



# Республиканская физическая олимпиада 2024 года (III этап)

## Теоретический тур

### 9 класс.

**Внимание! Прочтите это в первую очередь!**

1. Полный комплект состоит из трех заданий. Для вашего удобства вопросы, на которые Вам необходимо ответить, помещены в рамки.
2. Каждое задание включает условие задания и Листы ответов. Для решения задач используйте рабочие листы. Часть из них используйте в качестве черновиков. После окончания работы черновые листы перечеркните.

В чистовых рабочих листах приведите решения задач (рисунки, исходные уравнения, математические преобразования, графики, окончательные результаты). Жюри будет проверять чистовые рабочие листы. Кроме того, каждое задание включает Листы ответов. В соответствующие графы Листов ответов занесите окончательные требуемые ответы. Для построения графиков, которые требуется по условию задачи, в Листах ответов подготовлены соответствующие бланки. Графики стройте на этих бланках. Дублировать их в рабочих листах не требуется.



3. При оформлении работы каждое задание начинайте с новой страницы. При недостатке бумаги обращайтесь к организаторам!
4. Подписывать рабочие листы запрещается.
5. В ходе работы вы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, инженерный калькулятор.
6. Со всеми вопросами, связанными с условиями задач, обращайтесь к организаторам олимпиады.

Пакет заданий содержит:

- титульный лист (1 стр.);
- условия 3 теоретических заданий с Листами ответов (6 стр.).

**Задание 9-1. Прогрессивная динамика**

В данном задании действие силы тяжести не учитывать. Внимание! Рисунки носят качественный характер: реальные пропорции сил на них не соблюдены.

**1.1** На материальную точку массой  $m = 23,2$  кг действуют двенадцать сил (Рис. 1), расположенных в одной плоскости, самая «маленькая» из которых равна  $F_1 = 10$  Н и направлена вдоль оси  $Ox$ . Известно, что каждая следующая сила больше предыдущей на  $\Delta F = 10$  Н и повернута на угол  $\alpha = 30^\circ$  (см. Рис. 1). Найдите ускорение  $\vec{a}_1$  материальной точки.

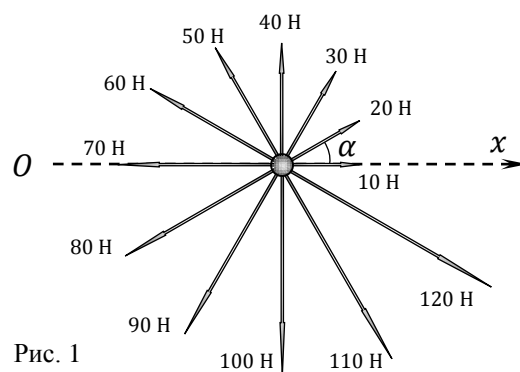


Рис. 1

**1.2** Рассмотрим общий случай. Пусть на материальную точку массой  $m$  (Рис. 2) действует система из  $n$  сил ( $\vec{F}_1; \vec{F}_2; \vec{F}_3; \dots; \vec{F}_{n-1}; \vec{F}_n$ ), расположенных в одной плоскости на одинаковом угловом расстоянии  $\alpha = \frac{2\pi}{n}$  друг от друга. Известно, что модуль  $F_{i+1}$  каждой следующей силы больше модуля  $F_i$  предыдущей на  $\Delta F$ . Найдите ускорение  $\vec{a}_2$  материальной точки.

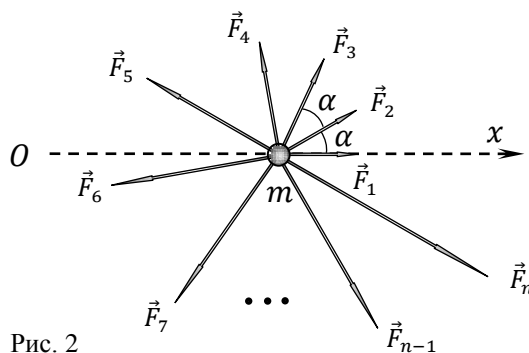


Рис. 2

**1.3** Используя общее выражение, полученное для  $\vec{a}_2$  в предыдущем пункте, вычислите ускорение  $\vec{a}_1$  для первого пункта задачи.

**Лист ответов. Задание 9-1. Прогрессивная динамика**

**1.1** Ускорение  $\vec{a}_1$  материальной точки:

**1.2** Ускорение  $\vec{a}_2$  материальной точки:

**1.3** Вычисление ускорения  $\vec{a}_1$  для первого пункта задачи по формуле п. 1.2:

### Задание 9-2. Двойное скольжение

Справочные данные и параметры рассматриваемых систем: трением и сопротивлением воздуха в данном задании пренебречь.

**1.1 «Шарик и параллелепипед»** Небольшой шарик, привязанный легкой нерастяжимой нитью к вертикальной стенке в точке  $O$  (Рис. 1), свисает с параллелепипеда размерами  $a \times b$  (в плоскости рисунка), слегка касаясь горизонтальной поверхности. Параллелепипед начинают двигать вправо с постоянной скоростью  $\vec{v}$ . Найдите скорость  $\vec{u}_1$  шарика в процессе его скольжения по вертикальной стенке параллелепипеда. Опишите его траекторию на этом участке движения, укажите её существенные параметры. Считайте, что в процессе движения шарик не отрывается от параллелепипеда.

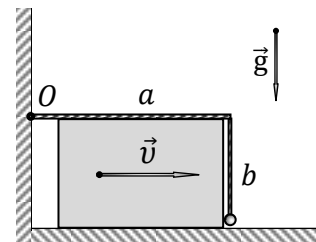


Рис. 1

**1.2 «Шарик и наклонная плоскость»** Усложним задачу и рассмотрим небольшой шарик, привязанный легкой нерастяжимой нитью к стене, который лежит на наклонной плоскости (Рис. 2), слегка касаясь горизонтальной поверхности. Наклонную плоскость начинают двигать вправо с постоянной скоростью  $\vec{v}$ . Найдите скорость  $\vec{u}_2$  шарика в процессе его скольжения по наклонной плоскости. Опишите его траекторию на этом участке движения, укажите её существенные параметры. Считайте, что в процессе движения шарик не отрывается от наклонной плоскости. Угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha$ , ее длина  $l$ .

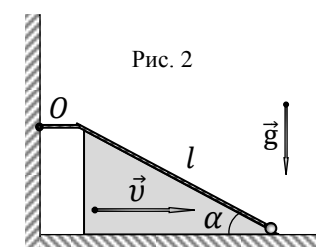


Рис. 2

**1.3 «Шарик и полусфера»** Еще более усложним задачу и рассмотрим небольшой шарик на легкой нерастяжимой нити, который лежит на полусфере (Рис. 3), слегка касаясь горизонтальной поверхности. Полусферу начинают двигать вправо с постоянной скоростью  $\vec{v}$ . Найдите скорость  $\vec{u}_3(x)$  шарика в процессе его скольжения по полусфере в момент времени, когда полусфера сместилась на расстояние  $x$  ( $x < R$ ). Опишите его траекторию на этом участке движения, укажите её существенные параметры. Считайте, что в процессе движения шарик не отрывается от полусферы. Радиус полусферы  $R$ .

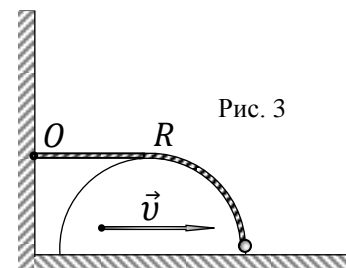


Рис. 3

**Лист ответов. Задание 9-2. Двойное скольжение**

**1.1** Скорость  $\vec{u}_1$  шарика:

Траектория шарика:

**1.2** Скорость  $\vec{u}_2$  шарика:

Траектория шарика:

**1.3** Скорость  $\vec{u}_3(x)$  шарика:

Траектория шарика:

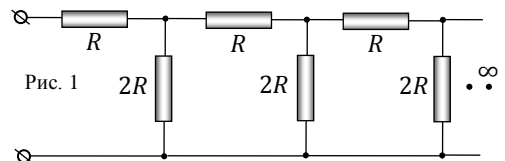
### Задание 9-3. Конечная бесконечность

**1.1 «Шаг за шагом ...»** Рассмотрим линейную электрическую цепь из резисторов  $R$  и  $2R$ , составленную из одинаковых повторяющихся звеньев (Рис. 1).

Интересно, что сопротивление  $R_\infty^*$  такой цепи будет конечным даже при бесконечном числе звеньев ( $n \rightarrow \infty$ ).

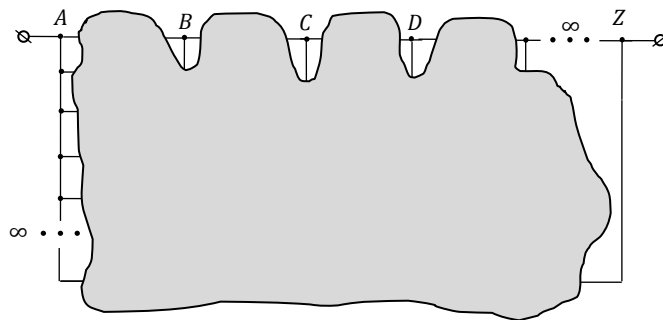
Пусть  $R_n$  – сопротивление конечной линейной цепи при  $n$  ( $n = 1, 2, 3, \dots, \infty$ ) звеньях. Назовем *относительной погрешностью оценки*  $R_\infty^*$  величину  $\varepsilon_n = \frac{R_n - R_{n+1}}{R_n}$ , выраженную в процентах.

Найдите сопротивления одного звена  $R_1$  данной цепи, её двух звеньев  $R_2$ , а также относительную погрешность  $\varepsilon_1$  оценки  $R_\infty^*$ . Далее проделайте такую же процедуру с  $R_2$  и  $R_3$ , найдите  $\varepsilon_2$ . Продолжайте данную процедуру шаг за шагом до тех пор, пока относительная погрешность  $\varepsilon_n$  оценки  $R_\infty^*$  не станет меньше одного процента ( $\varepsilon_n < 1,0\%$ ). При каком значении  $n$  это произошло? Чему равно  $R_n$ ?



**1.2 «Линейная бесконечность»** Найдите точное значение сопротивления  $R_\infty^*$  всей бесконечной линейной цепочки (Рис. 1).

**1.3 «Плоская бесконечность»** Из резисторов  $R$  и  $2R$  на плоскости собрана бесконечная электрическая цепь  $AZ$  (Рис. 2), некоторые части которой стерты (затонированы). Известно, что данная цепь обладает следующим свойством: сопротивление  $R_{AB}$  первого звена цепи равно сопротивлению  $R_{AC}$  её двух первых звеньев, которое, в свою очередь, равно сопротивлению  $R_{AD}$  первых трех звеньев цепи и т.д. (до бесконечности). Восстановите стертые (затонированные) участки цепи на рисунке. Найдите сопротивление  $R_\infty^{**} = R_{AZ}$  восстановленной вами бесконечной плоской цепи.



**Лист ответов. Задание 9-3. Конечная бесконечность**

**1.1** Сопротивление одного звена  $R_1$ :

Сопротивление двух звеньев  $R_2$ :

Относительная погрешность  $\varepsilon_1$ :

Сопротивление трех звеньев  $R_3$ :

Относительная погрешность  $\varepsilon_2$ :

Значение  $n$  :

**1.2** Значение сопротивления  $R_\infty^*$  :

**1.3** Сопротивление  $R_\infty^{**} = R_{AZ}$ :

Восстановленная схема: