

○ 内部エネルギー

物体を形作っている分子や原子は、(熱運動) による運動エネルギーと、分子間力による位置エネルギーをもっており、それら全体の和を (内部エネルギー) といいます。例えば静止したボールの運動エネルギーは0Jですが、内部には熱運動をしている気体などがあるので、内部エネルギーを持っています。



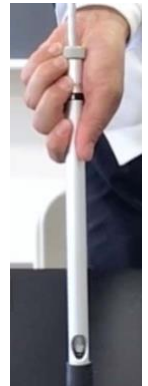
温度の高い方が、熱運動は激しいので内部エネルギーは (大きく) なります。そのため熱を加えれば内部エネルギーは大きくなりますが、例えばボールを突然潰すなど、外力により (仕事) を与えられても、内部エネルギーは大きくなり、次の式で表せます。

$$\Delta U = Q + W_{サレタ} \quad ②$$

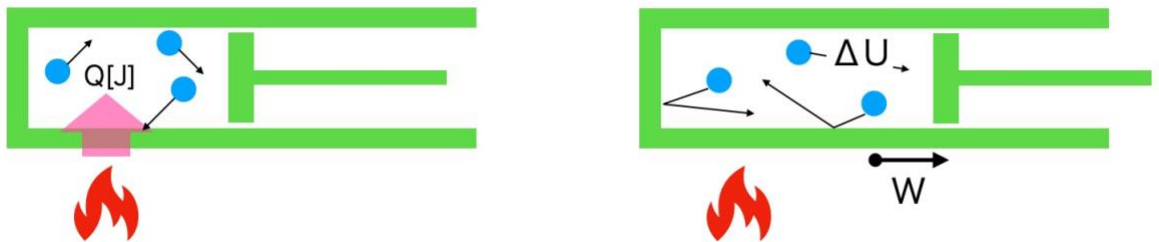
内部エネルギーの変化 = 物体に加えた熱量 + 物体が「された」仕事



<https://youtu.be/eorfvQPmIMM>



またエンジン等を動かすときに気体をよく扱いますが、気体に与えた熱がどのように使われるのか? という面で、熱力学第一法則は次のような表現も使われます。



$$Q = \Delta U - W_{サレタ}$$

$-W_{サレタ}$ は、「気体が仕事をされた」の逆なので、「気体が仕事をした」として $W_{シタ}$ に置き換えることができるので、

$$Q = \Delta U + W_{シタ} \quad ②$$

気体に与えた熱量 = 内部エネルギーの変化 + 気体が「シタ」仕事

なお気体の場合は、固体や液体に比べて密度が極端に小さいので、内部エネルギーはほとんど熱運動による運動エネルギーです。①や②を（ **熱力学第一法則** ）といいます。

問題 なめらかに動くピストンをもつ円筒容器中の気体を加熱し、10Jの熱量を与えたところ、気体は膨張して外部に3.0Jの仕事をした。次の各問に答えよ。気体の内部エネルギーの増加量は何Jか。

$$10 = \Delta U + 3$$

$$\Delta U = 7.0[J]$$

問題 なめらかに動くピストンをもつ円筒容器中の気体を加熱し、25Jの熱を与えて、ピストンを押し気体を収縮させて気体に7.0Jの仕事をした。次の各問に答えよ。気体の内部エネルギーの増加量は何Jか。

$$25 = \Delta U - 7$$

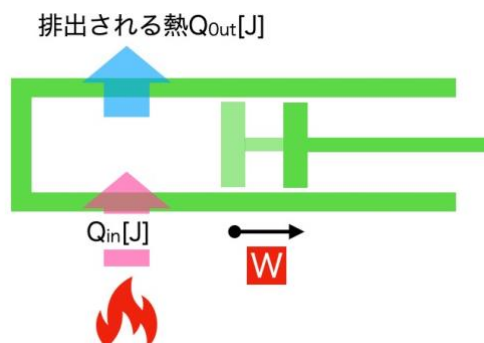
$$\Delta U = 18[J]$$

○ 熱機関と不可逆変化



https://youtu.be/rbIP_I36HP8

熱から仕事をくりかえし取り出す装置を（ **熱機関** ）といいます。熱機関に与えられた熱量 Q_1 と、取り出した仕事 W の割合を（ **熱効率** ）といい、次の式で表されます。



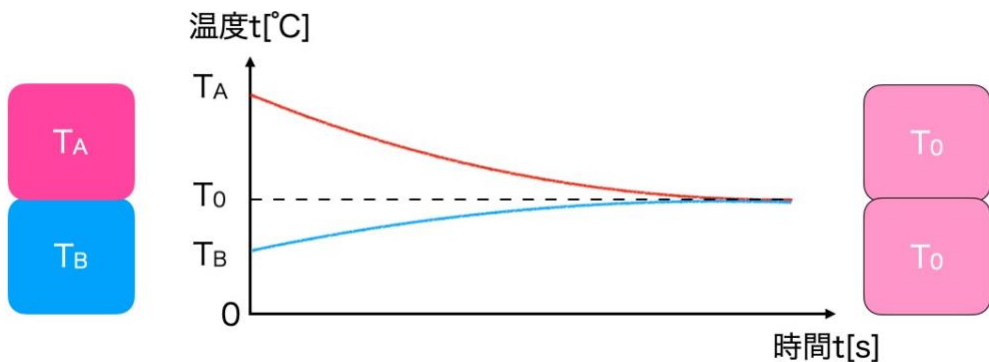
$$e = \frac{W}{Q_{in}}$$

また仕事に使われずに排出される熱量 Q_2 を使うと、次のように表すこともできます ($Q_{in}=W+Q_{out}$)。

$$e = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}}$$

・不可逆変化

振り子運動のように、ある変化が起こったときに、外部に何の影響もあたえずに元の状態に戻ることができる変化を（ **可逆変化** ）といいます。対して外部から何かしらの操作をしない限り、もとに戻らない変化を（ **不可逆変化** ）といいます。例えば熱平衡に達した2つの物体は、時間をさかのぼって元の状態に戻ることができないので不可逆変化です。



一般に熱に関する現象は不可逆変化で、熱効率を 100% にすることはできません。どんな熱機関においても必ず外部へ放出する熱 Q_{out} はあり、また熱は必ず高温の物体から低温の物体へ移動します。これを（ **熱力学第 2 法則** ）といいます（なおこの法則には、他にもいろいろな表現があります）。

参考 熱効率 蒸気機関 10%~20% ガソリン機関 20%~50% ディーゼル機関 30%~50%

問題 熱効率 30% の熱機関に 1.0×10^3 J の熱量を与える。次の各問に答えよ。

- (1) この熱機関がする仕事は何 J か。
- (2) この熱機関が放出する熱量は何 J か。

(1)

$$0.30 = \frac{W}{Q_{in}} = \frac{W}{1000}$$

$$W = 300 = 3.0 \times 10^2 [J]$$

(2)

$$1000 - 300 = 700 = 7.0 \times 10^2 [J]$$