Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение

**«**Физико-математический лицей**»**

**Тепловые и холодильные машины**

Открытый урок-семинар в 10 классе

Учитель:  **Шутов В. И.**

2019 – 2020 уч. г.

**Цель урока**

Урок-семинар ставит целью понимание учащимися принципов работы тепловых машин и холодильников, научить технологии расчета характеристик тепловых машин и холодильников.

**Задачи урока**

1. *Образовательные*: Научиться использовать понятие *коэффициент полезного действия* применительно к работе тепловых машин, научиться понимать процессы получения энергии, ее передачи, преобразования из тепловой в механическую форму при работе тепловых машин и холодильников;
2. *Развивающие*: способствовать развитию мышления, формировать у учащихся умение формулировать проблему, планировать ее исследование, анализировать и делать вывод;
3. *Проблемные*: сформулировать проблему: как принципиально возможно реализовать машину с максимальным КПД, почему она может быть только *идеальной*;
4. *Воспитательные:* показать, что явления физики происходят повсюду вокруг нас; формирование познавательного интереса к физике.

**План урока**

1. Обсуждение принципов работы идеальной тепловой и холодильной машины Карно.
2. Изучение процессов получения энергии, ее передачи, преобразования из тепловой в механическую форму при работе тепловых машин и холодильников, решая конкретные задачи

1. Выводы.

**1. Цикл Карно**

Идеальная *тепловая машина* работает по *прямому* циклу Карно. Она отбирает тепло от горячего тела и передает холодному. В результате происходит преобразование тепла в полезную механическую работу.

 Это цикл с максимальным коэффициентом полезного действия. Цикл Карно над рабочим телом состоит из двух изотермических и двух адиабатических процессов.

Простые рассуждения приводят к обоснованию того, что КПД этого цикла действительно максимальный.

Процесс *1 – 2* изотермический. Первый закон термодинамики для этого процесса выглядит так:  Работа по расширению положительная, поэтому это 

В этом процессе все полученное тепло превращается в работу.

Процесс *2 – 3* адиабатический. Здесь 

В этом процессе передачи и приема тепла нет.

Процесс *3 – 4* также изотермический. Первый закон термодинамики для этого процесса выглядит так: 

Работа по сжатию отрицательная, поэтому это 

В этом процессе вся работа по модулю равна отданному теплу.

Процесс *4 – 1* адиабатический. Здесь  В этом процессе передачи и приема тепла нет.

Так как в цикле нет потерянного тепла, этот цикл действительно имеет *максимальный* КПД.

 Машина Карно, очевидно, *обратимая*. Потоки энергии изображены схематически на рисунке.

Машина Карно *идеальная*, поскольку невозможно передать и получить тепло при постоянной температуре, как это происходит в изотермических процессах. Тело, получаемое тепло, по крайней мере должно иметь на небольшую величину меньшую температуру, чем тело, отдающее тепло.



Строго говоря, это возможно при бесконечно медленно идущем процессе. Реально это не работает.

Идеальная *холодильная* *машина* работает по *обратному* циклу Карно. Она отбирает тепло от холодного тела и передает горячему.

Обратный цикл Карно изображен на рисунке.

Конечно, для такой передачи необходима внешняя работа над рабочим телом холодильника. Ее осуществляет компрессор.

Потоки энергии изображены схематически на рисунке.

Эффективность холодильной машины можно оценивать по-разному. Одна из оценок – холодильный коэффициент, вычисляемый как Этот коэффициент тем больше, чем больше тепла получают от более холодного тела и чем меньше при этом работа компрессора.



Реальные холодильники, конечно, работают по другим более сложным циклам. КПД таких машин значительно ниже идеальной. Но принципы, в целом, одинаковы.

**2. Задачи**

**1.** Идеальная тепловая машина имеет в качестве нагревателя резервуар с кипящей водой при температуре 100 °С, а в качестве холодильника сосуд со льдом при температуре 0 °С. Какая масса льда растает, если машина совершит работу 106 Дж?

**Решение.** Пусть *Т*1−температура горячего тела, *Т*2−температура холодного тела. Из формул для вычисления КПД прямого цикла Карно имеем  тепло, получаемое при *Т*1, тепло, отдаваемое при *Т*2,  работа, совершаемая при этом компрессором холодильной машины. Отсюда  Коэффициент полезного действия мы найдем, зная температуры горячего и холодного тел по формуле  Тогда 

**2.** Идеальная тепловая машина, работающая при нормальных условиях окружающего воздуха, который для нее является холодильником, поднимает груз массой 400 кг. Рабочее тело машины получает от нагревателя с температурой 200 °С количество теплоты 80 кДж. На какую максимальную высоту поднимет груз эта тепловая машина? Трения нет.

**Решение.** Как известно КПД любого механизма определяется как  Для идеальной машины справедливо также  В нашем случае  Поэтому, подсчитав КПД по формуле для идеальной машины Карно, мы получим окончательно 



**3.** У тепловой машины, работающей по циклу Карно, температура нагревателя в 1,6 раз больше температуры холодильника. За один цикл машина производит работу 12 кДж. Какая работа затрачивается на изотермическое сжатие рабочего вещества?

**Решение.** Как известно КПД любого механизма определяется как  Для идеальной машины Карно  C другой стороны  Отсюда  Поэтому 

**4.** Холодильная машина, работающая по обратному циклу Карно, должна поддерживать в камере температуру −10 °С при температуре окружающей среды 20 °С. Какую работу надо совершить над рабочим веществом машины, чтобы отвести из камеры машины 140 кДж тепла?

**Решение.** Пусть *Т*1−температура горячего тела, *Т*2−температура холодного тела. Из баланса энергии для холодильной машины следует, что где тепло, отдаваемое при *Т*1, тепло, получаемое при *Т*2. Из формул для вычисления КПД прямого цикла Карно имеем  Отсюда  Тогда и  Тогда 

**5.** Тепловую машину, работавшую по циклу Карно с КПД 10%, используют при тех же тепловых резервуарах как холодильную машину. Найти ее холодильный коэффициент.

**Решение.** Пусть *Т*1−температура горячего тела, *Т*2−температура холодного тела. Как известно, холодильный коэффициент вычисляется как  где тепло, отбираемое у более холодного тела,  работа, совершаемая при этом компрессором холодильной машины. Из баланса энергии для холодильной машины следует, что тогда  Из формул для вычисления КПД прямого цикла Карно имеем  Тогда  и 

В качестве домашнего задания целесообразно решить следующие задачи:

1.Идеальная тепловая машина, работающая по обратному циклу, получает тепло от холодильника с водой при температуре 0 °C и передает тепло кипятильнику с водой при 100 °C. Сколько воды надо заморозить, чтобы испарить 1 кг воды? (≈ 5 кг)

2.Рабочее вещество тепловой машины, работающей по циклу Карно, - идеальный газ. Найти объем газа в рабочей камере машины в конце изотермического расширения, если минимальный и максимальный объемы камеры 150 л и 760 л, а объем камеры в конце изотермического сжатия 190 л. Известно, что в адиабатических процессах давление и объем изменяются по закону  где γ > 1. (600 л)

3.Температура нагревателя идеальной тепловой машины 1170С, а холодильника 270С. Количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя за 1 с, равно 60 кДж. Вычислить КПД машины, количество теплоты, отдаваемое холодильнику за 1 с, мощность машины.(0,23; 46 кДж; 14 кВт)

4.В идеальном тепловом двигателе абсолютная температура нагревателя в 3 раза выше, чем температура холодильника. Нагреватель передал газу количество теплоты 40 кДж. Какую работу совершил газ? (27 кДж)

**Самоанализ открытого урока по физике в 10 классе**

**Тепловые и холодильные машины**

Форма урока: семинар.

Задачи, предложенные учащимся, были выбраны из материалов вступительных экзаменов и подготовительных курсов МФТИ и МГУ

им. Н. В. Ломоносова.

На уроке были обсуждены понятия *коэффициент полезного действия* применительно к работе тепловых машин и *холодильный коэффициент* для холодильной машины. Были практически показаны процессы получения энергии, ее передачи, преобразования из тепловой в механическую форму при работе тепловых машин и холодильников.

Основное внимание на семинаре было уделено обсуждению *идеальности* обратимых тепловой и холодильной машин Карно.

При решении конкретных задач подробно обсуждались направления процессов передачи тепловой энергии в тепловых машинах и в холодильниках.

Урок прошел динамично, в решении задач и обсуждении полученных результатов активно участвовали все учащиеся класса.

Семинар был проведен с целью обобщения материала по теме ***Второй закон термодинамики*** для подготовки к олимпиадам и ЕГЭ по физике.