كلية العلوم

القسم : **الفيزياء**

السنة : **الثانية**

المادة :ترموديناميك

المحاضرة : الثامنة /نظري/كتابة

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

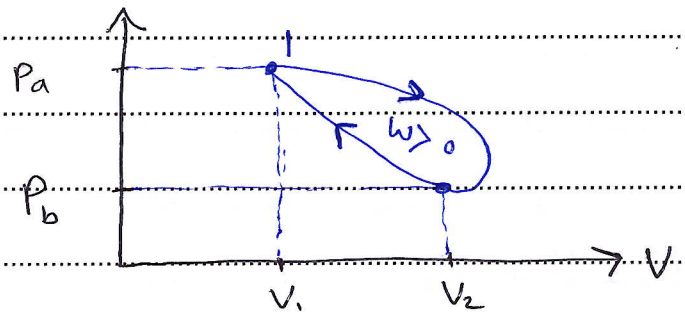
- التحولات الدورية و المردود الحراري :

التحول الدوري : هو سلسلة من التحولات التي تقود بنتيجتها الجملة إلى حالتها الابتدائية المارة بالسلسلة من الحالات المتوازنة المختلفة فإن العمل الذي يقوم به الجملة W :

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p \, dV$$

والعمل الناتج خلال التحول الدوري :

$$W = \oint p \, dV$$

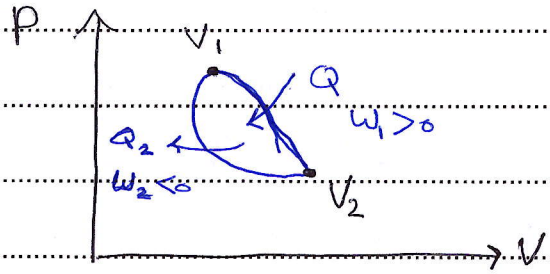


هي مساحة السطح المحصور ضمن المنحني المغلق وواضح أنه موجب حسب جهة دوران عقارب الساعة وسالب بعكسها .

* من أجل غاز مثالي يتمدد من V_1 إلى V_2 ومن ثم يتقلص من V_2 إلى V_1 كما في الشكل ولكي يكون هذا العمل موجب يجب أن يكون الضغط موجب وبالتالي درجة الحرارة عند التمدد أكبر مما هي عليه عند التقلص ولتحقيق ذلك يجب تزويد المادة خلال التمدد بالطاقة الحرارية وعند التقلص يجب أن تخسر طاقة حرارية فتكون معادلة المبدأ الأول من أجل كل تحول

1- عند التمدد تتغير الطاقة الداخلية من U_1 إلى U_2 وتحصل الجملة على كمية حرارة $Q_1 > 0$ وتقوم بعمل $W_1 > 0$ وعليه يكون:

$$Q_1 = U_2 - U_1 + W_1$$



2- عند التقلص تقوم بعمل $W_2 < 0$ وتحصل حرارة $Q_2 < 0$ أي تنشر حرارة وتتغير الطاقة الداخلية من U_2 إلى U_1

$$Q_2 = U_1 - U_2 + W_2$$

بجمع المعادلتين Q_1 و Q_2:

$$Q_1 + Q_2 = W_1 + W_2 = W$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

لا هو العمل الكلي الذي تقوم به الجلة خلال الدورة الواحدة أي لا يوجد على أكبر من الطاقة الحرارية المكتسبة بالرغم من أنه لا بد تتحول كمية الحرارة المكتسبة Q_1 بكاملها إلى عمل مفيد لأنه يجب أن تعطي الجلة الترموديناميكية قسماً من كمية الحرارة المكتسبة Q_1 بكاملها إلى عمل مفيد وبكي تحقق الدورة عملاً موجباً يجب أن تعطي الجلة قسماً من كمية الحرارة التي اكتسبتها قدره Q_2 إلى الوسط الخارجي وبالتالي تكون كمية الحرارة المستفادة فعلاً الحصول على عمل موجب وفقاً للعلاقة:

$$Q_1 + Q_2 = Q - |Q_2|$$

نسمي النسبة بين العمل الذي يقوم به الجلة وكمية الحرارة Q_1 المعطاة خلال دورة واحدة بمحرك الدورة

$$M = \frac{Q + Q_2}{Q_1} = \frac{W}{Q_1}$$

هذه النسبة دوماً أصغر من الصفر إلا في الحالة التي يكون بها: $Q_2 = 0$ في هذه الحالة يكون لدينا $M = 1$.

* إن الآلات الحرارية التي تعمل وفق الدورة المعكوسة كأجهزة التبريد تقوم بنقل الطاقة الحرارية من الجسم البارد إلى الساخن وذلك على حساب تقديم العمل من الوسط الخارجي إلى الجلة الترموديناميكية في الدورة

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

في الدورة العكوسة يكون العمل يساوي الصفر وبالتالي $Q_1 = Q_2$ و

$Q_2 > 0$ وبالتالي $|Q_1| > Q_2$ أي أن كمية الحرارة التي تعطى

للمنبع الساخن تكون أكبر من كمية الحرارة المأخوذة من المنبع البارد وذلك

بمقدار العمل المبذول ينتج النسبة بين كمية الحرارة المأخوذة من المنبع البارد Q_2

والعمل المقدم من الوسط الخارجي (W) بعامل التبريد

$$\psi = \frac{Q_2}{-W} = \frac{-Q_2}{Q_1+Q_2} = \frac{Q_1-Q_1-Q_2}{Q_1+Q_2}$$

$$\psi = \frac{(Q_1-(Q_1+Q_2)}{Q_1+Q_2}$$

$$\psi = \frac{Q_1-(Q_1+Q_2)}{Q_1+Q_2} = \frac{Q_1}{Q_1+Q_2} - 1$$

$$\frac{1}{\mu} - 1 = \psi$$

* أثبت أن الآلية الحرارية التي تعمل وفق الدورة العكوسة (أي آلة التبريد) تقوم بنقل الطاقة الحرارية من الجسم البارد إلى الأسخن

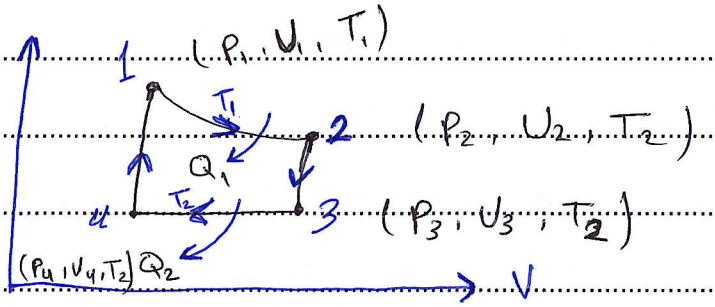
دورة كارنو:

تتألف هذه الدورة من أربع تحولات متتالية (1, 2, 3, 4) اثنان منها كظومان واثنان متساويين درجتي الحرارة، درجة حرارة الأول T_1 والثاني T_2 حيث $T_1 > T_2$ وبالتالي عند الاتصال بالمنبع الأول يكون لدينا $T_1 = cte$

يمتص كمية من الحرارة Q_1

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

وعند المنبع الثاني $T_2 = c.t.e$ تعطيه كمية من الحرارة مقدارها Q_2 وذلك في المحرك المغلقة.



إن السعة الحرارية الحالة في التحولات المطوقة ومتساوية درجة حرارة لا تتعلق بخواص المادة ولكن يمكن أن تكون المادة غازاً أو سائلاً أو صلباً أي جسم.

* التحول من 1 إلى 2 عند متساوي درجة الحرارة.

التحول من 2 إلى 3 عند كظوم تنخفض T_1 إلى T_2

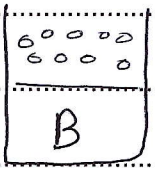
التحول من 3 إلى 4 انضغاط متساوي درجة الحرارة.

التحول من 4 إلى 1 انضغاط كظوم إلى الحالة البدائية حتى T_2 إلى T_1.

اشرح دورة كارنو مع الرسم والمرجع الموافق لك مع ذكر مثال في الصفحة الثانية).

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

* يكون تحقيق ذلك بوضع المادة العاملة B ضمن محيط يسمح بانتقال الحرارة بسهولة بدون احتكاك ويكون المناقل ضمن الإسطوانة ولنفترض لدينا T_1 و T_2 منبعان حراريان وليتحقق الدورة من 1 إلى 2 نضع الإسطوانة على المنبع الحراري T_1 ونرفع جزء من الأثقال بسرعة فتصل الجملة إلى الحالة 2 من 2 إلى 3 (كظوم) نعزل الإسطوانة عن المنبع الحراري ونتابع رفع الأثقال فتصل إلى 3 وتنخفض درجة الحرارة من 2 إلى 4



ثم نرفع العازل عن محرك الإسطوانة ونضعها على T_2 ونقوم بإضافة الأثقال بالتدريج من 4 إلى 1 يرافق التمدد باكتساب كمية حرارة Q_1 من المنبع T_1 وفي حالة النقاص من 3 إلى 4 نعطي الجملة من المنبع البارد T_2 كمية حرارة Q_2 وبما أن Q_1 أكبر من الصفر و Q_2 أصغر من الصفر فإن $W>0$ حسب المبدأ $W=Q_1+Q_2$ نصرف جزء من كمية الحرارة المأخوذة من المنبع الساخن في الحصول على عمل أما الجزء المتبقي فيعطى للمنبع البارد

$$Q=W-Q_2$$

$$Q_1=W+|Q_2|$$

لذلك فإن كمية الحرارة المأخوذة من المنبع الساخن يجب أن يعطى جزءاً منه إلى المنبع البارد والجزء الآخر عملاً وبالتالي فإن مردود المحرك الحراري المثالي الحراري دائماً أصغر من 1.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

المردود الحراري لدورة كارنو :

إذا كانت المادة العاملة مول واحد من الغاز المثالي فتكون كمية الحرارة الممتصة من المنبع الساخن :

$$Q_1 = RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$Q_2 = RT_2 \ln \frac{V_4}{V_3} = -RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4}$$

$$W = Q_1 + Q_2$$

$$= RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} - RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$$

فبالتالي نجد أن المردود :

$$\eta = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1} = \frac{W}{Q_1}$$

وبما أن $\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$

$$W = RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} - RT_2 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$W = R \ln \frac{V_2}{V_1} (T_2 - T_1)$$

TEL:0931497960 - Facebook Group : A to Z مكتبة

بالعودة إلى η

$$\eta = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1} = \frac{W}{Q_1}$$

$$\eta = \frac{R \ln \frac{V_2}{V_1} (T_1 - T_2)}{R \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} (T_1)}$$

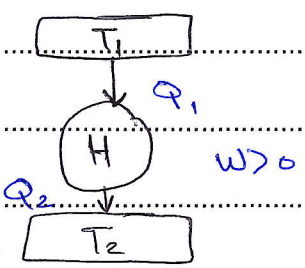
$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

وبالتالي المردود تابع لدرجة الحرارة وبما أن T_2 لا تساوي الصفر فإن المردود أصغر من 1 هذا المردود عندما يكون التحولات متوازنة لكن التحولات في الآلات الحرارية تتم بشكل غير متوازن وبالتالي العمل الحاصل نتيجة اللا متوازن أصغر منه في الدورة المتوازنة وهذا بدوره يؤدي إلى أن مردود الآلة الحرارية الحقيقية أصغر من مردود الآلة المثالية لدورة كارنو.

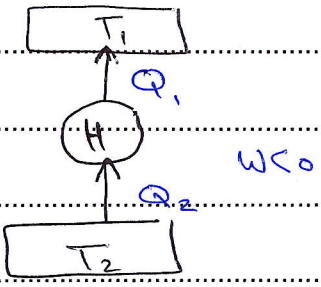
- إذا استنتج المردود الحرارة لدورة كارنو بين أنه يعمل بدرجتي حرارة فقط من أجل مول واحد من الغاز المثالي).

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

* إن الآلات الحرارية تنقل قسماً من كمية الحرارة الماخوذة من المنبع الساخن عن طريق الاحتكاك والإشعاع والنقل الحراري من وسيط إلى آخر، بغض النظر عن الشكل الذي تؤدي به عملها بين منبعين T_1, T_2



(a)



(b)

الشكل a يمثل آلة حرارية تعمل وفق دورة مباشرة والشكل b يمثل آلة حرارية تعمل وفق دورة معكوسة (مبردة) إن معامل التبريد:

$$\psi = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

إن عمل الآلة يتطلب فرق درجة الحرارة أي أن T_1 أعلى من درجة حرارة المادة العاملة و الثانية باردة T_2 أخفض من درجة حرارة المادة العاملة.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

إذا استعدنا منحنى عملياً واحداً فيمكن الحصول على عمل مفيد أثناء الانتقال من 1 إلى 2 علماً أنه لا يمكن تحقيق محرك لانهائي وبالتالي يجب العودة من 2 إلى 1 بصرف نفس العمل الذي اكتسبته الجملة أي العمل المكتسب من 1 إلى 2 يصرف نقله من ② إلى ①.

* وبالنتيجة لا يوجد عمل مفيد لأنه التحولات العكسية لا يمكن الحصول على عمل باستخدام منبع حراري واحد (مخالف لقانون انحفاظ الطاقة) أي لا يمكن تصميم آلة تعمل دورياً بحيث يكون التغير الحاصل في الوسط المحيط بها بعد تحقيق دورة واحدة والحصول عمل موجب مع منبع حراري واحد.

* المبدأ الثاني والتحولات العكوسة:

تتحقق في الدورة العكوسة المباشرة العلاقات

$$Q_1 > 0 \Rightarrow W > 0$$

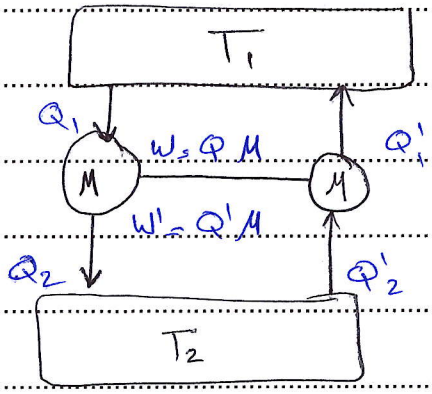
$$W = Q_1 - |Q_2| \Rightarrow Q_2 < 0$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

وفي كلتا الحالتين أي المعادلتين يرتبط بالتبادل الحراري مع منبعين حراريان وبالتالي العمل الميكانيكي عند تطبيق دورة كارنو العكوسة (الموجبة أو السالبة أي كلاهما) لا يمكن تحقيق تبادل حراري بين جسمين دون القيام بعمل وبالتالي نعبر عن المبدأ الثاني للديناميك العكوسة (لا يمكن تحقيق دورة عكوسة تكون نتيجتها الوحيدة تبادل حراري بين الجسمين).

* وجه نتائج مبرهنة كارنو الأولى (إن المردود الحراري لدورة كارنو العكوسة لا يتعلق بالمادة العاملة في الدورة).

وبالتالي للبرهان على هذه الفرضية نفترض وجود T لتعيين تعادل وفق دورة كارنو.



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

وتستخدم مادتين عاملتين مختلفتين حسب الشكل ويوصل هاتين الآليتين ببعضهما بحيث تعمل الآلة الأولى ذات الدورة الموجبة M محركة الآلة الثانية M وتختار مساحتي الدورتين بحيث تكونان متساويتان فنجد لدينا:

$$W + W' = 0$$

$$Q_1 + Q_1' = 0$$

$$Q_2 + Q_2' = 0$$

أي أن المردود $\eta' = \eta$

وهو باطل

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

مكتبة A to Z