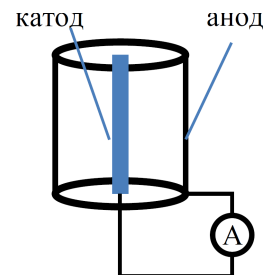


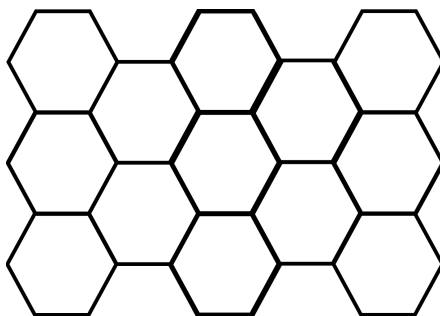
## Олимпиада «Надежда энергетики» по физике

10 класс, 2025 год

1. В вакуумном диоде с подогреваемого катода из-за термоэлектронной эмиссии вылетают электроны. Диод помещён 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.



2. На кафедре Общей физики и ядерного синтеза НИУ «МЭИ» в «Лаборатории нанотехнологических 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).

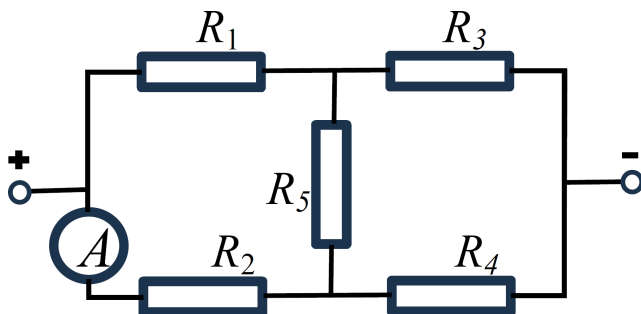


$$\frac{m}{\text{г}} \approx 1277,73 \frac{\text{м}^2}{\text{г}}$$

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 объём  $V = 20$  л, объём 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.

$$N = \frac{a}{\Delta p} = 160 \text{ качаний}$$

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 перепаяивать 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.



$$I_3 = \frac{I_2 R_2 (R_3 + R_4 + R_5)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5} = 75 \text{ мА}$$

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 поворотные-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  $9,81$  м/с<sup>2</sup>, атмосферное давление  $10^5$  Па, плотность воды  $1$  г/см<sup>3</sup>.

$$v_{\text{нп}} \approx \sqrt{\frac{2(p_{\text{атм}} - p_{\text{нп}})}{\rho}} = 45,15 \text{ м/с}$$