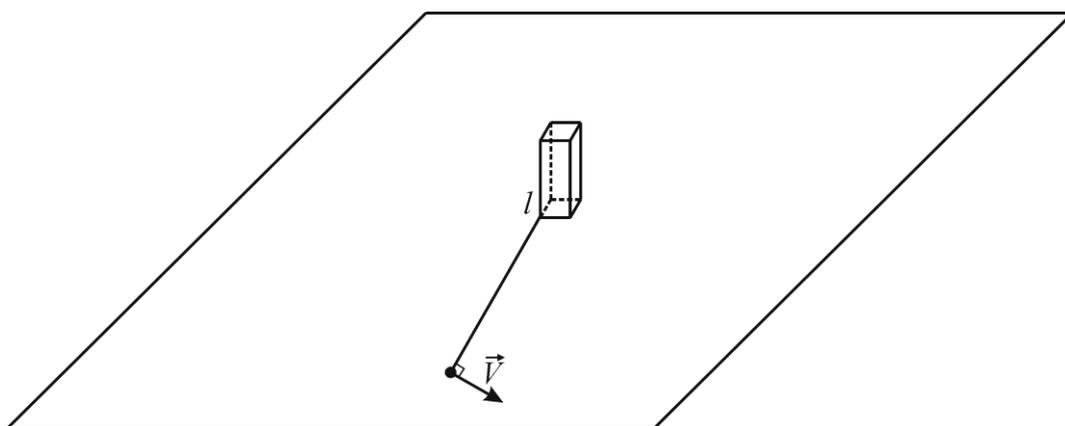


Задача 1 (Е.В. Якута)

На гладкой горизонтальной поверхности закреплен вертикальный столбик, представляющий собой призму с квадратным сечением, причем сторона квадрата равна $a = 10$ см (см. рис.). К столбику на лёгкой нерастяжимой нити длиной $l = 1,05$ м привязан маленький шарик. Нить горизонтальна, а шарик покоится на поверхности. Шарика сообщают скорость $V = 50$ см/с, направленную вдоль поверхности перпендикулярно нити и одной из граней столбика. Спустя некоторое время после этого вся нить наматывается на столбик. Найдите, какой путь пройдет шарик до удара о столбик, и за какое время нить полностью наматывается на него? Длина окружности радиусом R равна $l = 2\pi R$, где $\pi = 3,14$.



Ответ: шарик до удара о столбик пройдет путь $S = \frac{\pi}{2} \left(6l - \frac{5a}{2} \right) \approx 9,5$ м; нить полностью наматывается на столбик за время $t = \frac{S}{V} = 19$ с.

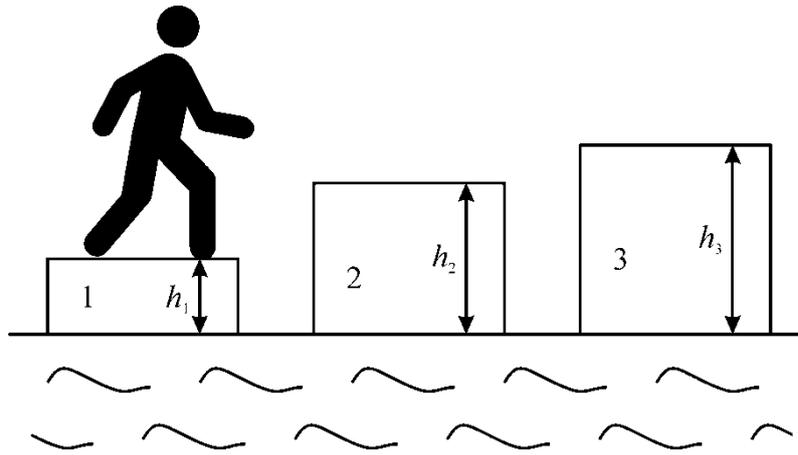
Критерии

- | | |
|--|---------|
| 1. Обоснование того, что скорость шарика всё время остаётся постоянной | 2 балла |
| 2. Указана траектория движения шарика | 2 балла |
| 3. Получено выражение для пути шарика в виде суммы | 2 балла |
| 4. Получено выражение для пути в общем виде (или расчет проведен поэтапно) | 2 балла |
| 5. Найдено время, за которое нить наматывается на столбик | 2 балла |

ВСЕГО: 10 баллов.

Задача 2 (М.Ю. Ромашка)

В соленом океане плавают три небольших айсберга 1, 2 и 3, как показано на рисунке (масштабы соблюдены не везде). Каждый из них имеет форму прямоугольного параллелепипеда. На айсберге 1 стоит человек. Площади поверхностей верхних граней у этих айсбергов одинаковы, а высоты надводных частей равны $h_1 = 5$ см, $h_2 = 10$ см и $h_3 = 12$ см соответственно. Когда человек перешёл с айсберга 1 на айсберг 2, то при равновесии поверхности айсбергов 1 и 2 оказались на одинаковой высоте над уровнем воды. После этого человек перешёл с айсберга 2 на айсберг 3. Определите, какими после этого стали высоты надводных частей каждого из айсбергов, когда вновь наступило равновесие.



Ответ: высоты надводных частей айсбергов 1, 2 и 3 стали равными 7,5 см, 10 см и 9,5 см соответственно.

Критерии

- | | |
|--|---------|
| 1. Записано условие равновесия айсберга | 1 балл |
| 2. Получено выражение для силы Архимеда | 1 балл |
| 3. Указано, что масса каждого из айсбергов с учетом массы человека (если на нём стоит человек) пропорциональна высоте подводной части айсберга | 1 балл |
| 4. Указано, что при переходе человека с одного айсберга на другой второй айсберг погружается в воду на столько же, на сколько всплывает первый | 1 балл |
| 5. Найдена высота надводной части 1-го айсберга | 2 балла |
| 6. Найдена высота надводной части 2-го айсберга | 2 балла |
| 7. Найдена высота надводной части 3-го айсберга | 2 балла |

ВСЕГО: 10 баллов.

Задача 3 (С.Д. Варламов)

Баба Дуся поднимает на цепи из колодца глубиной $h = 10$ м ведро с водой. Масса пустого ведра без воды равна $m_1 = 0,5$ кг, масса цепи длиной h равна $m_2 = 2$ кг, а масса воды, поднимаемой в ведре, равна $M = 8$ кг. Скорость ведра в конце подъема равна нулю. Снимая ведро с цепи, баба Дуся случайно проливает $k = 20\%$ находящейся в нём воды обратно в колодец. Найдите КПД бабы Дуси в процессе подъема воды. Цепь однородна. Полезной считается величина, равная изменению потенциальной энергии доставленной наверх воды, которая в итоге осталась в ведре. Модуль ускорения свободного падения считайте равным $g = 10$ м/с².

Ответ: КПД бабы Дуси в процессе подъема воды равен $\eta \approx 67,4\%$.

Критерии

- | | |
|--|---------|
| 1. Получено (учтено) выражение для изменения потенциальной энергии воды | 1 балл |
| 2. Получено (учтено) выражение для изменения потенциальной энергии ведра | 1 балл |
| 3. Получено (учтено) выражение для изменения потенциальной энергии цепочки | 2 балла |
| 4. Найдена работа, совершенная бабой Дусей (до проливания 20% воды) | 2 балла |
| 5. Найдено, сколько воды в итоге доставлено наверх | 1 балл |
| 6. Найдено «полезное» изменение потенциальной энергии | 1 балл |
| 7. Получено выражение и найдено численное значение КПД | 2 балла |

ВСЕГО: 10 баллов.

Задача 4 (М.Ю. Замятнин)

Экспериментатор Глюк опытным путем получил зависимость коэффициента полезного действия η нового двигателя от температур поступающего в него топлива t_T и окружающего воздуха t_B . Проанализировав результаты этого эксперимента, теоретик Баг обратил внимание на то, что КПД пропорционален разности удвоенной температуры топлива и утроенной температуры воздуха: $\eta = \alpha(2t_T - 3t_B)$, где α – положительный коэффициент.

Публикуя результаты о сенсационном изобретении Глюка, редактор научного журнала Фейк случайно поменял местами строки с численными данными в таблице измерений, и она стала выглядеть так:

η , %	60	64	66	68	69	70	71	72	95	100
t_T , °C	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
t_B , °C	12	13	12	11	9	7	5	3	23	25

1) Восстановите первоначальный вид таблицы.

2) В предположении, что гипотеза Бага верна, определите максимально возможный КПД двигателя Глюка, работающего при любых температурах воздуха и топлива, не выходящих за диапазон температур, приведенных в исходной таблице Глюка.

Ответ: 1) Первоначальный вид таблицы

η , %	12	13	12	11	9	7	5	3	23	25
t_T , °C	60	64	66	68	69	70	71	72	95	100
t_B , °C	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
$2t_T - 3t_B$	24	26	24	22	18	14	10	32	46	50
α , °C ⁻¹	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

2) максимально возможный КПД двигателя в рамках проводившегося эксперимента мог быть равен $\eta_{\text{макс}} = 52\%$.

Критерии

- | | |
|--|---------|
| 1. Сделан вывод о том, что строчка данных «КПД» находится не на месте | 1 балл |
| 2. Обосновано то, что верхняя строчка соответствует температуре t_T | 1 балла |
| 3. Проведен анализ возможных вариантов | 1 балл |
| 4. Сделан перебор возможных вариантов и отсеяны те, которые противоречат условию | 2 балла |
| 5. Выбран правильный вариант | 1 балл |
| 6. Восстановлена таблица | 1 балл |
| 7. Сделан выбор температур, соответствующих максимальному КПД | 2 балла |
| 8. Сделан расчет и найдено численное значение максимального КПД | 1 балл |

ВСЕГО: 10 баллов.