

**УСЛОВИЯ, РЕШЕНИЯ И ОТВЕТЫ**  
Заочный тур Всесибирской олимпиады по физике  
2013-2014

11 класс

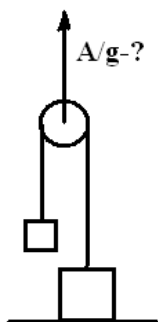
Задача оценивается в 5 баллов только при наличии полного решения и правильного ответа в указанных в условиях единицах. Ответ в общем виде представляется в системе СИ. Если в задаче требуется найти несколько величин, то их числовые значения приводятся в ответе через точку с запятой в том порядке, в каком о них спрашивается в условии. Ответ должен быть внесён в таблицу (образец в конце на отдельной странице). При невыполнении любого из требований ставится 0 баллов.

1. Ядрам дейтерия D и трития T сообщают равные скорости  $V$ , направленные навстречу друг другу по прямой, соединяющей ядра. Каковы их скорости (по модулю) в момент, когда они снова окажутся на исходном расстоянии друг от друга? Отношение масс ядер дейтерия и трития 2:3.

**Решение**

При возвращении на прежнее расстояние потенциальная энергия равна исходной, а значит сумма кинетических энергий неизменна. Из сохранения импульса и энергии:  $3mV - 2mV = 3mv_T + 2mv_D$  (положительное направление по исходной скорости трития);  $3mV^2 + 2mV^2 = 3mv_T^2 + 2mv_D^2$ ; откуда скорости дейтерия и трития  $v_D = 1,4V$ ;  $v_T = -0,6V$ . А по модулю  $1,4V$  и  $0,6V$ .

**Ответ: 1,4V; 0,6V.**

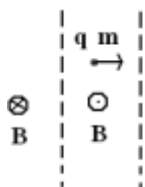


2. Груз массы  $M = 9$  кг лежит на столе. К нему привязана нерастяжимая нить, проходящая через невесомый блок без трения. На другом конце нити висит груз массы  $m = 3$  кг. Блок начинают поднимать с постоянным ускорением  $A$ . При каком отношении  $A/g$  больший груз оторвётся от стола?

**Решение**

Условие отрыва для граничного значения натяжения  $T = Mg$ . Груз  $M$  тогда неподвижен, а ускорение  $m$  тогда  $a = 2A$  (из неизменности длины нити). Из 2-го закона ньютона в применении к меньшему грузу  $ma = T - mg$ ; откуда  $A/g = (M - m)/2m = 1$ .

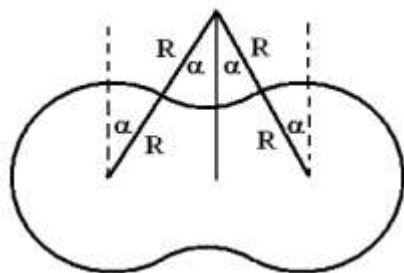
**Ответ:  $A/g > 1$ .**



3. В зазоре между параллельными плоскостями магнитное поле противоположно полю вне зазора при той же величине магнитной индукции  $B$ . При пролёте середины зазора скорость частицы с зарядом  $q$  и массой  $m$  перпендикулярна магнитному полю и указанным плоскостям. Она движется в этом поле по замкнутой траектории, пересекая эти плоскости и возвращаясь в исходную точку через период

$T$ . Какую долю периода частица проводит вне зазора?

### Решение



Траектория состоит из четырёх дуг окружностей радиуса  $R = mv/qB$ . Если у дуги внутри зазора угловая мера  $2\alpha$ , то  $T = (2\pi + 8\alpha)m/qB$ ;  $T_{\text{вне}} = (2\pi + 4\alpha)m/qB$ . Откуда  $T_{\text{вне}}/T = 1/2 + \pi m/qBT$ .

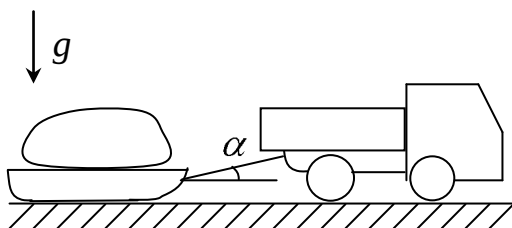
**Ответ:**  $T_{\text{вне}}/T = 1/2 + \pi m/qBT$ .

4. В молекуле тяжёлой воды атомы водорода заменены атомами дейтерия. При температуре  $20^\circ\text{C}$  масса литра воды  $M_0 = 0,998$  кг, а литра тяжёлой –  $M = 1,109$  кг. Масса моля воды  $\mu_0 = 18,016$  г, а у тяжёлой воды  $\mu = 20,030$  г. Где молекул больше, в литре обычной воды или в литре тяжёлой? На какую долю в процентах? Результат округлите до одной значащей цифры.

### Решение

Для отношения концентраций имеем  $n_0/n = M_0\mu/M\mu_0 = 1,0005$ , то есть в литре воды молекул больше на  $0,05\%$ .

**Ответ:**  $0,05\%$ .

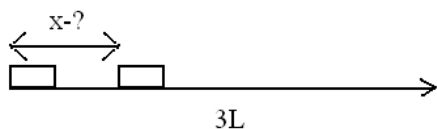


5. Грузовик (все колеса ведущие) тянет на тросе сани с грузом, общая масса которых равна массе грузовика. Трос образует угол  $\alpha$  с горизонталью. Найдите максимальное возможное ускорение, если коэффициенты трения саней и шин грузовика с дорогой равны  $\mu$ . Ускорение свободного падения  $g$ .

### Решение

Из равновесия по вертикали сила нормального давления саней на дорогу:  $N = Mg - T\sin\alpha$ , где  $T$  натяжение троса. Сила трения  $F = \mu N$ , действующая на сани направлена против ускорения. Из 2-го закона Ньютона тогда имеем  $Ma = T\cos\alpha - \mu(Mg - T\sin\alpha)$ . Для грузовика  $Ma = \mu(Mg + T\sin\alpha) - T\cos\alpha$  (вертикальная проекция натяжения увеличивает силу нормального давления, а сила трения направлена по ускорению). Окончательно  $a = \mu^2 g \tan\alpha$ .

**Ответ:**  $\mu^2 g \tan\alpha$ .

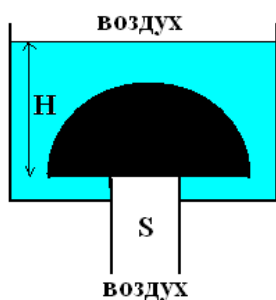


6. После одиночного удара молотком брусок остановился, пройдя расстояние  $L = 10$  см по горизонтальному полу. Потом производят серию из двух ударов (с той же передачей импульса за удар). На каком расстоянии  $x$  (в см) от места первого из ударов нужно произвести второй, чтобы полное перемещение бруска до остановки стало  $3L$ ?

### Решение

Для начальной скорости  $u$  после одиночного удара имеем  $u^2 = 2La$ , где  $a$  ускорение, вызываемое силой трения (из связи работы с кинетической энергией или кинематики равноускоренного движения). Для скорости  $v$  на расстоянии  $x$  от места первого удара перед вторым ударом  $u^2 - v^2 = 2xa$ . Откуда  $v^2 = 2(L - x)a$ . Второй удар приводит к приросту скорости на  $u$  и сразу после него скорость  $w = v + u$ . Так как торможение до остановки проходит на пути  $(3L - x)$ , то  $w^2 = 2(3L - x)a$ . Из уравнения для  $x$  найдём  $x = 7,5$  см.

**Ответ: 7,5 см.**



7. Сливная тонкостенная труба сечения  $S = 9$  см<sup>2</sup> проходит через дно бачка и закрыта симметрично полушарием. Плотность материала полушария в десять раз меньше плотности воды ( $\rho = 0,1\rho_0$ ). Если уровень воды в бачке выше на  $H = 20$  см верхнего отверстия трубы, то полушарие не всплывает и вода не подтекает под него в трубу, а если чуть ниже – то полушарие всплывает и открывает отверстие трубы. Найдите объём полушария.

### Решение

Рассмотрим равновесие цилиндра: столб воды над полушарием и полушарие. Если площадь его торца  $S_T$ , то сила избыточного давления на торец  $F = \rho_0 g H (S_T - S)$  равна весу этого цилиндра  $\rho_0 g (H S_T - V) + \rho g V$ . Откуда найдём  $V = \rho_0 H S / (\rho_0 - \rho) = 200$  см<sup>3</sup>.

**Ответ: 200 см<sup>3</sup>.**

8. Вокруг неподвижной частицы с зарядом  $q$  движутся по окружности радиуса  $r$  четыре одинаковые частицы с зарядом  $-q$  каждая, находящиеся в вершинах квадрата. Какова их суммарная кинетическая энергия?

### Решение

Из 2-го закона Ньютона  $mv^2/r = (q^2/4\pi\epsilon_0 r^2)(1 - 1/4 - \sqrt{2}/2)$ , где справа сумма кулоновских сил находим  $E = 4mv^2/2 = (q^2/4\pi\epsilon_0 r)(3/2 - \sqrt{2})$ .

**Ответ:  $(q^2/4\pi\epsilon_0 r)(3/2 - \sqrt{2})$ .**



9. В цилиндре под неподвижной теплопроводящей перегородкой находится метан, а выше под поршнем такое же число молей гелия. При медленной передаче тепла извне этим газам объём гелия возрос на  $\Delta V = 400$  мл. Каково давление гелия (в мегапаскалях – МПа), если суммарно полученное тепло  $Q = 220$  Дж? Внешнее давление неизменно, а внутренняя энергия моля метана при той же температуре вдвое больше, чем у моля гелия.

### Решение

Тепло, полученное газами суммарно, идёт на увеличение внутренней энергии метана (изохорический процесс) и на прирост внутренней энергии гелия и совершение им работы (изобарический процесс) :  $Q = 2\Delta U + \Delta U + P\Delta V$ . Для гелия  $\Delta U = (3/2)\nu R\Delta T = (3/2)P\Delta V$ . Откуда  $P = 2Q/11\Delta V = 0,1$  МПа.

**Ответ: 0,1 МПа.**



10. При подключении источника напряжения  $U = 16$  В к схеме напряжения на одноомных вертикальных резисторах равны 8, 4, 2 и 1 В соответственно. Найдите сопротивление резистора, подсоединённого к источнику.

### Решение

Токи в вертикальных резисторах находятся из закона Ома и равны 8, 4, 2 и 1 А соответственно. Тогда ток в первом горизонтальном (крайне левом) резисторе 1 А, во втором из сложения токов 3 А, в третьем 7 А, а в последнем 15 А. Поскольку напряжение на нём  $U_R = 16 - 8 = 8$  В, то его сопротивление  $R = 8/15$  Ом.

**Ответ: 8/15 Ом.**

11. В качестве 11 задачи представьте заполненную таблицу ответов, если задача не решена оставьте строчку пустой. Будьте внимательны, при неправильном ответе в таблице решение уже не проверяется!

| № задачи | Ответ                                                                                  |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.       | <b>1,4V; 0,6V</b>                                                                      |
| 2.       | <b><math>A/g &gt; 1</math> или: больше 1,<br/>при ответе 1 смотреть в решении</b>      |
| 3.       | <b><math>T_{\text{вн}}/T = 1/2 + \pi m/qBT</math> или <math>1/2 + \pi m/qBT</math></b> |
| 4.       | <b>0,05%</b>                                                                           |
| 5.       | <b><math>\mu^2 g \tan \alpha</math></b>                                                |
| 6.       | <b>7,5 см или <math>x = 7,5</math> см</b>                                              |
| 7.       | <b><math>200 \text{ см}^3</math> или в мл, или в других единицах</b>                   |
| 8.       | <b><math>(q^2/4\pi r \epsilon_0)(3/2 - \sqrt{2})</math></b>                            |
| 9.       | <b>0,1МПа</b>                                                                          |
| 10.      | <b>8/15 Ом или 0,533 Ом</b>                                                            |

При неверном ответе в таблице задача не проверяется!

## УСЛОВИЯ, РЕШЕНИЯ И ОТВЕТЫ

Заочный тур Всесибирской олимпиады по физике

2013-2014

10 класс

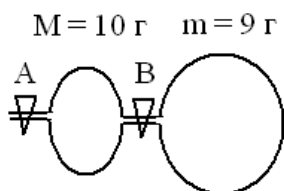
Задача оценивается в 5 баллов только при наличии полного решения и правильного ответа в указанных в условиях единицах. Ответ в общем виде представляется в системе СИ. Если в задаче требуется найти несколько величин, то их числовые значения приводятся в ответе через точку с запятой в том порядке, в каком о них спрашивается в условии. Ответ должен быть внесён в таблицу (образец в конце на отдельной странице). При невыполнении любого из требований ставится 0 баллов.

1. Брошенный горизонтально камень через время  $t = 0,9$  с приобрёл скорость  $V = 15$  м/с. Найдите его начальную скорость. Ускорение свободного падения  $g$  считать равным  $10$  м/с<sup>2</sup>. Влиянием воздуха пренебречь.

### Решение

Добавка скорости по вертикали  $V_y = gt$ . Так как  $V^2 = V_x^2 + V_y^2$ , то для горизонтальной скорости  $V_x^2 = V^2 - V_y^2 = 144$  (м/с)<sup>2</sup> и  $V_x = 12$  м/с.

**Ответ: 12 м/с.**



2. Из сосудов откачан воздух. От первого отходит влево трубка с закрытым краном А, вправо – трубка ко второму сосуду с закрытым краном В. Открывают кран А, атмосферный воздух начинает входить в левый сосуд. Его приток прекращается, когда в сосуде окажется масса  $M = 10$  г воздуха. После этого закрывают кран А, а затем открывают кран В. Перетекание воздуха прекращается, когда в правом сосуде оказывается масса газа  $m = 9$  г. Какая масса воздуха  $x$  (в граммах) окажется в правом сосуде, если открыть оба крана и оставить их открытыми? Воздух равномерно заполняет доступный ему объём.

### Решение

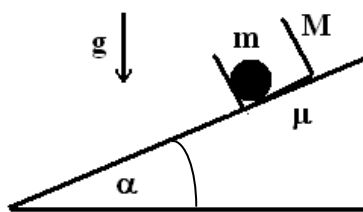
Находим массу воздуха в левом сосуде в первой ситуации (закрит кран А, открыт кран В):  $m_л = M - m$ .

Из пропорциональности масс воздуха и объёмов сосудов в первой ситуации находим отношение объёмов сосудов:  $V_п/V_л = m/(M - m) = 9$ .

Когда оба крана открыты, то в первом сосуде снова окажется масса воздуха  $M$ . А так как при открытых кранах массы пропорциональны объёму, то искомая масса  $x = M V_п/V_л = Mm/(M - m) = 90$  г.

**Ответ: 90 г.**

**Указание:** ответ 0,09 кг засчитывать.



3. С плоскости с углом наклона  $\alpha$  к горизонти соскальзывает ящик массы  $M$ , в котором находится гладкий шар массы  $m$ . Коэффициент трения ящика о плоскость  $\mu$ . Найдите силу, с которой шар давит на стенку ящика.

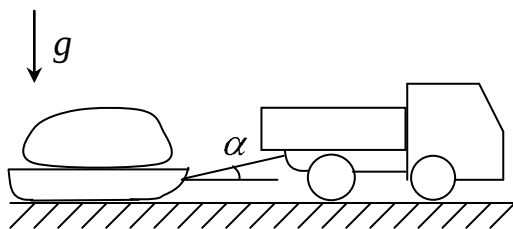
### Решение

Ящик соскальзывает с ускорением, определяемым для него как для сплошного тела:  $a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$

Проекция сил, действующих на шар, вдоль направления движения создает для него ускорение, такое же, как для ящика  $mg \sin \alpha - F = ma$

Где  $F$  – искомая величина. Отсюда:  $F = \mu mg \cos \alpha$

**Ответ:**  $\mu mg \cos \alpha$



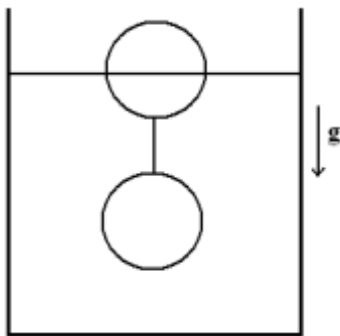
4 Грузовик, у которого все колеса ведущие, тянет на тросе сани с грузом, общая масса которых равна массе грузовика. Трос образует угол  $\alpha$  с горизонталью. Найдите максимальное возможное ускорение, если коэффициенты трения саней и шин грузовика с дорогой равны  $\mu$ .

Ускорение свободного падения  $g$ .

### Решение

Из условия равновесия по вертикали находим силу нормального давления саней на дорогу:  $N = Mg - T \sin \alpha$ , где  $T$  натяжение троса. Тогда сила трения  $F = \mu N$ , действующая на сани направлена против ускорения и из 2-го закона Ньютона имеем  $Ma = T \cos \alpha - \mu(Mg - T \sin \alpha)$ . Для грузовика вертикальная проекция натяжения увеличивает силу нормального давления, а сила трения направлена по ускорению. Тогда для него из 2-го закона Ньютона получим  $Ma = \mu(Mg + T \sin \alpha) - T \cos \alpha$ . Окончательно  $a = \mu^2 g \tan \alpha$ .

**Ответ:**  $\mu^2 g \tan \alpha$



5. Найти натяжение нити, связывающей два шара объемом 1 л каждый, если верхний шар плавает наполовину погруженным в воду, а масса нижнего в три раза больше, чем верхнего. Ускорение свободного падения  $g$  считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ . Плотность воды  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ . Ответ привести в Ньютонах.

### Решение

Пусть масса верхнего шара  $m$ . Из закона Архимеда условие плавания  $4m = 3V\rho/2$  ( $3V\rho/2$  масса вытесненной воды,  $V = 1 \text{ л}$  объём шара). Из равновесия нижнего шара  $T = 3mg - \rho gV$ , и окончательно  $T = \rho gV/8 = 1,25 \text{ Н}$ .

**Ответ: 1,25 Н**

6. Шар массы  $m = 0,5 \text{ кг}$  со скоростью  $v = 4 \text{ м/с}$  налетает на покоящийся шар. После абсолютно упругого центрального удара второй шар приобретает скорость  $u = 1 \text{ м/с}$ . Определите массу второго шара в кг.

### Решение

Пусть масса исходно покоящегося шара  $M$ , а скорость налетающего шара после удара  $w$ . Из сохранения импульса:  $mv = mw + Mu$  и  $w = v - Mu/m$ . Из сохранения энергии:  $mv^2/2 = mw^2/2 + Mu^2/2$ . После исключения  $w$  и упрощения находим  $M = m(2v/u - 1) = 3,5 \text{ кг}$ .

**Ответ: 3,5 кг.**

7. Футбольный мяч испытывает силу сопротивления, пропорциональную квадрату скорости мяча относительно воздуха. Перед ударом футболиста мяч двигался в воздухе с горизонтальной скоростью  $20 \text{ м/с}$  и ускорением  $13 \text{ м/с}^2$ . После удара мяч полетел вертикально вверх со скоростью  $10 \text{ м/с}$ . Каково ускорение мяча сразу после удара? Ответ выразите в  $\text{м/с}^2$  округлите до целого числа. Ускорение свободного падения  $g$  считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

### Решение

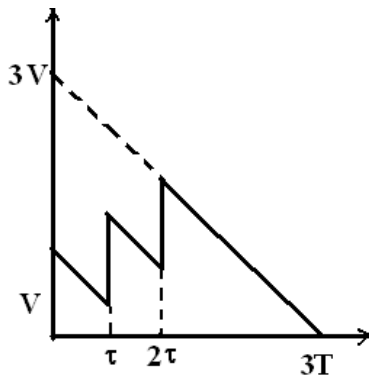
На мяч в воздухе действуют сила тяжести и сила сопротивления воздуха. Совместное действие этих сил сообщает мячу ускорение. До удара квадрат модуля ускорения  $a_1^2 = g^2 + F_1^2/m^2$ , где  $m$  – масса мяча. После удара ускорение направлено вниз и равно  $a_2 = g + F_2/m$ . Силы сопротивления  $F_1$  и  $F_2$  отличаются в четыре раза, так как скорости – в два раза, а силы сопротивления пропорциональны квадрату скорости. Отсюда  $a_2 = g + \frac{1}{4}\sqrt{a_1^2 - g^2} \approx 1.2g \approx 12 \text{ м/с}^2$ .

**Ответ: 12 м/с<sup>2</sup>.**

8. Брусок лежит на однородной горизонтальной плоскости. После одиночного удара молотком он, пройдя расстояние  $L = 0,4$  м, останавливается через время  $T$ . Какое расстояние пройдёт брусок после трёх таких одинаковых ударов, произведённых через интервал времени  $\tau = 2T/3$ ? При каждом ударе сообщается один и тот же импульс. Ответ выразите в м.

### Решение

Пусть скорость после одного удара  $V$ , из-за трения брусок равноускоренно тормозится. Тогда  $L = VT/2$ ,  $V = aT$ , откуда  $V = 2L/T$  и  $a = 2L/T^2$ .

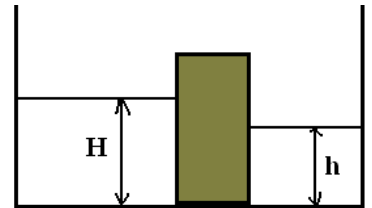


При трёх ударах график зависимости скорости от времени имеет вид (рис. 1). Чтобы погасить тройной импульс требуется тройное время, добавки скорости при ударах одинаковы и равны  $V$ . У наклонных участков одинаковый наклон, отвечающий ускорению  $a$ . Определим перемещение по площади под графиком скорости. Дополним его до треугольника, «площадь» которого  $9VT/2$ . И вычтем площадь трёх параллелограммов  $3V\tau$ . Тогда перемещение  $s = 9VT/2V - 3V\tau = 9L - 6L\tau/T = 5L = 2$  м.

Полное и верное решение возможно и без графика.

**Ответ: 2 м.**

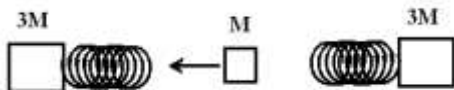
9. Сосуд прямоугольного сечения разделен подвижной перегородкой. В равновесии высота жидкостей слева равна  $H$ , справа –  $h$ . Определите отношение плотности жидкости справа к плотности жидкости слева.



### Решение

В равновесии на перегородку справа и слева действуют равные силы давления на перегородку  $F_{\text{пр}} = F_{\text{лев}}$ . Избыточное давление растёт с глубиной линейно от нуля до  $P_{\text{пр}} = \rho_{\text{пр}}gh$  (аналогично и слева). Для определения силы давления на перегородку справа умножим среднее давление на площадь соприкосновения  $F_{\text{пр}} = (\rho_{\text{пр}}gh/2)hL$ , где  $L$  ширина перегородки. Аналогично имеем  $F_{\text{лев}} = (\rho_{\text{лев}}gH/2)HL$ . Окончательно  $\rho_{\text{пр}}/\rho_{\text{лев}} = (H/h)^2$ .

**Ответ:  $\rho_{\text{пр}}/\rho_{\text{лев}} = (H/h)^2$ .**



10. На гладкой горизонтальной поверхности на одной прямой находится три бруска: средний массы  $M$ , а слева и справа бруски масс  $3M$  с прикреплёнными к ним одинаковыми лёгкими пружинами. Средний брусок толкнули влево, при этом наибольшее сжатие пружины левого бруска оказалось равным  $x_1 = 6$  см. Брусок  $M$  отскакивает и налетает на пружину правого бруска. Каково её наибольшее сжатие  $x_2$ ? Ответ выразите в см.

### *Решение*

Из сохранения энергии и импульса для момента наибольшего сжатия получаем пропорциональность  $x$  начальной относительной скорости  $V$ . (Должны быть записаны выражения для импульса и энергии и указано на равенство скоростей в момент наибольшего сжатия.) Из сохранения энергии и импульса для разлёта находим, что скорость средней массы меняет направление на противоположное и уменьшается вдвое. (Так же должны быть явно выписаны необходимые соотношения.) Этап второго сжатия аналогичен первому, и из пропорциональности сжатия относительной скорости тогда имеем  $x_2 = x_1/2 = 3$  см

**Ответ: 3 см.**

11. В качестве 11 задачи представьте заполненную таблицу ответов, если задача не решена оставьте строчку пустой. Будьте внимательны, при неправильном ответе в таблице решение уже не проверяется!

| № задачи | Ответ                                                                                     |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.       | <b>12 м/с</b>                                                                             |
| 2.       | <b>90 г или 0,09 кг</b>                                                                   |
| 3.       | <b><math>\mu mg \cos \alpha</math></b>                                                    |
| 4.       | <b><math>\mu^2 g \tan \alpha</math></b>                                                   |
| 5.       | <b>1,25 Н</b>                                                                             |
| 6.       | <b>3,5 кг</b>                                                                             |
| 7.       | <b><math>12 \text{ м/с}^2</math></b>                                                      |
| 8.       | <b>2 м</b>                                                                                |
| 9.       | <b><math>\rho_{\text{пр}}/\rho_{\text{лев}} = (H/h)^2</math> или <math>(H/h)^2</math></b> |
| 10.      | <b>3 см</b>                                                                               |

При неверном ответе в таблице задача не проверяется!

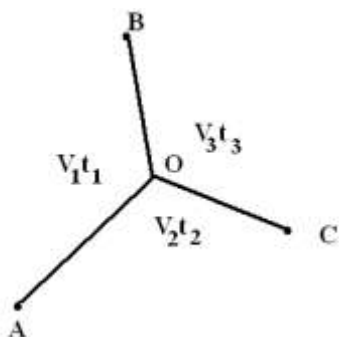
## УСЛОВИЯ, РЕШЕНИЯ И ОТВЕТЫ

Заочный тур Всесибирской олимпиады по физике  
2013-2014

9 класс

Задача оценивается в 5 баллов только при наличии полного решения и правильного ответа в указанных в условиях единицах. Ответ в общем виде представляется в системе СИ. Если в задаче требуется найти несколько величин, то их числовые значения приводятся в ответе через точку с запятой в том порядке, в каком о них спрашивается в условии. Ответ должен быть внесён в таблицу (образец в конце на отдельной странице). При невыполнении любого из требований ставится 0 баллов.

1. Поезд из города А идёт в город В, следуя через станцию О без остановки. Его скорость  $v_1 = 100$  км/час, а время всего пути  $t_1 = 3$  часа. Другой поезд идёт со скоростью  $v_2 = 80$  км/час из города А через станцию О в город С, затрачивая время  $t_2 = 4$  часа. Дистанцию АО они проходят по одному и тому же пути. Через какое время от начала пути эти поезда проезжают станцию О, если у третьего поезда, идущего со скоростью  $v_3 = 70$  км/час из В в С через О, время пути  $t_3 = 2$  часа?



### Решение

Путь первого поезда складывается из отрезка АО до узловой станции и отрезка ОВ от станции до города В. По известной скорости и времени пути находим сумму длин отрезков:  $AO + OB = v_1 t_1 = 300$  км.

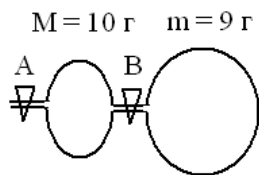
Так же рассмотрим пути второго и третьего поезда:  
 $AO + OC = v_2 t_2 = 320$  км;  $OB + OC = v_3 t_3 = 140$  км.

Теперь АО можно найти через пройденные поездами пути:  $(AO + OB) + (AO + OC) - (OB + OC) = 2AO$ . Следовательно  $AO = (v_1 t_1 + v_2 t_2 - v_3 t_3)/2 = 240$  км.

Искомые промежутки времени находим через скорости поездов, именно:  $T_1 = AO/v_1 = 2$  часа 24 мин;  $T_2 = AO/v_2 = 3$  часа.

**Ответ:** 2 часа 24 мин; 3 часа.

**Указание:** ответы 2,4 часа; 3 часа или другие, правильно выраженные в минутах или секундах засчитываются!



2. Из сосудов откачан воздух. От первого отходит влево трубка с закрытым краном А, вправо – трубка ко второму сосуду с закрытым краном В. Открывают кран А, атмосферный воздух начинает входить в левый сосуд. Его приток прекращается, когда в сосуде окажется масса  $M = 10 \text{ г}$  воздуха. После этого закрывают кран А, а затем открывают кран В. Перетекание воздуха прекращается, когда в правом сосуде оказывается масса газа  $m = 9 \text{ г}$ . Какая масса воздуха  $x$  (в граммах) окажется в правом сосуде, если открыть оба крана и оставить их открытыми? Воздух равномерно заполняет доступный ему объём.

### *Решение*

Находим массу воздуха в левом сосуде в первой ситуации (закрит кран А, открыт кран В):  $m_{\text{л}} = M - m$ .

Из пропорциональности масс воздуха и объёмов сосудов в первой ситуации находим отношение объёмов сосудов:  $V_{\text{п}}/V_{\text{л}} = m/(M - m) = 9$ .

Когда оба крана открыты, то в первом сосуде снова окажется масса воздуха  $M$ . А так как при открытых кранах массы пропорциональны объёму, то искомая масса

$$x = M V_{\text{п}}/V_{\text{л}} = Mm/(M - m) = 90 \text{ г}.$$

**Ответ: 90 г.**

**Указание:** ответ 0,09 кг засчитывать.

3. Край крыши, наклонённой под углом  $45^\circ$  к горизонтали, находится на высоте  $H = 9 \text{ м}$  над землёй. С высоты  $h = 1 \text{ м}$  над краем отпускают мяч. Он после упругого отскока от крыши падает на землю. Найдите, на каком расстоянии по горизонтали (в метрах) от края крыши он упадёт.

### *Решение*

Угол отражения равен углу падения, а величина скорости сразу после отскока равна скорости  $v$  перед столкновением. Поэтому мяч полетит горизонтально с начальной скоростью  $v$ . При падении с высоты  $h$   $v^2 = 2gh$ . Время пролёта расстояния  $H$  по вертикали найдётся из уравнения  $gt^2/2 = H$ , тогда искомое расстояние  $L = vt = \sqrt{4hH} = 6 \text{ м}$ .

**Ответ: 6 м.**

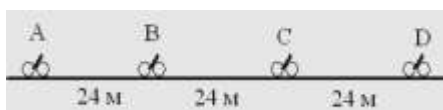
4. Плотность расплава серебра меньше плотности твёрдого серебра на 5%. При остывании расплава в цилиндрическом сосуде постоянного сечения расплав отвердевает снизу. Скорость, с которой опускается верхняя граница расплава  $u = 1$  мм/с. С какой скоростью  $v$  поднимается граница отвердевшего серебра?

### Решение

Из условия выразим плотность расплава через плотность твёрдого серебра:  $\rho = 0,95\rho_0$  ( $100\% - 5\% = 0,95$ ). За единицу времени высота столбика расплава сокращается на  $v$  снизу и на  $u$  сверху. Столбик же твёрдого серебра за единицу времени вырастает на  $v$ . Тогда из сохранения массы и одинаковости сечения имеем:  $\rho(v + u) = v\rho_0$ . Откуда  $v = \rho u / (\rho_0 - \rho) = 19u = 19$  мм/с.

**Ответ: 19 мм/с.**

**Указание:** ответы 0,019 м/с или 1,9 см/с засчитывать.



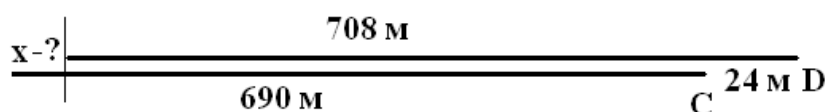
5. Три велогонщика одновременно начали двигаться с места старта с постоянными скоростями. Какое-то время спустя на шоссе увидели четырёх(!) гонщиков на равных расстояниях  $L = 24$  м друг от друга. Их скорости  $v_A = 10,6$  м/с;  $v_B = 11,0$  м/с;  $v_C = 11,5$  м/с;  $v_D = 11,8$  м/с. Какое время (в секундах) прошло с момента старта? На каком расстоянии (в метрах) от места старта был лишний гонщик в момент старта?

### Решение

Скорость изменения расстояния между какими-то двумя гонщиками равна разности их скоростей. Тогда время расхождения  $t$  от начальной общей точки на расстояние  $S$  будет составлять величину  $t = S/(v_1 - v_2)$ . Для одновременно стартовавших гонщиков это время должно быть одним и тем же, а расстояния между ними в момент наблюдения выражается через  $L$ .

Отсюда находим, что А, В и D были в одной точке раньше настоящего момента на время  $t = AB/(v_B - v_A) = AD/(v_D - v_A) = BD/(v_D - v_B) = 60$  с. Гонщик С лишний – с любым другим гонщиком у него будет разное время движения от положения, когда они могли быть рядом.

Найдём, где гонщик С находился в момент старта. Пройденный им за время  $t$  путь  $v_C t = 690$  м. Гонщик D с места старта проехал  $v_D t = 708$  м и оказался правее С на 24 м. Отсюда находим, что в момент старта С был левее точки старта на  $x = (690 + 24) - 708 = 6$  м (см. схему ниже).



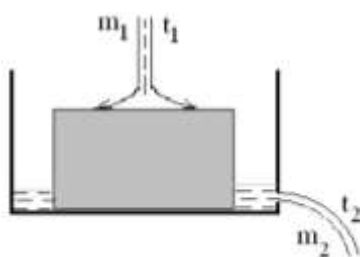
**Ответ: 60 с; 6 м.**

6. С башни бросили камень, он поднимался вверх время  $T_1 = 1$  с, а опускался от верхней точки траектории до подножия башни время  $T_2 = 6$  с. Какова высота башни? Ускорение свободного падения  $g \cong 10 \text{ м/с}^2$ .

### Решение

Время подъема на заданную высоту равно времени спуска с нее, тогда расстояние от вершины башни до верхней точки подъема камня  $H_1 = gT_1^2/2$ . Расстояние от верхней точки траектории до подножия башни  $H_2 = gT_2^2/2$ . Соответственно, высота башни  $H = H_2 - H_1 = g(T_2^2 - T_1^2)/2 = 175 \text{ м}$ .

**Ответ: 175 м.**



7. В сосуде с отверстием у дна лежит кусок льда с температурой  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ . На лёд сверху льют воду с температурой  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ , температура вытекающей из сосуда воды  $t_2 = 3^\circ\text{C}$ . На каждый грамм  $m_1 = 1$  г налитой воды из сосуда вытекает  $m_2 = 1,2$  г воды, а масса воды в сосуде не меняется. Найдите удельную теплоту плавления льда  $\lambda$ , если удельная теплоёмкость воды  $c = 4,2 \text{ Дж/г}\cdot^\circ\text{C}$ .

### Решение

Масса растаявшего льда на 1 г наливаемой воды  $m_{\text{л}} = m_2 - m_1$ . Количество тепла, передаваемое от 1 г воды при  $20^\circ\text{C}$  при ее остывании до конечной температуры  $3^\circ\text{C}$ , расходуется на таяние массы льда  $m_{\text{л}}$  и на нагревание этой растаявшей массы до  $3^\circ\text{C}$ :  $cm_1(t_1 - t_2) = \lambda m_{\text{л}} + m_{\text{л}}(t_2 - t_0)$ .

Отсюда  $\lambda = c(m_1(t_1 - t_2) - (m_2 - m_1)(t_2 - t_0))/(m_2 - m_1)$ , а так как  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ , то  $\lambda = c(m_1t_1 - m_2t_2)/(m_2 - m_1) = 344 \text{ Дж/г}$ .

**Ответ: 344 Дж/г.**

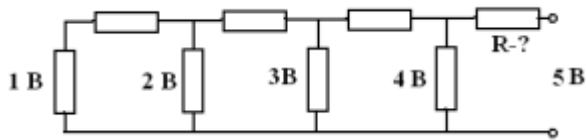
**Указание:** ответы **344 кДж/кг** или **344000 Дж/кг** засчитывать.

8. Брошенный горизонтально камень через время  $t = 0,9$  с приобрёл скорость  $V = 15 \text{ м/с}$ . Найдите его начальную скорость. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Влиянием воздуха пренебречь.

### Решение

Добавка скорости по вертикали  $V_y = gt$ . Так как  $V^2 = V_x^2 + V_y^2$ , то для горизонтальной скорости  $V_x^2 = V^2 - V_y^2 = 144 \text{ (м/с)}^2$  и  $V_x = 12 \text{ м/с}$ .

**Ответ: 12 м/с.**

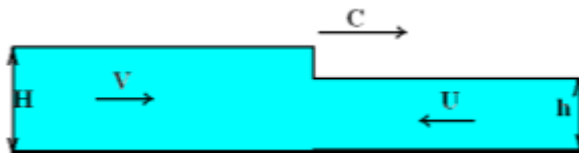


9. При подаче на схему напряжения  $U = 5 \text{ В}$  напряжения на одноомных вертикальных резисторах 4, 3, 2 и 1 В соответственно. Каково сопротивление крайне правого резистора?

### Решение

Токи в вертикальных резисторах (слева направо) находятся из закона Ома: 1; 2; 3 и 4 А. Тогда токи в горизонтальных резисторах (слева направо) последовательно находятся из условия – сумма выходящих токов равна сумме входящих: 1; 3; 6 и 10 А. Напряжение на крайне правом горизонтальном резисторе в сумме с напряжением 4 В на крайне правом вертикальном равно входному напряжению в 5 В. Отсюда  $U = 1 \text{ В}$ , а  $R = U/I = 0,1 \text{ Ом}$ .

**Ответ: 0,1 Ом.**



10. В канале постоянной ширины с вертикальными боковыми стенками и горизонтальным дном из-за морского прилива возникает встречное течение.

Слева вода движется со скоростью  $V$  вправо и высота её уровня  $H$ . Справа вода движется влево со скоростью  $U$ , а высота её уровня  $h$  ( $h < H$ ). Верхняя граница воды в канале образует движущуюся ступеньку. С какой скоростью  $C$  эта ступенька движется?

### Решение

В системе отсчёта, где ступенька неподвижна, из сохранения объёма воды имеем  $(C - V)H = (C + U)h$ .  $C = (Uh + VH)/(H - h)$ . Сохранение объёма в исходной системе даёт эквивалентное соотношение:  $C(H - h) = VH + Uh$ .

**Ответ:  $C = (Uh + VH)/(H - h)$ .**

11. В качестве 11 задачи представьте заполненную таблицу ответов, если задача не решена оставьте строчку пустой. Будьте внимательны, при неправильном ответе в таблице решение уже не проверяется!

| № задачи | Ответ                                         |
|----------|-----------------------------------------------|
| 1.       | <b>2 часа 24 мин; 3 часа</b>                  |
| 2.       | <b>90 г (0,09 кг)</b>                         |
| 3.       | <b>6 м</b>                                    |
| 4.       | <b>19 мм/с (0,019 м/с или 1,9 см/с)</b>       |
| 5.       | <b>60 с; 6 м</b>                              |
| 6.       | <b>175 м</b>                                  |
| 7.       | <b>344 Дж/г (344 кДж/кг или 344000 Дж/кг)</b> |
| 8.       | <b>12 м/с</b>                                 |
| 9.       | <b>0,1 Ом</b>                                 |
| 10.      | <b><math>C = (U_h + V_h)/(H - h)</math>.</b>  |

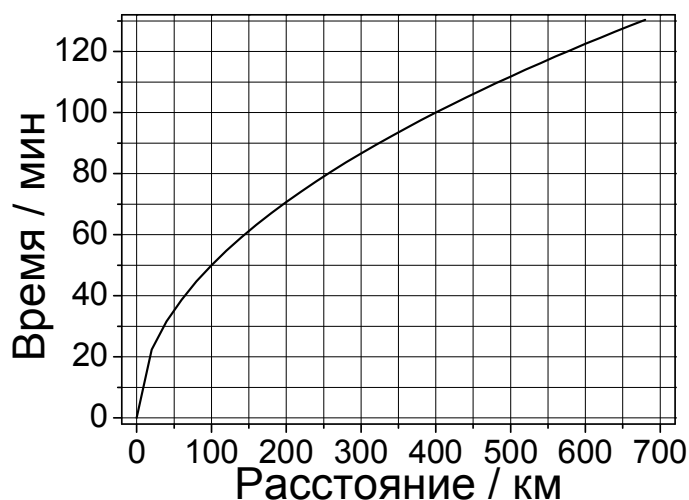
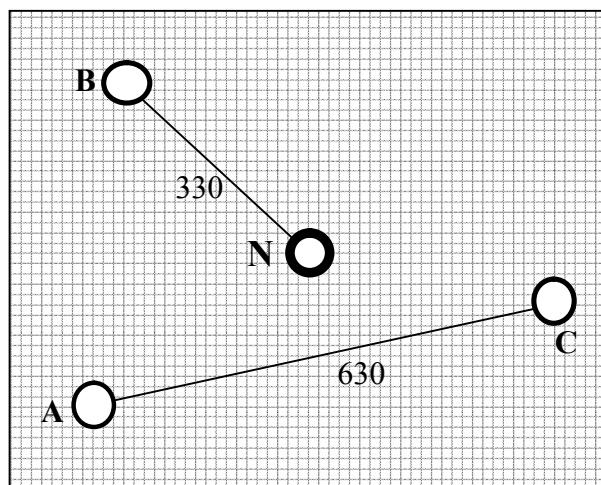
При неверном ответе в таблице задача не проверяется!

**Заочный этап Всесибирской олимпиады. Физика**  
Возможные решения с баллами. Максимальный балл за задачу – 10.

**8 класс**

1) Поселенцы на Луне устроили 4 города, расположенных, как показано на рисунке. Там же приведены расстояния между некоторыми городами. Дорог нет, и они перемещаются из города в город с помощью катапульты, которая выстреливает капсулу с пассажирами в сторону пункта назначения. Скорость вылета подбирается так, чтобы попасть в нужное место. При таком способе время путешествия оказывается зависящим от расстояния, как показано на графике справа.

Пользуясь приведенной схемой расположения городов, определите, за какое минимальное время житель столичного города N сможет побывать хотя бы раз во всех других городах и вернуться обратно. Время на пересадку считать несущественным. Для решения можно использовать линейку.



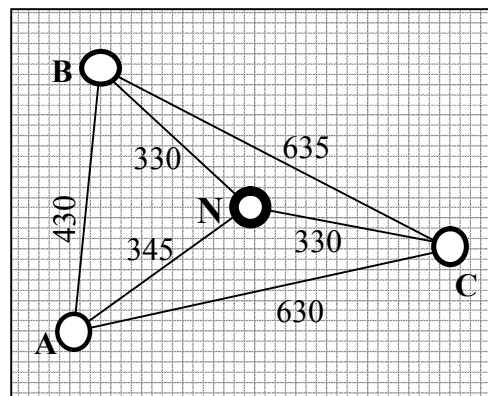
**Решение:** Измерив на схеме линейкой расстояния между городами (+1) и используя масштаб (13.5 км/деление или 10 км/мм, +1), можно определить, что под расстоянием между городами имеется в виду расстояние между центрами (+1), иначе масштаб получается заметно разным (~10%) для разных отрезков. Получившиеся расстояния показаны на рисунке (+2).

Тогда время путешествия между разными городами будет таким, как показано в Таблице (+3). Очевидно, что быстрее всего объехать все города A, B и C по кругу, а потом вернуться в N. Тут всего три существенно разных варианта: пропускать отрезок AB, AC или BC, т.е.

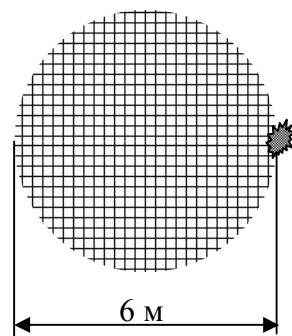
NACBN (435), NABCN(414), NBACN (411).

Два последних варианта предпочтительнее и учитывая ограниченную точность измерений, могут считаться эквивалентными (+2).

| Путь | Время, мин |
|------|------------|
| NA   | 93         |
| NB   | 91         |
| NC   | 91         |
| AB   | 104        |
| BC   | 126        |
| AC   | 125        |

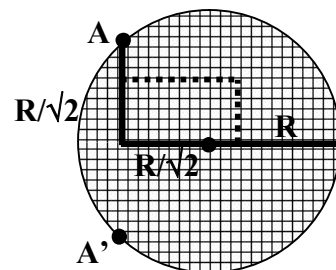


2) Сетка имеет квадратные ячейки размером 2х2 см. Из такой сетки вырезали круг радиуса 3 м и подожгли с одного края нить, идущую по диаметру круга, как показано на рисунке. С помощью графического построения определите, через сколько минут от сеточного круга не останется ни кусочка. Считать, что огонь распространяется только по нитям, из которых сделана сеть, а нить сгорает со скоростью 1 см/с.

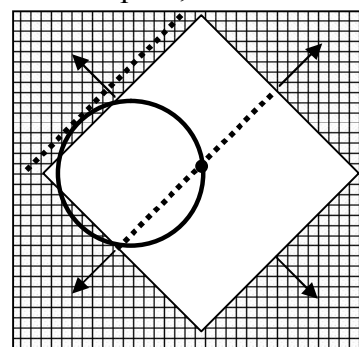


*Решение:* Так как огонь продвигается только по нитям, то полный путь границы горения определяется длиной сторон параллелепипеда, противоположные вершины которого находятся в начальной и конечной точках движения огня (+3 балла). Например, показанные на рисунке сплошной и пунктирной линиями пути распространения огня потребуют одного и того же времени.

Очевидно, что последние догорающие кусочки будут на самом краю круга (+1). Перебирая разные возможные положения таких кусочков (+2) и измеряя длины траекторий распространения огня, можно установить, что дольше всего огонь будет добираться до точек А и А' (см. рисунок) (+2). Точные значения длин отрезков приведены на рисунке. Длина этого пути составляет  $R(1+\sqrt{2}) \approx 7 \text{ м } 25 \text{ см}$ , что потребует 12 минут и 8 секунд (+2). Баллы не снимаются, если приведенный ответ отличается от этой величины не более чем на 10 %. (Учет того, что край круга не проходит точно через узелок дает поправку менее секунды.)

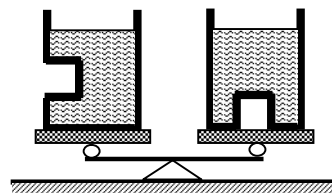


Существует менее трудоемкое решение: для этого заметим, что, если поджечь большую сетку посередине, то дыра будет иметь форму расширяющегося квадрата, диагонали которого направлены вдоль прямых нитей. На рисунке показан условный «круг» на фоне такой дыры. Для того, чтобы сгорела весь «круг», фронт пламени должен пройти расстояние между пунктирными линиями на рисунке.



Если в решении полагается, что максимального времени требует распространение огня до диаметрально противоположной точки, то, при корректных вычислениях, всего ставится 5 баллов. Если ответ приводит только в секундах, то снимается 1 балл.

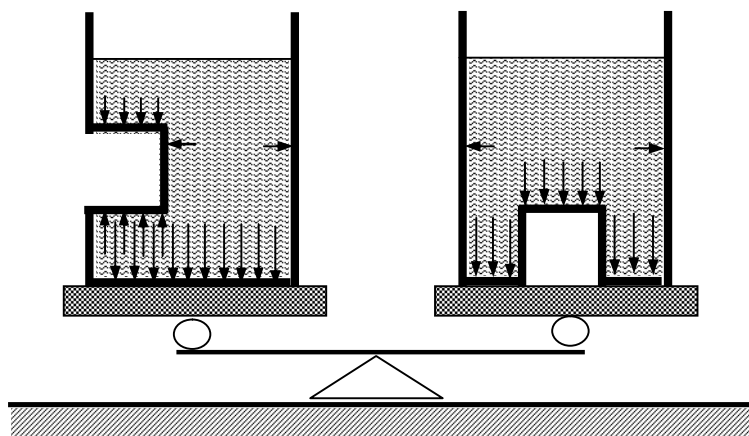
3) На разных чашках весов, условно показанных на рисунке, находятся два сосуда. Они сделаны из одного материала в виде одинаковых параллелепипедов, у которых есть одинаковые вмятины в форме куба. У одного сосуда такая вмятина сделана в боковой стенке, а у другого – на дне. Школьник налил в сосуды воду до одного уровня, как показано на рисунке. Он ожидал, что перевесит левый сосуд, так как давление воды на дно левого сосуда везде одинаково, а на дно правого, в той части, где есть выступ, оно меньше. Оправдались ли ожидания этого школьника? Объясните, как обстоит дело с равновесием в данном случае. Объяснение дайте, *обязательно* используя поясняющий рисунок, на котором изображены силы, действующие на поверхность сосудов со стороны жидкости!



*Решение:* Ожидания школьника не оправдались, так как объем залитой воды и, следовательно, ее масса, одинаковы в обоих сосудах. Поясняющий рисунок с силами, действующими со стороны воды на поверхность сосуда, может выглядеть примерно так, как показано на рисунке (+2).

Для равновесия в данной задаче существенны только силы, которые приложены к горизонтальным поверхностям сосудов, так как сумма этих, вертикально направленных, сил и веса самого сосуда равна силе, действующей на чашу весов (+1 балл). Массы самих сосудов, имеющих одинаковую площадь поверхности и толщину, одинаковы (+1).

Силы, действующие на дно сосудов, действительно разные. Обозначим длину ребра куба-вмятины за  $L$ . Тогда на дно (включая поверхность вмятины) правого сосуда действует сила на  $\Delta F = \rho g L \cdot L^2$  меньшая, чем на дно левого (+1). Однако в правом сосуде равнодействующая на боковые стенки равна нулю, в то время как в случае левого на стенку с вмятиной действует сила, направленная вверх (+1). Она возникает из-за того, что давление в воде на уровне нижней стороны вмятины на  $\rho g L$  больше, чем на уровне верхней (+1). Равнодействующая сил давления, приложенная в этой стенке равна  $\rho g L \cdot L^2 = \Delta F$  (+1), т.е. относительный избыток силы давления воды на дно левого сосуда компенсируется силами, приложенными к выступу на стенке (+2).



Заметим, что эта сила равна выталкивающей силе, действующей на погруженное тело объемом, равным объему вмятины  $L^3$ . Если в качестве решения, при наличии рисунка с силами, приводится только утверждение, что будет равновесие, так как массы залитой жидкости одинаковы, то ставится 5 баллов. Если нет рисунка, то ставится 2 балла.

4) Слегка рассеянный повар решил отварить большую свеклу. Он взял две кастрюли с одинаковым количеством горячей воды (с температурой  $T_B = 60^\circ \text{C}$ ) и свеклу ( $T_C = 20^\circ \text{C}$ ). Разрезал свеклу пополам и положил половину корнеплода в левую кастрюлю. Потом задумался и снова отрезал половину куска от оставшейся свеклы. Этот кусок он положил в правую кастрюлю, потом опять отрезал половину оставшейся свеклы и положил в левую кастрюлю. И так до тех пор, пока было, что резать. Известно, что прямо перед тем, как повар стал резать свеклу второй раз, значения температуры воды в кастрюлях различались на  $\Delta T = 8^\circ \text{C}$ . На сколько различались эти значения после полной «раскладки» свеклы по кастрюлям? Теплообменом с окружающей средой пренебречь, удельные теплоемкости свеклы и воды считать равными.

**Решение:** Введем обозначения  $M_B$  – масса воды в одной кастрюле,  $M_C$  – масса всего корнеплода,  $C_B$  – удельная теплоемкость воды. Запишем уравнение теплового баланса (в той или иной форме, +2 балла) для системы (вода + половина свеклы)

$$M_B T_B C_B + 0.5 \cdot M_C T_C C_B = (T_B - \Delta T) \cdot (M_B + 0.5 \cdot M_C) C_B \quad (1)$$

$(T_B - \Delta T)$  – это температура воды после того, как в нее опустили свеклу первый раз.

Найдем отношение  $X = M_B / M_C$ , от которого и зависит изменение температуры. Для этого разделим обе части уравнения на  $M_C$ .

Преобразуя уравнение, получаем

$$X \cdot T_B + 0.5 \cdot T_C = (T_B - \Delta T) \cdot (X + 0.5) \quad \text{или} \quad X = 0.5 \cdot (T_B - T_C - \Delta T) / \Delta T \quad (2)$$

Таким образом,  $X = 2$  (+2 балла).

Заметим, что если бы в воду первый раз положили не  $1/2$  часть свеклы, а  $1/k$ , то в уравнении (2) вместо 0.5 стоял бы коэффициент  $1/k$ .

В правую кастрюлю свеклы всегда попадает меньше вдвое, чем в левую, т.е. в конечном итоге  $2/3$  всей свеклы будет в левой, а  $1/3$  в правой кастрюле (+2).

Если записать уравнение теплового баланса для конечного состояния, то для левой кастрюли оно будет иметь вид:

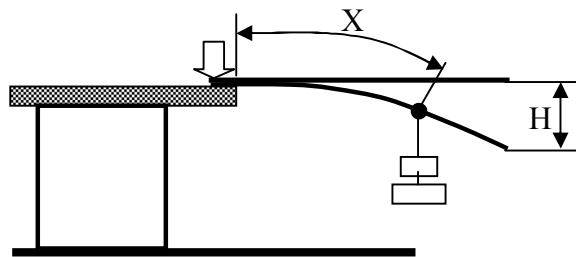
$$X \cdot T_B + 2/3 \cdot T_C = T_L \cdot (X + 2/3) \quad \text{или} \quad T_L = 50^\circ \text{C} \quad (+1)$$

$$\text{а для правой: } X \cdot T_B + 1/3 \cdot T_C = T_R \cdot (X + 1/3) \quad \text{или} \quad T_R \approx 54.3^\circ \text{C} \quad (+1).$$

Здесь  $T_L$  и  $T_R$  – конечные температуры воды слева и справа,

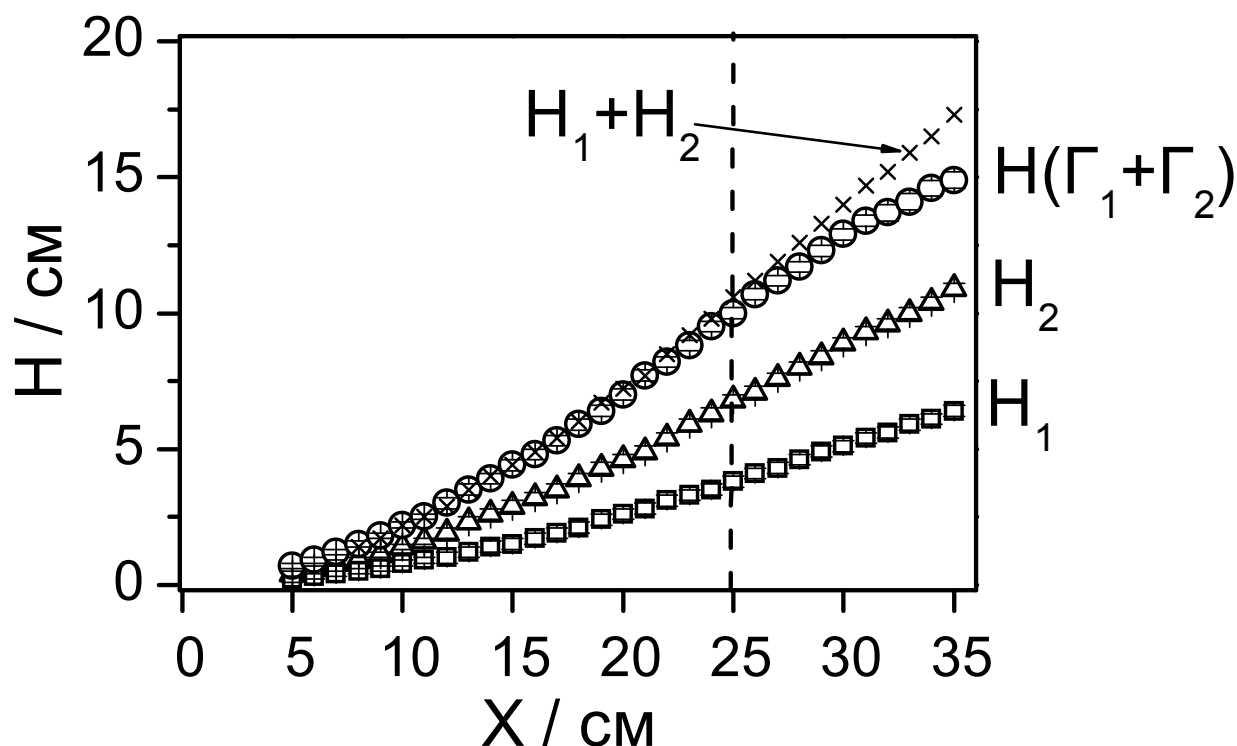
Таким образом, искомая величина разница составит примерно  $4.3^\circ \text{C}$  (+2 балла).

5) В данной задаче предлагается провести исследование, для которого требуется иметь 1 гибкую линейку 30-50 см, еще 1-2 линейки или прямую рейку, два груза, которые можно сцепить друг с другом, нитку, скрепку или крючок с острым концом. Возможно, Вы придумаете такой способ, при котором пригодится что-нибудь еще. **Решением задачи считается описание процедуры и результатов измерений, в частности, в виде графика.** В описании должно быть ясно изложено, что и каким образом делалось и измерялось. Разумеется, неразборчивый почерк и грамматические ошибки будут сильно затруднять проверку.



Решение:

Ниже приведен график, полученный с помощью следующей «установки»: к краю стола струбциной прижаты две деревянных линейки длиной 40 см ( $\approx 5$  см – на прижим) *без трещин*. Без грузов кривизна закрепленной линейки глазом не видна. Грузы подвешивались на линейку с помощью рыболовного крючка. Приведены значения отклонений конца линейки для каждого из грузов,  $H_1$  и  $H_2$ , их суммы  $H_1 + H_2$  («x»), а также отклонения при подвешивании обоих грузов сразу  $H(\Gamma_1 + \Gamma_2)$  (указаны знаками «O»). Погрешность измерений практически укладывается в размер знаков. От порядка подвешивания грузов (от конца линейки к началу или наоборот) зависимости не обнаружено, т.е. материал линейки оказался достаточно упругим.



Получаем следующий *результат*: в исследованном случае подвешивание двух грузов одновременно дает отклонение меньшее, чем сумма отклонений, возникающих при подвешивании каждого из грузов по отдельности, начиная со смещений конца линейки величиной около 25 см (+2), что составляет чуть больше половины длины линейки.

**Вывод:** До отклонений конца линейки около половины длины и соответствующих масс грузов с имеющейся точностью можно считать, что отклонение прямо пропорционально нагрузке (+2), т.е. закон Гука для такой линейки из упругого материала выполняется.

Максимальное число баллов за график – 6, Если количество точек на графике для одной величины меньше 9, то снимается 3 балла. Если точек меньше 4, то считается, что график не построен.

## Заочный этап Всесибирской олимпиады.

### Физика

Возможные решения с баллами. Максимальный балл за задачу – 10.

#### 7 класс

1) Встретились три жука, из Америки, Англии и России, и поспорили: кто из них более тяжелый камень может поднять? Американский жук похвалился, что однажды то ли с 12-ю, то ли с 13-ю своими братьями-близнецами он поднял камень весом в унцию. На это жук из России возразил, что он всего-то с одним своим братом поднял камень в целый золотник, а из Англии сказал, он как-то тащил на себе бриллиант чуть больше, чем 10 карат. Можно ли по этим данным определить, кто из них может больше поднять?

*Решение:* Если перевести использованные единицы измерения массы в граммы, то золотник примерно равен 4.266 г, унция (обычная) 28.35 г, карат 0.2 г. Таким образом «американский» жук поднимал от 1/14 до 1/13 унции, так как всего их было 1+12 или 1+13. Т.е. от 2.03 до 2.18 г (+3 балла). «Российский» жук поднял примерно 2.13 г (+2), а «английский» - чуть больше 2 г (+2), т.е. это могло бы быть, скажем, 2.15 г. Таким образом, каждый из жуков мог бы оказаться первым. Другими словами, точность определения массы грузов, поднятых жуками, на основе данных задачи недостаточна, чтобы определить, кто поднял больший вес (+3).

2) Хозяин дома на горе каждый день, в одно и тоже время ходит вниз за водой. Он выходит с ударом колокола, в который бьют 1 раз каждую четверть часа и когда он доходит до колодца, он тоже иногда слышит удар колокола. Не слышно колокола бывает из-за сильных порывов ветра.

15 минут он набирает воду и поднимается обратно, но со скоростью ровно в три раза меньше, чем при спуске вниз. Во время движения он всегда считает удары колокола, которые услышал, и, вернувшись домой, записывает это число в таблицу. Справа показана таблица, составленная за одну неделю. Определите, сколько, как минимум, ударов колокола не услышал хозяин дома за эту неделю, пока ходил за водой?

| День        | Число ударов |       |
|-------------|--------------|-------|
|             | Вниз         | Вверх |
| Понедельник | 5            | 11    |
| Вторник     | 4            | 12    |
| Среда       | 4            | 10    |
| Четверг     | 6            | 12    |
| Пятница     | 5            | 13    |
| Суббота     | 3            | 14    |
| Воскресенье | 4            | 13    |

*Решение:* Из условия следует, что скорость человека каждый день примерно одинакова, иначе она должна была бы меняться на вполне определенную и значительную величину. Рациональных оснований для таких фиксированных изменений нет. Кроме этого, если считать, что количество ударов разное из-за разной скорости, то такого распределения количества ударов в субботу быть не может.

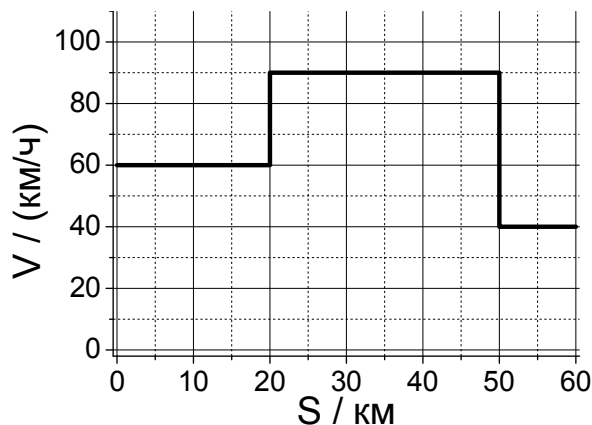
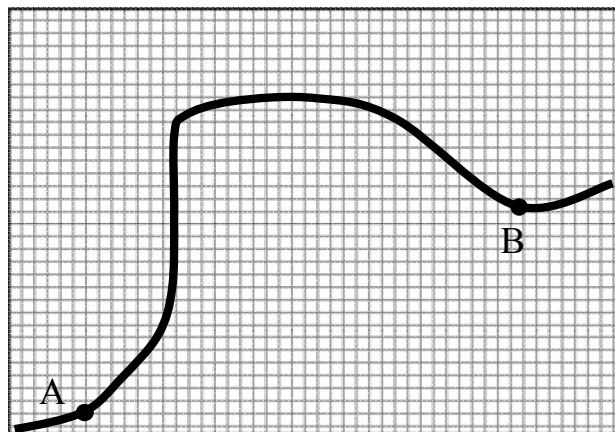
Если бы были слышны все удары, то их число, услышанное по дороге вверх, было бы равно  $3(N-1)+1$ , где  $N$  – число ударов, услышанных по дороге вниз (+3 балла). Это следует из того, что ВО ВРЕМЯ движения вниз слышны  $N-1$  ударов, а еще один, последний, удар слышен в момент окончания движения. Такая же ситуация имеет место и при подъеме.

Из таблицы, данной в условии, следует, что число ударов, услышанное по дороге вниз, составляет 6 или более (+1). Значит, число ударов, услышанное при подъеме вверх, составляет не менее 16 (+1). То есть не было такого дня, чтобы он услышал все удары по

| День        | Мин. число пропущенных ударов |       |
|-------------|-------------------------------|-------|
|             | Вниз                          | Вверх |
| Понедельник | 1                             | 5     |
| Вторник     | 2                             | 4     |
| Среда       | 2                             | 6     |
| Четверг     | 0                             | 4     |
| Пятница     | 1                             | 3     |
| Суббота     | 3                             | 2     |
| Воскресенье | 2                             | 3     |

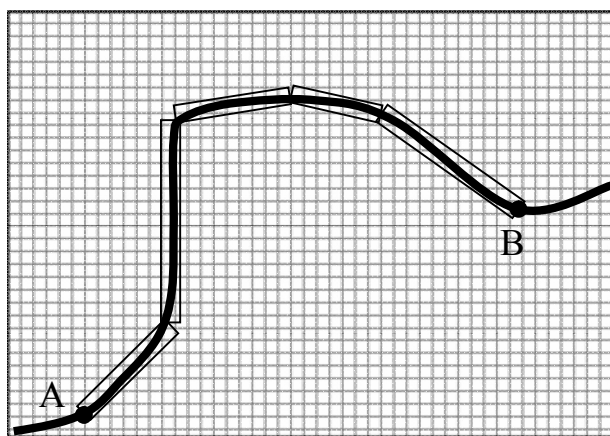
дороге вверх, что не удивительно, так как за большее время ветер зашумит хотя бы раз с большей вероятностью. Если предположить, что в четверг, по дороге вниз, он услышал все удары, то в приведенной в решении таблице указано, сколько он пропускал каждый день (+3). Всего же будет 38 пропущенных ударов (+2), как минимум, но могло быть и больше, так как нет полной уверенности, что в четверг он ничего не пропустил. Но можно утверждать, что больше, чем полное число ударов за неделю ( $7 \times 96 - 38$ ) он пропустить не мог.

3) Машина ехала по дороге, показанной на рисунке. Масштаб рисунка такой, что сторона одного квадрата соответствует расстоянию 1 км на местности. На этой дороге находятся две деревни, А и В. 1) Определите (приблизительно) чему равна длина дороги между этими



деревнями. 2) Сколько примерно времени потребовалось машине, чтобы преодолеть расстояние между А и В? Зависимость скорости  $V$  машины от пройденного пути  $S$ , считая от деревни А, показана на графике.

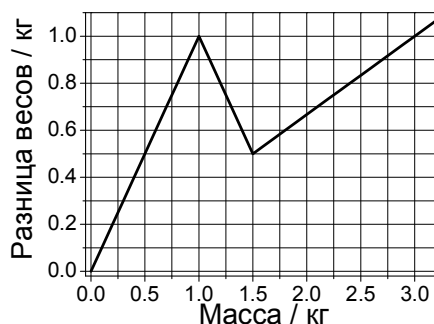
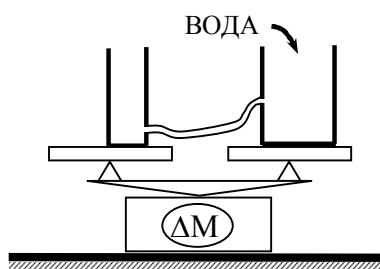
*Решение:* Для приближенного вычисления длины дороги между А и В удобно разбить всю дистанцию на участки, более или менее похожие на прямые отрезки (+1). Чем меньше таких отрезков, тем быстрее считать, но ниже точность. На рисунке показано разбиение на 5 участков. В качестве длины первого отрезка можно взять длину гипотенузы прямоугольного треугольника с катетами 6 км и 7 км (посчитано по квадратам). Можно измерить эту длину линейкой непосредственно по рисунку, или уложить нитку, предварительно воткнув булавки в места изгибов и т.п. Для того, чтобы определить, скольким километрам соответствует 1 см



желательно измерить линейкой отрезок, на котором укладывается достаточно большое количество квадратов – 10, 20 и т.п. (–2 балла за всего 1 квадратик). Расчет, произведенный составителями задачи, дал, что полное расстояние между А и В, измеренное вдоль дороги, примерно составляет  $9.5 + 16 + 9.1 + 7.2 + 13.5 = 55.3$  км (+3 за значение, отличающееся не более, чем на 3 км, +1 - если разница от 3-х до 5 км). Реальный путь несколько длиннее (+1), так как отрезок прямой всегда короче кривой линии соединяющей те же точки. Разное разделение на отрезки даст разный результат, разброс отражает точность такого способа определения расстояния по рисунку. Для оценки точности нужно посчитать длину пути для разных разбиений, например, на 4 или 6 отрезков.

По графику  $V(S)$  получается, что машина проедет первые 20 км за  $20/60$  часа = 20 минут (+1), отрезок пути от 20 до 50 - еще за 20 минут (+1). До деревни В остается 5 с небольшим километра, которые машина проедет со скоростью 40 км/ч, т.е. за время около 8 минут (+1). Полное время движения между деревнями составит около 48 минут (+2, ответ дан с округлением до минут).

4) У школьника имеются весы, которые показывают разницу масс грузов, находящихся на разных чашках. На весы установлены два стакана, которые имеют форму прямоугольного параллелепипеда. Стаканы соединены тонкой и гибкой трубкой, как показано на рисунке.



Школьник стал тонкой струйкой наливать в правый стакан воду и записывать показания весов. На графике показана зависимость показаний от массы налитой воды. Объясните, почему получился такой график, и ответьте на вопросы:

а) На какой высоте  $H$ , считая от дна, соединительная трубка входит в правый стакан, если дно стакана имеет площадь  $S_R = 200 \text{ см}^2$ ?

б) Чему равна площадь  $S_L$  дна левого стакана?

Считать, что наличие трубки и воды в ней на показания весов не влияет.

**Решение:** Пока вода не достигла места ввода трубки в правый стакан, вода попадает только в него, а начинает переливаться в левый стакан только тогда, когда доходит до уровня трубки (+1 балл). Так как вода попала в трубку, когда залили 1 кг воды, т.е. объем этой воды равен  $V = 1000 \text{ см}^3$ , то высота  $H = V/S_R = 5 \text{ см}$  (+1).

Пока уровень воды в левом стакане не сравняется с высотой трубки в правом, уровень воды в правом стакане не увеличивается (+1). Значит, масса воды в правом стакане не меняется, а в левом растет, поэтому как разность масс воды, так и показания весов, уменьшаются (+1).

Когда уровень воды в обоих стаканах сравняется, заливаемая вода будет сразу перераспределяться между обоими стаканами и характер изменения показаний изменится (+1). Согласно графику, уровни сравнялись, когда в левый стакан перелилось 0.5 кг воды, т.е. 0.5 л, отсюда следует, что  $S_L = S_R/2 = 100 \text{ см}^2$  (+1).

Когда воды налито уже больше 1.5 кг, изменение показаний весов  $\Delta M$  от массы *дополнительно* залитой воды  $\Delta M_B$  начинает зависеть от отношения площадей стаканов, так как вода одновременно попадает в оба стакана, а уровни воды в стаканах будут одинаковыми (+1). В этом случае изменение уровня  $\Delta h$  воды в стаканах связано с  $\Delta M_B$  соотношением  $\Delta M_B = (S_L + S_R)\rho\Delta h$  (+1 балл,  $\rho$  - плотность), а изменение показаний весов  $\Delta M = (S_R - S_L)\rho\Delta h$ ,  $\Delta M = \Delta M_B/3$ , т.е. наклон графика уменьшается в 3 раза (+2).

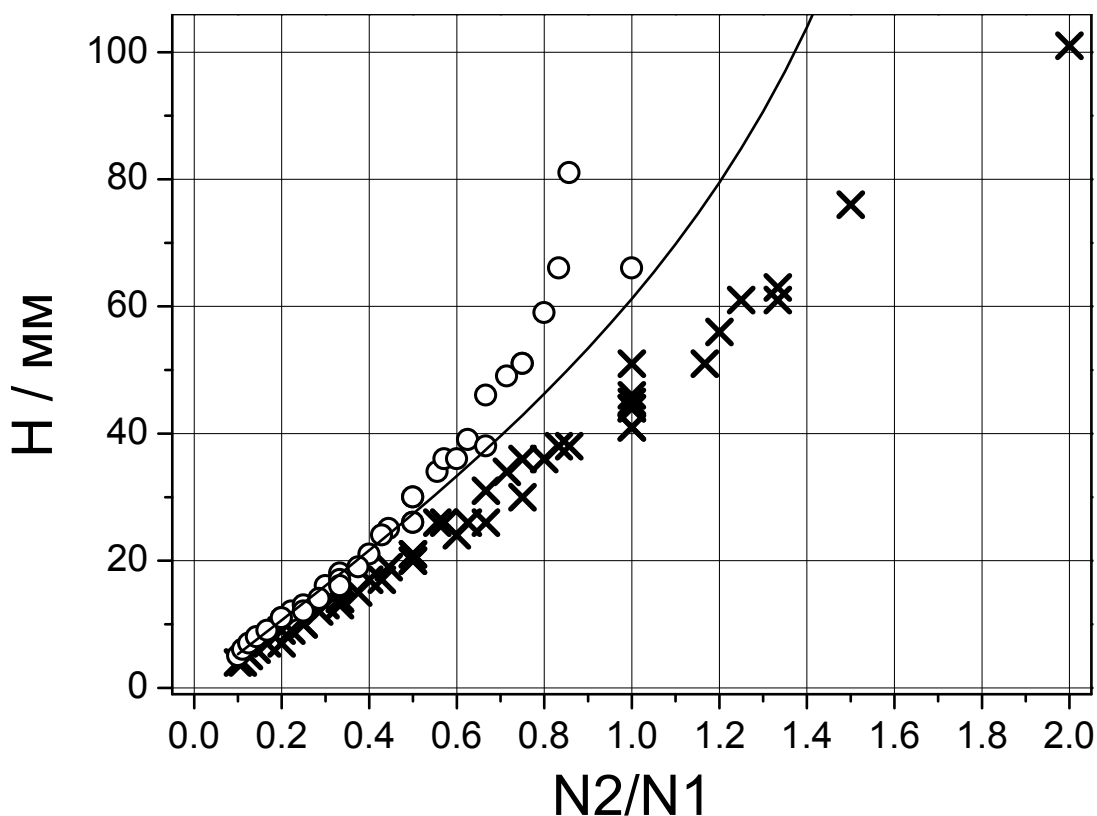
5) В данной задаче предлагается провести исследование, для которого требуется иметь довольно длинную нитку, набор одинаковых грузов (например, 15-20 монет, крупных шурупов и т.п.), линейку или миллиметровую бумагу, пару кнопок или гвоздей, скрепку. Возможно, Вы придумаете такой способ, при котором пригодится что-нибудь еще. **Решением задачи считается описание процедуры и результатов измерений, а основным ответом – соответствующий график.** В описании должно быть ясно изложено, что и каким образом делалось и измерялось. Разумеется, неразборчивый почерк и грамматические ошибки будут сильно затруднять проверку.

Описание экспериментальной установки:

Ниже приведен график, полученный с помощью следующей «установки»:

две иглки были воткнуты в углы картонной коробки из-под обуви, в качестве нити использовалась тонкая леска, грузами служили монеты достоинством 2 руб. (всего 14 шт.), одинаковые мешочки для складывания монет были склеены из тонкой бумаги с помощью скотча, крепились они с помощью скрепок. (Вес мешочка был примерно в 6 раз меньше веса одной монеты. Это было определено с помощью линейки, под середину которой был подложен карандаш. Оба мешочка лежали на одном краю линейки, а монетка подвигалась к центру до тех пор, пока не изменилось положение линейки)

Измерения показали, что при одном и том же количестве монет мешочек может находиться во многих положениях равновесия (+2 балла). Это объясняется трением лески об иглу (+2). На графике приведены самые большие (O) и малые (X) значения смещения  $H$  при одном и том же количестве монет. Для справки еще показана расчетная зависимость  $H(N_2/N_1)$ , которая должна была бы наблюдаться в отсутствие трения нити о крепление.



Неожиданно для составителей задачи оказалось, что при  $N_2 > N_1$  максимальная величина смещения середины нити столь велика, что она уже не может быть измерена на использовавшейся «установке» (+1, так как это должно быть общим явлением). При  $N_2 = N_1$  измерение удалось провести только в случае, когда в мешочках было по одной монете.

Максимальное число баллов за график – 5, Если количество точек на графике меньше 10-15, то снимается 3 балла. Если точек меньше пяти, то считается, что график не построен.