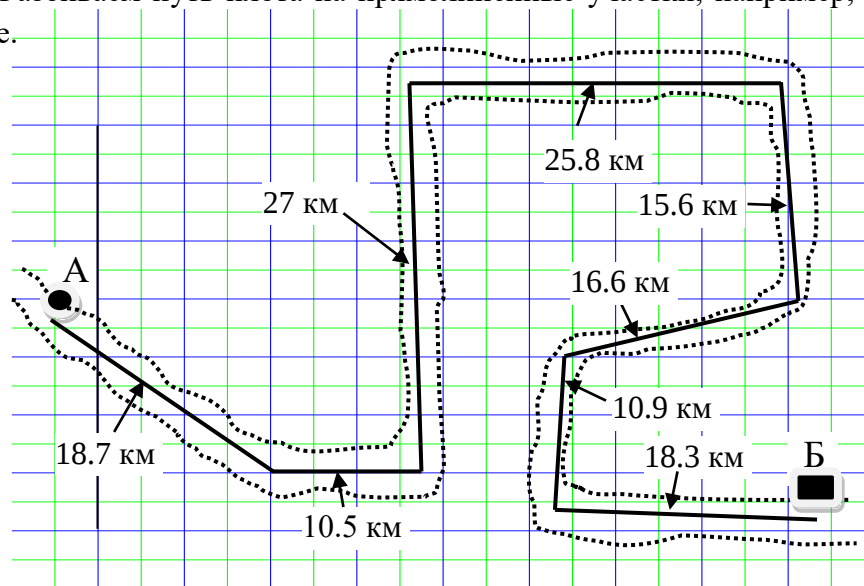


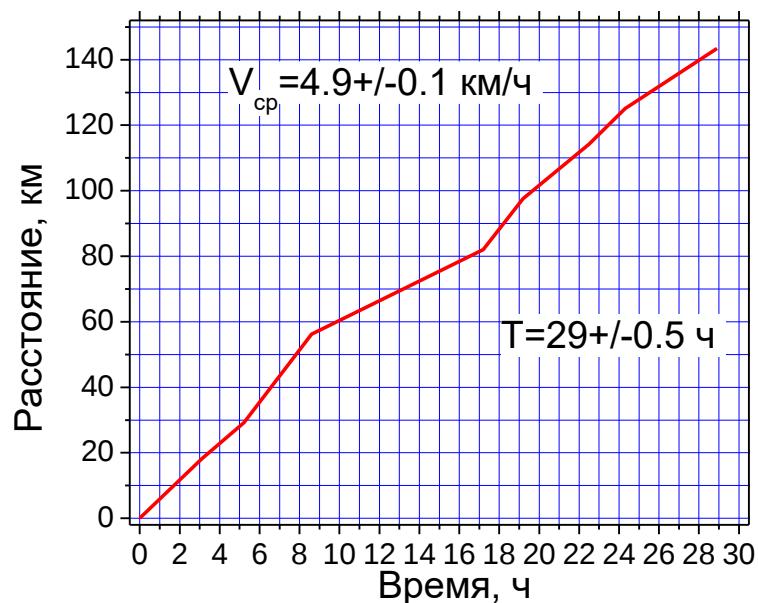
II этап (заочный) Всесибирской олимпиады по физике
Задачи для 7 класса (25 декабря 2020 г.- 20 января 2021 г.)
Возможные решения (максимум 10 баллов за задачу)

1) На карте показана извилистая река с указанием скорости течения на разных участках, которые можно считать более или менее прямолинейными. Из пункта А в пункт Б по этой реке отправляется плот. Изобразите на графике примерную зависимость расстояния, которое проплыл плот, от времени, если считать, что плот не делал остановок. Примерно определите, через какое время плот окажется в п. Б и чему равна средняя скорость движения плота по реке. Масштаб карты: одно деление по горизонтали - 3 км, а по вертикали - 2 км. Для решения можно использовать линейку.

Решение: Разбиваем путь плота на прямолинейные участки, например, так, как показано на рисунке.



Считая движение равномерным на каждом таком участке, получаем график зависимости расстояния, которое проплыл плот, от времени в виде прямых отрезков. Длину участков пути, которые изображаются такими отрезками, можно найти с помощью линейки и известного масштаба "карты" (за верную идею решения и достаточно аккуратные построения +2 балла).

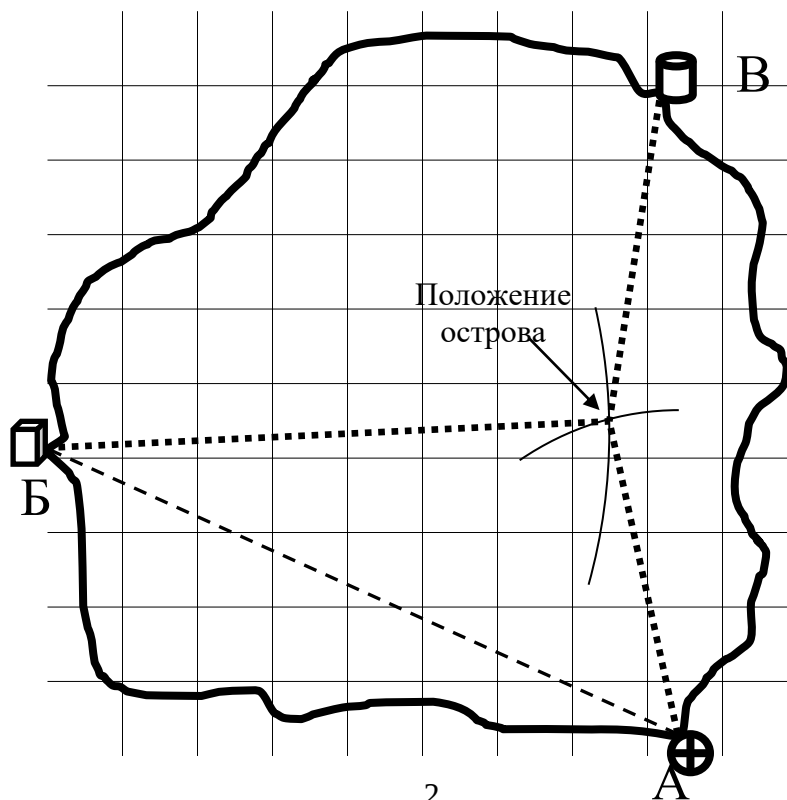


Это позволяет примерно определить (оценить) длину всего пути - примерно $L \approx 143$ км (+1 балл). С помощью графика (до 3 баллов) определяем время движения - примерно $T \approx 29$ часов (+2 балла), и среднюю скорость $V_{\text{ср}} \approx L/T \approx 4.9$ км/ч (+2 балла). Отличия от этого значения в пределах 0.1 км/ч считались одинаково точными.

Заметим, что среднее арифметическое значений скорости на каждом из участков не является, вообще говоря, значением средней скорости. Такой способ «вычисления» не оценивался. В данной задаче такое среднее арифметическое оказывается близким к средней скорости вследствие того, что сами скорости отличаются друг от друга не очень сильно. Для примера представьте, что было бы, если бы на каком-либо участке скорость уменьшилась или возросла в 1000 раз.

2) Археологи на берегах небольшого высохшего моря нашли развалины трех городов, условно названных **А**, **Б** и **В** (см. "карту" справа). Из найденных письменных свидетельств также следовало, что где-то в море был маленький остров. Однако во всех этих трех городах использовались разные меры длины. Поэтому в городе **А** писали, что до неизвестного острова надо проплыть по прямой расстояние 52 единицы длины (обозначим эту величину как 52 ед. А), а расстояние до города **Б** составляет около 113 ед. А (указано пунктирной линией на "карте"). Записи в городе **Б** указывали, что до города **А** длина пути по прямой равна примерно 169 единиц длины, используемых в **Б** (обозначим их как 169 ед. Б), а до острова - 138 ед. Б. В городе **В** удалось только найти запись, что от **В** до острова надо проплыть расстояние, примерно равное 105 ед. В. *Определите* с помощью этих данных во сколько раз 1 ед. А длиннее или короче, чем 1 ед. В, а также *отметьте* положение острова на "карте". Для решения можно использовать линейку.

Решение: Поскольку расстояния **АБ** и **БА** - это длина одного и того же отрезка, то положение острова на "карте" можно определить, отложив с помощью линейки и циркуля от **А** и **Б** отрезки, длина которых составляет $52/113$ и $138/169$ от расстояния между **А** и **Б**, соответственно (идея решения и достаточно аккуратные построения – до 5 баллов). Откладывать отрезки надо от берега в местах расположения городов, так как это длины путей для кораблей. Если положение острова определено в пределах того же квадрата, как на рисунке, то такой ответ считался точным.



Теперь с помощью линейки можно определить во сколько раз расстояние от города В до острова больше или меньше, чем расстояние между островом и городом А. Эти расстояния оказываются практически равными (+ 3 балла). Т.е. 105 ед. В практически равно 52 ед. А, или 1 ед. А вдвое длиннее, чем 1 ед. В (+ 2 балла за явно сформулированный и корректно полученный ответ).

Для примера можно найти отношение единиц длины, используемых в городах А и Б – 1 ед. А=169/113≈1.5. Т.е. отрезок длиной 1 ед. А в полтора раза длиннее отрезка, у которого длина равна 1 ед. Б. Это также означает, что если измерить расстояние между городом Б и островом в единицах А, то получится примерно 92 ед. А.

3) На автоматическую фабрику, где происходит обогащение руды, подается сухая смесь добываемого минерала с глиной. Зависимость массовой скорости подачи этой смеси от времени показана на верхнем графике справа (массовая скорость - величина, которая равна отношению загруженной массы к времени, за которое эта масса была загружена).

Вся глина удаляется с фабрики по трубопроводу в смеси с добавляемой водой. Объемная скорость откачки водно-глиняной смеси в зависимости от времени показана на нижнем графике. Доля объема, занимаемая водой, составляет 20 %. Найдите, какое примерно количество искомого минерала было добыто фабрикой за 1 год, если собственная плотность глины примерно равна 1.8 кг/л.

Решение: Разобьем весь год на промежутки времени (по дням), в течение которых скорость подачи или удаления материала можно считать постоянной: 0-55 (40;16.5), 55-85 (60;19.7), 85-140 (90; 23.5), 140-190 (60; 19.7), 190-250 (50; 14.5), 250-310 (70; 22.9), 310-365 (50; 16.5). В скобках через точку с запятой указаны примерные средние скорости подачи и удаления в соответствующих единицах. Для примера, с 190 по 250 день, т.е. в течение 60 дней массовая скорость подачи руды была равна примерно 50 т/нед = (50/7) т/день. В свою очередь, объемная скорость откачки водно-глиняной смеси в этот отрезок времени примерно равна $14.5 \text{ м}^3/\text{нед} \approx 2.07 \text{ м}^3/\text{день}$.

Сначала определим объем удаленной с фабрики водно-глиняной смеси за весь год (365 дней):

$$V_{\text{уд}} \approx (55 \cdot 16.5/7 + 30 \cdot 19.7/7 + 55 \cdot 23.5/7 + 50 \cdot 19.7/7 + 60 \cdot 14.5/7 + 60 \cdot 22.9/7 + 55 \cdot 16.5/7) \approx 990 \text{ м}^3. \\ (+2 \text{ балла}).$$

Поскольку 20 % этого объема составляет вода, то объем глины составит около 792 м^3 , а ее масса – примерно 1426 т (+3 балла).

Такая масса глины была загружена на фабрику вместе с добываемым минералом. Полная масса необработанной руды за год составила

$$M_{\text{руды}} \approx (55 \cdot 40/7 + 30 \cdot 60/7 + 55 \cdot 90/7 + 50 \cdot 60/7 + 60 \cdot 50/7 + 60 \cdot 70/7 + 55 \cdot 50/7) \approx 3129 \text{ тонн} \\ (+2 \text{ балла}).$$

Таким образом, расчеты показывают, что фабрика за год добыла примерно $3129 - 1426 \approx 1700$ тонн требуемого минерала (+3 балла за явно сформулированный и корректно полученный ответ). За отличие от этого значения более чем на 100 т снимались баллы.

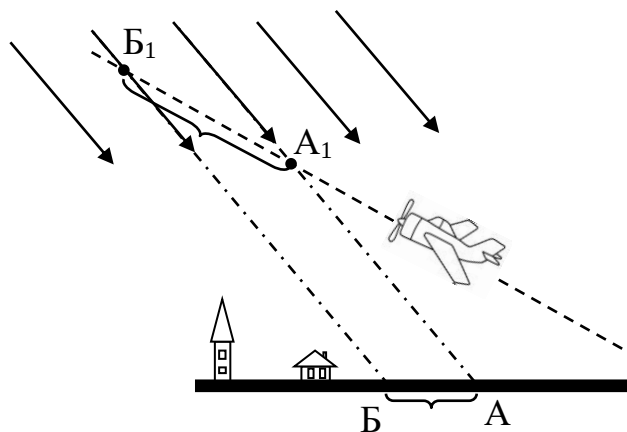
4) Самолет взлетает с аэродрома и летит по прямой с постоянной скоростью (430 км/ч), как показано на рисунке пунктирной линией. Определите с помощью этого рисунка, какова была скорость тени самолета на земле, когда самолет находился в точке А. Стрелки на рисунке показывают направление солнечных лучей. Для решения можно использовать линейку.

Решение: Положение тени определяется теми лучами Солнца, которые проходят рядом с самолетом и попадают на землю. Лучи Солнца практически параллельны друг другу, так как Солнце находится очень далеко по сравнению с любыми расстояниями на Земле.

Для ответа на вопрос задачи нужно определить отношение между скоростью самолета и скоростью тени. Она совпадает с отношением расстояний, которые проходит самолет и его тень за один и тот же промежуток времени.

Выберем две каких-либо стрелки, изображающие лучи Солнца. Если продлить ход лучей до поверхности Земли, то получим точки А и Б (расстояние между ними указано на рисунке фигурной скобкой). Тень,

например, хвоста самолета будет находиться в этих точках, когда хвост самого самолета будет пересекать эти продолженные лучи в точках A_1 и B_1 - в местах пересечения этих лучей с траекторией самолета. Построения будут точнее, если продолжать уже нарисованные лучи, а не пытаться «на глаз» построить параллельные им прямые (за идею решения и достаточно аккуратные построения – до 5 баллов).



Таким образом, скорость самолета отличается от скорости тени на земле во столько же раз, во сколько раз отличается длина отрезка A_1B_1 от длины отрезка АБ. Прямым измерением линейкой можно получить, что это отношение примерно равно 2.1 (+2 балла). Следовательно, если самолет движется со скоростью 430 км/ч, то скорость тени составляет примерно 215 км/ч (+3 балла за явно сформулированный и корректно полученный ответ). Заметим, что от положения т. А этот результат при равномерном движении самолета не зависит.

При корректном и обоснованном получении значение скорости в диапазоне 210-220 км/ч считается одинаково точным ответом. За выход за границы этого промежутка и далее на каждые 5% уменьшает оценку на 1 балл. Если в качестве решения приводятся только корректные словесные рассуждения без поясняющего рисунка, то ставилось всего 7 баллов.

5. Задача-эксперимент

В данной работе предлагается исследовать равновесие твердой прямой линейки или другого длинного ровного предмета, прислонённого к вертикальной стенке.

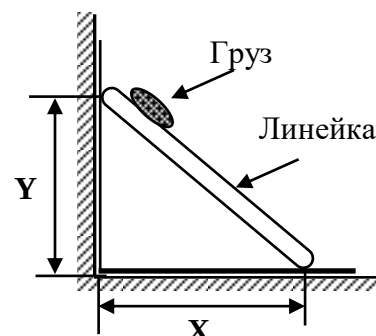
Для подготовки к проведению измерений предлагается сделать следующее:

а) Приготовьте два листа одинаковой бумаги формата А4. Один лист плотно прикрепите к вертикальной ровной и твердой поверхности, а другой - закрепите рядом на ровной твердой горизонтальной поверхности (см. рисунок справа). На прикрепленных листах следует изобразить измерительные шкалы для того, чтобы потом было удобнее определять расстояния концов линейки от угла по вертикали (Y) и по горизонтали (X). Важно, чтобы эти расстояния отмерялись именно от угла, где стыкуются вертикальная и горизонтальная плоскости.

б) Приготовьте металлический груз, который должен быть небольшой по размерам, но по массе сравним или несколько больше массы самой используемой линейки. В некоторых экспериментах его надо будет прикреплять к линейке.

Измерения:

1) Установите линейку *без груза* почти вертикально и прислоните к вертикальной стенке. Линейка должна касаться бумаги обоими своими концами! Медленно отодвигая нижний конец от стенки, найдите такое положение линейки, при котором малейший сдвиг нижнего конца *от* стенки уже приводит к падению линейки. Значения соответствующих предельных значений Y и X занесите в таблицу. Проведите такие измерения как минимум три раза. Пример таблицы с условными числами приведен справа. Убедитесь, что от переворота линейки результат не зависит. Если есть явная зависимость, возьмите другую линейку.



2) Прикрепите к линейке груз, поближе к концу. При этом сам конец линейки должен оставаться свободным. Положите линейку с грузом на небольшую опору, например, лежащий карандаш, так, чтобы линейка с грузом находилась в горизонтальном равновесии и касалась только опоры. Сфотографируйте линейку в этом положении так, чтобы было видно положение опоры относительно линейки и груза.

3) Прислоните линейку с грузом к вертикальной стене (для определенности - так, чтобы груз был выше середины линейки). Прodelайте опыт, описанный в п. 1 три раза или более. Занесите соответствующие значения X и Y в таблицу.

4) Переверните линейку так, чтобы груз был ниже середины линейки и снова несколько раз проделайте опыт по определению максимально возможной величины X , при которой линейка еще находится в равновесии. Занесите результаты измерений в таблицу.

5) Вычислите среднее арифметическое значений Y/X для каждой группы измерений с разным положением груза или без него. Занесите результаты вычислений в таблицу.

Решением задачи являются

а) фотография экспериментальной установки, на которой видны шкалы для измерения расстояний и типичное расположение линейки;

б) фотография с линейкой и грузом, находящимися в равновесии на небольшой опоре;

в) таблица с данными измерений и вычисленными средними значениями отношения Y/X .

Решение: Присланные фотографии установки оценивались с точки зрения того, насколько ясно они демонстрируют проделанную работу и раскрывают ее существенные детали. Например, в некоторых работах на фотографии линейки с грузом не было видно конца линейки. Иногда поверхность, на которую опиралась линейка, была очень шероховата, что должно было влиять на воспроизводимость эксперимента, и т.п.

Полученные данные оценивались с точки зрения их правдоподобности и соответствия сформулированной задаче. В частности, полусумма значений Y/X , определенных при разных положениях груза должна была быть примерно равна значению, полученному без груза. Реально, видимо, из-за большей деформации бумаги, значение Y/X при грузе вверху получается чуть больше ожидаемого.

Если использовать материал, который проходится в старших классах при изучении физики, то для одинаковых коэффициентов трения концов однородной линейки о материал поверхностей и маленьком (по размерам) грузе можно получить связь между параметрами, извлекаемыми при измерениях в данной задаче. Эта связь может служить ориентиром при анализе результатов измерений.

Пусть Z – расстояние от точки опоры до середины линейки при уравнивании линейки с грузом (Z/L определяется по фотографии, если видна вся линейка). Тогда *изменение* отношения $\Delta(Y/X) = (Y_1/X_1) - (Y_0/X_0)$ при прикреплении груза связано со значением Y_0/X_0 (без груза) можно вычислить как

$$\Delta\left(\frac{Y}{X}\right) = \pm 2 \cdot \frac{Z}{L} \cdot \frac{\left(1 + \left(\frac{Y_0}{X_0}\right)^2\right) - \sqrt{1 + \left(\frac{Y_0}{X_0}\right)^2}}{\sqrt{1 + \left(\frac{Y_0}{X_0}\right)^2} - \left(\frac{Y_0}{X_0}\right)}$$

Знаки «+» или «-» соответствуют положению груза вверх или вниз.

За отсутствие какой-либо одной фотографии из требуемых снималось 4 балла, за отсутствие таблицы снималось 7 баллов.

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