Math-Net.Ru
Общероссийский математический портал

А. Чудновский, Ю. Григорьев, XX Международная олимпиада школьников «Туймаада». Физика, *Квант*, 2013, номер 4, 51–52

https://www.mathnet.ru/kvant1973

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
https://www.mathnet.ru/rus/agreement

Параметры загрузки:
IP: 18.97.14.84
19 января 2026 г., 11:43:22

XX Международная олимпиада школьников «Туймаада». Физика

Нынешним летом состоялась юбилейная, XX Международная олимпиада «Туймаада» по физике, математике, информатике и химии. В этой статье мы расскажем о физической части олимпиады, которая проходила в Якутске с 17 по 24 июля 2013 года. Участники соревновались, как обычно, в двух лигах: старшей и младшей (жюри распределяет участников по лигам в зависимости от их возраста и класса). Олимпиада в каждой лиге состояла из двух туров: теоретического и экспериментального. Условия задач выдавались на русском и английском языках, а решения участники писали на родном языке, которым для большинства стал язык физики и математики. Согласно программе олимпиады по физике, участникам могут быть предложены задачи на любые темы, содержащиеся в углубленной школьной программе (в младшей лиге — за исключением тем, относящихся к двум последним классам).

Российские и зарубежные школьники, желающие испытать свои силы на олимпиаде «Туймааду» по физике в следующем году, и их преподаватели могут согласовать организационные вопросы, связанные с участием, с жюри олимпиады по физике (fiztuy@mail.ru). Авторы оригинальных задач (как теоретических, так и экспериментальных) могут прислать их методической комиссии (achudn@mail.ru) — лучшие задачи войдут в итоговый комплект и после олимпиады будут опубликованы в образовательных журналах.

Ниже представлены теоретические и экспериментальные задачи для старшей лиги (статья с задачами для младшей лиги опубликована в 9 номере журнала «Потенциал» за 2013 год) и список дипломантов олимпиады по обеим лигам.

ЗАДАЧИ ДЛЯ СТАРШЕЙ ЛИГИ

Теоретический тур

Задача 1. Составной стержень

Два однородных металлических стержня одинакового поперечного сечения поочередно подвешивают за один конец. При этом их удлинения составляют $\Delta L_1 = 3$ мм и $\Delta L_2 = 5$ мм. Известны отношения плотностей (ρ_1 и ρ_2) и модулей Юнга (E_1 и E_2) сплавов, из которых изготовлены первый и второй стержни соответственно: $\rho_1/\rho_2 = 0,4$ и $E_1/E_2 = 6$.

1) Чему равно отношение длин L_1 и L_2 недеформированных стержней?

2) Определите общее удлиннение ΔL составного стержня (последовательно соединенных обоих стержней), подвешенного за один конец.

Задача 2. Диссоциация водорода

После выброса протуберанца вблизи Солнца образовалось расширяющееся водородное облако. В некоторый момент времени небольшая внутренняя часть облака имела объем $V_1 = 1\ \text{км}^3$ и температуру $T_1 = 4500$ К. Какой объем V_2 будет занимать эта часть, когда ее температура понизится до $T_2 = 3500$ К? Считайте, что данная часть облака расширяется адиабатически и находится в механическом равновесии с окружающим газом. В рассматриваемом диапазоне температур доля диссоциировавших молекул водорода зависит от температуры линейно, уменьшаясь от $\eta_1 = 0,8$ при T_1 до $\eta_2 = 0,2$ при T_2. Известно, что энергия диссоциации одной молекулы водорода $W = 4,5$ эВ, число Авогадро $N_A = 6,0 \cdot 10^{23}\ \text{моль}^{-1}$, элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, универсальная газовая постоянная $R = 8,3$ Дж/(моль · К).

Указание. Интегралы от отношений многочленов можно вычислить, если предварительно алгебраически привести дроби к простейшему виду. Кроме того, напомним основные формулы интегрирования:

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C \ \text{ при } \ n \neq -1, \ \int \frac{dx}{x} = \ln|x| + C.$$

Задача 3. Колебания заряда

По непроводящему кольцу радиусом R равномерно распределен заряд с линейной плотностью ρ. В центре кольца находится точечный заряд q массой m. Найдите период T малых колебаний этого заряда в плоскости кольца.

Задача 4. Масса фотона

Экспериментатор Глюк наблюдает затмение двойной звезды, свет от которой доходит до Земли за время $T = 4$ года. Будучи большим скептиком, Глюк не верит, что у фотона нет массы, и для доказательства наличия этой массы ищет запаздывание приходящего от звезды красного света по сравнению с синим. Желание опровергнуть основы физики у Глюка огромное, а аппаратура — несовершенная. В результате он «обнаруживает», что красный свет запаздывает на $\tau = 0,1$ с по сравнению с синим. Чему равна масса m фотона по мнению Глюка? Скорость света в вакууме $c = 3,0 \cdot 10^8$ м/с, постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж · с, длина волны красного света $\lambda_1 = 700$ нм, длина волны синего света $\lambda_2 = 450$ нм.

Указание. При $nx \ll 1$ справедливо приближение $(1+x)^n \approx 1 + nx$.

Экспериментальный тур

Задача 5. Мощность взрыва воздушного шарика

Полная энергия, которая выделяется при взрыве, по традиции называется мощностью взрыва, хотя правильнее было бы назвать эту величину энергией взрыва. Численное значение мощности взрыва обычно указывают в тротиловом эквиваленте, который имеет смысл массы тротила, при взрыве которого выделяется такое же количество энергии. Например, мощность взрыва при падении 15 февраля 2013 года Челябинского метеорита составила в тротиловом эквиваленте около 500 кт (килотонн) по оценкам NASA и примерно 150 кт по оценкам РАН. На основании усредненных экспериментальных данных принято, что энергия, выделяющаяся при взрыве одного грамма тротила, равна $Q = 1$ ккал $= 4184$ Дж. Таким образом, мощность взрыва при падении Челябинского метеорита была порядка 10^{15} Дж.

В данной задаче предлагается оценить мощность взрыва воздушного шарика и определить критические параметры резины, из которой он изготовлен. Атмосферное давление $p_0 = 760$ мм рт.ст. $= 10^5$ Па.

1) Снимите зависимость избыточного давления Δp в шарике от его объема V и изобразите результаты на графике.

2) Определите критические избыточное давление Δp_{max} и объем V_{max} шарика, при которых он лопается.

3) Оцените энергию $W_{упр}$ упругой деформации оболочки в момент взрыва шарика.

4) Оцените энергию $W_{воз}$ ударной воздушной волны, возникающей из-за резкого расширения воздуха в шарике (без учета влияния оболочки).

5) Вычислите общую мощность взрыва W шарика в тротиловом эквиваленте и доли $\eta_{упр}$ и $\eta_{воз}$ каждой из найденных выше составляющих.

6) Оцените максимальную относительную деформацию ε_{max} и максимальное механическое напряжение σ резины, из которой изготовлен шарик.

Оборудование: три воздушных шарика, имеющих форму сосиски, груша или маленький поршневой насос известного объема, медицинский манометр, тройник, соединительные трубки, миллиметровая бумага, бумажный метр, штангенциркуль, ножницы, скотч, беруши (вставлять в уши).

ДИПЛОМАНТЫ ОЛИМПИАДЫ

по младшей лиге

№	участник	диплом
1	Иван Утешев (Республика Мордовия)	I
2	Виктор Тясин (Республика Мордовия)	I
3	Иван Карасев (Республика Мордовия)	II
4	Кристиан Дутеску (Румыния)	II
5	Роман Тепайкин (Республика Мордовия)	II
6	Глеб Овчаров (Владивосток)	III
7	Ирина Понамарева (Владивосток)	III
8	Андрей Борисов (Иркутск)	III
9	Дмитрий Татаркин (Республика Мордовия)	III

по старшей лиге

№	участник	диплом
1	Владимир Ситнов (Бийск)	I
2	Игнат Иоан (Румыния)	I
3	Антон Дегтяренко (Владивосток)	I
4	Рауль-Алекс Пипис (Румыния)	II
5	Хориа-Петру Николаеску (Румыния)	II
6	Айсиэн Иванов (Республика Саха (Якутия))	II
7	Кристиан Захария (Румыния)	II
8	Наталия Дмитриева (Иркутск)	III
9	Айаал Новгородов (Республика Саха (Якутия))	III
10	Аян Сегизбай (Казахстан)	III

Публикацию подготовили А.Чудновский, Ю.Григорьев

НАШИ НАБЛЮДЕНИЯ

Пилотируемая полоска

Игрушка, о которой сегодня пойдет речь, появилась всего несколько лет назад, ее английское название – tumblewing. Это прямоугольная бумажная полоска с четырьмя короткими разрезами и с четырьмя отогнутыми крылышками – двумя боковыми и двумя продольными. Шаблон для изготовления пилотируемой полоски представлен на рисунке 1.

Рис. 1. Шаблон для изготовления полоски

Размеры внешнего прямоугольника 5×24 см, размеры внутреннего, ограниченного пунктирными линиями, по которым будут проводиться сгибы, 3×19 см.

Лучший материал для изготовления пилотируемой полоски – это лист бумаги из телефонной книги. Вырежьте из такого листа заготовку указанных размеров. Сделайте на ней четыре коротких разреза и отогните крылышки, как написано на рисунке 1 и показано на рисунке 2 – и полоска готова. Для ее пилотирования понадобится еще картонка размером 50×50 см.

Рис. 2. Готовая пилотируемая полоска

Перед началом полетов полоску нужно «настроить», чтобы в свободном падении она двигалась прямолинейно и не заворачивала в ту или другую сторону. Возьмите полоску за продольное крылышко. Держите ее перед собой так, чтобы ее левое боковое крылышко находилось слева от вас. Движением вперед-вниз закрутите и запустите полоску. Если вращающаяся полоска в полете отклоняется влево, то чуть влево отклоните и оба боковых крылышка. Если полоска поворачивает вправо, то соответственно отклоните их вправо. За несколько запусков удастся добиться прямолинейного полета. И теперь можно приступать к пилотированию.

Если идти вперед с чуть наклоненной к себе картонкой, то над ее верхней кромкой возникнет восходящий воздушный поток. Ваша задача – посадить вращающуюся полоску на гребень этой воздушной волны. Перед запуском держите картонку перед собой в одной руке, а полоску – в другой, вытянутой над головой. Запустите полоску и с картонкой в руках начните движение вперед, стараясь подхватить вращающуюся полоску. Потренировавшись, вы научитесь не только пилотировать полоску вдоль прямой, но и осуществлять с ней повороты и передвигаться на большие расстояния.

Заметим, что пилотирование полоски возможно только в замкнутых помещениях при отсутствии сквозняков и других воздушных потоков.

Подробные описания и демонстрации полетов можно посмотреть на сайтах:

- http://www.youtube.com/watch?v=LefTqarcvCI
- http://sciencetoymaker.org/tumblewing/makeTumblewing.htm

А.Панов