



Инженерная олимпиада школьников

Важнейшей задачей, стоящей сегодня перед всей образовательной системой страны, является привлечение школьников к выбору инженерных и технических образовательных траекторий, а в более общем плане – ориентация современной молодёжи на науку и технику. Ведь сегодня выбирают физику как один из предметов для сдачи ЕГЭ (а это показатель того, чего хочет школьник) не более 25 % выпускников 11 класса. Государственные рычаги (административные и экономические), которые позволили в середине прошлого века решить проблему технологического отставания СССР от США в области атомного оружия (и не только), в настоящее время не действуют. Кроме того, существенно изменилось общество. Двадцатый век был веком науки и техники, и это совсем не пустые слова. Все школьники знали, что такое дифференциал и жиклёр, в чём разница между напряжением 127 и 220 В, и даже имевшие двойку по физике могли перебрать настольную лампу, почистить контакты в розетке и т. д. Сегодня же в развитых странах сформировано потребительское отношение к технике: зачем знать, как работает техника, если она работает. Поэтому боимся, что далеко не все современные отличники смогут справиться с простейшими бытовыми приборами, с которыми нам приходится сталкиваться.

Что же нужно, чтобы «поприворнуть» школьников к науке и технике? Многое. Конечно, главное – это общественная значимость, востребованность и экономическая состоя-

тельность профессии учёного и инженера. Но не только. Если школа не подготовит хороших, квалифицированных выпускников, если они не пойдут в технические вузы, если не будут напряжённо и ответственно учиться в вузе, осваивая трудную, но интересную профессию инженера, наша страна недополучит многих Чепелановых, Поповых, Королёвых, Курчатовых, Туполевых. Поэтому нужно и повышать уровень школьного образования, и всячески пропагандировать среди молодёжи достижения науки и техники, квалифицированно рассказывать о проблемах, надеждах и перспективах современных наукоёмких технологий. Важно заинтересовать молодых людей наукой и техникой и показать им, какими интересными являются такие занятия (да простят нас уважаемые «юристы и экономисты», но сравнить занятия наукой или создание новых инженерных устройств с вычитыванием положений и регламентов или занесением чужих зарплат в сводные таблицы мы никак не можем).





В настоящее время определённый общественный поворот в направлении науки и техники произошёл – в настроениях школьников, родителей, СМИ. В частности, на нашем телевидении есть хорошие научно-популярные передачи и программы, рассчитанные на самую разную аудиторию. Достаточно вспомнить научные программы канала «Дискавери» с блестящим составом ведущих, программу «Академия» канала «Культура», научно-популярный цикл «Смешарики» для самых маленьких (что особенно сложно и важно делать!), программу «Галилео» и др. Но во всей этой просветительской работе есть один существенный изъян: она, как правило, происходит в отрыве от тех знаний по математике, физике, информатике, химии, биологии, которые дети получают в школе, и потому не даёт школьникам возможности попробовать вкус настоящей инженерной работы и мысли, почувствовать, что их школьные знания могут быть основой их будущей профессии. И здесь, на наш взгляд, могут помочь олимпиады для школьников.

В 2012 году пять крупнейших технических университетов – Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», Самарский государственный аэрокосмический университет (национальный исследовательский университет), Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ), Нижегородский государственный технический университет – решили провести олимпиаду, которая позволила бы заинтересовать школьников инженерными направлениями обучения и мотивировать лучших из них к инженерному творчеству и инженерному образова-

нию. Этую олимпиаду было решено назвать «Инженерной олимпиадой школьников». Отметим, что состав вузов-организаторов олимпиады неслучен, все они представляют регионы с развитой наукой и промышленностью – «инженерную ось России».



Олимпиада проводилась в два тура – отборочный и заключительный – одновременно на базе всех вузов-организаторов и на региональных площадках, созданных вузами-организаторами в Санкт-Петербурге, Москве, Нижнем Новгороде, Самаре и Димитровграде Ульяновской области. В отборочном туре олимпиады (в сумме на всех площадках) приняли участие около 1 000 школьников, к заключительному туру допущено около 300.

Главное отличие инженерной олимпиады от «стандартных» олимпиад для школьников заключалось в принципах составления заданий и в самих олимпиадных заданиях. Изначально было ясно, что инженерная олимпиада должна быть межпредметной, но всё-таки главным предметом должна быть физика. Ведь именно физика является основой большинства современных технологий. Конечно, во всех задачах должны



рассматриваться те или иные инженерные системы. Конечно, в задании должны быть представлены задачи оценки – ведь современный инженер должен уметь «на пальцах» оценить ту или иную проблему и выполнить тот или иной расчёт. Конечно, задание не должно выходить за рамки школьной программы и должно быть решаемым лучшими школьниками. И, конечно, задание не должно быть примитивным, может быть напротив, даже выглядеть сложным и непонятным. И, конечно, оно должно быть «красивым» и интересным. «Красивым» и интересным и для физиков, и для инженеров, и для школьников. Удалось ли нам это сделать, судить не нам. Но мы провели опрос участников олимпиады после выхода их из аудиторий. «Сложно и непонятно»,

Задание заключительного тура «Инженерной олимпиады школьников»

1. Поплавковый регулятор уровня, состоящий из двуплечего рычага ABC с поплавком D и запирающего трубопровод клапана E , служит для перекрытия трубопровода в момент заполнения бака водой (см. рис. 1).

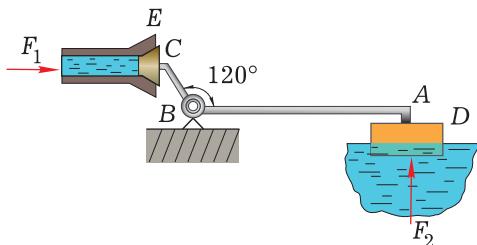


Рис. 1

В этот момент плечо AB рычага располагается горизонтально. Приняв $AB = 300$ мм, $BC = 30$ мм и силу давления воды на клапан $F_1 = 60$ Н, определить значение действующей на поплавок подъёмной силы F_2 . Весом частей механизма пренебречь.

«Мы такого не проходили», «А нам было интересно». И хотя последние отзывы звучали не так часто, как нам хотелось бы, они были! И ещё одно занятное наблюдение. На инженерной олимпиаде была гораздо более рабочая обстановка, чем на наших «обычных» олимпиадах – школьники решали задачи, а не пытались подглядывать к соседям или искать способ связи с «внешним миром». Им действительно было интересно.

В будущем году мы обязательно продолжим эту олимпиаду и приглашаем всех желающих принять в ней участие. Следите за сайтами вузов-организаторов.

Авторы выражают благодарность замечательному педагогу и популяризатору науки К.Ю. Богданову за полезные обсуждения.

2. Баллон, содержащий некоторое количество кислорода, разрывается при испытаниях при температуре $t_1 = 727$ °С. Такой же баллон, содержащий смесь вдвое меньшего количества кислорода и вчетверо меньшего (по массе) количества неизвестного газа, разрывается при температуре $t_2 = 127$ °С. Какой это газ? $\mu_{O_2} = 32$ г/моль.

3. Для организации дорожного движения по типу «зелёный коридор» рассматривается следующая модель: вдоль бесконечно длинной дороги на одинаковом расстоянии l стоят светофоры (рис. 2). На каждом периодически включается и через время T выключается красный свет, затем на то же самое время включается зелёный, причём на каждом следующем светофоре красный свет включается в тот момент, когда на предыдущем включается зелё-



ный. Найти все возможные периоды работы светофоров T , при которых возможно равномерное безостановочное движение машины со скоростью v . Машина начинает движение со светофора в момент включения на нём зелёного света.

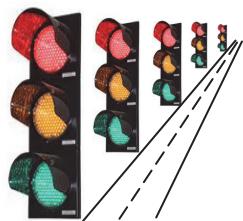


Рис. 2

4. «Чёрный ящик» (коробка с неизвестной схемой) имеет две пары выводов (рис. 3). Если к выводам 1 приложить напряжение U , то идеальный вольтметр, подсоединеный к выводам 2, покажет напряжение $U/2$.

Если же напряжение U приложить к выводам 2, то вольтметр, подсоединеный к выводам 1, покажет напряжение U . Предложить схему «ящика» (такого рода схему принято называть делителем напряжения).



Рис. 3

5. Для получения дугового разряда на постоянном токе при электросварке применяется электрическая цепь, показанная на рис. 4. Электрическая дуга горит на промежутке $a - b$ между электродом (\mathcal{E}) и металлической заготовкой (3), включённой в цепь. Вольтамперную

характеристику дуги (зависимость напряжения U_{a-b} на участке $a - b$ от электрического тока в дуге I) можно приблизённо представить в виде

$$U_{a-b} = A + \frac{B}{I}$$

($A = 55$ В и $B = 45$ В · А – известные постоянные). При каком максимальном значении сопротивления балластного резистора R будет гореть дуга? Напряжение источника $\mathcal{E} = 85$ В, все элементы цепи (кроме балластного резистора) омического сопротивления не имеют. Каким будет ток в дуге, если сопротивление балластного резистора составляет половину того максимального значения, при котором горит дуга?

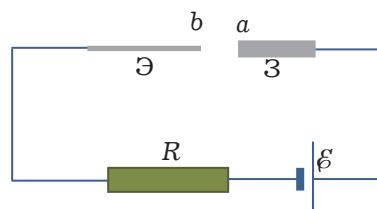


Рис. 4



6. Парашютист спускается на Землю с раскрытым парашютом. Оценить его скорость. Значения всех необходимых для оценки величин выберите сами, исходя из своих знаний, опыта и здравого смысла.

Решения

1. Условие равновесия рычага (уравнение моментов относительно точки B (см. рис. 1)) даёт

$$F_1 \cdot BC \cos 30^\circ = F_2 \cdot AB.$$

Отсюда находим

$$F_2 = \frac{F_1 BC \cos 30^\circ}{AB} = 5,2 \text{ Н.}$$

2. Из закона Клапейрона – Мен-



делеева находим предельное давление, которое выдерживает баллон:

$$p_0 = \frac{mRT_1}{\mu_{O_2} V},$$

где $T_1 = 727 + 273 = 1000$ К – начальная абсолютная температура газа в баллоне.

Закон Дальтона для смеси газов во втором баллоне в момент его разрыва даёт

$$p_0 = \left(\frac{m/2}{\mu_{O_2}} + \frac{m/4}{\mu_x} \right) \frac{RT_2}{V},$$

где $T_2 = 127 + 273 = 400$ К – абсолютная температура смеси газов в момент разрыва баллона, μ_x – молярная масса неизвестного газа. Приравнивая эти два выражения, получим:

$$\mu_x = \frac{\mu_{O_2}}{2} \frac{T_2}{2T_1 - T_2} = 4 \text{ г/моль.}$$

Таким образом, неизвестный газ – это гелий.

3. Задачу удобно решать графически. Построим координатную плоскость, на которой будем строить зависимость координаты машины от времени и на которой покажем области светофоров и интервалы времени, когда светофоры «закрыты». Эта плоскость показана на рис. 5, области работы светофоров (C_1, C_2, C_3 и т. д.) – розовыми отрезками, график зависимости координаты машины от времени является наклонной прямой, выходящей из начала координат. Посмотрим, как можно провести такие прямые, которые не пересекают розовые отрезки. Ясно, что прямая, пересекающая область первого светофора в тот момент, когда на нём зажжётся первый (после начала движения машины) зелёный после первого красного света, не будет пересекать никакой розовый отрезок. Поэтому если

$$T_1 = \frac{l}{v},$$

то машина будет двигаться без остановки на светофорах. Ясно также, что любая другая наклонная прямая, пересекающая область первого светофора от момента времени T до момента $2T$, обязательно пересечёт какой-нибудь розовый отрезок.

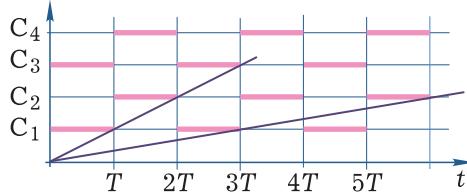


Рис. 5

Аналогично прямая, пересекающая область первого светофора в момент $3T$, также не пересечёт никакой розовый отрезок. Это определяет второе значение периода работы светофоров, при котором машина может двигаться со скоростью v , нигде не останавливаясь:

$$T_2 = \frac{l}{3v}.$$

И т. д. Поэтому машина будет двигаться без остановки, если

$$T = \frac{l}{v}, \quad \frac{l}{3v}, \quad \frac{l}{5v}, \quad \frac{l}{7v} \text{ и т. д.}$$

Отметим, что если бы число светофоров было конечно, то вместо каждого из приведённых чисел существовал бы некоторый интервал значений периода работы светофоров. Предлагаем читателю рассмотреть такой случай самостоятельно.

4. Внутри чёрного ящика последовательно соединены два одинаковых сопротивления. Выводы 1 подсоединенны к обоим, выводы 2 – только к одному из них (рис. 6).

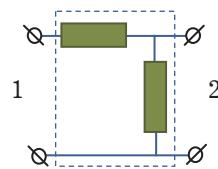


Рис. 6



5. Сумма напряжений на элементах замкнутого контура равна нулю. Поэтому имеем (см. рис. 4):

$$\mathcal{E} = IR + U_{a-b} = IR + A + \frac{B}{I},$$

или

$$I^2R + (A - \mathcal{E})I + B = 0.$$

Решая квадратное уравнение, получим:

$$I_{1,2} = \frac{\mathcal{E} - A \pm \sqrt{(\mathcal{E} - A)^2 - 4BR}}{2R}.$$

Корни существуют, если дискриминант положителен: $(\mathcal{E} - A)^2 > 4BR$. Отсюда находим максимальное сопротивление балластного резистора, при котором будет гореть дуга:

$$R_{max} = \frac{(\mathcal{E} - A)^2}{4B} = 5 \text{ Ом.}$$

Если $R = R_{max}/2$, то ток в дуге определяется уравнением

$$I^2 \frac{(\mathcal{E} - A)^2}{8B} + (A - \mathcal{E})I + B = 0.$$

Решая квадратное уравнение, получаем:

$$I_{1,2} = \frac{4B(\sqrt{2} \pm 1)}{(\mathcal{E} - A)\sqrt{2}}.$$

Устойчивому горению дуги отвечает корень со знаком «+». Это связано с тем, что при зажигании дуги в промежутке между электродом и заготовкой находится немного свободных электронов, вылетевших из электрода при его нагревании благодаря замыканию цепи (чтобы зажечь дугу, электродом касаются заготовки,

вызывая появление тока и нагревание электрода). После этого возникает множественная ионизация молекул воздуха свободными электронами (благодаря чему дуга и светится) и соответственно резкое падение сопротивления разрядного промежутка. Поэтому в результате увеличивается ток и уменьшается напряжение на дуге – устойчивым оказывается ток, отвечающий большему значению корня:

$$I = \frac{4B(\sqrt{2} + 1)}{(\mathcal{E} - A)\sqrt{2}} = 10,3 \text{ А.}$$

6. Пусть установившаяся скорость парашютиста v , радиус парашюта r . Тогда при движении парашютист за время Δt разгоняет до своей скорости массу воздуха, равную

$$\Delta m = \rho v \Delta t S$$

(ρ – плотность воздуха), сообщая, следовательно, ей импульс

$$\Delta p = \Delta m v = \rho v^2 \Delta t S.$$

Поэтому парашют действует на воздух с силой

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \rho v^2 S.$$

При установившейся скорости эта сила равна силе тяжести парашютиста mg . Поэтому

$$v = \sqrt{\frac{mg}{\pi \rho r^2}} \approx 5 \text{ м/с}$$

для значений $m = 10^2$ кг, $g = 10$ м/с², $\rho = 1$ кг/м³ и $r = 3$ м.

*Материал к публикации подготовили Е.Б. Весна,
С.Е. Муравьев, В.И. Скрытный, НИЯУ МИФИ (Москва),
И.Ю. Ляхов, НГТУ им. Р.Е. Алексеева (Нижний Новгород).*

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Блицответы

- Почему охотник, когда стреляет, закрывает один глаз?
 - Потому что если он закроет оба глаза, то ничего не увидит.
- ***
- Какой ты знаешь пример прозрачного вещества?
 - Щель в заборе.