

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников  
по физике  
2015-2016 учебный год  
10 класс  
Максимальный балл – 50**

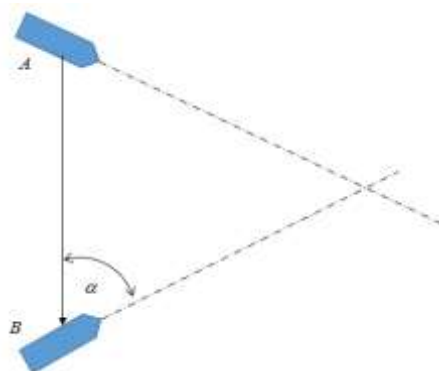
1. Представьте, что вы живёте в 16 веке и стоите на палубе парусника В, плывущего в открытом море. Дует ровный ветер, ваш корабль движется прямолинейно с постоянной скоростью. Вдруг на горизонте появляется корабль, идущий также с постоянной скоростью, курсом, пересекающимся с курсом вашего корабля.

Как определить, существует ли опасность столкновения ваших кораблей, или же встречный корабль пройдёт мимо без столкновения?

Как узнать какой из кораблей раньше окажется в точке пересечения траекторий?

Учтите, что 500 лет назад не было никаких навигационных приборов, позволяющих определить скорость встречного корабля и иные характеристики его траектории. Капитан располагал в лучшем случае только приборами для измерения углов и мог измерять угол между собственным курсом и направлением на другой корабль. Размерами кораблей по сравнению с расстоянием между ними можно пренебречь.

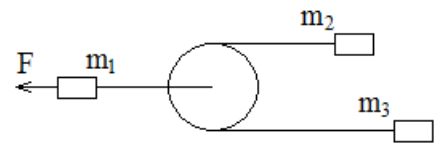
*Автор: Лисицын Сергей Григорьевич*



**Возможное решение**

1	Сказано о том, что корабли столкнутся, если угол $\alpha$ - постоянен	2 балла
2	Доказано, что при постоянном угле корабли столкнутся	5 баллов
3	Сказано, как по изменению угла определить какой из кораблей раньше окажется в точке пересечения траекторий	1 балл
4	Приведено доказательство для второго вопроса задачи	2 балла

2. Два груза массами  $m_2$  и  $m_3$  связаны нитью, перекинутой через невесомый блок (см. рис.). Еще одна нить связывает блок с грузом массой  $m_1$ . Нити нерастяжимы и невесомы, блок невесом. Система находится на гладкой горизонтальной поверхности (на рисунке вид сверху). На груз  $m_1$  начинает действовать горизонтальная сила  $F$ . Определите ускорение каждого груза.



*Автор: Рогольский Юрий Константинович*

**Возможное решение.**

1	Второй закон Ньютона для каждого груза и блока в проекции на направленную вдоль силы ось: $m_1 a_1 = F - T_1$	1 балл
2	$m_2 a_2 = T_2$	1 балл
3	$m_3 a_3 = T_2$	1 балл
4	$T_1 - 2T_2 = 0$	1 балл
5	Соотношения между ускорениями грузов, вытекающее из не растяжимости нити: $2a_1 - a_2 - a_3 = 0$	3 балла
6	Решение системы дает выражения для ускорений: $a_1 = \frac{F(m_2 + m_3)}{m_1(m_2 + m_3) + 4m_2 m_3}$	1 балл
7	$a_2 = \frac{2Fm_3}{m_1(m_2 + m_3) + 4m_2 m_3}$	1 балл
8	$a_3 = \frac{2Fm_2}{m_1(m_2 + m_3) + 4m_2 m_3}$	1 балл

3. На гладкий горизонтальный стержень насажены три шарика. Масса среднего  $m_2 = 30$  г. Первоначально все шары неподвижны. Затем левому крайнему шару сообщают некоторую скорость по направлению к среднему. Удар левого шарика о средний абсолютно упругий, среднего о правый – абсолютно неупругий. При первом ударе ровно половина начальной кинетической энергии переходит от левого шарика к среднему. При втором ударе ровно половина кинетической энергии среднего шара переходит в тепло. Чему равны массы левого  $m_1$  и правого  $m_3$  шаров?

*Автор: Иоголевич Иван Александрович*

**Возможное решение.**

Пусть начальная скорость левого шарика -  $v_0$ , тогда его начальная кинетическая энергия  $E_0 = \frac{m_1 v_0^2}{2}$ .

Записав законы сохранения энергии и импульса для удара 1 и 2 шариков выразим скорость, которую приобретает средний шарик после упругого удара  $v_2 = \frac{2m_1 v_0}{m_1 + m_2}$ .

Соответственно его кинетическая энергия  $E_2 = \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{4m_2 m_1^2 v_0^2}{2(m_1 + m_2)^2} = \frac{4m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2} E_0 = \frac{1}{2} E_0$ .

Тогда  $8m_1 m_2 = (m_1 + m_2)^2$ .

Решая уравнение, находим его корни  $m_1 = (3 \pm \sqrt{8})m_2$ .

При неупругом ударе  $v_3 = \frac{m_2}{m_2 + m_3} v_2$ .

В тепло переходит  $Q = \frac{1}{2} m_2 v_2^2 - \frac{1}{2} (m_2 + m_3) v_3^2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \left(1 - \frac{m_2}{m_2 + m_3}\right)$ .

Следовательно,  $\left(1 - \frac{m_2}{m_2 + m_3}\right) = \frac{1}{2}$ , и  $m_3 = m_2 = 30$  г.

$m_1 = 5$  г или  $175$  г

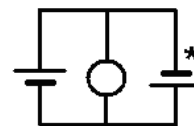
№	Критерий	Баллы
1.	Запись законов сохранения для первого удара	1+1
2.	Выражение скорости среднего шарика после удара	1
3.	Получение квадратного уравнения	1
4.	Решение уравнения (за каждый корень)	1+1
5.	Скорость третьего шарика после удара	1
6.	Выражение для количества теплоты	1
7.	Числовой ответ $m_3=30$ г, $m_1=5$ г или $175$ г	1+1

4. У мастера есть две одинаковые батарейки и прибор с постоянным сопротивлением, измеряющий напряжение. Когда он подключил прибор к одной из батареек, то он показал 6 В. При подключении прибора к последовательно соединенным батареям, он показал 8 В.

1. Чему равна ЭДС батарейки?

2. Что покажет прибор, если его подключить к батареям, соединенным параллельно (плюс - к плюсу, минус - к минусу)?

3. Одна из батареек испортилась, и ее внутреннее сопротивление увеличилось в два раза. Что покажет прибор, если подключить его, как показано на рисунке?



*Примечание:* Реальные источники имеют внутреннее сопротивление, поэтому напряжение на их выходе зависит от силы тока, протекающего через источник, следующим образом:  $U = \varepsilon - Ir$ , где  $\varepsilon$  - ЭДС источника, а  $r$  - его внутреннее сопротивление.

*Автор: Воронцов Александр Геннадьевич*

**Возможное решение.**

Пусть  $r$  - внутреннее сопротивление одной батареи,  $R$  - сопротивление прибора,  $\varepsilon$  - ЭДС одной батареи.

№	Пункты решения	баллы
1	Напряжение на приборе, подключенном к одной батарее: $U_1 = \varepsilon - I_1 r = I_1 R$ , откуда $U_1 = \frac{\varepsilon R}{r+R}$ или $\frac{1}{U_1} = \frac{r}{R\varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon}$	1
2	Напряжение на приборе, подключенном к параллельно соединенным батареям: $U_2 = 2 * (\varepsilon - I_2 r) = I_2 R$ , откуда $U_2 = \frac{2\varepsilon R}{2r+r}$ или $\frac{2}{U_2} = 2 \frac{r}{R\varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon}$	2
3	Из 1) и 2) находим $\frac{1}{\varepsilon} = \frac{2U_2 - 2U_1}{U_1 U_2}$ , откуда: $\varepsilon = \frac{U_1 U_2}{2U_2 - 2U_1} = 12\text{В}$	1
4	При параллельном подключении источников разность потенциалов на клеммах каждого источника равна напряжению на приборе $\varepsilon - I_{\varepsilon 1} r = \varepsilon - I_{\varepsilon 2} r = IR = U_3$	1
5	Сумма токов, протекающих через источники, равна току через прибор: $I_{\varepsilon 1} + I_{\varepsilon 2} = I$ . Откуда $U_3 = \frac{\varepsilon R}{2r+R}$	1
6	С использованием выражения 3) и выражения $\frac{r}{R\varepsilon} = \frac{2U_1 - U_2}{U_1 U_2}$ , полученного из 1) и 2), найдем $\frac{2}{U_3} = \frac{r}{R\varepsilon} + 2 \frac{1}{\varepsilon} = \frac{2U_1 - U_2}{U_1 U_2} + 2 \frac{2U_2 - 2U_1}{U_1 U_2} = \frac{(3U_2 - 2U_1)}{U_1 U_2}$ . откуда: $U_3 = \frac{2U_1 U_2}{3U_2 - 2U_1} = 8\text{В}$	1
7	Получение формулы для напряжения на приборе $U_{\Gamma} = \frac{\varepsilon}{2r+3R} R$ аналогично пунктам 4) и 5)	2
8	С использованием выражения 3) и выражения $\frac{r}{R\varepsilon} = \frac{2U_1 - U_2}{U_1 U_2}$ , полученного из 1) и 2), найдем $\frac{1}{U_{\Gamma}} = \frac{2r}{\varepsilon R} + \frac{3}{\varepsilon} = 2 \frac{2U_1 - U_2}{U_1 U_2} + 3 \frac{2U_2 - 2U_1}{U_1 U_2} = \frac{4U_2 - 2U_1}{U_1 U_2}$ . Искомое напряжение $U_{\Gamma} = \frac{U_1 U_2}{4U_2 - 2U_1} = 2,4\text{В}$	1

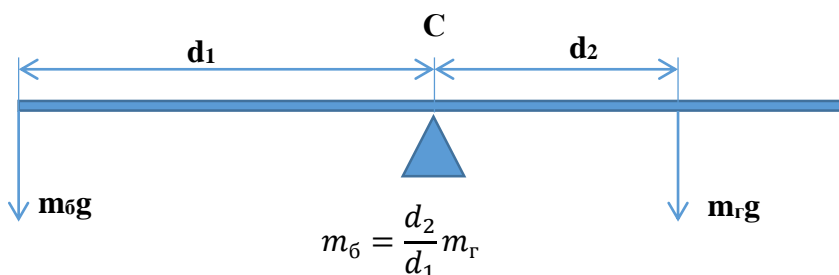
4. Осенние каникулы для преподавателя физики в школе прошли в работе. В ходе проведенной ревизии в кабинете физики были найдены: линейка, бруски, грузы, нитки. Используя только предложенное оборудование, предложите два способа определения массы деревянного бруска. Определите относительную погрешность предложенных Вами способов определения массы деревянного бруска. **В одном из предложенных способов не должно применяться правило рычага.**

**Оборудование.** Линейка деревянная 40 см, брусок деревянный, груз круглый массой  $(100 \pm 3)$  г, карандаш, тонкая нить длиной примерно 2 метра, чистый лист бумаги в клеточку.

### Возможное решение

#### Способ 1 (использование рычага)

Применим правило рычага. Чтобы масса линейки не влияла на измерения, определим координату центра масс (т. С) и при уравнивании деревянного бруска и груза с помощью рычага, будем следить за тем, чтобы ось вращения проходила через центр масс линейки.



Оценить погрешность определения массы бруска можно методом границ.

#### Способ 2 (без использования рычага)

Можно заметить, что при равномерном соскальзывании бруска по линейке на рис. 1 и рис. 2 углы наклона соскальзывания разные.

Запишем второй закон Ньютона для бруска, равномерно движущегося по наклонной плоскости. Это позволит определить коэффициент трения между линейкой и бруском:

$$\mu_1 = \operatorname{tg} \alpha_1.$$

Аналогичным способом определим коэффициент трения между грузом и плоскостью:

$$\mu_2 = \operatorname{tg} \alpha_2.$$

Если  $\mu_1 > \mu_2$ , то расположив брусок и груз так, как показано на рисунке и, проведя необходимые измерения, можно определить массу бруска.

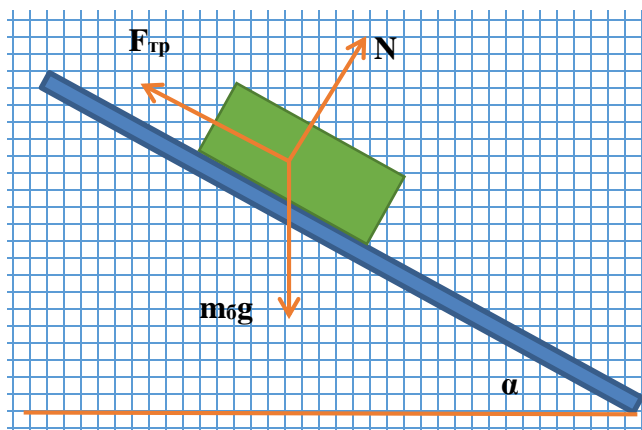


Рис. 1

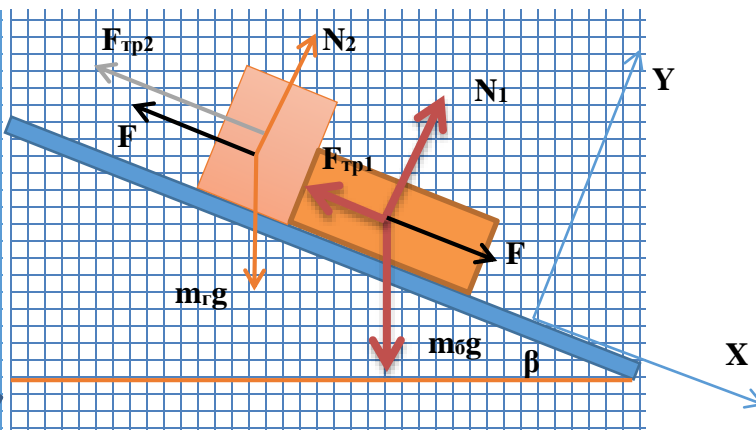


Рис. 2

Запишем второй закон Ньютона для бруска и груза:

$$\mathbf{F} + \mathbf{F}_{\text{тр}1} + \mathbf{N}_1 + m_6 \mathbf{g} = \mathbf{0}$$

$$\mathbf{F} + \mathbf{F}_{\text{тр}2} + \mathbf{N}_2 + m_r \mathbf{g} = \mathbf{0}$$

Запишем уравнения в проекции на координатные оси X и Y и, выполнив необходимые преобразования, получим:

$$m_6 = m_r \frac{\sin\beta - \mu_2 \cos\beta}{\mu_1 \cos\beta - \sin\beta}$$

Для определения коэффициентов трения и угла  $\beta$  измерим высоту наклонной плоскости при соскальзывании тела при помощи листа бумаги в клеточку (На нем удобно делать отметки карандашом)

Оценить погрешность определения массы бруска можно методом границ.

### Критерии оценивания

№	Что оценивается	Баллы
1	С использованием рычага (любой метод с рычагом – оценивается лучший)	
	Идея метода	2
	Необходимые измерения	1
	Результат	1
	Погрешность	1
2	Без использования рычага	
	Идея метода	2
	Необходимые измерения	1
	Результат	1
	Погрешность	1
	<b>ИТОГО</b>	<b>10</b>