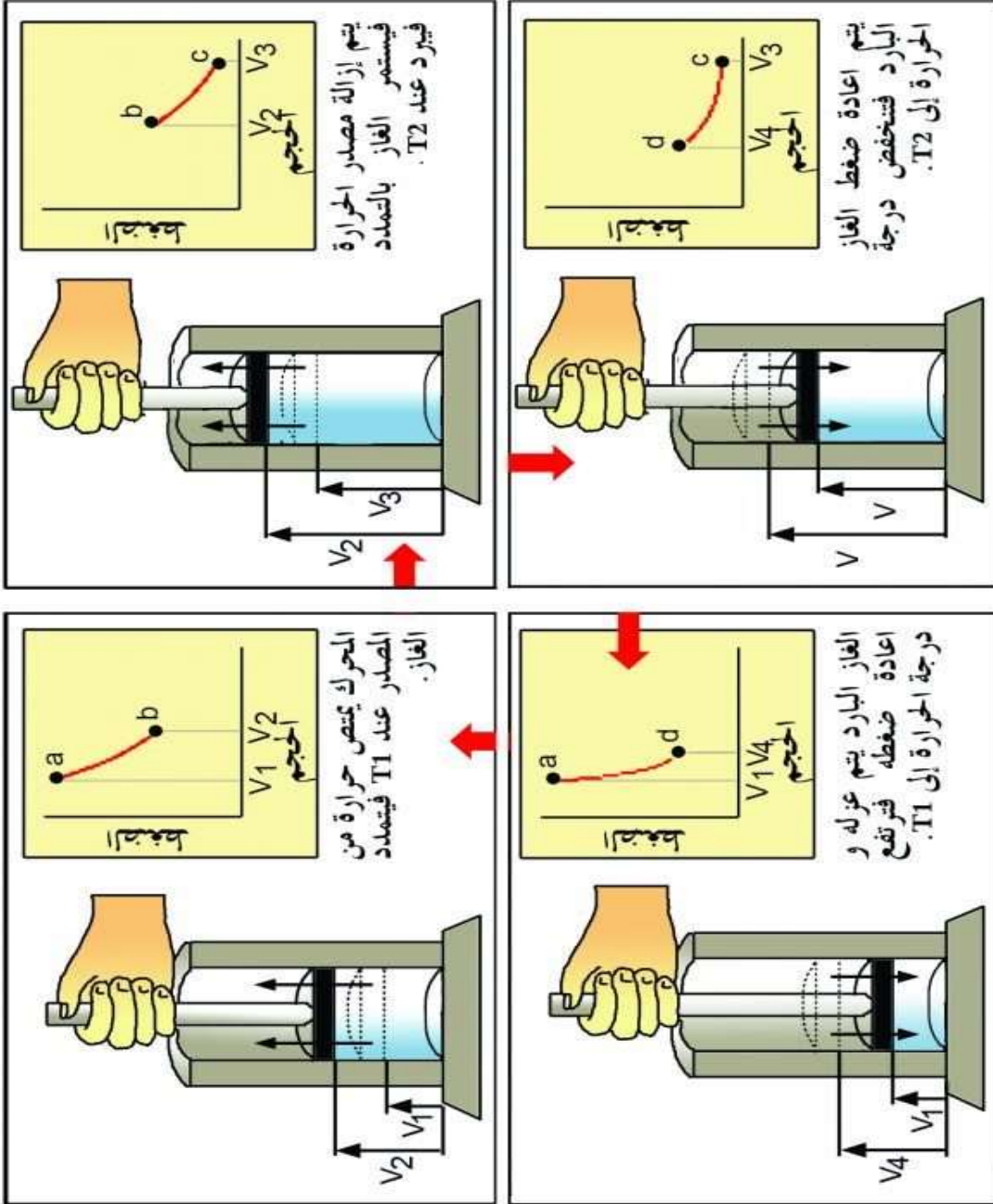


مخطط دورة كارنو



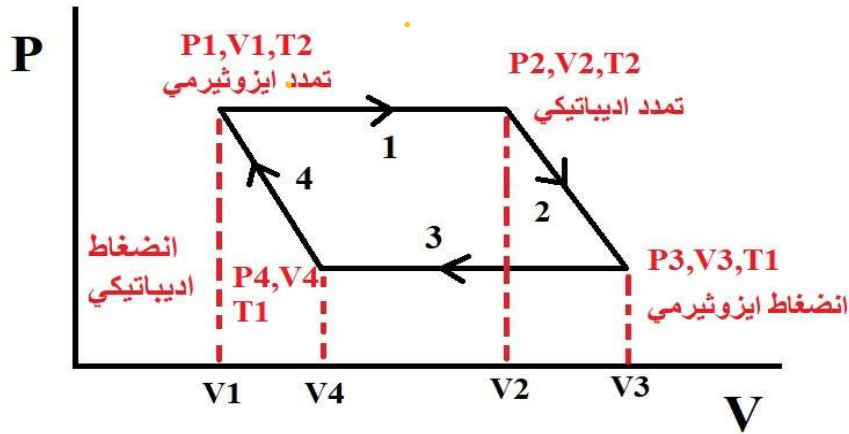
دورة كارنوت

س/ ماهي دورة كارنوت؟

دورة كارنوت هي دورة مثالية نظرية تم اقتراحها من قبل الفيزيائي الفرنسي سادي كارنوت في 1824 وهي توضح حداً أعلى للكفاءة التي يمكن أن يحققها أي محرك حراري تقليدي أثناء تحويل الحرارة إلى عمل ، أو على العكس من ذلك. تتضمن هذه الدورة أربع خطوات عكسية:

- 1- عملية تمدد أيزوثيرمية
- 2- عملية تمدد أديباتيكية
- 3- عملية انضغاط ايزوثيرمية
- 4- عملية انضغاط أديباتيكية

س/ بين دورة كارنوت بمخطط



س/ ماذا تتضمن الخطوة الاولى من دورة كارنوت؟

الجواب /// تتضمن الخطوة الاولى عملية تمدد أيزوثيرمية من V_1 الى V_2 وبدرجة حرارة T_2

$$w = -n RT * \ln V_2/V_1$$

$$w_1 = -nRT_2 * \ln V_2/V_1$$

$$\therefore \Delta u = q + w \quad , \quad \Delta u = 0$$

$$\therefore q = -w$$

لأن العملية أيزوثيرمية
 $\Delta u = 0$

$$\Delta S = q/T \rightarrow \Delta S_1 = q_1/T_2$$

$$\Delta S_1 = (nRT_2 * \ln V_2/V_1) / T_2$$

$$\Delta S_1 = (nRT_2 * \ln V_2/V_1) / T_2$$

$$\therefore \Delta S_1 = nR * \ln V_2 / V_1$$

ملاحظة:: يتم في هذه الخطوة انجاز شغل (w اشارة سالبة النظام عانى تمدد وخسر جزء من طاقته الداخلية) وامتصاص طاقة (اشارة موجبة الى q)

س/// ماذا تتضمن الخطوة الثانية من دورة كارنوت؟

الجواب/// تتضمن الخطوة الثانية عملية تمدد أديباتيكية من درجة حرارة T_2 الى درجة حرارة T_1 والحجم من V_2 الى V_3 والضغط من P_2 الى P_3

$$\Delta u = q + w$$

$$q = 0$$

$$\Delta u = w$$

$$\Delta u = w$$

$$w_{II} = -nC_v * (T_2 - T_1) \text{ ----3}$$

$$\Delta u = -nC_v * (T_2 - T_1)$$

$$\Delta S_{II} = q / T$$

$$\Delta S_{II} = q_{II} / T = 0/T = 0$$

لأن العملية أديباتيكية
فالحرارة = صفر

س/// ماذا تتضمن الخطوة الثالثة من دورة كارنوت؟

الجواب/// تتضمن الخطوة الثالثة عملية انضغاط ايزوثيرمية بدرجة حرارة T_1 وتغير الحجم من V_3 الى V_4 والضغط من P_3 الى P_4

$$\therefore P = nRT/V$$

$$W_{III} = - n RT_1 * \ln V_4/V_3 \text{ -----1}$$

في الخطوة الثالثة
من دورة كارنوت

(يكون) $V_3 = V_1$
 $V_4 = V_2$

$$W_{III} = nRT_1 * \ln V_3/V_4 \text{ -----2}$$

للتخلص من الإشارة السالبة في معادلة 1 تم قلب الحجم في معادلة 2

ملاحظة: المحيط أنجز شغل على النظام لذلك اشارته موجبة والحرارة اشارتها سالبة تشير الى انبعاث طاقة

$$\therefore \Delta u = q + w \quad , \quad \Delta u = 0$$

$$\therefore q = -w$$

لأن العملية أيزوثيرمية
 $\Delta u = 0$

$$q = - (nRT_1 * \ln V_3/V_4)$$

$$q_1 = - nRT_1 * \ln V_3/V_4$$

انبعاث طاقة حتى الماكنة تبدأ بالعمل

$$\Delta S = q/T \rightarrow \Delta S_{III} = q_{III}/T_1$$

$$\Delta S_1 = (- nRT_1 * \ln V_3/V_4) / T_1$$

$$\Delta S_1 = (- nRT_1 * \ln V_2/V_1) / T_1$$

$$\therefore \Delta S_{III} = - nR * \ln V_3 / V_4$$

س/// ماذا تتضمن الخطوة الرابعة من دورة كارنوت؟

الجواب/// تتضمن هذه الخطوة عملية انضغاط أديباتيكية يتغير فيها الحجم من V_4 الى V_1 ودرجة الحرارة من T_1 (الدرجة الابتدائية) الى T_2 (الدرجة النهائية) ومن P_1 الى P_4

$$\Delta u = q + w$$

$$q = 0, \quad \Delta u = w$$

$$\Delta u = nC_v * (T_2 - T_1)$$

$$w_{IV} = nC_v * (T_2 - T_1)$$

$$\Delta S_{IV} = q_{IV}/T = 0/T = 0$$

س/// احسب صافي الشغل و التغير بالطاقة الداخلية والتغير بالانتروبي في دورة كارنوت؟

الجواب///

$$\Delta u_{\text{cycle}} = \Delta u_I + \Delta u_{II} + \Delta u_{III} + \Delta u_{IV}$$

$$\Delta u_{\text{cycle}} = 0 + [(-nC_v(T_2 - T_1))] + 0 + [nC_v(T_2 - T_1)]$$

$$\Delta u_{\text{cycle}} = 0$$

$$W_{\text{cycle}} = W_I + W_{II} + W_{III} + W_{IV}$$

$$W_{\text{cycle}} = -nRT_2 * \ln V_2/V_1 + [(-C_v(T_2 - T_1))] + nRT_1 * \ln V_3/V_4 + [C_v(T_2 - T_1)]$$

$$W_{\text{cycle}} = -nRT_2 \ln V_2/V_1 + nRT_1 \ln V_2/V_1 \text{ -----6}$$

$$W_{\text{cycle}} = -nR \ln V_2/V_1 (T_2 - T_1) \text{ -----7}$$

$$\Delta S_{\text{cycle}} = \Delta S_{\text{I}} + \Delta S_{\text{II}} + \Delta S_{\text{III}} + \Delta S_{\text{IV}}$$

$$\Delta S_{\text{cycle}} = nR \ln V_2/V_1 + 0 + [-nR \ln V_2/V_1] + 0$$

$$\Delta S_{\text{cycle}} = 0$$

س/// ماذا نعني بالكفاءة؟

الجواب///

الكفاءة (E) : هي النسبة بين العمل (الشغل) الكلي للمجموعة والطاقة التي اكتسبت من قبل المجموعة.

تحتسب كفاءة الماكينة عادة على أساس الشغل الصافي الذي تقوم به الماكينة لكل كمية من الطاقة الحرارية المستهلكة في الخزان الحراري الساخن وأن لكل دورة حلقيّة سلسلة من الخطوات تتضمن امتصاص كمية من الحرارة q_2 تأخذ من المستودعات ذات درجات الحرارة الأعلى (الخزان الساخن) حيث يستهلك جزء منها لإنجاز شغل أما الجزء الباقي من الطاقة فإنه يطرح على شكل حرارة q_1 إلى الخزان البارد ويكون صافي الحرارة الممتصة والذي يمثل مقدار الشغل المنجز هو $(q_2 - q_1)$

$$E = w/q_2 \text{ ----1}$$

$$\because w = q_2 - q_1 \text{ ----2}$$

بتعويض معادلة 2 في معادلة 1

$$E = (q_2 - q_1)/q_2 \text{ ----3}$$

$$E = (T_2 - T_1)/T_2 \text{ ----4}$$

$$w = E * q_2$$

$$w = [(T_2 - T_1)/T_2] * q_2 \text{ ----5}$$

*** حساب كفاءة دورة كارنوت

$$E = \left| (T_2 - T_1)/T_2 \right| \text{ ----4}$$

يمكن تعيين كفاءة الماكينة العكسية من تعيين درجة حرارة المستودعين الحار والبارد (معادلة 4) وكلما كان الفرق بين الدرجتين الحراريتين كبيرا تكون كفاءة الماكينة عالية وهذا هو أحد الاسباب الذي يفسر استخدام البخار الساخن بدرجات حرارية عالية في المكائن التي تعمل بالبخار. كما يستنتج من المعادلة أن التحول التام للحرارة الى شغل في الماكينة مساوية الى واحد واستنادا الى ذلك تكون درجة الحرارة T1 (للمستودع البارد) مساوية الى الصفر المطلق اذا شملت الدورة الواحدة خطوة أو خطوات غير عكسية تكون كفاءة الماكينة أقل مما هو معروف وفي التطبيقات الحقيقية ليست هناك ماكينة باستطاعتها أن تكون عكسية بصورة تامة إذ لا يمكن اهمال الاحتكاك الذي يعتبر من التأثيرات غير العكسية على العمل.

س1/ قارن بين كفاءة ماكنتين عكسيتين تعمل الاولى بالماء والثانية بالزئبق اذا علمت أن درجة حرارة المصدرين هي درجة غليان المادتين 100 سيليزي و 357 سيليزي على التوالي ودرجة حرارة الحوض البارد هي 25 سيليزي في كل حالة.

الجواب //

$$T_1 = 25 + 273 = 298K$$

$$T_2 (H_2O) = 100 + 273 = 373K$$

$$T_3 (Hg) = 273 + 357 = 630K$$

$$\%E = T_2 (\max) - T_1 (\min) / T_2 (\max) * 100$$

$$\%E (H_2O) = 373 - 298 / 373 * 100 = 20.1 \%$$

$$\%E (Hg) = 630 - 298 / 630 * 100 = 52.7 \%$$

القانون الثالث للثرموداينمك

س: ما هو مضمون القانون الثالث؟

الجواب: يتعامل هذا القانون مع انتروبي المواد النقية تامة التبلور ويبين هذا القانون ان : انتروبي هذه البلورات يساوي صفر في درجة الصفر المطلق حيث يكون كل جزء من البلورة في أوطأ مستوياته الاهتزازية ، اي ان كل جزء من هذه البلورة يشغل مكانة محددة ضمن الشبكة البلورية ويرمز للانتروبي في درجة الصفر المطلق للمواد النقية تامة التبلور به S_0 .

س: بعض المواد حتى في درجة الصفر المطلق لا تكون قيمة S_0 لها تساوي

صفر و لماذا؟

لأنها تاخذ أكثر من ترتيب في الشبكة البلورية مثل جزيئة

NO و CO مما يؤدي إلى زيادة العشوائية وكما يلي :

NONNONONO أو NONOON ONNO

NONNONONOON NOONNONO

COCOCOCOCO او COCOOC OCCO

COCOCOCOCOOC COOCCOCO

س: ما هي الصيغ التي يوضع فيها القانون الثالث؟

الجواب: 1- جميع المواد البلورية تامة التبلور وفي درجة الصفر المطلق يكون الانتروبي لها = صفر

2- يكون الانتروبي صفر لجميع المواد البلورية تامة التبلور وفي درجة الصفر المطلق.

س// اشتق الصيغة الرياضية للقانون الثالث للديناميك الحراري
الجواب///

$$\Delta S = S_2 - S_1$$

S1= S₀ الانتروبي في درجة الصفر المطلق

$$(T_1 = 0K)$$

S_T= T (T₂) عند درجة حرارة

$$\therefore \Delta S = \int_{T_1}^{T_2} Cp \cdot dT / T - - - 1$$

$$\therefore \Delta S = S_T - S_0 \text{-----} 2$$

بتعويض معادلة 2 في معادلة 1

$$S_T - S_0 = \int_0^T Cp \cdot dT / T$$

$$\therefore S_0 = 0$$

$$S_T = \int_{T=0}^{T=T} Cp \cdot dT / T$$

$$S_T = Cp \ln T_2/T_1$$

س/// سخنت مادة في الحالة الصلبة وفي درجة الصفر المطلق الى درجة حرارة معينة (T) كيف يمكن حساب الانتروبي الكلية لخطوات التحول؟

الجواب////

يمكن حساب الانتروبي لكلية حسب الخطوات التالية::

1- تسخن المادة الصلبة من درجة الصفر المطلق ($T_1=0$) الى الحالة الصلبة عند درجة انصهارها $T_2=T_F$ ويمكن التعبير عنها بالشكل الاتي::

$$\Delta S = \int_{T=0}^{T=T_F} \frac{Cp(Crystal)}{T} dT$$

$$\Delta S_1 = Cp(s) \times \ln T_f/T=0$$

2- انتروبي الانصهار ويحسب من العلاقة التالية

$$\Delta S_2 = \Delta H_f/T_f$$

حيث ΔH_f حرارة الانصهار الكامنة و T_f درجة الانصهار

3- انتروبي حالة السيولة ويحسب وفقا للآتي:

$$\Delta S = \int_{T=T_f}^{T=T_b} \frac{Cp(Liquid)}{T} dT$$

حيث T_b درجة غليان السائل

$$\Delta S_3 = Cp(l) \times \ln T_b/T_f$$

4- انتروبي التبخر ويتم حسابه وفق العلاقة التالية:

$$\Delta S_4 = \Delta H_v/T_b$$

حيث ΔH_v حرارة التبخر الكامنة

5- انتروبي الحالة البخارية لغاية درجة الحرارة T ويتم حسابه كما في

$$\Delta S_5 = \int_{T_b}^T \frac{Cp(gas)}{T} dT$$

$$\Delta S_5 = Cp(g) \times \ln T/T_b$$

ويتم حساب الانتروبي الكلي S من جمع الخطوات اعلاه

$$\Delta S_T = \int_{T=0}^{T=TF} \frac{Cp(Crystal)}{T} dT + \frac{\Delta H_f}{T_f} + \int_{T=T_f}^{T=T_b} \frac{Cp(liquid)}{T} . dT$$
$$+ \frac{\Delta H_v}{T_b} + \int_{T=T_b}^{T=T} \frac{Cp(gas)}{T} . dT$$