

### Подсказки по методике решения данных задач:

- Все задачи идейные, решаемые в 2-3 уравнения. Если вы поймали себя на сложном интегрировании/дифференцировании или решении огромного количества длинных уравнений, значит с большой вероятностью вы что-то делаете не совсем так, либо используете не оптимальный путь.
- Не пишите практически никаких слов. Просто делайте схематические рисунки, визуально объясняющие основные идеи с обозначением вводимых переменных. Система оценивания построена на поощрении баллами только за ключевые правильно записанные уравнения и некие идеи, которые можно изобразить схематически. Нет смысла очень подробно описывать логику вашего решения словами. Также лучше не приводить промежуточные вычисления. Системы уравнения предпочтительнее решать на черновике, чтобы не загромождать основное решение.
- Если не можете выразить какую-то переменную, оставьте как есть в предположении, что она известна и решайте системы уравнения до конца с учетом этой переменной. В таком случае убедитесь, что пояснили обозначение выбранного символа.
- Используйте черновик, рисуя и перерисовывая некие наброски в поисках идей. Для нахождения новых идей часто бывает полезно придумать для себя более простую задачу, являющуюся частным случаем, а затем, поняв основную идею, обобщить до более сложного варианта.
- Проверяйте ответ и промежуточные формулы на размерность величин.
- Используйте отведенное время полностью, даже если вам кажется, что никаких идей больше нет. Очень часто правильный метод решения приходит после долгого обдумывания. Также важно перечитывать условия после написания решения, чтобы убедиться, что найденная вами величина именно та, которую требовалось найти.

Удачи!

Продолжительность тура – 5 часов

### Задача 1. Разминка

#### 1А. Нагревание вещества [2.0 балла]

Некое легкоплавкое вещество массой

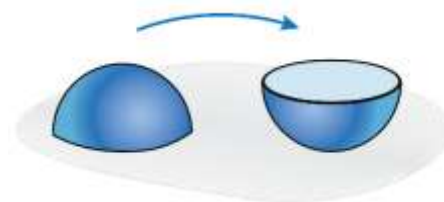


$m_B = 1.0$  кг помещено в теплоизолированный сосуд со льдом массой  $m_L = 1.0$  кг. Удельная теплоемкость вещества в твердом состоянии равна  $c_T = 1000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$ , удельную теплоемкость льда можно считать не зависящей от температуры и равной  $c_L = 2000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$ . Сосуд нагревают кипятильником постоянной мощности. Определите из графика

зависимости температуры смеси от времени удельную теплоту плавления  $L$  данного вещества.

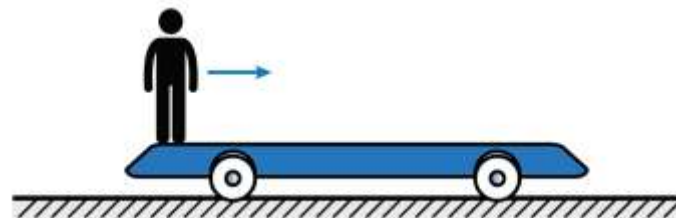
#### 1В. Переворот чашки [3.0 балла]

Чашка в виде тонкой полусферы с радиусом  $R$  и равномерной распределенной массой  $m$  лежит на горизонтальном столе вверх дном. Какую минимальную работу  $A$  необходимо совершить в поле тяжести Земли  $g$ , чтобы перевернуть чашку в нормальное положение.



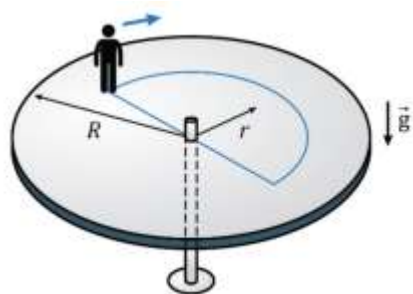
#### 1С. Горизонтальные перемещения [2.0 балла]

Человек массой  $m$  перемещается вдоль платформы на колесах, которая может двигаться по горизонтальной плоскости без трения



Определите, насколько сдвинется платформа относительно земли, если человек перейдет на противоположный край платформы. Длина платформы  $L$ , а ее масса –  $M$ .

**1D. Перемещения по полуокружности [3.0 балла]**

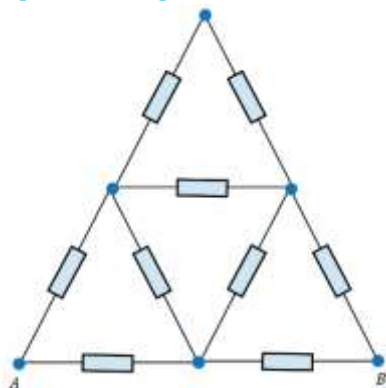


Цилиндрическая платформа радиусом  $R$  и равномерно распределенной массой  $M$  может вращаться без трения вокруг вертикальной оси. Человек массой  $m$  идет по нарисованной на круговой платформе линии, которая имеет вид полуокружности радиусом  $r$ . На какой угол  $\theta$  повернется платформа, когда человек, пройдя по полуокружности, вернется в исходную точку на платформе.

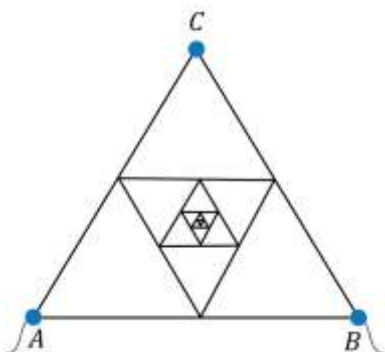
**Задача 2. Резисторы**

**2A. Равносторонние треугольники [3.0 балла]**

Определите эффективное сопротивление системы  $R_1$  из одинаковых резисторов, измеряемое между точками А и В, если сопротивление каждого из элементов данного треугольного соединения равно  $r = 1.0 \text{ Ом}$ .



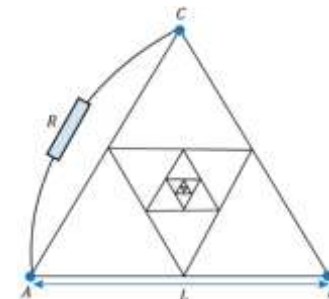
**2B. Треугольный фрактал [4.0 балла]**



Фрактал – это структура, повторяющаяся по форме, но меняющаяся в размерах до бесконечности. Рассмотрим фрактал, сделанный из проволоки, сопротивление единицы длины которой равно  $\rho = 1.0 \text{ Ом/м}$ . Определите эффективное сопротивление треугольного фрактала  $R_2$  из равносторонних треугольников, измеренное между двумя вершинами А и В, если расстояние  $AB = 1.0 \text{ м}$ .

**2C. Фрактал с нагрузкой [3.0 балла]**

Определите эффективное сопротивление  $R_3$ , измеренное между контактами А и В, если к фракталу из предыдущей задачи подсоединили внешнюю нагрузку с сопротивлением  $R = 1.0 \text{ Ом}$ , как показано на рисунке.

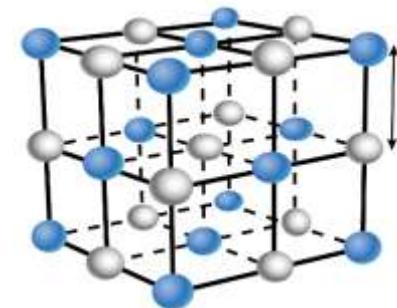


**Задача 3. Кристаллы**

Кристаллы имеют упорядоченную структуру, что позволяет связать их макроскопические свойства, такие как плотность, с микроскопическими параметрами, такими как расстояние между отдельными атомами или ионами.

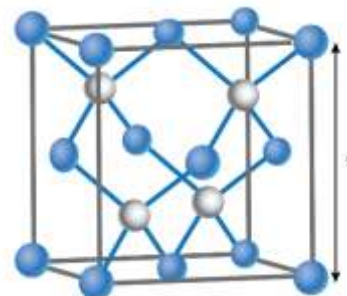
**Часть 3А. Фторид лития LiF [2.0 балла]**

Кристалл фторида лития имеет простейшую кубическую структуру с чередующимися ионами лития и фтора. Определите расстояние  $a$  между ближайшими ионами кристалла LiF, если плотность этого кристалла  $\rho = 2640 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , а молярные массы химических элементов лития и фтора равны  $\mu_{Li} = 6.9 \text{ г/моль}$  и  $\mu_F = 19.0 \text{ г/моль}$ , соответственно.



**Часть 3В. Сульфид цинка ZnS [3.0 балла]**

Сульфид цинка имеет более сложную кристаллическую структуру, с атомами цинка, расположенными в вершинах куба со стороной  $a$  и по центрам каждой из граней куба. Вдобавок, внутри этого куба вкраплены атомы серы (серые шарики). Плотность такого неорганического соединения равна  $\rho = 2635 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , молярные массы цинка и серы  $\mu_{Zn} = 65.4 \text{ г/моль}$  и  $\mu_S = 32.1 \text{ г/моль}$ , соответственно. Найдите характерное расстояние  $a$  кристаллической решетки сульфида цинка.



**Часть 3С. Фаграфен [4.0 балла]**

В результате систематического поиска новых устойчивых структур в 2015 году была обнаружена двумерная карбоновая структура, названная «фаграфен» и состоящая из повторяющихся пяти-, шести- и семи- компонентных углеродных колец. Часть такой бесконечной двумерной структуры изображена далее, с выделенными 5-элементными и 7-ми элементными кольцами.

Подобные двумерные структуры характеризуются параметром  $\sigma$ , который является поверхностной плотностью (масса единицы площади двумерного вещества). Найдите поверхностную плотность фаграфена  $\sigma$ , если известно, что расстояние между атомами углерода в данной структуре равно  $l = 1.5 \cdot 10^{-10}$  м, а масса одного атома углерода равна  $m = 2.0 \cdot 10^{-23}$  кг.

