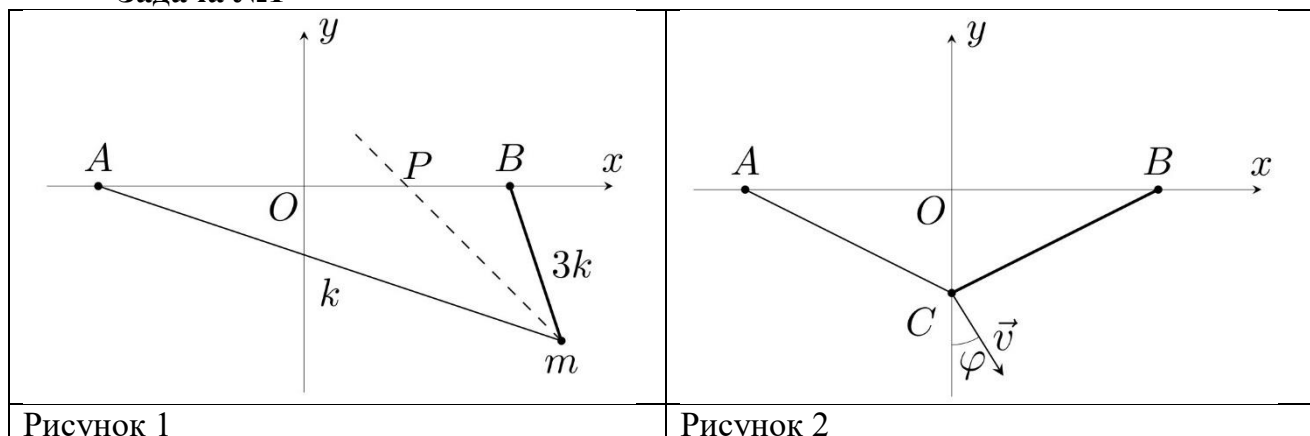


**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по физике.
2024/25 учебный год. 11 класс. Максимальный балл – 50.**

Задача №1



Тело массы m может двигаться по гладкой горизонтальной плоскости, на которой введены декартовы координаты Oxy . Изначально оно удерживается двумя резиновыми жгутами жёсткости k и $3k$, свободные концы которых прикреплены к точкам $A(-l, 0)$ и $B(l, 0)$. Длина жгутов в нерастянutom состоянии пренебрежимо мала по сравнению с l , т.е. натяжение жгутов всегда пропорционально их длине. Со стороны жгутов на тело действует результирующая упругая сила, точку пересечения её линии с осью Ox обозначим за P (рис. 1).

Вопрос №1

Пусть тело находится в точке с координатами (x, y) . Определите выражение для потенциальной энергии жгутов.

Вопрос №2

Найдите координаты точки P , если тело находится в точке с координатами (x, y) .

Вопрос №3

Тело поместили в точку $C(0, -l/2)$. Какую скорость $\vec{v}$ и под каким углом φ (см. рисунок 2) нужно сообщить телу, чтобы его дальнейшее движение происходило по окружности?

Задача №2

Вокруг Земли летает МКС. Воздух внутри находится в тепловом равновесии при давлении 10^5 Па, температуре 300 К и состоит только из азота (28 г/моль) и кислорода (32 г/моль). Быстро летящий космический мусор проделывает в корпусе микроотверстие диаметром 10^{-8} м.

Вопрос №1: Определите отношение количества вылетающих в единицу времени молекул азота и кислорода, если внутри МКС это отношение равно 4:1.

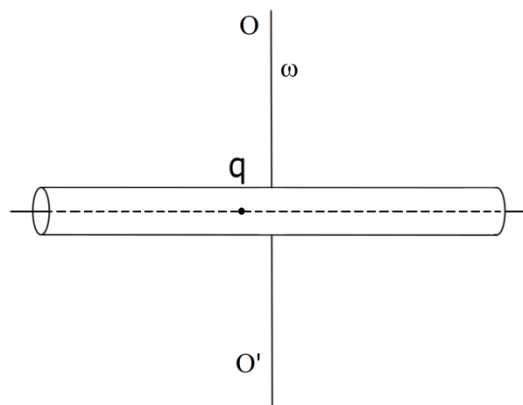
Вопрос №2: Оцените полное количество молекул вылетевших из отверстия за 1 час.

Вопрос №3: Оцените силу, действующую на МКС, за счёт вылетающих молекул.

Отверстие мало по сравнению с длиной свободного пробега молекул. Изменением концентрации газов внутри МКС пренебречь. Постоянная Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ (моль) $^{-1}$, универсальная газовая постоянная – $R = 8,31$ Дж/(моль К).

Задача № 3

Тонкая диэлектрическая трубка радиуса R , длины L ($R \ll L$), и поверхностным зарядом $\sigma > 0$ вращается вокруг оси OO' , перпендикулярной оси трубки и проходящей через ее центр. По оси трубки не касаясь ее может перемещаться маленький шарик с зарядом $q < 0$ и массой m (см. рисунок).



Вопрос №1

Найдите силу взаимодействия трубки и шарика, если он смещен от оси вращения на небольшое расстояние x ($x \ll L$).

Вопрос №2

До какой угловой скорости нужно раскрутить трубку, чтобы шарик начал смещаться из центра?

Вопрос №3

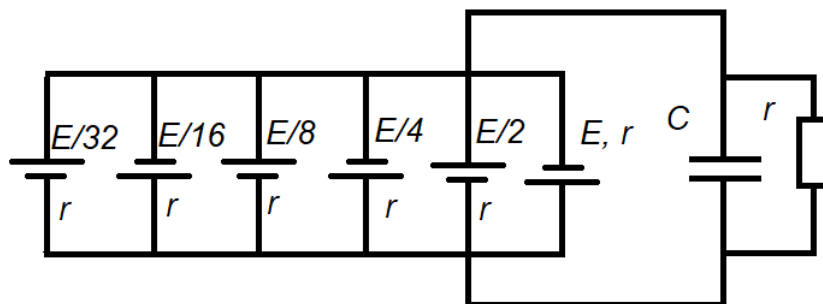
Найдите силу взаимодействия трубки и шарика, если он располагается у края (на торце) трубки.

Вопрос №4

С какой угловой скоростью ω надо вращать трубку, чтобы заряд был неподвижен относительно нее и располагался у края (на торце) трубки?

Задача №4

Талгат нашел множество разных источников и решил с ними поэкспериментировать. Он составил батарею из 6 источников с разными ЭДС (см. рисунок), но с одинаковыми внутренними сопротивлениями r .



Вопрос № 1

Какой заряд будет на обкладках конденсатора емкостью C , присоединенного через такое же сопротивление r к этой батарее, спустя достаточно большой промежуток времени?

Вопрос № 2

От схемы быстро отключили резистор r и пять источников. Оставили только конденсатор и источник с ЭДС E . Какое количество теплоты выделится в оставшейся цепи через достаточно продолжительное время?

Примечание: каждое следующее ЭДС вдвое меньше предыдущего и противоположно ориентировано.

Задача №5

Закона Менделеева – Клапейрона хорошо описывает состояния идеальных газов:

$$PV = \nu RT$$

где R - универсальная газовая постоянная, T - абсолютная температура, P - давление, V – объем, ν – количество вещества. В случае, когда размером частиц или взаимодействием между ними нельзя пренебречь, состояния системы лучше описывается уравнением Ван-дер-Ваальса:

$$\left(P + \frac{a \cdot \nu^2}{V^2}\right)(V - b \cdot \nu) = \nu RT$$

где a , b - некоторые постоянные, зависящие от вещества. Уравнение Ван-дер-Ваальса позволяет описать превращение газа в жидкость, а также объяснить существование критической температуры - температуры, выше которой переход газа в жидкость не происходит при любом увеличении давления.

В таблице представлена зависимость давления от объема для некоторого реального вещества в количестве ν моль при постоянной температуре $25,0^\circ\text{C}$.

P, атм	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0
V, см³	19,06	17,04	15,37	14,11	12,75	11,66	10,80	9,98	9,26
P, атм	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0
V, см³	8,60	7,98	7,44	6,92	6,36	5,87	2,20	1,70	1,57
P, атм	28,0	29,0	30,0	32,0	34,0	36,0	38,0	41,0	45,0
V, см³	1,52	1,49	1,48	1,44	1,41	1,39	1,37	1,34	1,30

В ходе эксперимента выяснилось, что при измерении объема была допущена систематическая ошибка ΔV (все измерения сдвинуты на одинаковую величину). Давление было измерено точно. $1\text{атм} = 10^5\text{Па}$.

Вопрос № 1

Определите давление насыщенного пара вещества при данной температуре.

Вопрос № 2

Постройте график зависимости в координатах $\frac{1}{P}(V)$.

Вопрос № 3

С помощью графика определите количество вещества, используемое в опыте.

Вопрос № 4

С помощью графика определите систематическую ошибку в измерении объема ΔV .

Вопрос № 5

С помощью графика оцените величину b в уравнении Ван-дер-Ваальса.

Вопрос № 6

Оцените линейный размер молекулы вещества.