

***Уважаемый участник олимпиады!***

Вам предстоит выполнить теоретические задания. Время выполнения заданий – 230 минут. Выполнение заданий целесообразно организовать следующим образом:

- не спеша, внимательно прочитайте задания;
- не забывайте переносить решения в чистовик, черновики не проверяются;
- решение каждой задачи начинайте с новой страницы;
- задача считается решенной, если в ней приведено полное доказательство или обоснование ответа;
- после выполнения заданий еще раз удостоверьтесь в правильности записанных ответов и решений.
- Решение каждой задачи оценивается целым числом баллов от 0 до 10.

Итог подводится по сумме баллов, набранных участником.

**Задача 1. Блоха**

На абсолютно гладком столе лежит игла массы  $M$  и длины  $L$ . На левом краю иглы  $A$  сидит блоха массы  $m$  и совершает прыжок с начальной скоростью  $v$  относительно стола. Определите, под каким углом относительно поверхности стола прыгнула блоха, если она приземлилась точно на правый конец иглы  $B$ . Ускорение свободного падения  $g$ .

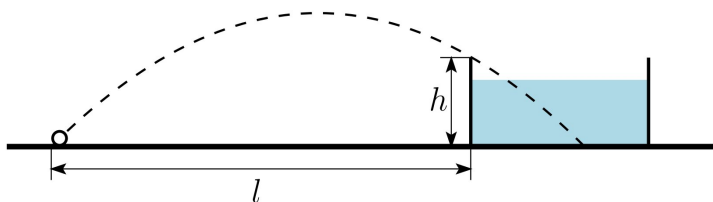
**Задача 2. Шарик**

Великан Фёдор решил проверить свою меткость в поле тяжести  $g$  и попасть шаром в бочку с жидкостью. Бочка высотой  $h$  находилась на расстоянии  $l$  от точки броска. Взяв шар массой  $m$ , удельной теплоёмкостью  $c$  и температурой  $t$ , он бросил его от поверхности земли под углом  $45^\circ$ . Шар, пройдя вплотную к ближайшему краю бочки, упал в неё, не расплескав жидкость. При этом жидкость изначально имела температуру  $t_0$ , удельную теплоёмкость  $10c$  и массу  $6m$ . Найдите:

а) модуль начальной скорости шарика  $v_0$ ;

б) конечную температуру  $t_k$  жидкости и шара после того, как между ними установилось тепловое равновесие.

Тепловым обменом с бочкой и сопротивлением воздуха можно пренебречь. Считайте, что шар полностью погружён в жидкость и его плотность намного превышает плотность жидкости.



### Задача 3. Полет на комете

На бороздящей космос круглой комете очутился неисправный космический корабль. Когда ему потребовалось взлететь, он на короткое время включил двигатель вертикального взлёта и приобрел скорость  $v_y$ , направленную по вертикали вверх от поверхности. Однако в этот же самый момент подул космический ветер, и корабль также приобрел скорость  $v_x$  по горизонтали. Затем, каждый раз, когда он оказывался вблизи поверхности кометы, он включал двигатели так, что вертикальная составляющая скорости корабля оказывалась равной  $2v_y$ ,  $3v_y$ ,  $4v_y$  и так далее. После  $n$ -го такого взлета корабль вернулся в ту же точку, откуда он впервые взлетел. При этом за все время полета пройденные им по горизонтали и по вертикали расстояния оказались равными. Определите количество взлетов  $n$  и радиус кометы  $R$ , если ускорение свободного падения на ней равно  $g$ . Какими будут  $n$  и  $R$ , если  $v_x \gg v_y$ ?

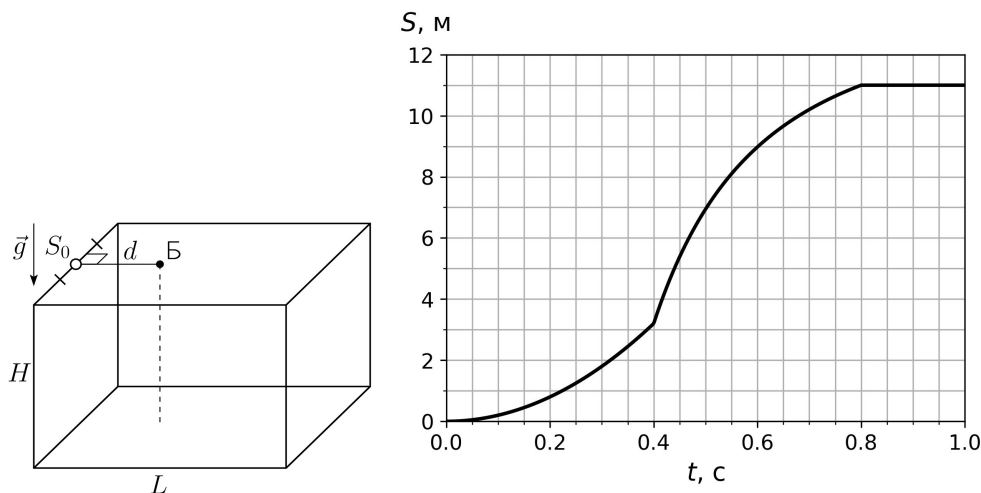
Двигатель корабля включался только в момент приближения к поверхности, изменение вертикальной составляющей скорости корабля считайте мгновенным. Комета не вращается вокруг своей оси. Сумма квадратов натуральных чисел от 1 до  $n$  определяется выражением:  $n(n+1)(2n+1)/6$ .

### Задача 4. Путь тени

В комнате высотой  $H$  и длиной  $L$  посередине ребра между потолком и стеной находится точечный источник света  $S_0$ , как показано на рисунке. Из точки, находящейся на перпендикуляре к ребру на расстоянии  $d$  от источника, без начальной скорости начинает падать болт Б. На рисунке также приведён график пути, пройденного тенью болта от источника  $S_0$  по стене и полу, в зависимости от времени  $t$  от начала падения болта.

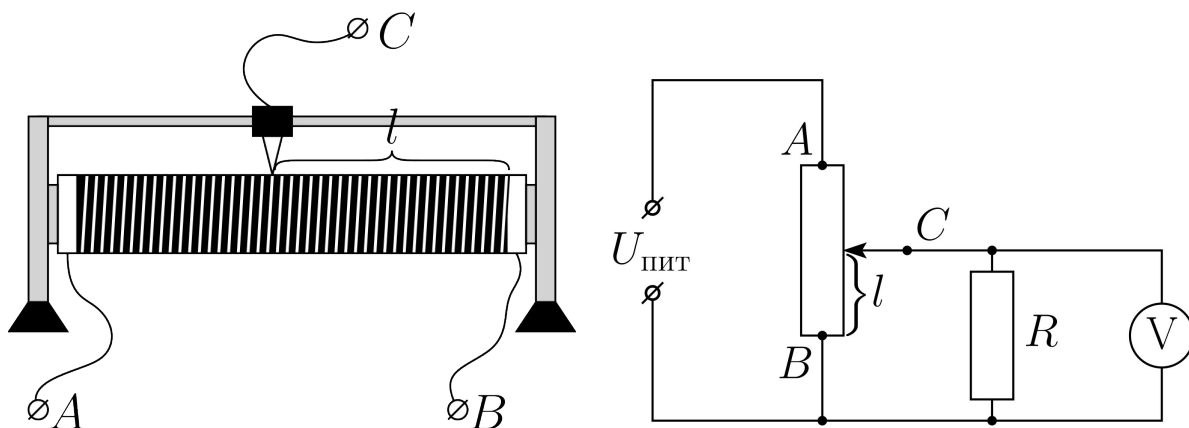
1. Выведите формулы для зависимости пройденного тенью пути от времени в случае, когда тень движется по стене ( $S_1(t)$ ), и в случае, когда тень движется по полу ( $S_2(t)$ ).
2. Найдите высоту  $H$  и длину  $L$  комнаты, расстояние  $d$  от источника света до исходного положения болта.

Ускорение свободного падения взять равным  $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ , размеры болта много меньше характерных размеров комнаты.



### Задача 5. Потенциометр-2

Школьник Саша нашёл в школьной лаборатории вольтметр, резистор с известным сопротивлением  $R = 50 \text{ Ом}$ , источник питания с неизвестным напряжением  $U_{\text{пит}}$  и потенциометр — прибор, очень похожий на реостат, но имеющий три вывода вместо двух. Перемещая ползунок потенциометра, можно менять сопротивления участков от точки А до С и от точки С до В, при этом общее сопротивление потенциометра  $R_0$  остаётся неизменным. Саша собрал схему, показанную на рисунке, и измерил зависимость показаний вольтметра от расстояния  $l$  от точки В до ползунка, которая приведена в таблице. Известно, что при смещении ползунка на  $\Delta l = 1 \text{ см}$ , сопротивление части потенциометра от ползунка до точки В изменяется на  $k = 3 \frac{\text{Ом}}{\text{см}}$ .



$l, \text{ см}$	5	10	20	30	40	45
$U, \text{ В}$	0,47	0,81	1,4	2,09	3,24	4,25

1. Выразите напряжение  $U$ , измеряемое вольтметром, через  $R_0$ ,  $R$ ,  $k$ ,  $l$  и  $U_{\text{пит}}$ .
2. Перепишите полученную формулу в виде  $y = R_0 - U_{\text{пит}} \cdot x$  и определите выражения для  $x$  и  $y$ .
3. Постройте график зависимости  $y(x)$  на имеющемся листке с сеткой и графически определите значения полного сопротивления потенциометра  $R_0$  и напряжения источника питания  $U_{\text{пит}}$ .

Источник питания и вольтметр считайте идеальными.