Zgeaecce5wIVSRpHjrsy-TN2TMiZSsisbArqji2N91nu2QJ8GNHT1ThoMDUwmwrKUnI3eYGAjpGxdppO30pKWXQ5LK.pdf

− + Автоматически

«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Кафедра ФН-4 «ФИЗИКА»
БИЛЕТ № 27
К РУБЕЖНОМУ КОНТРОЛЮ
по курсу «Физика» для всех специальностей, модуль № 2

1. Выражение для импульса в СТО. Основное уравнение релятивистской динамики (без вывода).

2. Идеальная тепловая машина. Теорема Карно (1-ая теорема Карно), с доказательством.
КПД цикла Карно (вывод выражения для КПД и обоснование справедливости полученного выражения для рабочего тела любой природы).

3. Определите длину бегущих волн, образовавших стоячую волну, если известно, что расстояние между первым и четвёртым узлами стоячей волны равно 18 см.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры ФН-4 23.04.2020г.
(число, месяц, год)

Заведующий кафедрой ФН-4 А.Н. Морозов

«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Кафедра ФН-4 «ФИЗИКА»

№1 Выражение для импульса в СТО (без вывода). Основное уравнение релятивистской динамики (без вывода).

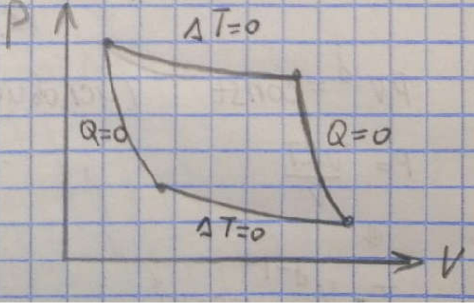
$$\bar{p} = \frac{m_0 \bar{V}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

$$\bar{F} = \frac{m_0 (\bar{V} \cdot \bar{a}) \cdot \bar{V}}{c^2 \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right)^{3/2}} + m\bar{a}$$

Билет №27.

№2 Идеальная тепловая машина. Теорема Карно (1-ая теорема Карно), с доказательством. КПД цикла Карно (вывод выражения для КПД и обоснование справедливости полученного выражения для рабочего тела любой природы)

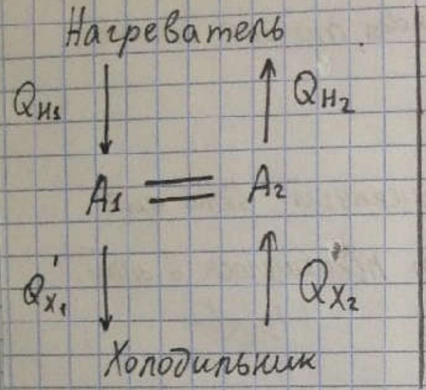
Идеальная тепловая машина - машина, работающая по циклу Карно (цикл состоит из 2ух адиабат и 2ух изотерм).



I теорема Карно.

КПД любой тепловой машины, работающей по обратимому циклу Карно, не зависит от природы рабочего тела и устройства машины, а являются функцией только температур нагревателя и холодильника.

Док-во: Возьмём две тепловые машины, возможно разные



конструкции и использующие разные рабочие тела, но имеющие общие нагреватель и холодильник и работающие по циклу Карно.

Пусть КПД 1й машины больше КПД 2й машины

$\eta_1 > \eta_2 \Rightarrow \quad 1 - \dfrac{Q'_{x_1}}{Q_{H_2}} > 1 - \dfrac{Q'_{x_2}}{Q_{H_2}}$

Запустим I машину по прямому циклу, а II по-обратному

$\Rightarrow \eta_{пр} = \dfrac{1}{\eta_{обр}} \Rightarrow 1 - \dfrac{Q'_{x_1}}{Q_{H_1}} > 1 - \dfrac{Q'_{x_2}}{Q_{H_2}} \Rightarrow \dfrac{Q'_{x_2}}{Q_{H_2}} > \dfrac{Q'_{x_1}}{Q_{H_1}}$

Установим связь между обеими машинами так, чтобы первая совершала работу над второй и, при этом, выполнялось равенство $Q'_{x_1} = Q'_{x_2} \Rightarrow$

$\Rightarrow Q_{H_1} > Q_{H_2}$ или $Q_{H_1} - Q'_{x_1} > Q_{H_2} - Q'_{x_2} \Rightarrow A_1 > A_2 \Rightarrow$

$A_{общ} = A_1 + A_2 = Q_{H_1} - Q'_{x_1} - (Q_{H_2} - Q'_{x_2}) > 0. \Rightarrow$ общая теплота, получаемая холодильником, будет равна нулю $\Rightarrow Q_H = Q_{H_1} - Q_{H_2} > 0 \Rightarrow$

$A_{общ} > 0$. Противоречие со вторым началом термодинамики в формулировке Томсона. $\Rightarrow \eta_1 > \eta_2$ не верное.

Пусть $\eta_1 < \eta_2$. I машина - обратный цикл, II - прямой цикл $\Rightarrow$ снова противоречие

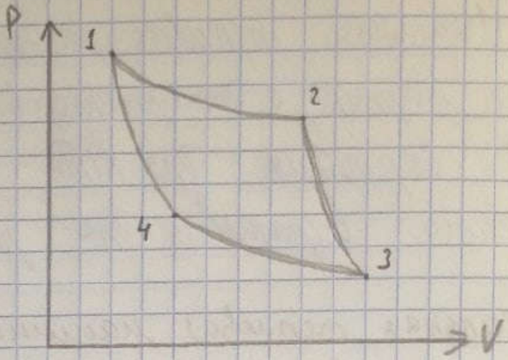
$\Rightarrow \eta_1 = \eta_2$. Однако если рабочим телом одной из машин является идеальный газ, то $\eta = 1 - \dfrac{T_x}{T_H}$

В итоге получаем что для любой тепловой машины, работающей по обратимому циклу Карно: $\eta = 1 - \dfrac{Q'_x}{Q_H} = 1 - \dfrac{T_x}{T_H} \Rightarrow$

$\Rightarrow \dfrac{Q'_x}{Q_H} = \dfrac{T_x}{T_H}$

КПД. Цикла Карно:

$$\eta = \frac{Q_н - Q_х}{Q_н}$$



1-2: изотермический процесс

2-3: адиаботический процесс

3-4: изотермический процесс

4-1: адиаботический процесс

1-2) $Q_H = A_{12} = \nu R T_H \ln \frac{V_2}{V_1}$ (1) $(T = const)$ Газ Расширяется.

2-3). $pV^{\gamma} = const$ (условие адиаботических процессов. $Q_{23} = 0$)

$$p = \frac{\nu R T}{V}$$

$$\Downarrow$$

$$T V^{\gamma - 1} = const$$

$$\Downarrow$$

$$T_H V_2^{\gamma-1} = T_x V_3^{\gamma-1} \quad (2)$$

3-4) $Q_x = A_{34} = \nu R T_x \ln \frac{V_4}{V_3}$ (3) $(T = const)$. Газ сжимается.

(4-1) по аналогии с (2-3) $Q_{41} = 0$.

$$T_H V_1^{\gamma-1} = T_x V_4^{\gamma-1} \quad (4)$$

$$(2;4) \Rightarrow \frac{T_H V_2^{\gamma-1}}{T_H V_1^{\gamma-1}} = \frac{T_x V_3^{\gamma-1}}{T_x V_4^{\gamma-1}} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4} > 1.$$

$$\Downarrow$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_x|}{Q_H} = 1 - \frac{\left|\nu R T_x \ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right)\right|}{\nu R T_H \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)} = \left| V_4 = \frac{V_3 V_1}{V_2} \right| =$$

$$= 1 - \frac{\left|T_x \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)\right|}{T_H \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)} = 1 - \frac{\left|T_x \left(-\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)\right)\right|}{T_H \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)} = 1 - \frac{T_x}{T_H}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_x}{T_H}$$

Билет № 27,

Задача 3

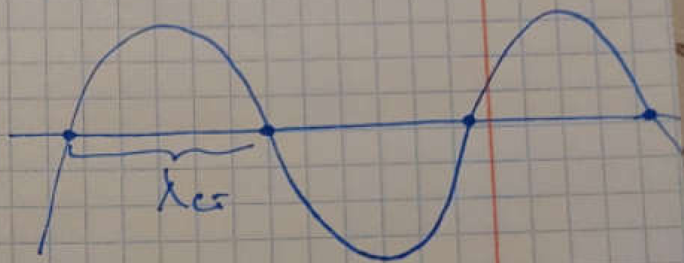
Дано:

$l = 18 см = 0.18 м$

Найти:

$\lambda_б$. – ?

Решение:



Расстояние между двумя узлами равно длине волны, откуда длина стоячей волны равна $\lambda_{ст} = \frac{1}{3} l$ (1)

Длина бегущей волн и стоячей связаны соотношением:

$\lambda_{ст} = \frac{\lambda_б.}{2}$, т.е. $\lambda_б. = 2\lambda_{ст}$, подставим в данную формулу выражение (1):

$$\lambda_б = 2\lambda_{ст} = \frac{2}{3} l = \frac{2}{3} \cdot 0.18 м =$$

$$= 0.12 м$$

Ответ: 0.12 м