

### Задача 1

В лаборатории у юного химика в двух стаканах хранились две жидкости разного объёма: в одном – синяя, а в другом – красная. Однажды химик смешал половину синей и половину красной жидкости в колбе, получив смесь с плотностью  $\rho_1$ . Остатки жидкостей из стаканов он смешал во второй и третьей колбе, при этом плотность смеси во второй колбе оказалась равной  $\rho_2$ , а в третьей –  $\rho_3$ . Найдите отношение объёмов трёх получившихся смесей и запишите условие, которому должны удовлетворять плотности этих смесей. Считайте, что при смешивании жидкостей их объёмы складываются.

**Ответ:**

а) объёмы смесей относятся как  $V_1 : V_2 : V_3 = (\rho_3 - \rho_2) : (\rho_3 - \rho_1) : (\rho_1 - \rho_2)$ , плотности смесей должны удовлетворять условию  $\rho_3 > \rho_1 > \rho_2$ ;

б)  $V_1 : V_2 : V_3 = (\rho_2 - \rho_3) : (\rho_1 - \rho_3) : (\rho_2 - \rho_1)$ , плотности смесей должны удовлетворять условию  $\rho_2 > \rho_1 > \rho_3$ .

**Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.**

#### Критерии

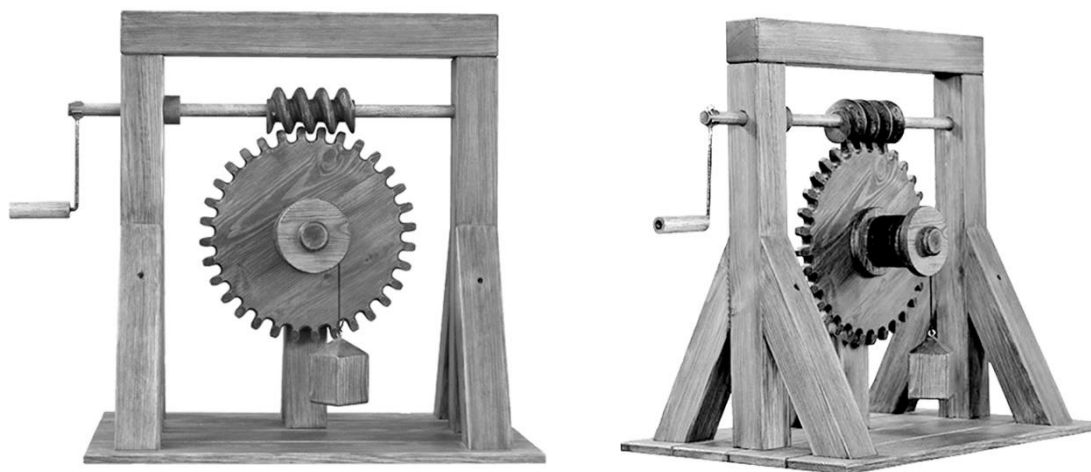
1. Если смешать вторую и третью смеси, то получится жидкость плотностью  $\rho_1$  2 балла
2.  $\rho_1 = \frac{\alpha\rho_2 + \rho_3}{\alpha + 1}$ , где  $\alpha = \frac{V_2}{V_3}$  2 балла
3.  $\alpha = \frac{\rho_3 - \rho_1}{\rho_1 - \rho_2}$  2 балла
4. Правильное отношение объёмов трёх получившихся смесей 2 балла
5. Правильное условие, которому должны удовлетворять плотности 2 балла

Если рассмотрен только один вариант ответа (в п. 4-5), то за решение ставится не более 9 баллов.

**ВСЕГО: 10 баллов.**

### Задача 2

В последние годы стали популярны выставки, на которых демонстрируют простейшие механизмы, якобы сделанные по чертежам Леонардо да Винчи. На фотографиях показан экспонат одной из таких выставок: он называется *червячная передача*. Какой выигрыш в силе (без учета трения) даёт это устройство? Считайте, что длина ворота (от ручки до горизонтальной оси) в два раза больше диаметра барабана, на который наматывается веревка.



**Ответ:** показанное на фотографии устройство даёт выигрыш в силе в 128 раз.

**Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.**

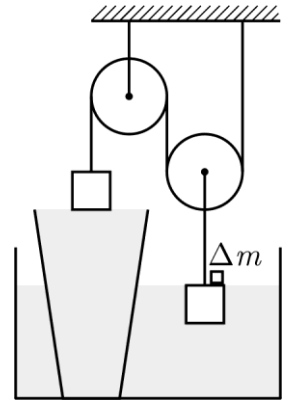
#### Критерии

1. Указано, что при повороте рукоятки на  $360^\circ$  шестерёнка поворачивается на угол, соответствующий угловому размеру одного зуба шестеренки 2 балла
2. Верно найдено по фотографии количество зубьев шестеренки 1 балл
3. Показано, что выигрыш в силе в идеальных условиях равен отношению расстояний, проходимых концом ручки и грузом:  $N = L/H$  3 балла
4. Верно подсчитано  $L = n \cdot 2\pi R$  ( $R$  – длина ворота) 1 балл
5. Верно подсчитано  $H = 2\pi r$  ( $r$  – радиус барабана) 1 балл
6. Получен верный ответ на вопрос задачи ( $N = 128$  раз) 2 балла

**ВСЕГО: 10 баллов.**

### Задача 3

В широком поддоне с вертикальными стенками, который частично заполнен водой, стоит доверху наполненный водой стакан. Два цилиндрических груза удерживаются в равновесии с помощью системы блоков и нитей, как показано на рисунке. На правом грузе стоит маленький перегрузок массой  $\Delta m$ . При этом левый груз касается поверхности воды своей нижней гранью, а правый груз – верхней. Площадь горизонтального поперечного сечения левого груза равна  $S$ , а правого –  $2S$ . С правого груза очень медленно снимают перегрузок, после чего левый груз оказывается частично погруженным в воду.



1. На сколько изменится высота уровня воды в поддоне?
2. Какая масса воды перельётся из стакана в поддон?
3. Какой вид имеет зависимость глубины погружения в воду левого груза от массы перегрузка?

Блоки невесома, нить невесома и нерастяжима, трения нет. Вода из поддона не выливается.

**Ответ:** 1) высота уровня воды в поддоне не изменится; 2) из стакана в поддон перельётся вода массой  $\Delta m/3$ ; 3) зависимость глубины погружения в воду левого груза от массы перегрузка прямо пропорциональная.

**Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.**

#### Критерии

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Уровень воды в поддоне не изменится   | 2 балла |
| 2. Правильно записаны условия равновесия системы до и после снятия перегрузка                    | 4 балла |
| 3. Масса вылившейся из стакана воды равна $\Delta m/3$   | 1 балл  |
| 4. Зависимость глубины погружения в воду левого груза от массы перегрузка прямо пропорциональная | 3 балла |

**ВСЕГО: 10 баллов.**

### Задача 4

Очень толстый слой льда имеет температуру  $0^\circ\text{C}$ . Полярник решил провести эксперимент. Для этого он сделал во льду небольшую лунку и накрыл её слоем теплоизолятора, в который была вставлена тонкая трубка. Через эту трубку полярник очень медленно заливал в лунку неизвестную горячую жидкость с удельной теплоёмкостью  $c$  и плотностью  $\rho$ . Жидкость плавила лёд, и глубина лунки увеличивалась. Полярник обнаружил, что существует некоторое минимальное значение начальной температуры жидкости  $t_0$ , при котором в лунку можно залить сколь угодно большое количество жидкости, и лёд будет продолжать плавиться. При этом поверхность образующейся воды никогда не поднимется до верхнего края лунки. Найдите это минимальное значение  $t_0$ . Удельная теплота плавления льда  $\lambda$ , а также плотности воды и льда  $\rho_{\text{в}}$  и  $\rho_{\text{л}}$  известны.

**Ответ:** в лунку можно залить сколь угодно большое количество жидкости при минимальном значении ее температуры  $t_0 = \frac{\lambda\rho_{\text{в}}\rho_{\text{л}}}{c\rho(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{л}})}$ .

**Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.**

#### Критерии

1. Уравнение теплового баланса для плавления льда массой  $m_1$  неизвестной жидкостью массой  $m$  ( $cm t_0 = \lambda m_1$ ) 1 балл.
2. Объём лунки увеличился на величину  $V_1 = \frac{m_1}{\rho_{\text{л}}} = \frac{cm t_0}{\lambda \rho_{\text{л}}}$ . 2 балла.
3. При таянии льда образовалась вода объёмом  $V_1 = \frac{m_1}{\rho_{\text{л}}} = \frac{cm t_0}{\lambda \rho_{\text{л}}}$  2 балла.
4. Объём неизвестной жидкости, залитой в лунку, равен  $V_3 = \frac{m}{\rho}$  2 балла.
5. Условие того, что вода никогда не поднимется до верхнего края лунки ( $V_1 \geq V_2 + V_3$ ) 1 балл.
6. Минимальное значение температуры заливаемой жидкости  $t_0 = \frac{\lambda\rho_{\text{в}}\rho_{\text{л}}}{c\rho(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{л}})}$  2 балла.

**ВСЕГО: 10 баллов.**