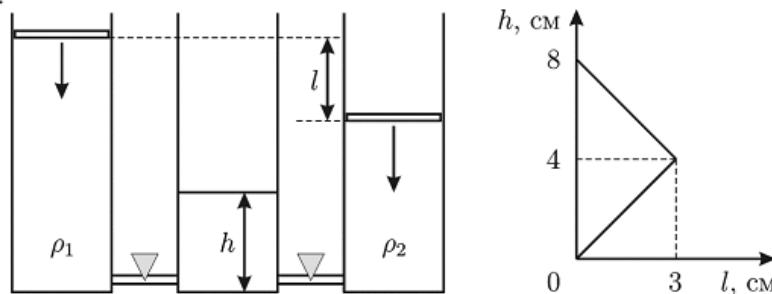


Задача 1 (Бычков А.И.)

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 ρ_1 , в правом сосуде под поршнем – жидкость с плотностью ρ_2 , а средний сосуд пуст. Краны одновременно открываются, и в тот же момент начинают двигаться 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:

$$\rho_{\text{см}1} = \frac{2(7\rho_1 + \rho_2) + (\rho_1 + 7\rho_2)}{3 \cdot 8} = \frac{15\rho_1 + 9\rho_2}{24}, \text{ если сначала быстрее движется левый поршень;}$$

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

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

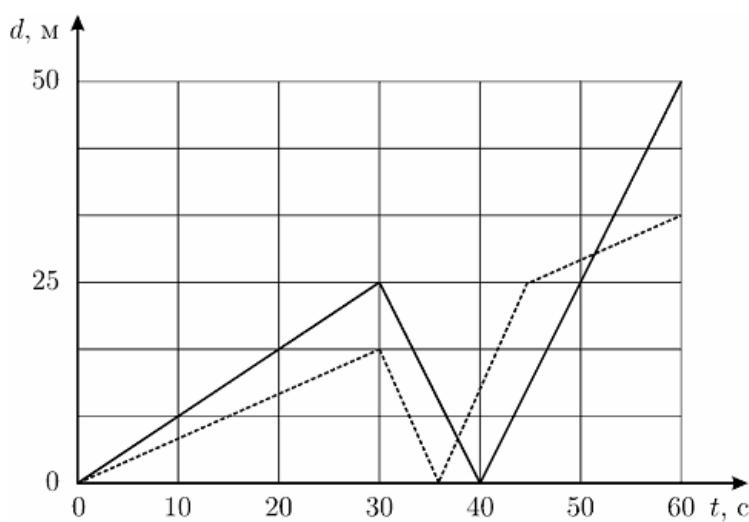
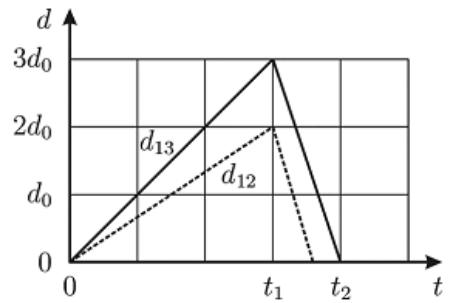
1. Получено правильное выражение, связывающее скорость одного из поршней и скорость поднятия уровня воды в среднем сосуде 1 балл
2. Получена правильная зависимость $h(l)$ 1 балл
3. Исследован график (замечено, что при удалении поршней друг от друга справедливо соотношение $h/l = 4/3$) 1 балл
4. Правильно 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 $\rho_{\text{см}1}$ в первом возможном случае 2 балла
8. Правильно найдена плотность смеси $\rho_{\text{см}2}$ 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).

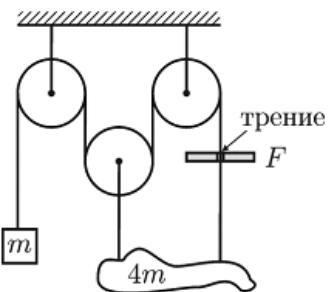
Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.

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 $F = 10 \text{ Н}$, 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 $m = m_1 = 0,7 \text{ кг}$? Модуль ускорения свободного падения можно считать равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.



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

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 «ТЭЦ-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 (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 ежесекундно 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 ≈ 154 кг/с; 2) зимой КПД использования тепловой энергии при её преобразовании в электрическую равен $\eta \approx 17,85\%$; 3) летом в градирнях станции ежесекундно превращается в пар $\approx 816,5$ литра воды; 4) потребителям горячей воды в домах летом поставляется мощность ≈ 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. Правильна найдена мощность W_4 , которая расходуется на испарение воды в градирнях | 2 балла |
| 5. Правильно найдено, какое количество воды ежесекундно 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.