

XXVIII Международная физическая олимпиада

С 13 по 21 июля 1997 года в городе Садбюри (Канада) состоялась очередная международная олимпиада школьников по физике. В ней приняли участие 266 учащихся из 56 стран мира.

Команду России представляли пять школьников из различных регионов Российской Федерации:

Воронов Артем — г. Челябинск, физико-математический лицей 31;

Кожемяк Алексей — г. Санкт-Петербург, физико-математический лицей 239;

Макаров Алексей — г. Сергиев Посад, физико-математическая школа 2;

Пестун Василий — г. Санкт-Петербург, физико-математический лицей 239;

Чувиков Алексей — г. Ноябрьск, средняя школа 10.

Участникам олимпиады были предложены три теоретические задачи, каждая из которых оценивалась в 10 баллов, и одна экспериментальная, оцениваемая в 20 баллов. Таким образом, максимальное число баллов, которое мог набрать участник олимпиады, равно 50.

Команда России выступила успешно, заняв (в неофициальном командном зачете) первое командное место и по сумме баллов, и по количеству медалей, опередив как традиционно сильные команды Китая, США, Великобритании, Германии, Румынии, так и команды, быстро прогрессирующие в последние годы, — Ирана, Сингапура, Южной Кореи, Австралии, Украины. Российские школьники получили 4 золотые медали (Кожемяк А. — 44,5 б.; Чувиков А. — 44,2 б.; Пестун В. — 43,5 б.; Воронов А. — 41,2 б.) и 1 серебряную медаль (Макаров А. — 37,0 б.). Кроме того, Чувиков А. получил специальный приз, учрежденный Европейским физическим обществом, за лучший баланс при выполнении заданий теоретического и экспериментального туров. Общая сумма баллов нашей команды — 211. Далее следуют команды Китая — 210,5 баллов (3 золотые и 2 серебряные медали), Ирана — 194 балла (1 золотая, 3 серебряные и 1 бронзовая медали), Австралии — 185,25 баллов (2 золотые, 1 серебряная и 1 бронзовая медали), Германии — 185 баллов (1 золотая, 2 серебряные и 2 бронзовые медали), Великобритании — 180,75 баллов (2 серебряные и 3 бронзовые медали), США — 180 баллов (1 золотая, 1 серебряная и 3 бронзовые медали), Сингапура — 170,75 баллов (1 золотая, 1 серебряная и 3 бронзовые медали).

Следует отметить, что вся команда России выступила сбалансированно, набрав 137 баллов в теоретическом туре (91,3% от максимального числа) и 74 балла (74% от максимального числа) в экспериментальном. Это — отличный результат, если учесть, что уровень заданий был очень высок и требовал от участников блестящей физической и хорошей математической подготовки. Успех команды в определенной степени можно объяснить новой системой отбора и подготовки школьников, принятой в 1996 году. Кандидаты сборной для участия в международной олимпиаде, после отбора по результатам Всероссийской физической олимпиады 1996 года, занимались на двухнедельном летнем сборе на базе Московского физико-технического института экспериментом, затем — традиционный десятидневный зимний отборочный сбор, участие во Всероссийской олимпиаде 1997 года, учебно-тренировочный месячный летний сбор и серия домашних заданий как теоретических, так и экспериментальных. Кандидаты в сборную писали тесты — большое количество небольших заданий, выполняемых за ограниченное время.

Ниже приводятся условия задач теоретического тура олимпиады.

Задача 1 (пять частей этой задачи не связаны друг с другом)

а) Небольшое тело подвешено на конце невесомой идеальной пружины и колеблется вверх и вниз с частотой

собственных колебаний f . Какой станет новая частота колебаний, если пружину укоротить в два раза и подвесить к ней то же тело? (1,5 балла)

б) В соответствии с моделью атома

Бора, радиус атома водорода в основном состоянии равен $a_0 = 0,0529$ нм. Чему равен радиус атома «мюонного водорода», в котором электрон заменен на мюон? Заряд мюона равен заряду электрона, а его масса в 207 раз больше массы электрона. Считайте, что масса протона значительно больше массы мюона. (2 балла)

с) Средняя температура Земли составляет $T = 287$ К. Какой стала бы новая температура Земли, если бы среднее расстояние между Землей и Солнцем уменьшилось на 1%? (2 балла)

д) В один из дней воздух был абсолютно сухим и имел плотность $\rho = 1,2500$ кг/м³. На следующий день влажность воздуха увеличилась, и воздух стал содержать 2% (по массе) водяного пара. Давление и температура в этот день остались теми же самыми, что и в предыдущий. Чему стала равна плотность воздуха в этот день? Средняя молярная масса сухого воздуха $28,8 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, молярная масса воды $18,0 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Считайте воздух идеальным газом. (2 балла)

е) Вертолет может зависнуть в воздухе, если механическая мощность двигателя равна P . Какой должна быть механическая мощность двигателя у уменьшенной модели этого вертолета, все линейные размеры которой в два раза меньше оригинала, чтобы он тоже мог зависнуть в воздухе? (2,5 балла)

Задача 2. Стабильность атомных ядер

Все энергии в этой задаче выражены в МэВ ($1 \text{ МэВ} = 1,6 \cdot 10^{-13}$ Дж, хотя это не обязательно знать для решения данной задачи).

Масса M атомного ядра, состоящего из Z протонов и N нейтронов (т.е. ядра с атомной массой (массовым числом) $A = N + Z$), равна сумме масс отдельных нуклонов, составляющих ядро (протонов и нейтронов), минус энергия связи, деленная на c^2 , т.е. B/c^2 :

$$Mc^2 = Zm_p c^2 + Nm_n c^2 - B.$$

Энергия связи, приходящаяся на один нуклон, т.е. B/A , называется удельной энергией связи. Чем больше удельная энергия связи, тем стабильнее ядро. На