

Карно цикл (рис. а), цикл Клапейрона (рис. б), цикл Клаузиуса—Ранкина (рис. в) и ряд др. Кпд цикла Карно $\eta_K = (T_1 - T_2)/T_1$, где T_1 и T_2 — темп-ры нагревателя и холодильника тепловой машины. Все остальные тепловые циклы обладают меньшим значением кпд ($\eta < \eta_K$). Так, для цикла Клапейрона $\eta_{кл} = (T_1 - T_2) / \left[T_1 + \frac{c_V(T_1 - T_2)}{R \ln(V_B/V_A)} \right]$, где c_V — теплоёмкость рабочего тела (идеального газа), V_B/V_A — отношение объёма газа в конце и в начале изотермич. расширения, R — газовая постоянная. На основе Ц. т. были детально изучены общие закономерности работы тепловых двигателей (внутр. и внеш. сгорания, турбин, ракетных двигателей), холодильных установок и т. д.

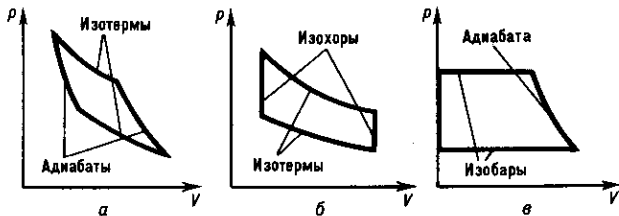


Рис. Термодинамич. циклы в системе координат p — V (объём — давление): а — Карно; б — Клапейрона; в — Клаузиуса — Ранкина.

Напр., цикл жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) в принципе совпадает с циклом Клаузиуса—Ранкина, его термич. кпд $\eta_t = 1 - \frac{i_4 - i_1}{i_3 - i_2}$, где $i_4 - i_1$ — разность энтальпий в изобарном процессе при давлении, соответствующем давлению окружающей двигатель среды; $i_3 - i_2$ — разность энтальпий в изобарном процессе подвода теплоты к рабочему телу (газу) в камере сгорания.

Лит.: Кубо Р., Термодинамика, пер. с англ., М., 1970; Кириллин В. А., Сычев В. В., Шейндлин А. Е., Техническая термодинамика, 4 изд., М., 1983.

ЦИКЛИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ — обобщённые координаты механич. системы, не входящие явно в выражение характеристич. ф-ции этой системы. Наличие Ц. к. позволяет при использовании соответствующих ур-ний получить сразу столько интегралов этих ур-ний, сколько система имеет Ц. к. Напр., если *Лагранжа функция* $L(q_i, \dot{q}_i, t)$, где q_i — обобщённые координаты, \dot{q}_i — обобщённые скорости, t — время, не содержит явно координаты q_1 , то q_1 будет Ц. к. При этом соответствующее *Лагранжа уравнение* примет вид

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_1} \right) = 0$$

и сразу даст интеграл $\partial L / \partial \dot{q}_1 = c_1$.

ЦИКЛИЧЕСКИЙ УСКОРИТЕЛЬ — один из видов *ускорителей заряженных частиц*, в к-ром частицы во время ускорит. цикла движутся по траекториям, близким к окружности либо спирали. Все Ц. у. (кроме *бетатрона*) резонансные: *микротрон*, *синхротрон*, *циклотрон*, *фазотрон*. В бетатроне частицы движутся по кольцевой орбите и ускоряются вихревым электрич. полем. В резонансных Ц. у. ускорение происходит в высокочастотном электрич. поле, в ускоряющих промежутках, к к-рым частицы многократно возвращаются. При этом частота обращения частиц и частота колебаний электрич. поля должны быть так согласованы друг с другом (резонанс), чтобы при каждом последующем обороте частицы проходили ускоряющий промежуток при одной и той же — равновесной — фазе ускоряющего поля (или вблизи неё). Принцип многократного ускорения частиц небольшими электрич. полями позволил ускорять частицы в Ц. у. до энергий, измеряемых сотнями ГэВ и даже несколькими ТэВ.

Л. Л. Гольдин.

ЦИКЛОИДАЛЬНЫЙ МЯТНИК — *материальная точка*, совершающая под действием силы тяжести колебания

вдоль дуги циклоиды, ось к-рой вертикальна, а выпуклость обращена вниз. Период колебаний Ц. м. около положения равновесия (наинизшей точки циклоиды) не зависит от размахов колебаний и определяется ф-лой $T = 2\pi\sqrt{4a/g}$, где a — радиус производящего круга, g — ускорение свободного падения, т. е. Ц. м. является строго изохронным, в отличие от матем. маятника.

Лит.: Бухгольц Н. Н., Основной курс теоретической механики, 9 изд., ч. 1, М., 1972.

ЦИКЛОТРОН — резонансный *циклический ускоритель* тяжёлых частиц (протонов, ионов), работающий при постоянном во времени магн. поле и при постоянной (но меняющейся при переходе от иона к иону) частоте ускоряющего высокочастотного электрич. поля. Следует различать обычные Ц., в к-рых индукция магн. поля не зависит от азимута, и Ц. с азимутальной вариацией магн. поля, иначе называемые *изохронными циклотронами*.

Первая конструкция Ц. была предложена Э. Лоуренсом (E. Lawrence) в 1932, и тогда же ему удалось получить поток дейтронов с энергией до 6 МэВ и силой тока до 25 мкА.

Схема устройства Ц. изображена на рис. 1: а — вертикальный и б — горизонтальный разрезы. Магн. поле в зазоре между полюсами 2 возбуждается катушками 3, через к-рые пропускается пост. электрич. ток. В этом зазоре располагается высоковакуумная камера 4. Двигаясь в этой камере, частицы переходят из одного дуанта (электрода, возбуждаемого ВЧ-напряжением) в другой, а затем снова в первый и т. д. Ускоряющее электрич. поле действует на частицы только в то время, когда они переходят из дуанта в дуант. В этот момент поле должно иметь нужное направление и достаточную величину (резонансное ускорение).

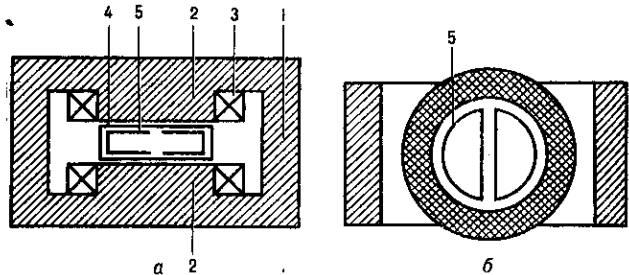


Рис. 1. Схема циклотрона: а — вид сбоку; б — вид сверху; 1 — ярмо электромагнита; 2 — полюса электромагнита; 3 — катушки, возбуждающие магнитное поле B ; 4 — вакуумная камера; 5 — ускоряющие электроды (дуанты).

Рассмотрим движение частиц в вакуумной камере Ц. в отсутствие ускоряющего напряжения. Траектории частиц, движущихся по азимуту, в пост. вертикальном магн. поле имеют вид, близкий к горизонтально расположенным окружностям. Необходимое для такого движения центрострем. ускорение создаёт сила Лоренца.

Для частицы, движущейся в Ц., справедливы следующие соотношения:

$$\omega = ZeB/m_0 c \gamma, \quad (1)$$

$$pc = ZeBr, \quad (2)$$

где B — индукция магн. поля, c — скорость света, Ze — заряд частицы, r — радиус её траектории, m_0 — масса покоя частицы, p — импульс, ω — частота её обращения в Ц., γ — её релятивистский фактор.

Ф-лы (1) и (2) показывают, что при пост. индукции B частота обращения нерелятивистских частиц в Ц. не зависит от их энергии, а радиус траектории пропорционален импульсу. Поэтому траектории ускоряемых частиц представляют собой не окружности, а раскручивающиеся спирали. Частота ускоряющего поля постоянна и равна (или кратна) частоте обращения частиц в вакуумной камере.