



# Республиканская физическая олимпиада 2022 года (Заключительный этап)

## Теоретический тур

### 9 класс.

1. Полный комплект состоит из трех заданий.
2. Для вашего удобства вопросы, на которые Вам необходимо ответить, помещены в рамки.
3. При оформлении работы каждое задание начинайте с новой страницы. При недостатке бумаги обращайтесь к организаторам!
3. Подписывать рабочие листы запрещается.
4. В ходе работы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, калькулятор.
5. Со всеми вопросами, связанными с условиями задач, обращайтесь к организаторам олимпиады.



Постарайтесь внимательно прочитать условия задач!

Может, вам покажется, что условия задач слишком длинные. Но мы сочинили их такими, чтобы Вам было легче решать. Поверьте, иногда решения короче таких условий! Не теряйте присутствия духа, смело беритесь за решение каждой задачи. Помните, оцениваются не только полные решения, но и их отдельные части и даже отдельные здравые мысли.

Пакет заданий содержит:

- титульный лист (1 стр.);
- условия 3 теоретических задач (3 стр.).

## Задание 1. Неоднородная разминка.

*Задание состоит из 3 не связанных между собой задач.*

Развитие технологий (в том числе нанотехнологий) привело к созданию материалов с необычными свойствами, часто их называют метаматериалы. Описанию некоторых таких материалов и посвящено данное задание.

### Задача 1.1

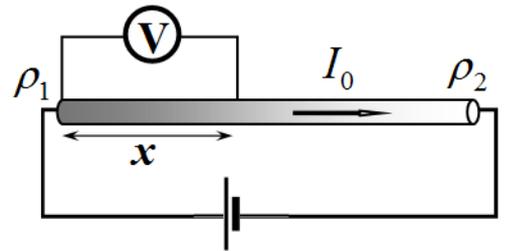
Тонкий стержень длины  $l$  изготовлен из материала, плотность которого изменяется по линейному закону от значения  $\rho_1$  на одном конце до  $\rho_2$  на другом. Стержень располагают горизонтально на двух опорах, расположенных под концами стержня.



**1.1** Найдите отношение модулей сил реакции опор  $\frac{T_1}{T_2}$ .

### Задача 1.2

Тонкий проводящий стержень длины  $l$  и площади поперечного сечения  $S$  изготовлен из материала, удельное электрическое сопротивление которого изменяется вдоль стержня. Для исследования зависимости удельного сопротивления от координаты  $\rho(x)$  по стержню пропускают постоянный электрический ток, сила которого равна  $I_0$ . Затем к одному концу стержня подключают клемму вольтметра, в другую к точке на стержне, находящейся на расстоянии  $x$ .



В результате измерений оказалось, что зависимость показаний вольтметра от координаты  $x$  описывается функцией

$$U(x) = ax + bx^3,$$

Где  $a$  и  $b$  - известные постоянные величины.

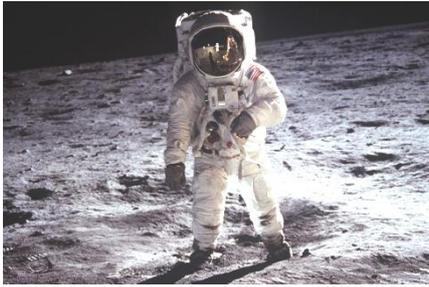
**1.2** Найдите зависимость удельного сопротивления материала стержня от координаты  $\rho(x)$ .

### Задача 1.3

Два одинаковых бруска изготовлены из материала, удельная теплоемкость которого линейно зависит от температуры. При температуре  $t_1 = 10,0^\circ\text{C}$  удельная теплоемкость брусков равна  $c_0$ , а при температуре  $t_2 = 20,0^\circ\text{C}$  она становится равной  $2c_0$ . Первый брусок находится при температуре  $t_1$ , а второй при температуре  $t_2$ . Бруски приводят в тепловой контакт. Через некоторый промежуток времени температура первого бруска увеличилась на  $\Delta t_1 = 3,0^\circ\text{C}$ .

**1.3** Пренебрегая потерями теплоты в окружающую среду, рассчитайте на сколько градусов изменилась температура второго бруска.

## Задание 2. Лунная гравитация.



Для значительного уменьшения веса в земных условиях (например, при тренировках космонавтов) можно использовать богатые возможности современной науки и техники: от лифта до самолёта (Рис. 1). Рассмотрим некоторые из них.

Силой сопротивления воздуха в первой части данной задачи можно пренебречь. Ускорение свободного падения на поверхности Земли  $g = 9,81 \frac{M}{c^2}$ , а на Луне в  $\eta = 6,06$  меньше.

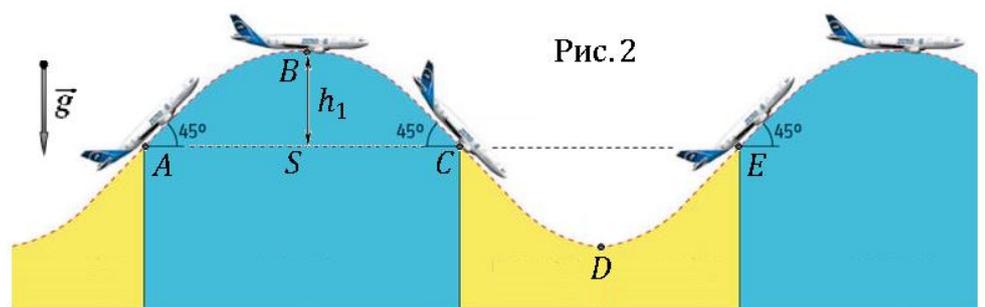
### Часть 1. «Идеальная» лунная гравитация.

В этой части задачи будем понимать под «лунной невесомостью» механическое состояние системы, при котором её вес уменьшается в  $\eta = 6,06$  раза, т.е. «по ощущениям» становится равным весу на Луне (Рис. 1). Будем также считать, что сила сопротивления воздуха  $F_c$  мала, и ей можно пренебречь.

Рассмотрим лифт, который может двигаться с любым ускорением по вертикальной шахте (как вверх, так и вниз!).

**1.1** В каком направлении, и с каким ускорением  $a_1$  необходимо двигать лифт, чтобы его пассажиры испытали «лунную невесомость»?

Для создания «лунной невесомости» при тренировках космонавтов в земных условиях используются полёты авиации по круговой траектории с «приглушенными» двигателями (сила тяги  $F_T = 0$ ).



Пусть самолёт, находясь в точке  $A$ , и имея скорость  $v_0 = 650 \frac{KM}{ч}$  направленную под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту, переходит на круговую траекторию  $ABC$  (см. Рис. 2) некоторого радиуса.

**1.2** Найдите, при каком радиусе  $R$  круговой траектории пассажиры (и экипаж!) будут испытывать в точке  $B$  «лунную невесомость»?

**1.3** Вычислите максимальную высоту подъёма  $h_1$  самолёта и его дальность полёта  $S = |AD|$  по горизонтали.

**1.4** В точке  $C$  траектории (на начальной высоте) пилоты переводят машину на «симметричную» окружность  $CDE$ . Чему равна перегрузка  $\eta = \frac{a_2}{g}$  пассажиров в нижней точке  $D$  траектории, где  $a_2$  – модуль ускорения самолёта в точке  $D$ ?

### Часть 2. «Реальная» лунная гравитация.

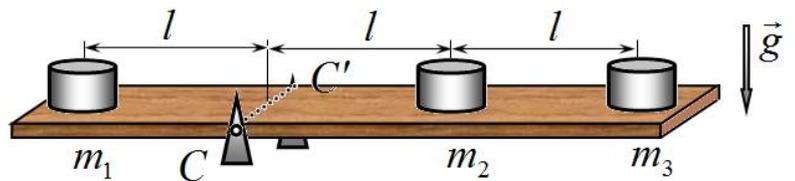
В этой части задачи учтем силу сопротивления воздуха  $F_C$ , и будем считать, что она пропорциональна квадрату скорости самолёта:  $F_C = -\beta v^2$ , где  $\beta$  – некоторый постоянный коэффициент сопротивления. Пилоты по-прежнему стараются получить «лунную невесомость» в точке  $B$ .

**2.1** Найдите отношение мощностей двигателя в точках  $A$  и  $B$   $n = \frac{P(A)}{P(B)}$ .

**2.2** При движении вблизи точки  $C$  пересечения верхней и нижней окружностей (т.е. практически «по прямой») пассажиры испытывают резкий толчок. С чем, по вашему мнению, связано данное явление?

### Задание 3. Три груза.

Жесткая доска может поворачиваться вокруг горизонтальной оси  $CC'$ , закрепленной на опорах. На доске располагают три груза, расположение которых показано на рисунке.



Массы грузов равны  $m_1, m_2, m_3$ , массой доски следует пренебречь. Доску удерживают в горизонтальном положении, а затем отпускают.

**3.1** Выразите ускорение  $a_1$  груза  $m_1$  сразу после отпускания доски через массы всех грузов и ускорение свободного падения  $g$ .

**3.2** Рассчитайте ускорение груза  $m_1$  сразу после отпускания доски при  $m_1 = 3m_0$ ,  $m_2 = 10m_0$ ,  $m_3 = m_0$ .