

ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ

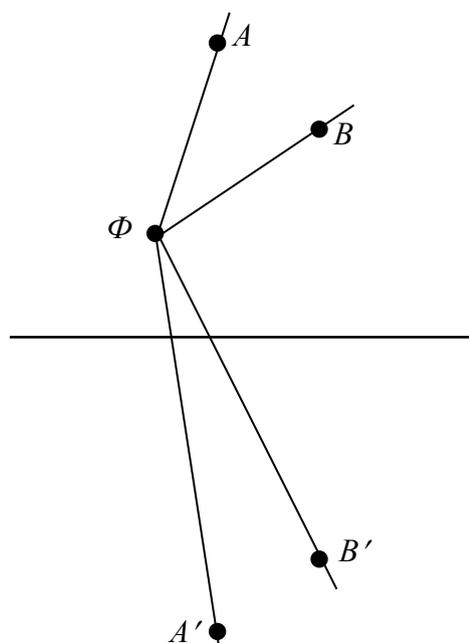
ВАРИАНТ 27091 для 9-го класса

1. Каждый год студенты НИУ «МЭИ», участники туристическо-поискового клуба «Горизонт», отправляются в походы по разным местам нашей страны. Свои фоторепортажи они показывают на выставках в фойе главного учебного корпуса. На этом снимке изображен лес, сфотографированный с берега озера. Как определить, где расположено отражение леса в воде: на верхней или на нижней части фотоснимка? Объясните свой ответ при помощи графических построений световых лучей. Яркость, четкость и контрастность верхней и нижней половины фотографии одинаковы.



Решение.

Поверхность озера представляет собой плоское зеркало. Рассмотрим сначала расположение двух точечных объектов A и B , расположенных на разной высоте от поверхности зеркала, и их отражений, A' и B' , которые видны в фотоаппарат Φ . Лишний раз отметим, что точки A и A' , B и B' симметричны относительно зеркала. Поскольку фотоаппарат расположен выше поверхности воды, то в прямых лучах (идущих в фотоаппарат от точек A и B) эти объекты находятся на большем угловом расстоянии, чем в отраженных (идущих в фотоаппарат от изображений точек A' и B'). Поэтому изображения точек «прижаты» друг к другу.



Выберем в качестве точки B верхушку березы, а в качестве точки A – край облака над ней. На левой фотографии точки A и B располагаются дальше друг от друга, чем точки A' и B' . Поэтому сверху – предмет, а внизу – его изображение (отражение).

Если посмотреть на фотографию в условии задачи и найти на ней эти точки, то увидим, что облако на нижней части снимка расположено ближе к верхушкам деревьев, чем на верхней части снимка. Поэтому на фотографии в условии задачи **отражение леса расположено в нижней части**.

2. На стадионе НИУ «МЭИ» «Энергия» есть площадки для игры в бадминтон. Одноклассники Петя и Катя ходят по вечерам в безветренную погоду заниматься любимым видом спорта. Обычно игру начинает Катя. После её подачи волан приближается к Пете со скоростью $v = 10$ м/с. Петя бьёт по волану ракеткой, расположенной перпендикулярно его движению, со скоростью $u = 30$ м/с. Найдите скорость волана сразу после удара Пети.

Решение:

Перед ударом скорость сближения волана с ракеткой составляет $v + u$. После упругого удара скорость сближения волана с ракеткой меняется на противоположную: волан удаляется от ракетки с той же скоростью $v + u$, при этом скорость самой ракетки u направлена в сторону полёта волана. Окончательно имеем:

$$v' = v + u + u = v + 2u = 10 + 60 = 70 \text{ м/с.}$$

3. Однородный металлический стержень постоянного поперечного сечения подключен за торцы к источнику напряжения. Определите, во сколько раз необходимо изменить длину проводника, чтобы скорость его нагрева при протекании постоянного тока возросла в 4 раза? Все выделяющееся в проводнике количество теплоты полностью расходуется на увеличение его температуры. Торцы проводника перпендикулярны его боковой поверхности.

Решение:

Для количества теплоты, выделяющейся на проводнике, подключенном к источнику постоянного напряжения, можно записать равенство:

$$\frac{U^2}{R} \tau = cm\Delta t \quad \text{При этом} \quad \frac{U^2}{\rho_{\text{уд}} \frac{l}{S}} \tau = c\rho l S \Delta t. \quad \text{Запишем выражение так, чтобы слева от знака}$$

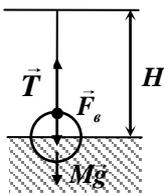
равенства находились постоянные величины: $\frac{U^2}{c\rho_{\text{уд}}\rho} = l^2 \frac{\Delta t}{\tau} = \text{const}$

Таким образом, для повышения скорости нагрева в 4 раза, длину проводника нужно уменьшить в 2 раза.

Ответ: длину проводника нужно уменьшить в 2 раза.

4. Для прокладки силовых электрических кабелей и кабельных линий на дне водоёма делается специальная траншея. В местах выхода кабельной линии на берег кабель прокладывается в трубе. Для этого цилиндрическую секцию массой M , радиусом R и длиной L , герметично закрытую заглушками с двух сторон, опускают в водоем. Горизонтально опустившись на мягкий илистый грунт, труба погрузилась в него наполовину (ось симметрии цилиндра находится на уровне дна). Трубу при помощи троса поднимает плавучий кран. Определите, с какой минимальной силой должен быть натянут трос, чтобы труба начала подниматься. Глубина водоёма равна H , плотность воды ρ , атмосферное давление p_0 . Вязкостью грунта и трением трубы о грунт пренебречь.

Решение:



На трубу действует выталкивающая сила, определяемая суммой сил давления на дно трубы и на её верхнюю часть. Учтем, что сила, действующая на дно трубы, направлена вверх: $\vec{F}_{\text{арх}} = \sum \vec{F}_{\text{дав}} = \vec{F}_g + \vec{F}_{\text{дна}}$;

$$F_{\text{арх}} = F_{\text{дна}} - F_g$$

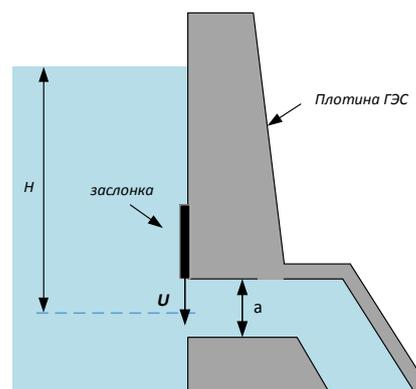
Давление на дно равно сумме гидростатического давления на глубине H и атмосферного давления:

$F_g = F_{\text{дна}} - F_{\text{арх}} = (\rho g H + P_{\text{атм}}) \cdot S_{\text{дна}} - \rho g V_0$, где V_0 – половина объема трубы, оставшаяся в воде. Площадь дна определяется площадью продольного сечения трубы, проходящего через ее

центр: $F_g = (\rho g H + P_{\text{атм}}) \cdot 2RL - \rho g \frac{\pi R^2}{2} L \quad F_g = 2RL \cdot \left(P_{\text{атм}} + \rho g \left(H - \frac{\pi R}{4} \right) \right)$

При подъеме трубы на нее действуют сила тяжести, сила натяжения троса и сила, приложенная к верхней части трубы: $T = Mg + F_g = Mg + 2RL \cdot \left(P_{\text{атм}} + \rho g \left(H - \frac{\pi R}{4} \right) \right)$.

5. В плотинах гидроэлектростанций отверстия для подвода воды к гидротурбине имеют специальные заслонки, которые опускаются во время технических работ или аварийных ситуаций. Оцените объем воды, который пройдет через водозаборное отверстие квадратного сечения со стороной $a = 5$ м после начала опускания заслонки. Заслонка опускается равномерно со скоростью $U = 10$ см/с. Водозаборное отверстие находится на глубине $H = 60$ м. Изменением гидростатического давления в пределах отверстия пренебречь. Воду считать идеальной жидкостью.



Решение:

Скорость водяного потока на входе в водозаборное отверстие можно оценить, исходя из закона сохранения энергии

$$mgH = \frac{mV^2}{2},$$

откуда

$$V = \sqrt{2gH}.$$

При этом мы пренебрегаем изменением скорости в пределах отверстия.

Поток воды, проходящий через отверстие при полностью открытой заслонке, записывается как

$$Q_0 = SV = a^2V.$$

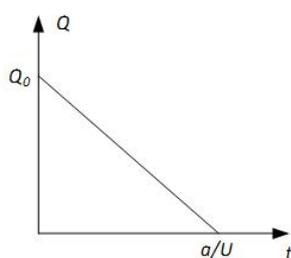
Опускание заслонки приводит к уменьшению водяного потока со временем. Такая зависимость может быть выражена как

$$Q = a(a - Ut)V.$$

Время полного перекрытия водозаборного отверстия равно

$$t = \frac{a}{U}.$$

График зависимости величины водяного потока от времени имеет вид, показанный на рисунке.



Площадь под графиком имеет смысл полного объема воды, прошедшей через отверстие с начала опускания заслонки

$$V = \frac{1}{2} Q_0 t = \frac{1}{2} a^2 V \frac{a}{U} = \frac{a^3 \sqrt{2gH}}{2U} = \frac{125 \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 60}}{0,2} \approx 21651 \text{ м}^3.$$

Ответ: $V \approx 21651 \text{ м}^3$.