



Условия задач, ответы, критерии оценивания

1. Из истории линий электропередач (6 баллов), Ромашка М. Ю.

В 1882 году на электротехнической выставке в Мюнхене была продемонстрирована работа первой в мире длинной (несколько десятков километров) линии электропередач. Линия соединяла город Мисбах, где находился приводимый в движение паровой машиной генератор постоянного тока, и город Мюнхен, где такой же генератор работал в качестве электродвигателя и был потребителем тока. Линия состояла из двух стальных телеграфных проводов диаметром $d = 4,5$ мм (удельное сопротивление стали $\rho = 1,3 \cdot 10^{-7}$ Ом · м), длина каждого провода L была приближённо равна расстоянию 57 км между Мисбахом и выставкой в Мюнхене. Когда генератор в Мисбахе выдавал напряжение $U = 2$ кВ, КПД линии составлял примерно $\eta \approx 25$ %. Несмотря на небольшой КПД, проведённый эксперимент продемонстрировал принципиальную возможность передачи электроэнергии на большие расстояния. Определите, какова была сила тока в этой линии при указанных параметрах.

Ответ: $I \approx 1,6$ А.

Распределение баллов

1. Записано выражение для сопротивления одного провода линии, либо для сопротивления двух проводов вместе — **1 балл**.

Находить числовое значение не обязательно.

Если числовое значение отсутствует или неверно, при этом в формуле площадь поперечного сечения провода выражена через диаметр или радиус — **1 балл**.

2. Записан закон Ома или второе правило Кирхгофа в виде формулы

$$U = 2IR + U_1 \quad (1)$$

или в любом другом эквивалентном виде — **1 балл**.

Рисунок схемы желателен, но не обязателен. При этом потребитель может быть обозначен в виде резистора, и напряжение на нём представлено в виде произведения тока на сопротивление. Либо найдено общее сопротивление цепи с участием потребителя (который представлен резистором), и далее записан закон Ома. Вместо генератора на схеме может быть нарисован источник постоянного тока. За всё это баллы не снижаются.

3. Записано выражение для работы тока (на потребителе, на всей цепи, или на проводах) — **1 балл**.

Балл ставится, если правильно (с учётом введённых обозначений) записано выражение для работы тока хотя бы на одном из участков цепи. Также вместо выражения для работы тока может быть записан закон Джоуля-Ленца в любой форме.

4. Записана формула для КПД в виде

$$\eta = \frac{A_1}{A} \cdot 100 \% = \frac{U_1}{U} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

или в любом другом виде, в котором «полезная» и «затраченная» работы выражены через электрические величины (напряжение, ток или сопротивление) — **1 балл**.

5. Получен значение тока I , удовлетворяющее неравенству $1,45 \text{ А} < I < 1,75 \text{ А}$ — **2 балла**.

Если числовой ответ неверный или отсутствует, но при этом есть верный ответ в общем виде

$$I = \frac{U}{2R} \cdot \left(1 - \frac{\eta}{100 \%}\right) \text{ — 1 балл.}$$

Примечание. Возможно решение, при котором не записываются отдельно уравнения (1) и (2), а полная мощность в цепи UI (или работа UIt) приравнивается сумме мощностей (или работ) на отдельных участках цепи. Такое уравнение эквивалентно системе уравнений (1) и (2) и должно оцениваться так же.

2. Balance board (8 баллов), Крюков П. А.

Балансборд — тренажёр для тренировки чувства равновесия (рис. 1), представляет собой жёсткую доску, лежащую на цилиндрическом ролике. Базовое упражнение заключается в том, чтобы сохранять равновесие, перекатываясь на ролике, при этом желательно, чтобы доска располагалась практически горизонтально. Пусть взаимодействие ступней ног с доской происходит в т. A и B (см. рис. 2), и положение т. A и B относительно доски не меняется при выполнении упражнения. Ролик по полу и по доске не проскальзывает. В крайнем правом положении расстояния по горизонтали между точками A и B и вертикальной прямой, на которой лежит ось ролика C , равны L_1 и L_2 соответственно. Человек перекатывается в крайнее левое положение, в котором расстояние между точкой A и C по горизонтали становится равным L_2 .

1) На какое расстояние по горизонтали смещается центр масс человека: относительно доски; относительно земли?

2) На какое расстояние по горизонтали смещается т. A ?



Рис. 1

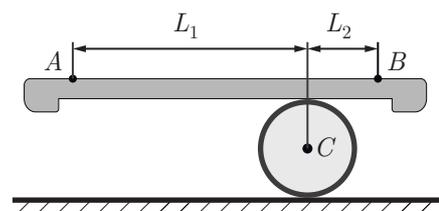


Рис. 2

Ответ: 1) Центр масс человека смещается относительно доски на расстояние $a = L_1 - L_2$ и на такое же расстояние смещается относительно земли. 2) Точка A смещается на расстояние $2(L_1 - L_2)$.

Распределение баллов

Полностью правильные ответы на вопросы п. 1), содержащие непротиворечивые, доказательные объяснения (как в решении или другие), в также обоснованный (как в решении или иначе), правильный ответ на вопрос п. 2) — **8 баллов**.

Если ответы неполные или ошибочные, но решение содержит промежуточные результаты, перечисленные ниже, то распределение баллов следующее (баллы за отдельные результаты суммируются).

1. Показано, что центр масс человека лежит на одной вертикали с осью ролика — **2 балла**.
2. Получен правильный ответ для смещения центра масс относительно доски — **1 балл**.
3. Показано, что смещение доски по горизонтали вдвое больше смещения оси ролика по горизонтали — **2 балла**.
4. Получен правильный ответ для смещения центра масс относительно земли — **1 балл**.
5. Получен правильный ответ для смещения т. A — **2 балла**.

3. Улетающий шар (8 баллов), Ромашка М. Ю.

В цилиндрическую кастрюлю, радиус основания которой равен $R = 10$ см, налита вода и опущен кусок льда массой $m = 400$ г. В этот кусок заморожена нитка, привязанная к воздушному шариком объёмом $V = 8$ л, заполненному гелием. При этом уровень воды в кастрюле равен $h = 30$ см. Кусок льда постепенно тает. В некоторый момент кусок льда уменьшается настолько, что воздушный шарик поднимает его над поверхностью воды. После этого шарик и лёд улетают. Чему в результате станет равен уровень воды в кастрюле? Плотность воды равна $\rho_1 = 1000$ кг/м³, льда — $\rho_2 = 900$ кг/м³, воздуха — $\rho_3 = 1,25$ кг/м³, гелия — $\rho_4 = 0,18$ кг/м³, массой оболочки шарика можно пренебречь. Считайте, что масса капель воды, образовавшихся при таянии льда и упавших в кастрюлю после отрыва льда от поверхности воды, пренебрежимо мала. Некоторые числовые данные не являются необходимыми для решения, но их можно использовать, если так вам будет проще.

Ответ: Уровень воды в сосуде будет таким же, как в начальный момент времени.

Распределение баллов

При решении коротким способом.

1. Записана формула для давления на дно через силу и определение давления — **2 балла**.
2. Записана формула для давления на дно через высоту столба жидкости и формулу гидростатического давления — **2 балла**.
3. Учтено (в любом виде), что в момент отрыва шарика от поверхности воды сила давления на дно не меняется — **2 балла**.
4. Сделан вывод, что уровень воды не изменится — **2 балл**.

При решении длинным способом (порядок пунктов не имеет значения)

1. Записано в любом виде условие равновесия шарика до отрыва льда от поверхности воды, либо выражение или численное значение силы натяжения нити (т.е. подъёмной силы шарика), либо сделано утверждение, что сила натяжения нити не меняется и всё время равна начальному значению — **2 балла**.
2. Записано в любом виде условие равновесия куска льда в начальном состоянии (или, возможно, в любом промежуточном состоянии) — **2 балла**.
3. Присутствует связь объёма воды (или воды + погружённой части льда) и уровня воды в кастрюле — **2 балла**.
4. Найдена масса льда, улетевшего на шарике (или записана общая формула для этой массы), либо масса остальной части льда или объём образовавшейся при таянии воды — **1 балл**.
5. Получен правильный ответ с абсолютной погрешностью не более 1 см — **1 балл**.

4. Запись ударов (10 баллов), Бычков А. И., Крюков П. А.

На рис. 3 вы видите фрагмент амплитудно-временной характеристики звука ударов футбольного мяча о пол, записанного с помощью микрофона и программы Audacity при достаточно большой частоте дискретизации. Цифры над делениями горизонтальной шкалы — время в секундах. Мяч был отпущен без начальной скорости с некоторой высоты. Первый пик соответствует первому столкновению мяча с полом. Определите приближённо:

- 1) с какой высоты был отпущен мяч;
- 2) сколько времени мяч находится в воздухе между пятым и шестым ударами;
- 3) сколько всего времени прыгал мяч.

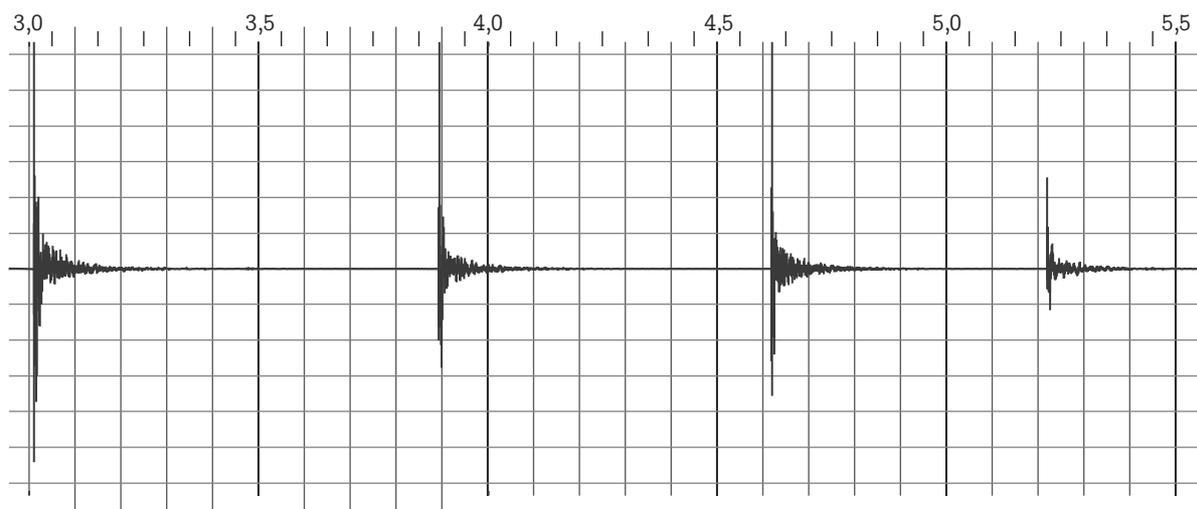


Рис. 3

Ответ: 1) $H_0 = 1,4 \pm 0,2$ м; 2) $t_5 = 0,41 \pm 0,06$ с; 3) $t_S = 5,6 \pm 0,8$ с.

Распределение баллов

1. Высказано предположение о том, что при каждом ударе о пол мяч теряет одну и ту же долю кинетической энергии — **2 балла**.
Если об энергии ничего не сказано, но сделано предположение, что скорость после удара связана со скоростью до удара соотношением $v_{\text{after}} = k \cdot v_{\text{before}}$, при этом значение коэффициента k не зависит от номера удара — **2 балла**.
2. Получено с использованием графика значение коэффициента k , удовлетворяющее неравенству $0,8 < k < 0,84$, — **1 балл**.
3. Найдено значение начальной высоты H_0 , попадающее в диапазон $1,2 \text{ м} < H_0 < 1,6 \text{ м}$, — **2 балла**.
Если высота рассчитывается с физической точки зрения правильно, но полученное значение не попадает в указанный диапазон по тем или иным причинам — **1 балл**.
4. Найдено значение времени между пятым и шестым ударами о пол t_5 , попадающее в диапазон $0,35 \text{ с} < t_5 < 0,47 \text{ с}$, — **2 балла**.
Если время t_{5r} рассчитывается с физической точки зрения правильно, но полученное значение не попадает в указанный диапазон по тем или иным причинам — **1 балл**.
5. Найдено значение общего времени движения t_S , попадающее в диапазон $4,8 \text{ с} < t_S < 6,4 \text{ с}$, — **3 балла**.
Если время t_S рассчитывается с физической точки зрения правильно, но полученное значение не попадает в указанный диапазон по тем или иным причинам — **2 балла**.