг, если бы удалось полностью использовать энергию, освобождающуюся при остывании 1 литра воды от  $t_1 = 100^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ ? Удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/кг $\cdot$ °C, плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

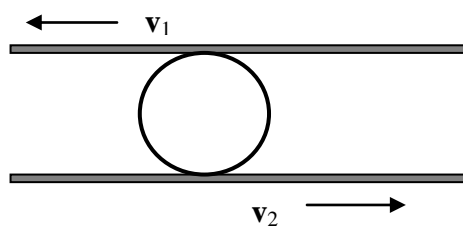
2. Губка Боб Квадратные штаны отдыхал однажды на суше. Объем Губки  $V = 0.02 \text{ м}^3$ , рост  $h = 50 \text{ см}$ , средняя плотность сухого Боба  $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$ . Известно, что если объем воды в Губке Бобе превосходит его объем в данный момент времени, лишняя вода из него вытекает. Губку Боба замучила жажда, и он выпил три килограмма воды. Неожиданно на него сверху упал кирпич массы  $m = 100 \text{ кг}$ . Губка Боб спружинил, так что при наибольшем сжатии его рост составлял  $h_1 = 5 \text{ см}$ , горизонтальные размеры при этом его не менялись. Через некоторое время Губка Боб пришел в себя, и лежать под кирпичом ему даже понравилось. Найдите давление на землю, которое оказывал Губка Боб вместе лежащим на нем кирпичом. Можно считать, что Губка Боб имеет форму параллелепипеда с горизонтальными размерами  $a$  и  $b$ .



3. Груз в форме куба со стороной  $a = 0,3 \text{ м}$  и массой  $m = 100 \text{ кг}$  прикреплен пружиной к потолку, как показано на рисунке. Первоначально пружина не деформирована. Из-за резкого охлаждения куб быстро сжался, так что все его стороны уменьшились на  $\Delta a = 5 \text{ см}$ . Н сколько изменится давление куба на пол? Жесткость пружины  $k = 2 \text{ кН/м}$ , постоянная  $g = 10 \text{ Н/кг}$ .



4. Цилиндр радиуса  $R$  зажат между движущимися со скоростями  $v_1$  и  $v_2$  параллельными рейками (рис.). С какой угловой скоростью вращается цилиндр? Проскальзывания нет.



### Ответы

1) 34 м

2) 3500 Па

3) 3289 Па

4) 
$$\varpi = \frac{v_r}{R} = \frac{v_1 + v_2}{2R}$$

### 9 класс

1. На дне глубокой шахты лежало 700 кг льда при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ . В шахту сбросили 678 л горячей воды. В момент падения на лед ее температура равнялась  $80^{\circ}\text{C}$ , весь лед при этом растаял. На какой наименьшей глубине находился в шахте лед, если удельная теплоемкость воды равна  $4,2 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ , а удельная теплота плавления льда равна  $330 \text{ кДж}/\text{кг}$ ? Трением о воздух в процессе падения пренебречь.

2. Батарейка через амперметр подключена к цепи  $AB$ . Сопротивления всех резисторов в электрической цепи, изображенной на рисунке, одинаковы и равны  $R = 300 \text{ Ом}$ .

Включенный в цепь амперметр показывает величину силы тока  $I = 10 \text{ мА}$ .

Найдите ЭДС  $E$  батарейки. Сопротивлениями амперметра и батарейки можно пренебречь.

3. Лампочка накаливания мощностью  $P = 54 \text{ Вт}$  погружена в воду, находящуюся в прозрачном калориметре. Объем воды  $V = 650 \text{ см}^3$ . За  $\tau = 3 \text{ мин}$  вода нагревается на  $\Delta t = 3,4^{\circ}\text{C}$ . Какая часть энергии пропускается калориметром наружу в виде энергии излучения

4. Определить количество меди, нужное для устройства двухпроводной линии длиной 5 км. Напряжение на шинах станции 2400 В. Передаваемая потребителю мощность 60 кВт. Допускаемая потеря напряжения в проводке 8%, плотность меди  $8,9 \text{ г}/\text{см}^3$ , удельное сопротивление  $0,017 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}\cdot\text{см}$ .

5. Осколочный снаряд летит со скоростью  $u$  по направлению к плоской стенке. На расстоянии  $l$  от неё снаряд взрывается и распадается на множество осколков, летящих во все стороны и имеющих скорость  $v$  относительно центра масс снаряда. Какая область на поверхности стенки будет поражена осколками? Силой тяжести и сопротивлением воздуха пренебречь.

### Ответы

1)  $h \geq 24,75 \text{ м}$

2) 5 В

3)  $\gamma = 0,05$

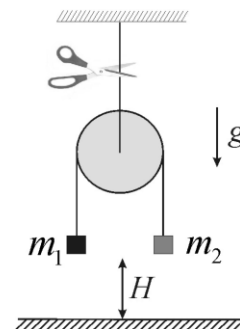
4) 2140 кг

5) область в виде круга с радиусом  $R = lv / \sqrt{u^2 - v^2}$ .

### 10 класс

1. С какой частотой будет колебаться палка с массой  $m = 2\text{ кг}$  и площадью поперечного сечения  $S = 5\text{ см}^2$ , плавающая на поверхности воды в вертикальном положении?

2. Два маленьких груза массами  $m_1$  и  $m_2$  подвешены на длинной нити, перекинутой через легкий блок. Блок подвешен за нить к потолку. Первоначально грузы устанавливают на одинаковой высоте  $H$  над землей. Затем опускают. Через время  $t$  верхнюю нить перерезают, причем известно, что к этому времени ни один из грузов не успел коснуться земли. Найти, через какое время после перерезания нити первый из грузов коснется земли. Ускорение свободного падения  $g$ , нити невесомые и нерастяжимые, сопротивлением воздуха пренебречь.



3. Участники летней физико-математической школы в возвращались домой, в г. Калининград, на автобусах. Автобусы ехали со скоростью  $v_1 = 90\text{ км/ч}$ . Пошёл дождь, и водители снизили скорость до  $v_2 = 60\text{ км/ч}$ . Когда дождь кончился, автобусы вновь поехали с прежней скоростью и въехали в Калининград на 10 минут позже, чем было запланировано. Сколько времени шёл дождь?

4. С какой минимальной скоростью свинцовая пуля должна ударить в подвижный брусок, чтобы расплавиться? Считать, что удар абсолютно неупругий и на нагрев и плавление пули идет  $\gamma = 60\%$  энергии неупругой деформации. Масса пули  $m = 10\text{ г}$ . Масса бруска  $M = 1\text{ кг}$ . К моменту удара температура пули  $t = 100\text{ }^\circ\text{C}$ .

5. С помощью линзы с фокусным расстоянием  $F$  на экране получают уменьшенное и увеличенное изображения предмета, находящегося на расстоянии  $L$  от экрана. Найти отношение размеров изображений в обоих случаях.

#### Справочные данные:

Удельная теплоемкость свинца  $c = 130\text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$

Удельная теплота плавления свинца  $\lambda = 25\text{ кДж/кг}$

Температура плавления свинца  $t_{\text{пл}} = 327\text{ }^\circ\text{C}$

#### Ответы

1)  $0,25\text{ Гц}$

$$2) t_1 = \frac{\sqrt{a^2 t^2 + g(2H - at^2)} - at}{g}$$

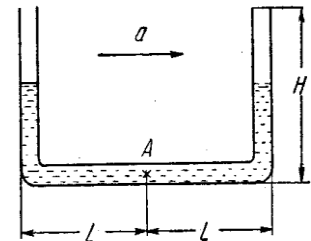
$$3) t = \frac{v_1 \Delta t}{v_1 - v_2}$$

$$4) 428 \text{ м/с}$$

$$5) \frac{y_1}{y_2} = \frac{(L + \sqrt{L^2 - 4LF})^4}{16L^2 F^2}$$

### 11 класс

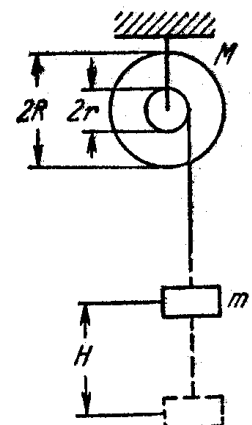
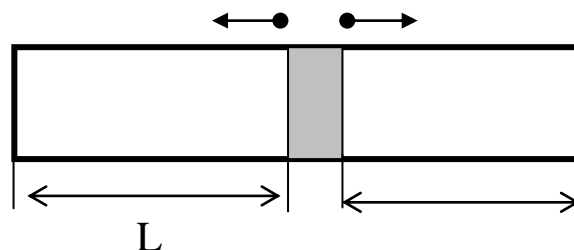
1. Тонкая U-образная трубка, размеры которой указаны на рисунке, заполнена ртутью до половины вертикальных колен. Трубка движется горизонтально с ускорением  $a$ . Найти разность высот  $h$  ртути в вертикальных частях трубки и давление в точке  $A$ . При каком ускорении ртуть начнет выливаться из трубки? Атмосферное давление равно  $P_0$ , плотность ртути  $\rho$ .



2. В баллоне находится газ массой 2 кг при температуре  $27^\circ\text{C}$  и давлении  $2 \cdot 10^5$  Па. Когда часть газа была выпущена, а оставшаяся часть нагрета до  $627^\circ\text{C}$ , то давление возросло до  $3 \cdot 10^5$  Па. Какова будет плотность оставшейся части газа, если объем баллона  $1 \text{ м}^3$ ?

3. Пять сторон правильного шестиугольника образованы одинаковыми диэлектрическими заряженными палочками. При этом в точке  $O$ , находящейся в центре шестиугольника, потенциал данной системы зарядов равен  $\varphi_0$ , а его напряженность электрического поля равна  $\vec{E}_0$ . Найдите, какими станут потенциал  $\varphi$  и напряженность электрического поля  $\vec{E}$  в точке  $O$ , если убрать одну из заряженных палочек.

4. Найдите период малых колебаний поршня массы  $m$ , разделяющего гладкий цилиндрический сосуд сечения  $S$  на две части длины  $L$  каждая. По обе стороны от поршня находится газ при давлении  $P_0$  и температуре  $T_0$ . При колебании поршня температура газа не меняется.



5. На неподвижной оси без трения может вращаться тяжелое колесо, вся масса которого сосредоточена в ободе (см. рисунок). Радиус колеса равен  $R$ , его масса  $M$ . С колесом связан легкий шкив радиуса  $r$ , на который намотана нить. На конце нити висит груз массы  $m$ . Какую скорость будет иметь груз  $m$  после того, как он опустился на расстояние  $H$ ? В верхней точке скорость груза была равна нулю.

### Ответы

1).  $h = 2La/g$ ;  $a > gH/2L$ ;  $P_A = P_0 + \rho gh/2$

2).  $\rho = 1 \text{ кг/м}^3$ .

3).  $\varphi = \frac{4}{5} \varphi_0$

4).  $T = 2\pi \sqrt{\frac{mL}{2P_0S}}$

5).  $v_1 = \sqrt{\frac{2mgH}{m + M \frac{R^2}{r^2}}}$

### Примеры заданий по физике на очной тур, имеющие элементы творческого характера.

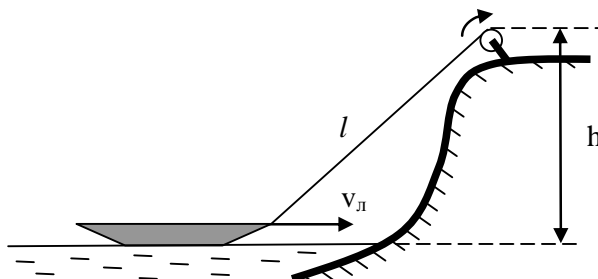
Очный тур проводится в два этапа – теоретический и практический туры. Длительность теоретического тура для 7 и 8 классов – 2,5 часа, для 9 -11 классов 3 часа.

Задачи теоретического тура разного уровня – есть относительно легкие задачи, для решения которых достаточно знать и правильно применять формулы, но есть и задачи, для решения которых необходимо не только знать и правильно применять формулы, но и проявить творческий подход. Примеры таких заданий приведены ниже.

#### Теоретический тур

9 класс

Лодка подтягивается к высокому берегу озера при помощи каната, который наматывают с постоянной скоростью  $v = 0,5 \text{ м/с}$  на цилиндрический барабан, находящийся на высоте  $h = 5 \text{ м}$  над уровнем воды (см. рис.). Найти скорость лодки в момент времени, когда  $l = 8 \text{ м}$ , и перемещение лодки из этого положения за время  $t_1 = 0,1 \text{ с}$ , при  $t_2 = 1 \text{ с}$ .



Для решения задачи в данном случае надо перейти к малым изменениям величин, и в этом приближении находить скорость, а затем и перемещение.

#### Возможное решение

Возьмем очень малый интервал времени  $\Delta t$ . За это время канат сместится на  $\Delta l$ , а лодка на  $\Delta x$ .

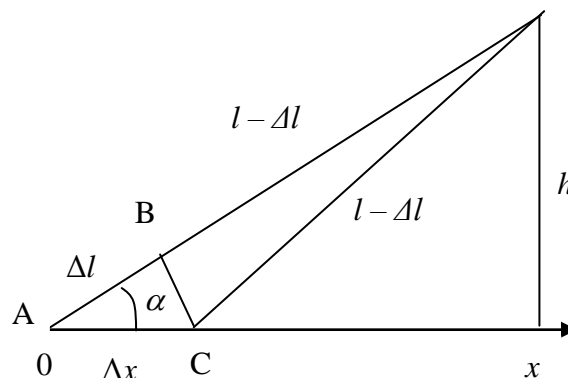
Тогда:  $v = \Delta l / \Delta t$   $v_{пл} = \Delta x / \Delta t$

Так как  $\Delta t$  мало, то треугольник ABC можно считать прямоугольным  $\angle ABC$  – прямой, тогда  $\Delta x = \Delta l / \cos \alpha$

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{l^2 - h^2}{l^2}} = \sqrt{1 - h^2/l^2}$$

$$v_{пл} / v = \Delta x / \Delta l = 1 / \cos \alpha$$

$$v_{пл} = v / \cos \alpha = \frac{vl}{\sqrt{l^2 - h^2}}$$



Для  $l = 8$  м и  $h = 5$  м  $v = 0,5$  м/с  $v_{пл} = 0,64$  м/с

$S_1 = v_{пл} \cdot t_1 = 0,064$  м

Для  $t_1$  формула  $S_1 = v_{пл} \cdot t_1$  справедлива, так как  $t_1$  мало и скорость лодки практически не меняется при таком смещении.

Для  $t_2$  формулой  $S_2 = v_{пл} \cdot t_2$  воспользоваться нельзя, так как скорость лодки изменяется, поэтому  $S_2 = x_2 - x_1$ , где  $x_2$  – положение лодки через  $t_2 = 1$  с,  $x_1 = 0$  – положение лодки при  $l = 8$  м. В точке  $x_2$   $v_{пл2} = 0,67$  м/с. Приближенно можно получить  $v_{ср} = (0,67 + 0,64)/2 = 0,655$  м/с.  $S_2 \approx 0,655$  м.

Точно  $S_2$  можно найти через тангенсы углов

$$S_2 = h(\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_1) = 0.655 \text{ м}$$

Что совпадает с найденным через среднюю скорость.

#### 10 класс

В жидкости взвешивают стальной шарик. Первое взвешивание проводилось при температуре  $t_1$  и вес вытесненной жидкости оказался равным  $P_1$ , второе взвешивание провели при температуре  $t_2$  и вес вытесненной жидкости был равен  $P_2$ . Определить коэффициент объемного расширения жидкости  $\beta_2$ , если коэффициент объемного расширения стали равен  $\beta_1$ .

В задаче предложен не совсем традиционный материал.

#### Возможное решение

Вследствие теплового расширения тел, взвешиваемых в жидкости, вес вытесненной жидкости при разных температурах будет разным. Он будет определяться удельным весом жидкости при данных температурах и объемом тел, погруженных в жидкость.



Если при температуре  $t_1$  в жидкость полностью погрузить шарик объемом  $V_1$ , то вес вытесненной жидкости будет равен:

$$P_1 = \rho_{жс} g V_1. \quad (1)$$

Плотность жидкости  $\rho_{жс}$  и объем стального шарика  $V_1$  при температуре  $t_1$  могут быть выражены через их значения при  $0^\circ\text{C}$ :

$$\rho_1 = \frac{\rho_0}{1 + \beta_{жс} t}, \quad (2)$$

$$V_1 = V_0(1 + \beta_c t), \quad (3)$$

где  $\beta_{жс}$  и  $\beta_c$  - коэффициенты объемного расширения жидкости и стали. Для температуры  $t_2$  мы имели бы соответственно:

$$P_2 = \rho_2 g V_2. \quad (4)$$

$$\rho_2 = \frac{\rho_0}{1 + \beta_{жс} t_2}, \quad (5)$$

$$V_2 = V_0(1 + \beta_c t_2). \quad (6)$$

Решая уравнения относительно  $\beta_{жс}$ , находим:

$$\beta_{жс} = \frac{P_1 \beta_c (t_2 - t_1) + P_1 - P_2}{P_2 (t_2 - t_1)} \quad (7)$$

Так как членами, содержащими коэффициенты объемного расширения в степени выше первой, можно пренебречь вследствие их малости.

Обычно в справочниках приводятся значения линейных коэффициентов расширения жидкости  $\alpha_{жс}$  и стали  $\alpha_c$ . Имея ввиду, что значения линейных коэффициентов расширения очень мало, можем получить, что  $\beta_{жс} = 3\alpha_{жс}$  и  $\beta_c = 3\alpha_c$ . Подстановка этих соотношений в формулу (7) ничего не меняет.

## 11 класс

Утка летела по горизонтальной прямой с постоянной скоростью  $\vec{u}$  (рис.1). В нее бросил камень неопытный охотник, причем бросок был сделан без упреждения, т. е. в момент броска скорость камня  $\vec{v}_0$  была направлена как раз на утку под углом  $\alpha$  к горизонту. На какой высоте над охотником летела утка, если камень всё же попал в нее? Сопротивлением воздуха, размерами утки пренебречь.

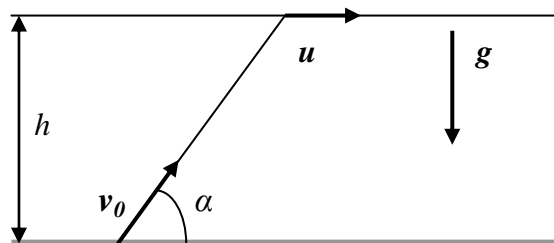


Рис.1

Задача на исследование, так как имеет три возможных решения которые иллюстрируются рисунками рис.2 – рис.4.

#### Схема решения

Если камень окажется на высоте  $h$ , то для времени полета на эту высоту получим:

$$h = t \cdot v_0 \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \quad (1) \quad t^2 - \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \cdot t + \frac{2h}{g} = 0$$

$$t_{1,2} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \pm \frac{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}}{g}$$

При этом возможны три ситуации:

1).  $t_1 = t_2 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$  (см. рис.2)                      2).  $t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} - \frac{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}}{g}$  (см. рис.3)

3).  $t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} + \frac{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}}{g}$  (см. рис.4)

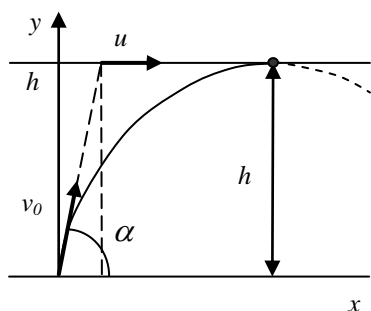


Рис.2

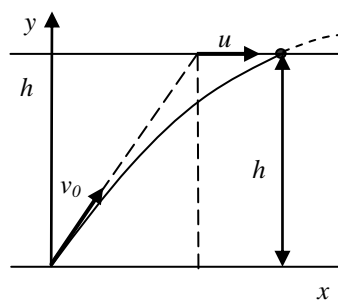


Рис.3

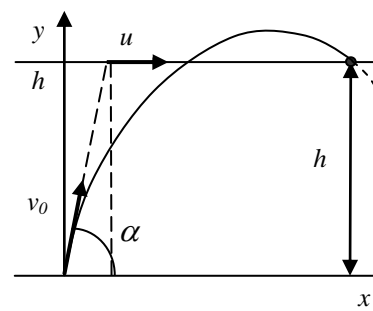


Рис.4

Из данных условий находится значение высоты

При разработке заданий на практический тур задачи формируются таким образом, что для их решения необходимо, прежде всего, разобраться в физике вопроса, придумать методику решения проблемы и лишь после этого приступить к выполнению задачи.

#### Практический тур

На выполнение заданий практического тура дается 2,5 часа.

Все задания на практический тур обязательно предполагают элементы творческого характера. **Задание формулируется в общем виде, при этом не расписывается порядок выполнения данного задания и поэтому практический тур не превращается в выполнение лабораторной работы по методическим указаниям.**

**Ученики должны сами придумать методику выполнения данного задания, вывести рабочие формулы, провести измерения, рассчитать необходимые величины и оценить точность полученного результата.**

Примеры заданий практического тура, для решения которых необходимо проявить творческий подход.

7 класс

**Задание.** Из листа бумаги формата А4 изготовить парашют с наибольшей подъемной силой.

**Оборудование:** бумажный лист формата А4 – 5 шт, нитки, ножницы, груз.

При выполнении задания ученик должен придумать несколько моделей парашюта, сделать эти модели, провести испытания, сделать выводы.

8 класс

**Задание.** Определить плотность деревянного бруска.

**Оборудование:** деревянный брусок, линейка, гайка массой 28 г, нитка.

*При выполнении задания ученик должен придумать метод определения плотности бруска. Определить массу, рассчитать объем. Оценить точность определения плотности.*

9 класс

**Задание.** Определить отношение величины коэффициента трения скольжения к величине коэффициента трения качения.

**Оборудование:** линейка, карандаш, бумажный лист формата А4.

*При выполнении задания ученик должен:*

*придумать метод определения коэффициентов качения и скольжения;*

*приделать измерения согласно полученной методике;*

*получить отношение коэффициентов скольжения и качения;*

*найти точность, с которой это отношение определено.*

10 класс

**Задание.** Определить плотность деревянного бруска.

**Оборудование:** брусок массой 35 г, пластилин, нитка, часы с секундной стрелкой.

*При выполнении задания ученик должен:*

*придумать наиболее точный метод определения размеров бруска;*

*определить плотность деревянного бруска;*

*рассчитать точность, с которой эта плотность определена.*

11 класс

**Задание.** Определить отношение величины коэффициента трения скольжения к величине коэффициента трения качения шарика о поверхность.

**Оборудование:** линейка, теннисный шарик, бумажный лист формата А4.

*При выполнении задания ученик должен:*

*придумать метод определения коэффициентов качения и скольжения (шарик с линейки скатывается!);*

*приделать измерения согласно полученной методике;*

*получить отношение коэффициентов скольжения и качения;*

*найти точность, с которой это отношение определено.*

