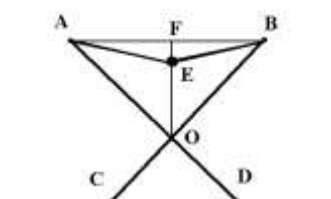
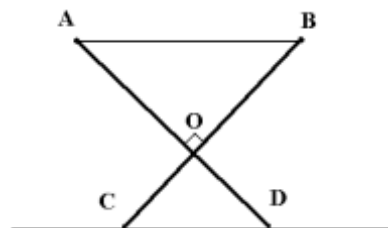


**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по физике
2016-2017 учебный год
10 класс**

Максимальный балл 50

1. Сушилка для белья имеет форму, показанную на рисунке. AD и CB – пары легких жестких стержней шарнирно соединенных в точке O. Между точками A и B натянута легкая нерастяжимая нить. Отношение $AO/OD = BO/OC = 2$, угол O – прямой. На центр нити повесили небольшой носок массой 1 кг. Найдите силу натяжения нити, если пол гладкий.



Возможное решение и критерии

Когда на нить повесили тело, конфигурация сушилки изменилась:

| | | |
|---------------------------------------|--|-----------|
| 1 | Равновесие нити достигается при $2T \cdot \sin(EAF) = mg$ | 1 балл |
| 2 | Силы реакции опоры направлены вверх, приложены в точках D C и равны $N = mg/2$ | 1 балл |
| 3 | Равновесие стержня AD относительно поворота вокруг точки O дает: $N \cdot OD \cdot \sin(AOE) = T \cdot AO \cdot \sin(OAE)$ | 2 балла |
| 4 | Из треугольника AFO получим $OAE + EAF + AOE + 90 = 180$, тогда $\sin(OAE) = \cos(EAF + AOE) = \cos(EAF) \cdot \cos(AOE) - \sin(EAF) \cdot \sin(AOE) = (AF/AE) \cdot (FO/AO) - (FE/AE) \cdot (AF/AO) = \underline{AF \cdot (FO - FE) / (AE \cdot AO)}$ | 1 балл |
| 5 | $\sin(AOE) = (AF/AO)$, и $\sin(EAF) = (EF/EA)$ | 1 балл |
| 6 | Подставим в выражение пункта 3 формулы 1,2,4,5 получим $(mg/2) \cdot OD \cdot (AF/AO) = (mg/2) \cdot (EA/EF) \cdot AO \cdot AF \cdot (FO - FE) / (AE \cdot AO)$, откуда $AF/AO = (AO/OD) \cdot EA \cdot AF \cdot (FO - FE) / (EF \cdot AE \cdot AO)$. После упрощения получим: $\underline{FO = 3/2 \cdot EF}$ | 1 балл |
| 7 | $AF^2 = AE^2 - EF^2 = AO^2 - OF^2$, откуда с учетом начальной конфигурации $AO^2 = 2AE^2$, $OF^2 - EF^2 = AO^2 - AE^2$, с учетом пункта 6 : $5/4 EF^2 = AE^2$ | 1 балл |
| 8 | Окончательно $T = mg/2 \cdot AE/EF = mg/2 \cdot (5/4)^{0.5} = 5,59H$. | 2 балла |
| <i>Максимальное количество баллов</i> | | 10 баллов |

2. Груз массы $M = 100\text{г}$ прикреплен сверху к легкой пружине жесткости $k = 100\text{Н/м}$, находящейся вертикально на легкой подставке. На груз с высоты h падает кусок пластилина массой $m = 20\text{ г}$ и прилипает к нему. Определите минимальную высоту падения пластилина, чтобы подставка вместе с пружиной подскочила над столом.

Возможное решение и критерии

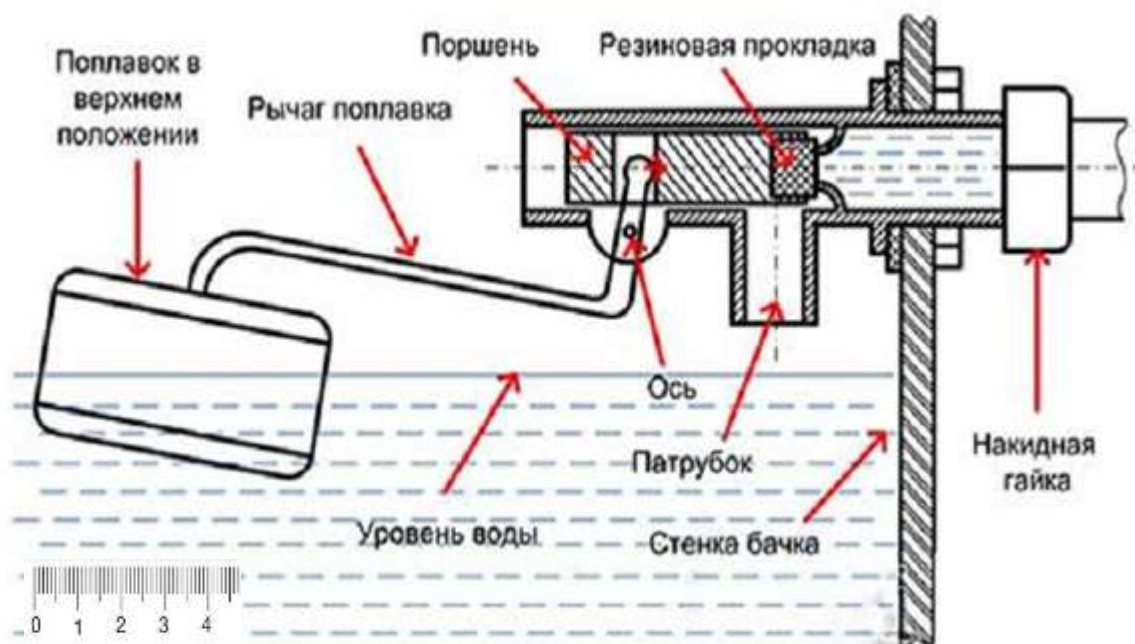
| | | |
|---------------------------------------|--|-----------|
| 1 | Начальное сжатие пружины $x = Mg/k$ | 1 балл |
| 2 | Пластилин, падая с высоты h , приобретает скорость $v_0^2 = 2gh$ | 2 балла |
| 3 | Начальная скорость груза с пластилином находится по ЗСИ: $v = mv_0/(m+M)$ | 2 балла |
| 4 | Кинетическая энергия груза и пластилина после прилипания $\frac{(M+m)v^2}{2} = \frac{m^2 v_0^2}{2(M+m)} = \frac{m^2 gh}{(M+m)}$ | 1 балл |
| 5 | Энергия системы после удара состоит из кинетической и потенциальной $\frac{m^2 gh}{(M+m)} + \frac{kx^2}{2}$ Если груз и пластилин подлетают более, чем на x , то пружина оторвется от стола. ЗСЭ дает $\frac{m^2 gh}{(M+m)} + \frac{kx^2}{2} = (M+m)gx$ | 2 балла |
| 6 | Подставим x и найдем $h = \frac{M(M+2m)(M+m)g}{2km^2} = 0,21\text{м}$ | 2 балла |
| <i>Максимальное количество баллов</i> | | 10 баллов |

3. Составляющие сливного бачка.

Хорошо зная устройство сливного бачка унитаза, можно быстро отремонтировать его или, по крайней мере, самостоятельно приобрести вышедшие из строя части.

Наливной клапан.

Его назначение – регулировать уровень воды в бачке и по мере ее убывания подавать необходимое количество. Когда-то давно придумали элементарный индикатор уровня воды – поплавок, и он оказался настолько удачным изобретением, что до сих пор является незаменимой частью арматуры. Первоначальное устройство выглядело следующим образом: латунное коромысло (рычаг поплавка), на одном конце имеющее поплавок, на другом – клапан с резиновой прокладкой, перекрывающий воду. Современная конструкция немного видоизменилась, но принцип действия остался тем же. На схеме сливного бачка унитаза хорошо видно взаимодействие всех частей механизма.



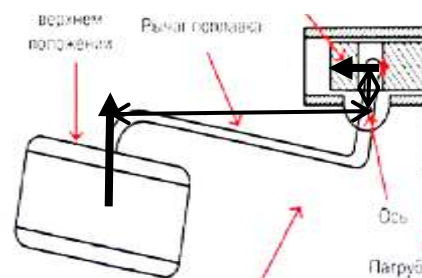
В новой конструкции поплавков стал двигаться вертикально, а не располагаться горизонтально, как раньше. Вода в бачок стала поступать быстрее, так как отверстие открыто полностью, а запорный клапан перекрывает его не постепенно, а целиком и в самом конце набора. Еще одно отличие – клапан расположен в нижней части, а не в боковой.

Пользуясь масштабным рисунком (масштаб указан в левом нижнем углу в сантиметрах) и считая поплавок легким вертикальным цилиндром ответьте на следующие вопросы:

- 1) Чему равен объем поплавка?
- 2) Какой выигрыш в силе дает рычаг поплавка в положении, указанном на рисунке?
- 3) При каком максимальном давлении воды в подводящей трубе вы не затопите соседей?
- 4) Является ли положение равновесия поплавка устойчивым?

Возможное решение

- 1) Пользуясь масштабной линейкой определим по рисунку, что диаметр поплавка равен 6,5 см, а его высота равна 3,9 см. Тогда объем поплавка равен $3,14 * \frac{6,5^2}{4} * 3,9 = 129 \text{ см}^3$.
- 2) На рисунке указаны направления сил, действующих на рычаг и их плечи. Измерив плечи с помощью масштабной линейки получим 1,43 см и 10,1 см. Соответственно рычаг дает выигрыш в силе в $\frac{10,1}{1,43} = 7$ раз.
- 3) Если увеличить давление воды, то клапан откроется и вода будет доливаться в бачок. При этом будет расти сила Архимеда, действующая на поплавок и через некоторое время клапан закроется. Так будет происходить до тех пор, пока поплавок не окажется полностью погруженным. Если давление увеличить ещё, то клапан уже не закроется, и вода начнет переливаться через верх бочка. Значит максимальная сила, с которой рычаг будет давить на клапан достигается при полном погружении поплавка, и она в 7 раз



больше силы Архимеда, действующей на поплавок. $F_{кл} = 7 * 1000 \frac{кг}{м^3} * 9,8 \frac{Н}{кг} * 129 см^3 = 8,84 Н$

Для определения давления воды нужно поделить силу на площадь отверстия, закрываемого клапаном и не забыть добавить атмосферное давление, так как атмосфера давит на левый конец поршня, а на правый не давит. С помощью масштабной линейки определим диаметр отверстия, перекрываемого клапаном 0,56 см.

Максимальное давление равно $\frac{8,84 Н * 4}{3,14 * 0,56^2 см^2} + 10^5 Па = 4,6 * 10^5 Па$.

- 4) Положение равновесия поплавок будет устойчивым. Так как при малом отклонении поплавок вниз от положения равновесия, сила давления воды на поршень не изменится, а сила Архимеда, действующая на поплавок, - увеличится. Возникший не скомпенсированный момент сил будет стремиться вернуть поплавок в положение равновесия. Аналогично при отклонении поплавок вверх от положения равновесия.

Критерии оценивания.

| | | |
|---------------------------------------|---|--|
| 1 | Верное определение размеров поплавок с точностью до 2 мм. | 1 балл |
| 2 | Рассчитан объем поплавок. | 1 балл |
| 3 | Верно указано что будет плечом каждой силы. | 1 балл |
| 4 | Плечи правильно измерены | 1 балл |
| 5 | Правильный ответ выигрыш в силе в 7 раз. | 1 балл |
| 6 | Указано, что при максимальном давлении поплавок будет полностью погружен. – 1 балл. | 1 балл |
| 7 | Записано условие равновесия для поплавок и выражены сила Архимеда и сила давления | 1 балл |
| 8 | Получен верный ответ про давление воды. – | 2 балла (если не учтено атмосферное давление, то 1 балл) |
| 9 | Обоснована устойчивость положения равновесия поплавок. | 1 балл. |
| <i>Максимальное количество баллов</i> | | 10 баллов |

Замечания для проверяющих:

Перед проверкой работ все измерения в данной задаче необходимо перепроверить. Так как при распечатке картинка могла исказиться.

4. У профессора Лампочкина есть малый по размерам датчик магнитного поля, мгновенно измеряющий величину индукции магнитного поля, и тороидальная катушка (см. рис.), создающая относительно слабое магнитное поле, сопоставимое по характеристикам с магнитным полем Земли. Первоначально Лампочкин измерял магнитное поле вблизи поверхности катушки, определяя величину индукции магнитного поля. Затем менял положение катушки, и снова повторял эксперимент. Так делал он достаточно долго. Какова величина магнитного поля Земли, если на протяжении всех экспериментов максимальное значение индукции магнитного поля, которую получил профессор, составила 0,00008 Тл, а

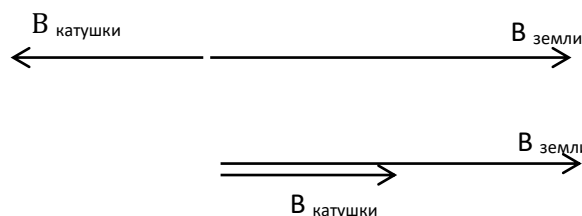


минимальное значение оказалось равным 0,00002 Тл? Какова величина измеренной магнитной индукции магнитного поля вблизи катушки, созданного только электрическим током в катушке? Какое поле в опыте «сильнее» - Земли или катушки? Катушка неразборная.

Возможное решение

Датчик магнитного поля показывает величину магнитной индукции в той точке пространства, где находится сам датчик.

Величина магнитной индукции магнитного поля вблизи катушки, создаваемого только катушкой, всегда постоянная по величине, но на показания прибора оказывает значительное влияние внешнее магнитное поле, т.е. магнитное Земли. Также принимая во внимание тот факт, что величина магнитной индукция является векторной



величиной, то минимальное значение показаний прибора обеспечивается при $|B_{\text{земли}} - B_{\text{катушки}}| = 2 * 10^{-5} \text{Тл}$, максимальное $B_{\text{земли}} + B_{\text{катушки}} = 8 * 10^{-5} \text{Тл}$. Откуда получается $B_{\text{катушки}} = 3 * 10^{-5} \text{Тл}$. Вариант $B_{\text{катушки}} = 5 * 10^{-5} \text{Тл}$ необходимо исключить так, как показания прибора не давали значение равное нулю. Следовательно $B_{\text{земли}} = 5 * 10^{-5} \text{Тл}$. Из вышеуказанного решения понятно, что «сильнее» внешнее магнитное поле, т.е. магнитное поле Земли.

Критерии оценивания

| | | |
|---------------------------------------|---|-----------|
| 1 | Сделан рисунок или приведены достаточно полные объяснения получения величины индукции магнитного поля катушки | 2 балла. |
| 2 | Сделан рисунок или приведены достаточно полные объяснения получения величины индукции магнитного поля Земли | 2 балла |
| 3 | Указано, что магнитное поле вблизи катушки, создаваемое током в катушке, постоянно по модулю | 2 балла. |
| 4 | Получено верное числовое значение вектора магнитной индукции магнитного поля Земли | 1 балл. |
| 5 | Получено верное числовое значение вектора магнитной индукции магнитного поля катушки | 1 балл. |
| 6 | . В решении показано, что магнитное поле Земли «сильнее» магнитного поля катушки | 2 балла. |
| <i>Максимальное количество баллов</i> | | 10 баллов |

5. При помощи предложенного оборудования измерьте площадь крышки стола.

Оборудование: нить, груз, штатив, секундомер

Возможное решение и критерии оценивания

| | | |
|---|---|---------|
| 1 | Ниткой замеряем длину стола | 1 балл |
| | Определяем период колебаний нитяного маятника заданной длины | 1 балл |
| | С помощью формулы $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ определяем длину стола | 1 балла |

| | | |
|---------------------------------------|---|-----------|
| 2 | Ниткой измеряем ширину стола | 1 балл |
| | Определяем период колебаний нитяного маятника заданной длины | 1 балл |
| | С помощью формулы $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ определяем ширину стола | 1 балла |
| 3 | Вычисляем площадь крышки стола | 2 балла |
| 4 | Если была проведена серия измерений времени колебаний нитяного маятника | 2 балла |
| <i>Максимальное количество баллов</i> | | 10 баллов |