

ное задание включало в себя спектрометрические измерения. Участникам олимпиады надо было продемонстрировать умения проводить фотометрические измерения, исследовать распределение энергии в спектре, нормировать свои результаты по кривым излучения абсолютно черного тела. Во втором экспериментальном задании требовалось исследовать трение скольжения при наличии тормозящей магнитной силы.

Российские школьники в теоретическом туре олимпиады набрали 63% от максимально возможного числа баллов, а в экспериментальном – 78,5%. Эти результаты позволили сборной России занять второе место в неофициальном командном зачете, получив 173,2 балла из 250 возможных. В личном зачете результаты наших школьников таковы: А.Вахов – 40,1 б. (золотая медаль), Е.Панов – 38,1 б. (золотая медаль), М.Ротаев – 33,5 б. (серебряная медаль), В.Вавилов – 32,8 б. (серебряная медаль), С.Жук – 28,7 б. (бронзовая медаль). Отметим, что у Е.Панова это уже вторая золотая медаль (первая была завоевана на предыдущей международной олимпиаде).

Таким образом, все участники команды РФ получили медали. Таких команд оказалось всего 5 – Китай (5 золотых медалей!), Россия, Венгрия, Иран и США.

Ниже приводятся условия теоретических задач, предлагавшихся на XXXI Международной физической олимпиаде.

Теоретический тур

Задача 1

А. Прыгун привязан к концу длинного упругого жгута. Другой конец жгута прикреплен к высокому мосту. Прыгун делает шаг и падает с моста вниз к реке с нулевой начальной скоростью. Он не достигает воды. Масса прыгуна m . Длина нерастянутого жгута L . Жесткость жгута k . Ускорение свободного падения g .

Вы можете предположить, что

– прыгуна можно рассматривать как материальную точку массой m , привязанную к концу жгута;

– масса жгута пренебрежимо мала по сравнению с m ;

– в течение всего времени полета можно пренебречь сопротивлением воздуха.

Получите следующие выражения:

а) расстояние y , которое прыгун пролетел к моменту первой полной остановки;

б) максимальную скорость прыгуна v_m , достигнутую в процессе падения;

с) время t полета прыгуна до первой полной остановки.

В. Тепловой двигатель работает, используя два одинаковых тела, имеющих первоначально различные температуры T_1 и T_2 ($T_1 > T_2$). Каждое тело имеет массу m и неизменную удельную теплоемкость c . Тела поддерживаются при постоянном давлении и не меняют своего фазового состояния.

а) Представьте подробный вывод выражения для конечной температуры T двух тел в предположении, что тепловой двигатель совершил максимальную теоретически возможную механическую работу.

б) Получите выражение для макси-

мально возможной механической работы A_m .

с) Тепловая машина работает между двумя емкостями с водой объемом $2,50 \text{ м}^3$. Температура воды в первой емкости 350 К, а во второй 300 К. Вычислите по этим данным максимальную механическую работу.

С. Предполагается, что к моменту окончательного формирования Земли в ней присутствовали изотопы ^{238}U и ^{235}U , но не продукты их распада. Распад ^{238}U и ^{235}U используется для оценки возраста Земли τ .

а) Период полураспада изотопа ^{238}U составляет $4,5 \cdot 10^9$ лет. Периоды полураспада продуктов распада в получающейся радиоактивной цепочке намного меньше, и в первом приближении ими можно пренебречь. Цепочка распада заканчивается на стабильном изотопе свинца ^{206}Pb . Найдите число атомов ^{206}Pb , обозначаемое n , которое получается в процессе радиоактивного распада за время t , как функцию числа N атомов ^{238}U , сохранившихся к настоящему моменту, и периода полураспада ^{238}U . (Если вам удобно, используйте в качестве единицы времени 10^9 лет).

б) Аналогично, ^{235}U распадается с периодом полураспада $0,710 \cdot 10^9$ лет через цепочку короткоживущих продуктов, заканчивающуюся стабильным изотопом ^{207}Pb . Получите выражение для n через N и период полураспада ^{235}U .

с) Урановая руда, загрязненная рудой свинца, анализируется при помощи масс-спектрометра. Измерения относительных концентраций изотопов

^{204}Pb , ^{206}Pb и ^{207}Pb дают соотношения $1,00 : 29,6 : 22,6$ соответственно. Изотоп ^{204}Pb используется для калибровки; он не является продуктом радиоактивного распада. Анализ чистой свинцовой руды дает соотношения $1,00 : 17,9 : 15,5$. Зная, что отношение концентраций $^{238}\text{N} : ^{235}\text{N}$ равно $137 : 1$, получите выражение для возраста Земли τ .

д) Предполагая, что τ много больше периодов полураспада обоих изотопов урана, рассчитайте приближенное значение возраста Земли.

е) На самом деле это приближенное значение не является значительно большим по сравнению с наибольшим периодом полураспада, но оно может быть использовано для более точного расчета величины τ . Произведите такой расчет и оцените возраст Земли с точностью 2%.

Д. Заряд Q равномерно распределен в вакууме по объему шара радиусом R .

а) Получите выражение для напряженности электрического поля на расстоянии R от центра шара для $r \leq R$ и $r > R$.

б) Получите выражение для полной электрической энергии, связанной с этим распределением заряда.

Е. Тонкое медное кольцо вращается относительно вертикальной оси, проходящей через его диаметр, в магнитном поле Земли. Величина индукции магнитного поля Земли в данной точке равна $44,5 \text{ мкТл}$. Вектор индукции направлен под углом 64° к горизонтальной вниз. Определите, за какое время угловая скорость кольца уменьшится вдвое, если известно, что плотность меди равна $8,90 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, а ее удельное сопротивление равно $1,70 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Это время много больше времени одного оборота. Трением в опорах и сопротивлением воздуха можно пренебречь. При решении данной задачи вы можете не учитывать явление самоиндукции, хотя на самом деле оно играет определенную роль.

Задача 2

а) Катодная лучевая трубка (КЛТ), состоящая из электронной пушки и экрана, помещена в однородное постоянное магнитное поле с магнитной индукцией, равной B и параллельной

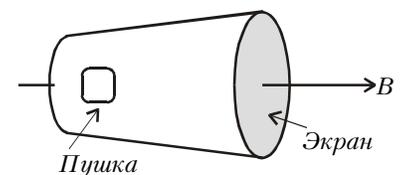


Рис. 1