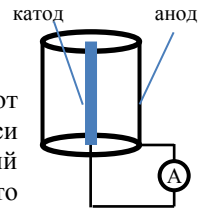
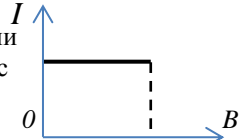


ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ
ВАРИАНТ 27101 для 10-го класса

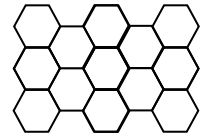


1. В вакуумном диоде с подогреваемого катода из-за термоэлектронной эмиссии вылетают электроны. Диод помещен в однородное магнитное поле, индукция которого параллельна оси диода. Анод и катод замкнуты на идеальный амперметр. Нарисуйте и объясните качественный график зависимости силы тока через амперметр от индукции магнитного поля. Считать, что скорости всех электронов перпендикулярны поверхности катода и одинаковы по модулю.

Решение: При отсутствии магнитного поля все электроны долетают до анода. При появлении магнитной индукции на электрон начинает действовать сила Лоренца. Как только радиус кривизны траектории станет больше радиуса диода, ток в цепи исчезнет.



2. На кафедре Общей физики и ядерного синтеза НИУ «МЭИ» в «Лаборатории нанотрубок и углеродных материалов» исследуют экзотические материалы на основе углерода. Один из таких материалов называется графен. Он представляет собой плоский слой атомов углерода, расположенных в вершинах правильных шестиугольников со стороной 0,14 нм. Определите удельную площадь поверхности графена в расчете на массу материала (т.е. какую площадь занимает слой, масса всех атомов в котором равна 1 г).



Решение: Решить задачу можно, определив сначала площадь одного шестиугольника, который образуют 6 атомов. Эта площадь равна площади шести равносторонних треугольников со стороной

0,14 нм. Высота в таком треугольнике равна $\sqrt{(0,14)^2 - (0,07)^2} = 0,1212$ нм.

Тогда площадь шестиугольника $S_6 = 6 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,14 \cdot 0,1212 = 0,051 \text{ нм}^2$.

Поскольку шестиугольник образован шестью атомами, каждый из которых принадлежит трем шестиугольникам, то данному шестиугольнику «принадлежит» только $1/3$ каждого атома. Значит, на один шестиугольник «приходится» 2 атома.

Масса одного атома может быть определена из соотношения $\mu = m_0 N_A$, т.е. $m_0 = \frac{\mu}{N_A}$.

Значит удельная площадь поверхности графена будет равна

$$\frac{S}{m} = \frac{S}{2m_0} = \frac{S \cdot N_A}{2\mu} = \frac{0,051 \cdot 10^{-18} \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{2 \cdot 12} = 1280 \text{ м}^2/\text{г}$$

Ответ: 1280 м²/г.

3. Одноклассники Петя и Катя отдыхают в летнем лагере. Однажды они решили поехать на велосипедную прогулку. Катя попросила Петю накачать обе камеры её велосипеда: «Каждая камера имеет объем $V = 20$ л, объем камеры моего поршневого насоса составляет $v = 0,5$ л, я подсчитала, что для необходимых мне двух атмосфер, смотри на манометр, прикрепленный к насосу, тебе необходимо сделать ... качаний». Сколько качаний должен сделать Петя? Примите, что до накачки давление в камерах равнялось атмосферному, а процесс накачки считайте изотермическим.

Решение:

Манометр на насосе показывает избыточное давление в камере. Следовательно конечное давление в камере $p = 3p_0$.

$$\begin{cases} p_0 V = \nu_0 RT \\ 3p_0 V = \nu' RT \end{cases} \rightarrow \nu' = 3\nu_0$$

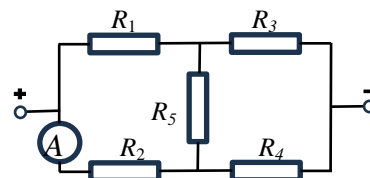
Следовательно, для достижения давления $2p_0$ необходимо добавить в камеру в 2 раза больше воздуха, чем в ней было. Число качаний для двух камер

$$N = 2 \frac{2V}{v} = 2 \cdot \frac{2 \cdot 20}{0,5} = 160$$

Ответ: 160 качаний.

Олимпиада школьников «Надежда энергетики». Заключительный этап.

4. Одноклассники Петя и Катя изучают закон Ома. Петя спаял схему из пяти резисторов и идеального амперметра и подключил её к источнику напряжения; его целью было измерить ток через резистор R_3 , амперметр показал ток 100 мА, но позже он понял, что ошибся, припаяв амперметр в цепь резистора R_2 (см. рисунок). Петя уже хотел начать перепаявать схему, но Катя сказала ему: «Не надо! Ток через R_3 можно вычислить!». «Но ведь это очень трудно», - удивился Петя. «Вообще – да, но в частности – нет!» - улыбнулась Катя. Попробуйте и вы найти ток через резистор R_3 . $R_1=R_3=R_4=2$ кОм, $R_2=1$ кОм, $R_5 = 3,14$ кОм.



Решение:

Обозначим $R_2=R$; $R_1=R_3=R_4=2R$. Для данных параметров схемы соотношение между токами не зависит от величины сопротивления R_5 . Действительно,

$$\begin{cases} I_1 2R + I_3 2R = I_2 R + I_4 2R \\ I_1 + I_2 = I_3 + I_4 \\ 2I_1 + 2I_3 = I_2 + 2I_4 \\ 2I_1 - 2I_3 = -2I_2 + 2I_4 \end{cases}$$

Вычитая из верхнего уравнения нижнее, получаем:

$$4I_3 = 3I_2 \rightarrow I_3 = \frac{3}{4}I_2 = 75 \text{ мА}$$

Ответ: 75 мА.

5. При одних и тех же размерах мощность гидротурбины пропорциональна расходу воды, а значит скорости вращения турбины. Также при увеличении скорости вращения увеличивается мощность и КПД электрогенератора. Однако увеличению скорости вращения препятствует **кавитация** – явление, возникающее при высоких скоростях движения жидкости или какого-либо тела в жидкости. При достижении потоком скорости, при которой давление в потоке становится равным давлению насыщенных паров при данной температуре воды, вода начинает испаряться, и внутри потока жидкости образуются пузырьки, наполненные паром. Поток переносит их в зону более низких скоростей и, соответственно, высоких давлений, где в них мгновенно происходит конденсация пара, пузырьки схлопываются и возникает гидравлический удар. Это явление может привести к нарушению нормального режима работы и к значительным разрушениям поверхности гидротурбины. При усилении гидродинамической кавитации пузырьки растут и объединяются в общую каверну, в результате нарушается обтекание лопастей, что приводит к падению КПД и мощности турбины. Поэтому скорость вращения турбины ограничивают так, чтобы турбина работала либо вообще без кавитации, либо чтобы кавитация была незначительной.

Угличская ГЭС на реке Волге — одна из старейших гидроэлектростанций России, построенная в 1940 году, сыграла важную роль в обеспечении электроэнергией Москвы в годы Великой Отечественной войны. Расчётный напор 13 м. До середины 1950-х годов поворотно-лопастные турбины Угличской ГЭС являлись крупнейшими в мире (диаметр рабочего колеса 9 м). Сейчас на Угличской гидроэлектростанции установлены новые агрегаты, а проработавшая 70 лет гидротурбина стоит во дворе музея РусГидро в Угличе.

Рассчитайте, при какой максимальной скорости вращения гидротурбина Угличской ГЭС могла работать без кавитации при температуре воды $t = 10^\circ \text{C}$. Давление насыщенных паров при данной температуре $p_{\text{нп}} = 1,23$ кПа. Ускорение свободного падения равно $9,81 \text{ м/с}^2$, атмосферное давление 10^5 Па, плотность воды 1 г/см^3 .

Решение. Из уравнения Бернулли при следует: $P + \rho V^2/2 = \text{const} = \rho gh + P_{\text{атм}}$

Кавитация возникает, когда давление P становится равным давлению насыщенных паров $P_{\text{нп}}$ при данной температуре воды.

$$P_{\text{нп}} + \rho V^2/2 = \rho gh + P_{\text{атм}}$$

$$V = (2(\rho gh + P_{\text{атм}} - P_{\text{нп}}) / \rho)^{1/2} = (2(10^3 \cdot 9,81 \cdot 13 + 10^5 - 1,23 \cdot 10^3) / 10^3)^{1/2} = 21,3 \text{ м/с}$$

Поскольку $\omega = V/R$, то частота $\nu = \omega/2\pi = V/2\pi R = 21,3 / (3,14 \cdot 9) = 0,754 \text{ Гц} = 45,2 \text{ об/мин}$.

Ответ: 45,2 об/мин.