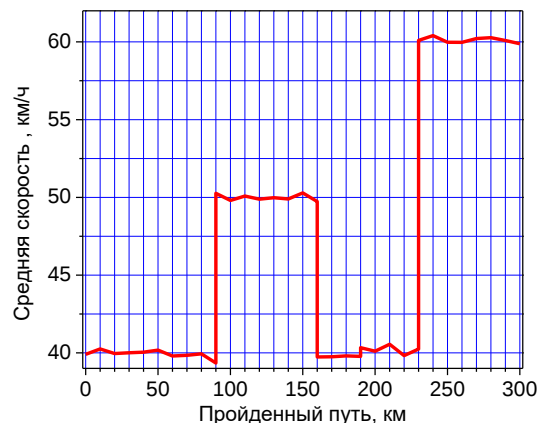


**Дополнительный отборочный (заочный) этап Всесибирской открытой  
олимпиады школьников по физике  
25.12.2021-15.01.2022**

**Задачи 7 класса**

Возможные решения. Максимальный балл за задачу – 10.

1) Средняя (за каждые 10 км пути) скорость машины показана на графике справа, считая от начала движения. Чему равнялась средняя скорость на той части пути, которую преодолела машина за третий и четвертый часы движения вместе?



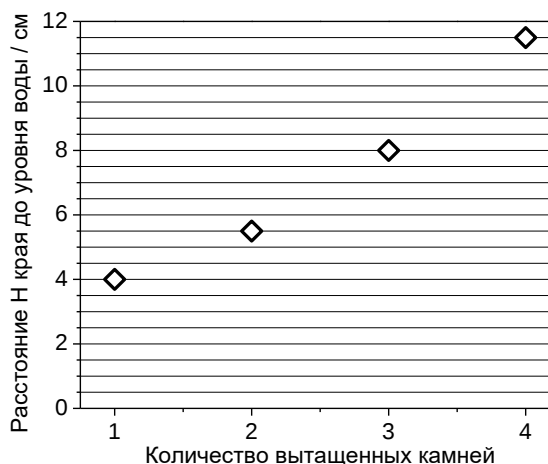
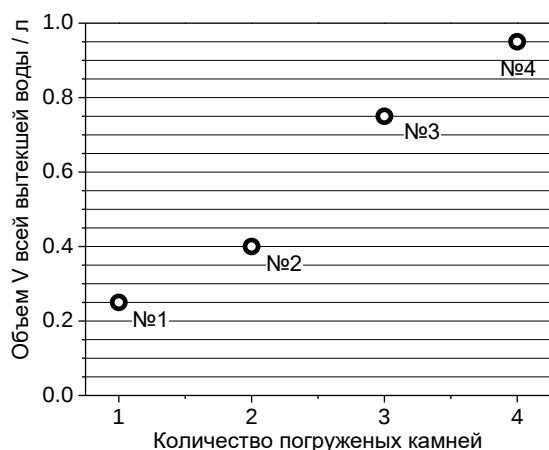
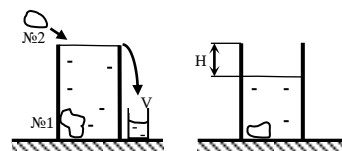
*Решение:* По определению, средняя скорость движения по пути равна отношению длины пути к времени движения (+1 балл). Как следует из приведенного графика, через два часа машина проехала примерно 80 км (+1 балл).

После этого она 15 минут ехала 10 км со скоростью 40 км/ч (+1 балл), увеличила скорость до 50 км и за 1 ч 24 мин проехала 70 км (+2 балла).

Затем скорость машины опять снизилась до 40 км/ч, и четвертый час движения закончился через 21 минуту, когда она проехала еще примерно 14 км, либо чуть меньше, поскольку скорость на заключительном участке несколько меньше 40 км/ч (+2 балла).

Таким образом, за эти два часа поездки машина проехала примерно 94 км (+1 балл). Следовательно, искомая средняя скорость машины составила примерно 47 км/ч (+2 балла за явно сформулированный и обоснованный ответ).

2) Школьник решил измерить объем 4-х разных камней, которые были пронумерованы от 1 до 4-х. Он налил в высокий цилиндрический стакан воду до самого верха (см. рисунок), затем стал аккуратно класть камни в порядке увеличения номера в воду и измерять объем  $V$  всей вытекшей из стакана воды. Полученный график зависимости  $V$  от количества положенных в стакан камней приведен ниже. После этого он стал аккуратно доставать рукой камни в произвольном порядке из стакана и измерять расстояние  $H$  между краем стакана и уровнем воды (см. рис.). Полученный график зависимости  $H$  от количества вынутых камней показан ниже. Считая, что в любой момент камни, лежащие в стакане, полностью покрыты водой, определите по этим данным номер камня, который был вынут из стакана самым первым.



**Решение:** График зависимости  $V$  от числа положенных в стакан камней показывает суммарный объем камней, уже положенных в стакан, т.е. крайняя правая точка дает значение объема всех 4-х камней вместе. Поэтому из графика  $V$  можно определить, что объем камня №1 равен  $V_1=0.25$  л =  $250$  см<sup>3</sup>, объем камня №2 равен  $V_2=0.4-0.25=0.15$  л =  $150$  см<sup>3</sup>, камня №3 -  $V_3=0.35$  л, камня №4 -  $V_4=0.2$  л (за верно найденный объем одного из камней ставится 1 балл, за большее количество - всего 2 балла).

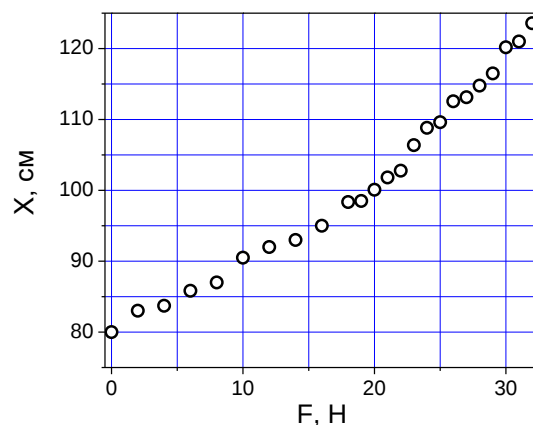
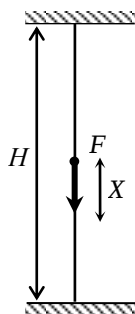
При опускании руки в полностью заполненный стакан часть воды обязательно выльется, поэтому изменение уровня воды больше (+2 балла), чем было бы при удалении камня с помощью, например, привязанной к нему нити. При вытаскивании следующих камней уровень подъема воды из-за опускания в воду руки будет уже не таким большим, поэтому можно считать, что изменения уровня воды определяются только объемом камней.

В условии не сказано, какова площадь сечения стакана, но снижение уровня воды в цилиндрическом стакане прямо пропорционально объему вынутого камня (+1 балл). Отношение изменений уровней воды при вынимании второго (не по номеру) и последующих камней равно 3:5:7 (+1 балл). Такое соотношение объемов выполняется для камней №2, №1 и №3 (+2 балла).

Следовательно, первым был вытаскен груз №4 (+2 балла за явно сформулированный и обоснованный ответ).

Для справки - при данных задачи получается, что площадь сечения стакана равна  $100$  см<sup>2</sup>.

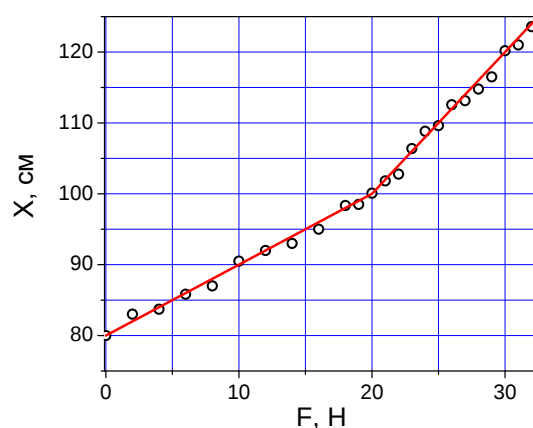
3) Практически невесомая резинка растянута по вертикали на длину  $H=1.60$  м. На середине резинки завязан узелок, к которому прикладывают направленную вертикально вниз силу  $F$ . Смещение  $X$  узелка по вертикали измеряют и откладывают на графике в зависимости от величины приложенной силы, как показано справа. Определите по этим данным коэффициент жесткости этой резинки. Считать, что жесткость резинки не зависит от ее натяжения.



**Решение:** Обозначим искомый коэффициент жесткости  $k$  (все деформации линейны по силе, т.е.  $k$  постоянно), начальное (при  $F=0$ ) натяжение резинки  $T_0$ , длину недеформированной резинки  $L_0$ . В этих обозначениях  $T_0 = k(H-L_0)$  (для получения ответа этого не нужно, но  $T_0$  и  $L_0$  тоже могут быть вычислены).

Согласно рисунку в условии, на графике есть излом при значении  $F=20$  Н (+1 балл). Это видно особенно хорошо, если провести через точки при  $F<20$  Н прямую линию.

Этот излом показывает, что нижняя половина резинки при  $F=20$  Н перестала быть растянутой и при дальнейшем увеличении  $F$  ее натяжение равно нулю (+2 балла). Это произошло, когда верхняя часть резинки дополнительно растянулась на 20 см (+1 балл).



Отсюда также следует, что длина половины резинки, когда она нерастянута, составляет 60 см (+1 балл), а при  $F=20\text{ Н}$  полная деформация верхней половины резинки составляет 40 см (+1 балл). При этом нижняя часть никакого воздействия на верхнюю половину не оказывает. Это позволяет вычислить коэффициент жесткости части резинки длиной  $L_0/2$  как  $k_1=20/0.4=50\text{ Н/м}$  (+2 балла за вычисление жесткости половины резинки). Коэффициент жесткости всей резинки вдвое меньше, т.е. равен  $k = 25\text{ Н/м}$  (+2 балла за явно сформулированный и обоснованный ответ).

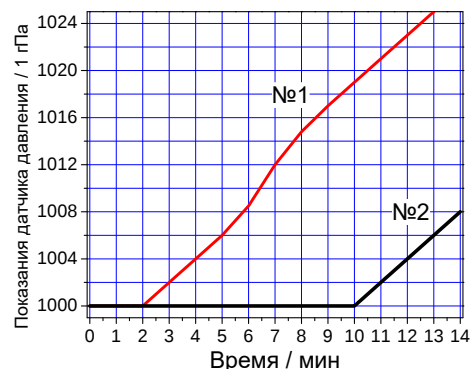
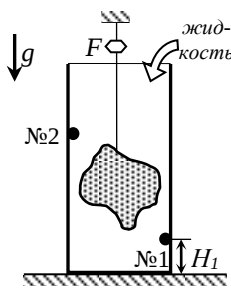
Можно убедиться в том, что при  $F>20\text{ Н}$ , когда растягивается только половина резинки, величина  $F$  возрастает на 10 Н при растяжении на 20 см, т.е. жесткость половины резинки ( $2k$ ) составляет 50 Н/м.

Если корректно определена средняя жесткость по всему диапазону величины  $F$ , то всего ставится 3 балла.

Для справки: в условиях задачи  $T_0=10\text{ Н}$ , собственная длина всей резинки  $L_0=120\text{ см}$ .

4) Школьник проводит опыты с маленькими датчиками давления и силы.

У него есть цилиндрический стакан с площадью сечения  $S=100\text{ см}^2$ . Датчики давления прикреплены к внутренней стенке стакана: датчик №1 - на высоте  $H_1=4\text{ см}$  от дна, а второй датчик прикреплен выше тела, висящего внутри сосуда на нити (см. рисунок). Натяжение нити определяется с помощью датчика, обозначенного на рисунке буквой  $F$ .



Школьник начинает наливать в стакан неизвестную жидкость с постоянным расходом и записывает показания датчиков в разные моменты времени. В графическом виде эти данные представлены на графике справа. Также известно, что на 4-ю минуту измерений показания датчика силы составляли  $F_1=15\text{ Н}$ . Определите по этим данным плотность тела, находящегося в стакане. Считать ускорение свободного падения  $g=10\text{ м/с}^2$ .

**Решение:** Обозначим искомую плотность тела  $\rho_t$ , неизвестную плотность жидкости  $\rho_j$ , площадь сечения стакана  $S$ , объем тела  $V$ , высоту расположения датчика №2 -  $H_2$ . Графическое представление информации позволит определить все эти величины

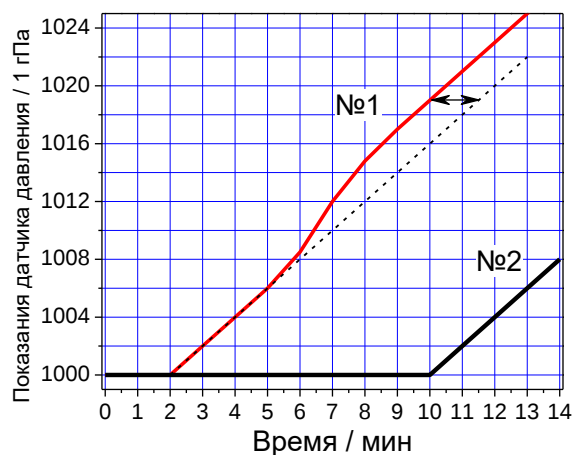
Сначала заметим, что показания датчиков №1 и №2 начинают изменяться ровно через 2 мин. и 10 мин. после начала заливания жидкости, соответственно. Это означает, что в эти моменты времени жидкость в условиях эксперимента доходит до соответствующего датчика (+1 балл). По графику можно определить, что через 2 минуты после попадания жидкости на датчик №1, т.е. после увеличения уровня жидкости на  $H_1=4\text{ см}$ , давление увеличивается на 400 Па. Отсюда следует, что плотность жидкости равна  $\rho_j=1000\text{ кг/м}^3$  (+1 балл).

Далее заметим, что от 2 до 5 минут показания датчика №1, как и показания обоих датчиков после 10 минут, изменяются прямо пропорционально времени. Это означает, что тело до 5-ти минут еще не касалось жидкости, а после 10 мин было погружено в нее полностью. Следовательно, собственный вес тела равен 15 Н (+1 балл), после 10 минут его вес в жидкости заведомо меньше 15 Н на величину выталкивающей силы  $\rho_j g V$ .

После 10 минут разность показаний датчиков давления составляет  $P=19\text{ гектаПаскаль}$  и дальше некоторое время остается постоянной. Эта разность связана с другими параметрами

задачи:  $P = \rho_{\text{ж}} \cdot g(H_2 - H_1)$ , т.е.  $H_2 = 23$  см (+1 балл за определение перепада давлений на датчиках в жидкости).

Предположим, что с тем же постоянным расходом жидкости заполняется пустой стакан. Продлим линейный участок от 2 мин. до 5 мин. для датчика №1 пунктирной линией (см. рис. справа). Эта линия показывает рост давления в области датчика №1 при постоянном наливании жидкости. Из этого построения следует, что давление в 1019 гПа, т.е. подъем уровня жидкости до  $H_2$  в пустом стакане, был бы достигнут только через 11.5 минут после начала заливания жидкости.



С помощью этой же прямой линии легко показать, что в случае пустого стакана через 10 минут от начала давление составляло бы 1016 гПа, т.е. в силу линейности между давлением и уровнем жидкости жидкость поднялась бы, считая от уровня первого датчика, до высоты

$(1016 - 1000) / (1019 - 1000) \cdot (H_2 - H_1) = 16 \cdot (H_2 - H_1) / 19 = 16$  см (+1 балл), а не до  $(H_2 - H_1) = 19$  см, как в эксперименте с телом. Такое различие объясняется тем, что в эксперименте школьника часть заполняемого объема уже занята телом. Поэтому объем тела составляет

$V = 3 \cdot (H_2 - H_1) S / 19 = 300$  см<sup>3</sup> (+2 балла за нахождение связи между объемом тела и другими параметрами, которая позволяет получить ответ).

После этого уже не составляет труда найти плотность тела

$$\rho_T = F_1 / Vg = 15 / (3 \cdot 10^{-3}) = 5000 \text{ кг/м}^3.$$

(+3 балла за явно сформулированный и обоснованный ответ).

## 5) Задача-эксперимент

В данной задаче для подготовки опыта надо найти небольшой упругий шарик (для настольного тенниса, силиконовый шарик и т.п.) или мяч, участок твердой гладкой горизонтальной поверхности (крышка стола, кусок строганной доски и т.п.) и длинную линейку или рулетку. Шарик и поверхность следует выбрать таким образом, чтобы при падении с высоты около 1 м шарик мог отскочить от поверхности 5-10 раз на высоту, которую легко измерить.

*Проведение измерений:*

а) Расположите шарик на некоторой высоте  $H_1$  над горизонтальной поверхностью. Значение  $H_1$  надо измерить и записать в таблицу (пример таблицы с условными значениями приведен ниже).

б) Отпустите шарик и определите высоту  $H_2$ , до которой он поднимется после первого отскока. Значение  $H_2$  занесите в таблицу.

в) Повторите пункт б) еще два раза при одном и том же значении  $H_1$ , заносая новые значения  $H_2$  в таблицу.

г) Вычислите среднее арифметическое  $H_2$  и разделите его на  $H_1$ . Вычисленное отношение занесите в таблицу.

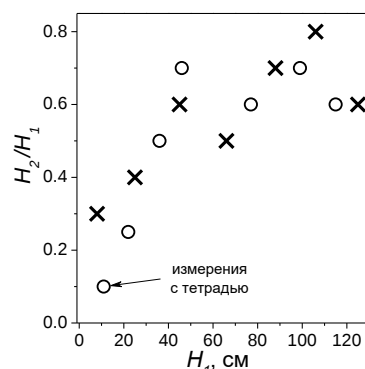
д) Повторите измерения, описанные в пп. а)-в), взяв в качестве начальной высоты шарика другое значение  $H_1$ . Опять вычислите отношение средней высоты отскока шарика к начальной высоте и занесите его в таблицу.

е) Прodelайте такие измерения не менее, чем 5-ти разных  $H_1$  так, чтобы минимальное и максимальное значения  $H_1$  различались в 10 раз или более.

| №    | $H_1$ , см | $H_2$ , см |         |         | $H_2$ (сред.) | $H_2/H_1$<br>(среднее) |
|------|------------|------------|---------|---------|---------------|------------------------|
|      |            | Изм. №1    | Изм. №2 | Изм. №3 |               |                        |
| 1    | 98         | 64         | 58      | 63      | 61.7          | 0.63                   |
| 2    | 62         | 33         | 41      | 38      | 37.3          | 0.60                   |
| .... |            |            |         |         |               |                        |

ё) Положите на поверхность, от которой отскакивает шарик, 1 или 2 школьных тетрадки по 12 листов и повторите действия пунктов "а"- "е".

ж) Данные всех измерений представьте в графическом виде как зависимость отношения  $H_2/H_1$  от величины  $H_1$  (пример графика с условными значениями показан справа). Данные для измерений с тетрадью и без нее должны быть приведены разными символами.



**Решением этой задачи считаются фотографии:**

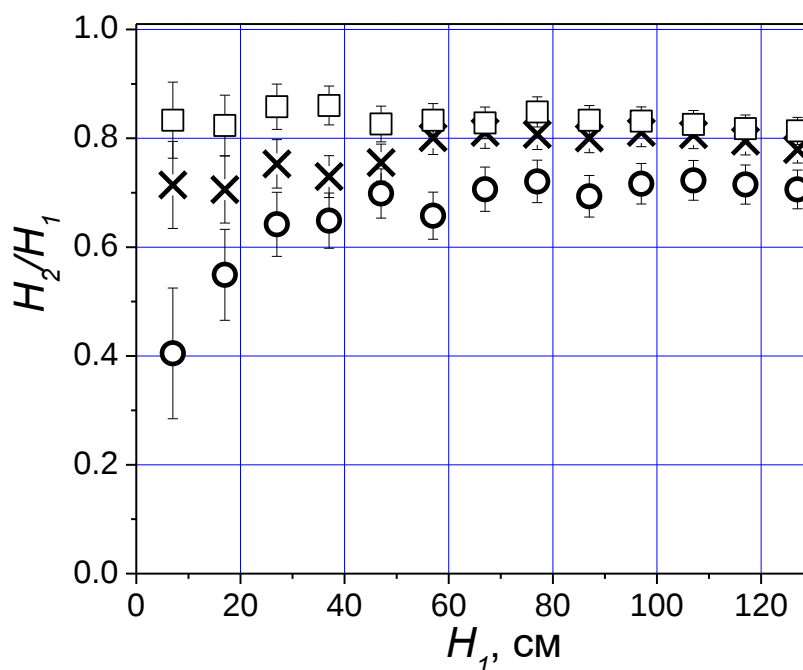
1) установки для измерений (на фотографии должен быть виден мячик, и из нее должно быть понятно, как проводились измерения высот);

2) таблицы с внесенными данными измерений;

3) графика зависимостей отношения ( $H_2/H_1$ ) от  $H_1$ .

*Возможное решение*

При проведении эксперимента высоты отмерялись от нижнего края мяча до поверхности, на которую он падал. График показывает полученные данные для отскока от твердой поверхности (квадраты), одной ("X") или двух ("O") школьных тетрадей по 12 листов.



Обращает на себя внимание тот факт, что  $H_2$  всегда меньше  $H_1$ , что можно объяснить, используя понятие энергии, которое проходится в старших классах. Еще можно заметить, что в опыте с двумя тетрадями отношение высот резко падает при достаточно малой высоте

Н<sub>1</sub>. Это говорит о том, что в такой ситуации две тетради уже становятся неплохим амортизатором (возможно, что это происходит потому, что вытеснение воздуха из пространства между листами при сжатии тетради уже становится существенным фактором).

Если нет графика, но полностью выполнены два других условия, то ставится 5 баллов. Если нет графика и таблицы, то ставится 0 баллов. Если есть только график или только таблица, то ставится 0 или 1 балл, в зависимости от содержательности представленной информации.

***Задача не считается решенной, если приводится только ответ!  
Желаем успеха!***