

## ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ

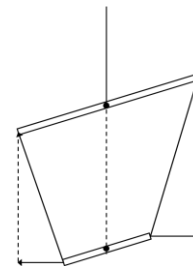
### ВАРИАНТ 27991 для 9-го класса

1. Концы двух однородных стержней разной длины привязаны друг к другу двумя нитями разной длины так, что два стержня и две нити образуют четырехугольник. Один из стержней подвесили за середину. Докажите, что в подвешенном состоянии образованная стержнями и нитями фигура будет трапецией.

#### **Решение.**

Очевидно, центры масс стержней должны находиться на одной вертикали, иначе на систему будет действовать нескомпенсированные моменты внешних сил тяжести и реакции подвеса.

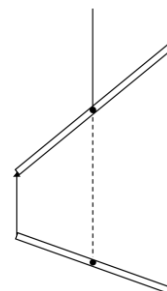
Допустим сначала, что нити не вертикальны. Поскольку центры стержней находятся на одной вертикали, горизонтальные проекции нитей одинаковы (см. рисунок 1).



Рассмотрим равновесие нижнего стержня. Чтобы горизонтальная проекция суммы сил, действующих на стержень, равнялась нулю, силы натяжения нитей должны иметь одинаковые горизонтальные проекции, следовательно, величины сил натяжения должны быть пропорциональны длинам нитей.

Чтобы момент сил (относительно центра стержня), действующих на нижний стержень, равнялся нулю, нужно, чтобы нормальные к стержню проекции сил натяжения нитей были одинаковы, следовательно, стержни должны быть параллельны. Таким образом, они являются основаниями трапеции.

Однако длины стержней и нитей могут быть таковы, что трапеция, в которой основаниями были бы стержни, невозможна (например, длины стержней равны, а нитей – различны). В этом случае нужно отказаться от исходного допущения и считать, что нити вертикальны (см. рисунок 2). Тогда горизонтальная проекция суммы сил, действующих на нижний стержень, равна нулю автоматически, а из равенства нулю момента сил следует, что силы натяжения нитей равны. В этом случае основаниями трапеции являются нити.



Отметим, что любой четырехугольник можно без изменения длин сторон деформировать в трапецию, в которой основаниями будет либо одна пара противоположных сторон четырехугольника, либо другая

2. Переменный резистор, включенный по схеме 1, позволяет изменять сопротивление участка цепи в пределах от 0 до 4 кОм. Определите в каких пределах будет изменяться сопротивление участка цепи, если тот же переменный резистор подключить как показано на схеме 2.

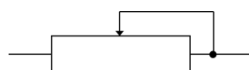


Схема 1

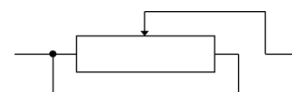


Схема 2

#### **Решение.**

При включении по первой схеме номинал резистора должен быть 4 кОм (нижний предел сопротивления – крайнее левое положение движка, верхний предел – крайнее правое). Если такой же резистор будет включен по второй схеме, то нижний предел регулирования сопротивления будет равен 0 (в крайнем левом или крайнем правом положениях движка), а верхний достигается при положении движка посередине. При этом две половины резистора по 2 кОм оказываются включены параллельно, поэтому верхний предел сопротивления будет 1 кОм.

Олимпиада школьников «Надежда энергетики». Заключительный этап.

3. Студенческий летний лагерь НИУ «МЭИ» расположен в Крыму недалеко от города Алушта. Однажды студенты отправились на морскую экскурсию на теплоходе. Теплоход двигался с постоянной скоростью  $v_1 = 15$  узлов прямолинейным курсом. Студенты увидели в трех милях к югу от теплохода катер, идущий постоянным курсом со скоростью  $v_2 = 26$  узлов. Через некоторое время студенты заметили этот катер точно за кормой теплохода, причем в этот момент расстояние между судами стало наименьшим (всего 1,5 мили). Определите курс теплохода.

ЗАМЕЧАНИЯ: 1. 1 узел = 1 миля/час.

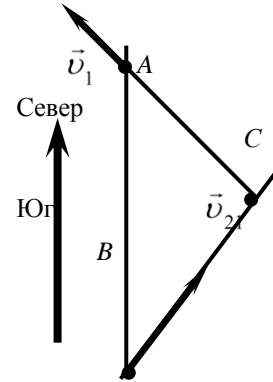
2. Курсом судна называется угол между плоскостью меридиана и направлением движения судна.

**Решение.**

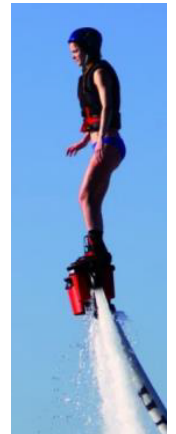
Перейдем в систему отсчета, связанную с теплоходом. Теплоход все время находится в точке  $A$ . Катер был сначала замечен в точке  $B$ , а затем в точке  $C$  (см. рис). Поскольку расстояние  $AC$  минимально, то скорость катера относительно теплохода перпендикулярна  $AC$ , причем  $\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ . Так как

$$AC \perp BC, \quad \frac{AC}{AB} = \frac{1,5}{3} = 0,5, \quad \text{поэтому угол } ABC = 30^\circ.$$

Поэтому курс корабля (угол  $BAC$ ) равен  $60^\circ$ .  
(также принимается ответ  $300^\circ$ ).



4. Для активного отдыха придумано много развлечений. Самые смелые могут испытать себя в полетах над морем на флайборде. Определите, какую мощность развивает двигатель флайборда по выбросу воды в тот момент, когда человек неподвижно висит над поверхностью воды? Скорость истечения воды  $v$ . Масса человека вместе с водометом равна  $M$ .



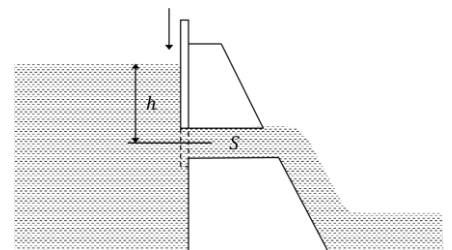
**Решение.**

Флайборд висит благодаря силе тяги  $F=Mg$ . По третьему закону Ньютона такая же сила ускоряет выбрасываемую воду. Пусть за время  $\Delta t$  ускоряется масса воды  $\Delta m$ . Тогда  $F\Delta t = \Delta mv$

Пусть мощность флайборда равна  $P$ , тогда расходуемая энергия за то же время

$$P\Delta t = \frac{\Delta mv^2}{2} \quad \text{Деля уравнения, имеем: } \frac{F}{P} = \frac{2}{v} \rightarrow P = \frac{Fv}{2} = \frac{Mgv}{2}$$

5. В плотине ГЭС на глубине  $h$  ниже уровня воды в водохранилище сделан водоотводный канал, площадь поперечного сечения которого равна  $S$ . Определите на сколько изменится сила давления воды на плотину ГЭС, если водоотвод перекрыть заслонкой.



**Решение.**

«Очевидный» ответ  $pS = \rho ghS$  неверный, так как при наличии стока меняется скорость воды у плотины, а следовательно, уменьшается давление на всю плотину, а не только на отверстие водоотвода. Поэтому правильный ответ проще всего получить, вычисляя импульс отведенной воды. Скорость воды по формуле Торричелли равна

$$v = \sqrt{2gh}$$

Поэтому импульс вытекшей воды за единицу времени равен

Олимпиада школьников «Надежда энергетики». Заключительный этап.

$$\frac{dP}{dt} = (\rho v)(vS) = 2\rho ghS$$

Именно на эту величину прирастет сила давления на плотину при перекрытии водоотвода.