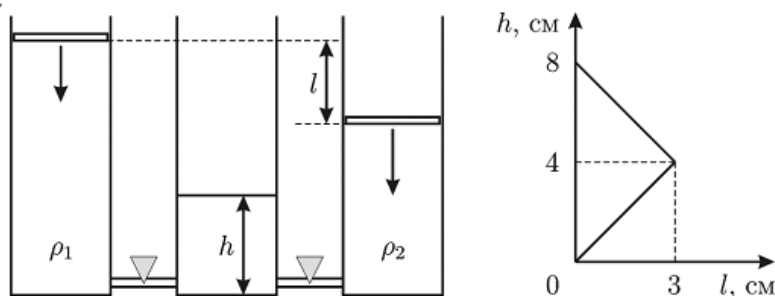


### Задача 1 (Бычков А.И.)

Три одинаковых вертикальных цилиндрических сосуда сообщаются при помощи узких трубок с кранами, которые первоначально перекрыты (см. рисунок слева). В левом сосуде под поршнем находится жидкость плотностью  $\rho_1$ , в правом сосуде под поршнем – жидкость с плотностью  $\rho_2$ , а средний сосуд пуст. Краны одновременно открывают, и в тот же момент начинают двигать вниз оба поршня с постоянными скоростями. Сначала разница уровней поршней по вертикали увеличивается со скоростью  $V$ . Затем, в некоторый момент, скорости поршней изменяются – они продолжают двигаться с постоянными скоростями, но теперь разница уровней поршней по вертикали уменьшается с такой же скоростью  $V$ . Пользуясь графиком зависимости высоты  $h$  уровня смеси в среднем сосуде от расстояния по вертикали  $l$  между поршнями (см. рисунок справа), найдите среднюю плотность смеси в тот момент, когда  $h = 6$  см.

Можно считать, что объём смеси равен сумме объёмов жидкостей, которые перетекли из крайних сосудов.



**Ответ:** средняя плотность смеси в тот момент, когда  $h = 6$  см, равна:

$$\rho_{см1} = \frac{2(7\rho_1 + \rho_2) + (\rho_1 + 7\rho_2)}{3 \cdot 8} = \frac{15\rho_1 + 9\rho_2}{24}, \text{ если сначала быстрее движется левый поршень};$$

$$\rho_{см2} = \frac{2(\rho_1 + 7\rho_2) + (7\rho_1 + \rho_2)}{3 \cdot 8} = \frac{9\rho_1 + 15\rho_2}{24}, \text{ если сначала быстрее движется правый поршень}.$$

**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.**

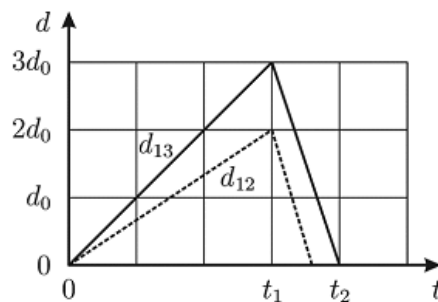
#### Критерии

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Получено правильное выражение, связывающее скорость одного из поршней и скорость поднятия уровня воды в среднем сосуде  | 1 балл  |
| 2. Получена правильная зависимость $h(l)$  | 1 балл  |
| 3. Исследован график (замечено, что при удалении поршней друг от друга справедливо соотношение $h/l = 4/3$ )   | 1 балл  |
| 4. Правильно найдена скорость быстро движущегося поршня ( $\frac{7}{6}V$ ) (до момента смены скоростей)  | 1 балл  |
| 5. Правильно найдена скорость медленно движущегося поршня ( $\frac{1}{6}V$ ) (до момента смены скоростей)  | 1 балл  |
| 6. Доказано, что после изменения скоростей поршни «обменяются» скоростями, то есть «медленный» поршень станет «быстрым» и будет двигаться со скоростью $\frac{7}{6}V$ , а «быстрый» поршень станет «медленным» и будет двигаться со скоростью $\frac{1}{6}V$ | 1 балл  |
| 7. Правильно найдена плотность смеси $\rho_{см1}$ в первом возможном случае  | 2 балла |
| 8. Правильно найдена плотность смеси $\rho_{см2}$ во втором возможном случае   | 2 балла |

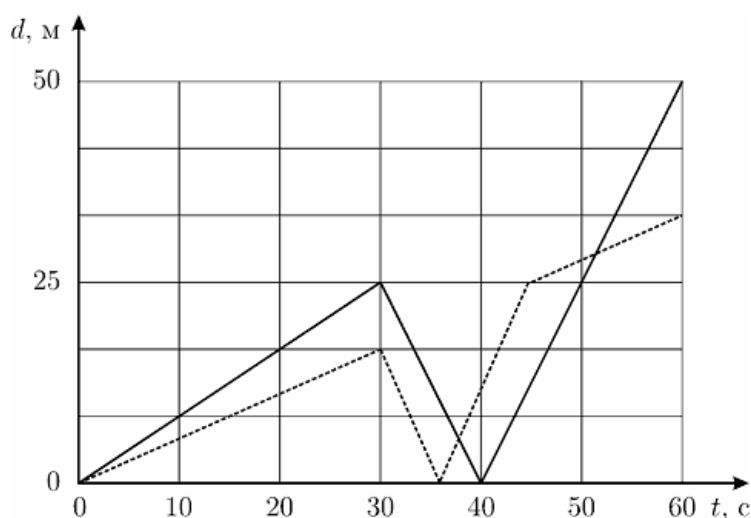
**ВСЕГО: 10 баллов.**

### Задача 2 (П. Крюков)

Три пловца разной квалификации решили посоревноваться на дистанции 100 метров в пятидесятиметровом бассейне. Стартовали пловцы одновременно, и каждый проплыл дистанцию со своей постоянной скоростью. Обозначим через  $d_{12}(t)$  расстояние между первым и вторым пловцами, а через  $d_{13}(t)$  – расстояние между первым и третьим пловцами в момент времени  $t$ . На рисунке сплошной линией изображен график зависимости  $d_{13}(t)$  для части заплыва – от старта до момента времени  $t_2$ . График зависимости  $d_{12}(t)$  изображен пунктиром. Численное значение величины  $d_0$  неизвестно, но зато известно, что  $t_1 = 30$  с и  $t_2 = 40$  с. При определении расстояния между пловцами ширина дорожек бассейна не учитывалась, считалось, что спортсмены движутся почти вдоль одной прямой. Разворот каждого из пловцов происходит очень быстро.



- 1) Какое время на финише показал каждый из пловцов?
- 2) Продолжите (достройте) оба графика до момента времени 60 с.



**Ответ:** 1) первый пловец финишировал через 60 с, второй – через 90 с, третий – через 120 с; график показан на рисунке (см. решение).

**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.**

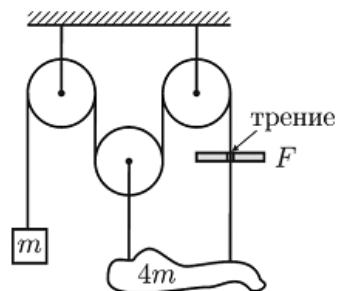
#### Критерии

- |   |         |
|---|---------|
| 1. Доказано, что на 30-й секунде именно первый пловец развернулся и поплыл назад        | 1 балл  |
| 2. Правильно найдено расстояние, которое проплыл третий пловец к 40-й секунде           | 1 балл  |
| 3. Правильно найдено расстояние $d_0$   | 1 балл  |
| 4. Правильно найдено расстояние, которое проплыл второй пловец к 30-й секунде           | 1 балл  |
| 5. Правильно найдены времена, которые показали каждый из пловцов на финише (по 1 баллу) | 3 балла |
| 6. Правильно достроен график (по 1,5 балла за каждый)                                   | 3 балла |

**ВСЕГО: 10 баллов.**

### Задача 3 (М.Ю. Замятнин)

Неоднородный груз массой  $4m$  подвешен при помощи системы блоков так, как показано на рисунке. Нити и блоки очень легкие, свободные участки нитей вертикальны, трения в осях блоков нет. К свободному концу нити, перекинутой через блоки, прикреплен противовес массой  $m$ . Участок этой же нити, находящийся между грузом и правым блоком, проходит через небольшое отверстие в неподвижной перегородке. При скольжении нити в отверстии возникает сила трения  $F = 10$  Н, действующая на нить со стороны стенок перегородки. 1) При каких значениях массы  $m$  противовеса система может оставаться в равновесии? 2) Где должен находиться центр масс неоднородного груза для того, чтобы равновесие было возможным? 3) Чему равен модуль силы трения  $F_1$ , и в какую сторону она направлена при  $m = m_1 = 0,7$  кг? Модуль ускорения свободного падения можно считать равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



**Ответ:** 1) система может оставаться в равновесии при  $m < m_0 = F/g = 1$  кг; 2) центр масс неоднородного груза должен находиться на одинаковом расстоянии от вертикальных линий, вдоль которых расположены нити, на которых он висит; 3) при  $m = m_1 = 0,7$  кг сила трения направлена вверх и ее модуль равен  $F_1 = m_1 g = 7$  Н.

**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. Правильно записано условие равновесия для левого груза                         | 1 балл  |
| 2. Правильно найдено необходимое значение силы натяжения правой нити              | 2 балла |
| 3. Правильно найдено расположение центра масс неоднородного груза                 | 1 балл  |
| 4. Правильно определено и обосновано направление силы трения, действующей на нить | 2 балла |
| 5. Правильно найдено предельное значение массы $m$                                | 2 балла |
| 6. Правильно определен модуль силы $F_1$  | 2 балла |

**ВСЕГО: 10 баллов.**

#### Задача 4 (И.А. Семериков, С.Д. Варламов)

В г. Москве в районе Очаково работает мощная тепловая электрическая станция с названием «ГЭЦ-25». Максимальная электрическая мощность этой станции составляет  $W_1 = 1370$  МВт. Кроме выработки электроэнергии, эта станция может одновременно поставлять теплоту с мощностью  $W_2 = 4088$  Гкал/ч для снабжения соседних районов города горячей водой и для обогрева домов. Станция работает на природном газе метане ( $\text{CH}_4$ ), при сгорании  $m_0 = 16$  г которого выделяется количество теплоты  $Q = 797$  кДж. В атмосферу через трубы вместе с продуктами сгорания всегда выбрасывается 20% энергии, полученной в результате сгорания топлива. В летнем режиме, когда дома отапливать не нужно, станция работает на 80% своей максимальной электрической мощности, и при этом 30% выделившейся при сгорании метана теплоты всё равно приходится отводить в атмосферу при помощи испарения воды в специальных устройствах – градирнях. Удельная теплота парообразования воды  $L = 2256$  кДж/кг, одна калория равна примерно 4,2 Дж.

- 1) Каков у станции расход топлива (в кг/с) зимой?
- 2) Каков КПД использования тепловой энергии при её преобразовании в электрическую зимой?
- 3) Какое количество воды каждую секунду превращается в пар (в л/с) в градирнях станции летом?
- 4) Какая мощность поставляется потребителям горячей воды в домах летом?

**Ответ:** 1) расход топлива зимой  $\approx 154$  кг/с; 2) зимой КПД использования тепловой энергии при её преобразовании в электрическую равен  $\eta \approx 17,85\%$ ; 3) летом в градирнях станции каждую секунду превращается в пар  $\approx 816,5$  литра воды; 4) потребителям горячей воды в домах летом поставляется мощность  $\approx 1974$  МВт.

**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. Правильно найдена полная мощность сгорания топлива $W_3$   | 2 балла |
| 2. Правильно найден расход топлива (в кг/с) зимой   | 1 балл  |
| 3. Правильно найден КПД   | 2 балла |
| 4. Правильно найдена мощность $W_4$ , которая расходуется на испарение воды в градирнях                         | 2 балла |
| 5. Правильно найдено, какое количество воды каждую секунду превращается в пар (в л/с) в градирнях станции летом | 1 балл  |
| 6. Правильно найдена мощность, которая поставляется потребителям горячей воды в домах летом                     | 2 балла |

**ВСЕГО: 10 баллов.**