

## ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ

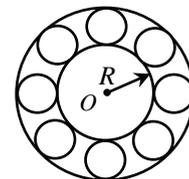
ВАРИАНТ 27111

для 11-го класса

1. Как известно, вода – наиболее широко используемый теплоноситель, который применяется в различных энергетических и теплообменных установках. Студенты многих кафедр НИУ «МЭИ» подробно изучают способы их моделирования, расчёта и конструирования. Важнейшую роль при рассмотрении теплопереноса в этих установках играет правильный анализ процесса превращения воды в водяной пар. Каждый из вас неоднократно наблюдал этот процесс, когда кипятил воду в чайнике. При нагревании воды чайник издаёт различные звуки. Опишите качественно, что вы будете слышать по мере нагревания и кипения воды: какой звук при какой температуре появляется и каким образом он изменяется в дальнейшем? Объясните свой ответ, опираясь на физические явления и законы.

**Ответ:** При температуре воды около 90 градусов начинает появляться характерный шелест (возможно свист, но не однотонный, а шумоподобный). Данный звук, возникающий за некоторое время до закипания воды возникает из за того, что в небольшие пузырьки воздуха, растворенного в воде, начинает поступать все больше пара - плотность водяных паров быстро растет с ростом температуры. Однако, это давление все еще меньше атмосферного, и размеры пузырьков быстро меняются. (Можно объяснить из МКТ конкуренцией случайных процессов перехода молекул воды из жидкости в пар и обратно). Быстрые изменения размеров пузырька приводит к излучению звуковых волн с длиной волны соизмеримой с размером пузырька. Пока пузырьки маленькие звук высокочастотный, поскольку их размеры меняются - звук не однотонный, шумоподобный. Может быть описано и схлопывание отдельных пузырьков, упомянута кавитация - это близкие явления. Этот звук становится все сильнее с ростом температуры. Когда температура достигает 100 градусов Цельсия (или локальной температуры кипения воды), давление паров воды сравнивается с атмосферным и пузырьки начинают неограниченно расти, сливаться, всплывать. Все это приводит к характерному "бурлению" кипящей воды - тембр становится намного более низкочастотным, и более "шумоподобным" - флуктуации громкости становятся различимы на слух. Громкость звука с началом кипения заметно падает, как из за уменьшения эффективности генерации звука с ростом размера пузырей, так и с уменьшением их количества.

2. Внутреннее кольцо шарикоподшипника радиусом  $R=4$  см закреплено на оси  $O$  токарного станка. Внешнее кольцо подшипника закреплено неподвижно на корпусе станка. Шарики подшипника имеют радиус  $r=1$  см и катятся по внутреннему и внешнему кольцам без проскальзывания. Сколько оборотов вокруг оси  $O$  сделают шарики за время одного оборота внутреннего кольца?



**Ответ:** 0,4 оборота.

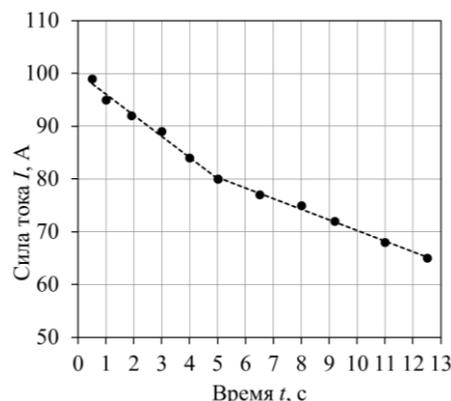
3. Для осуществления термоядерной реакции пучок ядер дейтерия (изотопа водорода) направляется в вакуумную камеру и движется по окружности постоянного радиуса, ускоряясь в однородном магнитном поле, индукция которого перпендикулярна плоскости движения пучка. Скорость изменения магнитной индукции постоянна и равна  $A$ . Сила тока пучка в начальный момент равна  $I_0$ , число ядер в пучке равно  $N$ , масса и заряд ядер дейтерия равны соответственно  $m$  и  $q$ . Найдите силу тока пучка ядер дейтерия после того, как частицы совершили один оборот, а реакция между ними ещё не началась.

**Ответ:**  $I = \sqrt{I_0^2 + \frac{N^2 q^3 A}{2\pi m}}$ .

4. Тонкая проводящая равномерно заряженная полусфера радиусом  $R$  с центром в начале координат целиком расположена в полупространстве с положительными значениями координаты  $x$  таким образом, что плоскость основания полусферы совпадает с плоскостью  $ZOY$ . Нулевое значение потенциала электростатического поля полусферы выбрано в бесконечно удалённой точке. Потенциал в точке начала координат равен 100 В. Потенциал в точке на оси  $OX$  с координатой  $x = -2R$  равен 38,2 В. Определите потенциал в точке на оси  $OX$  с координатой  $x = 2R$ .

**Ответ:** 61,8 В.

5. Для пропуска паводковых вод в плотине гидроэлектростанции существуют специальные водосбросы, закрываемые тяжелыми заслонками – водяными затворами. Такой затвор при необходимости поднимают специальным краном. Оцените установившуюся скорость подъема затвора, если его масса  $m = 100$  т, а двигатель крана подключен к сети с напряжением  $U = 380$  В, КПД крана равен 80%. В начальный момент времени затвор покоится, а затем большую часть времени движется равномерно. Измерения силы тока в зависимости от времени в обмотке электродвигателя, приводящего в действие подъемный механизм крана, проведенные при подъеме затвора, представлены на графике.



**Ответ:**  $v \approx 0,4 \frac{m}{c}$ .

Олимпиада школьников «Надежда энергетики». Заключительный этап. Очная форма.