

ボイルの法則と 気体の仕事

中央大学工学部応用化学科
分光化学システム研究室

◆ ボイルの法則

一定温度では、ある一定量の気体の圧力と体積は

$$pV = \text{constant}$$

となり、圧力と体積は反比例の関係となる。

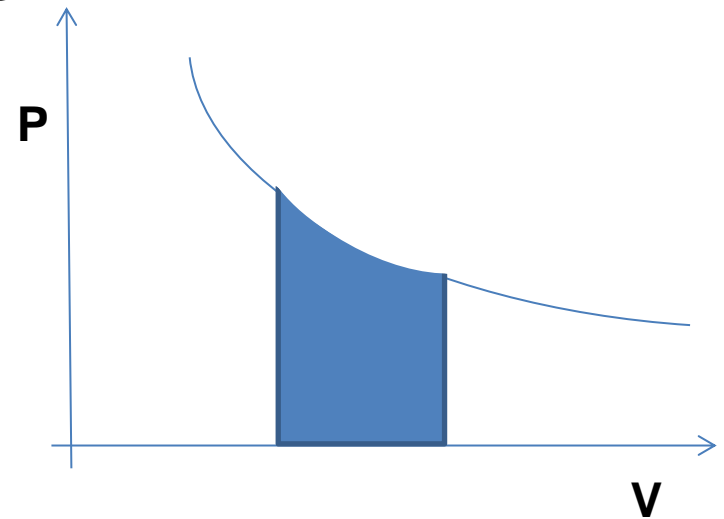
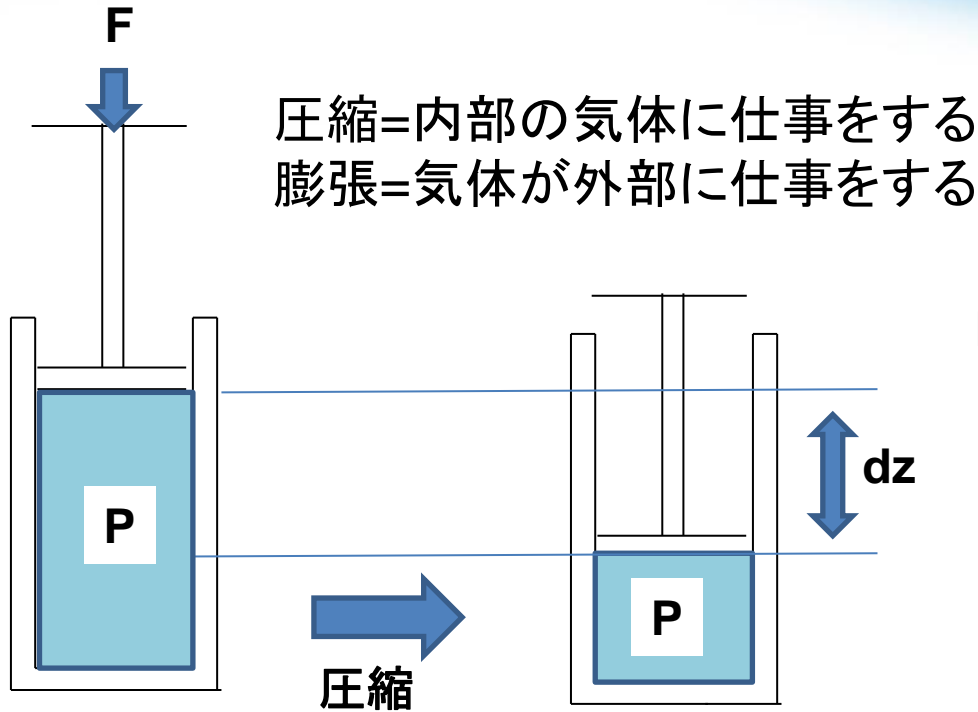
◆ 熱力学第一法則

系の内部エネルギー増加は系が外界からもらった熱量と加えられた仕事の和に等しい。

$$\Delta U = q_{in} + W_{in}$$

理論

◆ 仕事の定義



系が外界から加えられる仕事を正(+とする。微小体積 Adz 圧縮したとすると、

$$dw_{in} = F \times dz = P \times Adz = PdV$$

$$W_{in} = \int_{V_1}^{V_2} PdV \quad \text{この積分値は、右上図色つき面積に等しい。}$$

◆ 仕事の分類（膨張の場合）

① 自由膨張

真空中への（逆らう力がない）膨張

$$p_{ex} = 0 \Rightarrow w = 0$$

② 一定の外圧に逆らう膨張

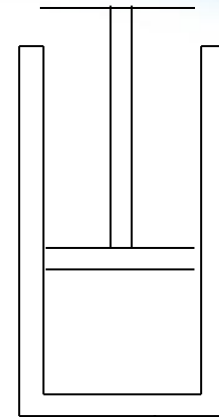
$$w = -\int_{V_1}^{V_2} P_{ex} dV = -P_{ex} (V_2 - V_1)$$

③ 可逆膨張

外圧と内圧が常に等しくなるように保った膨張

④ 不可逆膨張

急速に膨張させることで、内外圧差のある状態での膨張



◆ 膨張仕事の分類

⑤ 断熱膨張

系と周囲の間に熱の出入りがない膨張

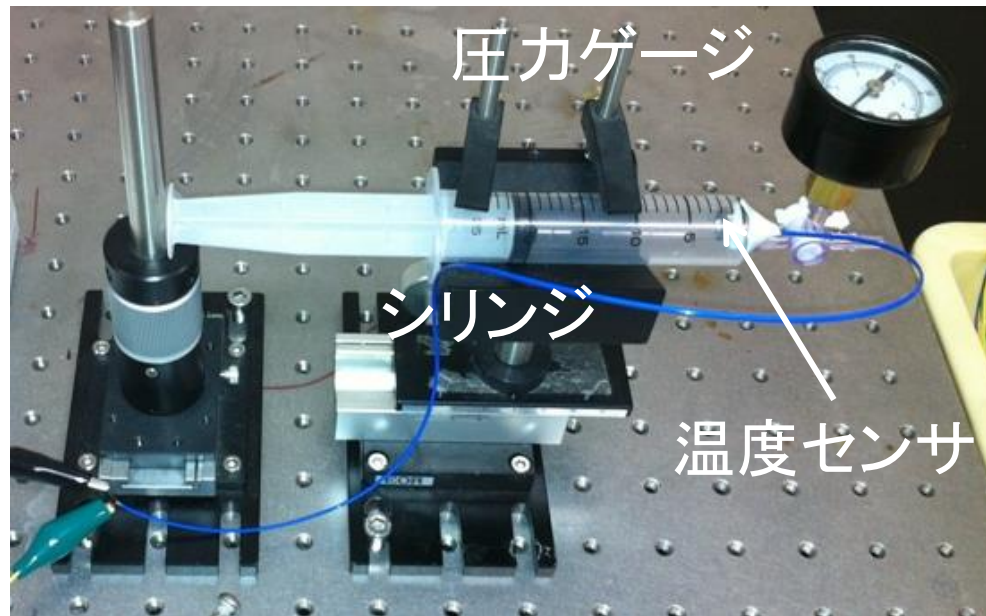
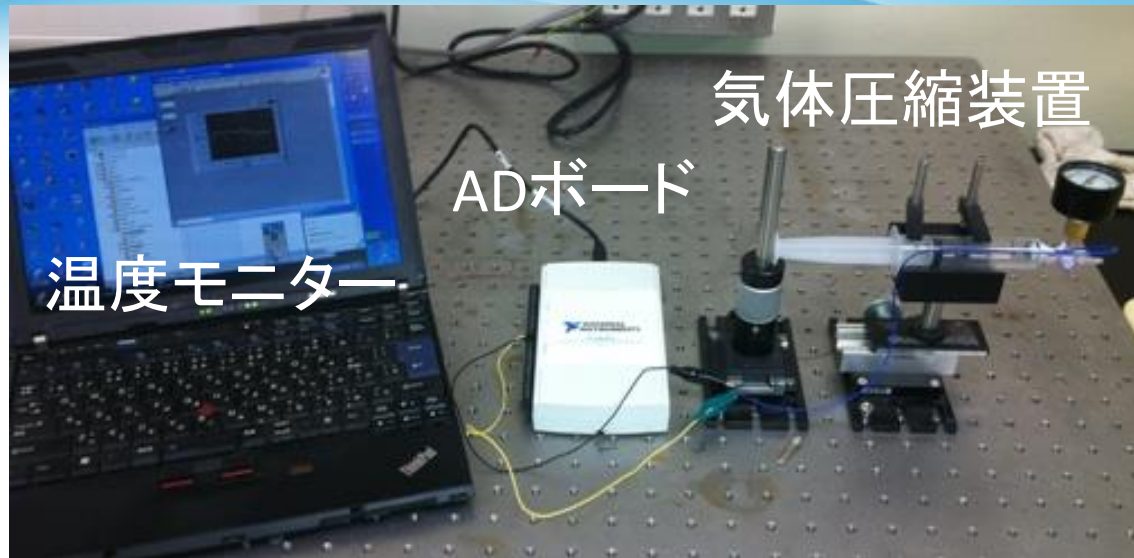
$$w = \Delta U$$

⑥ 等温可逆膨張

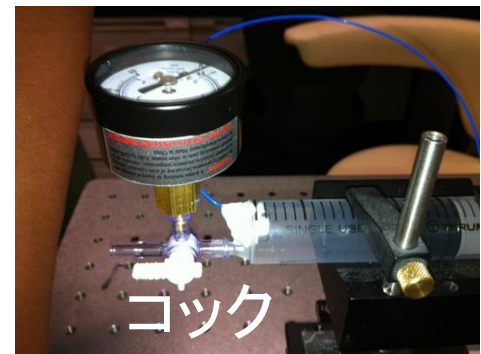
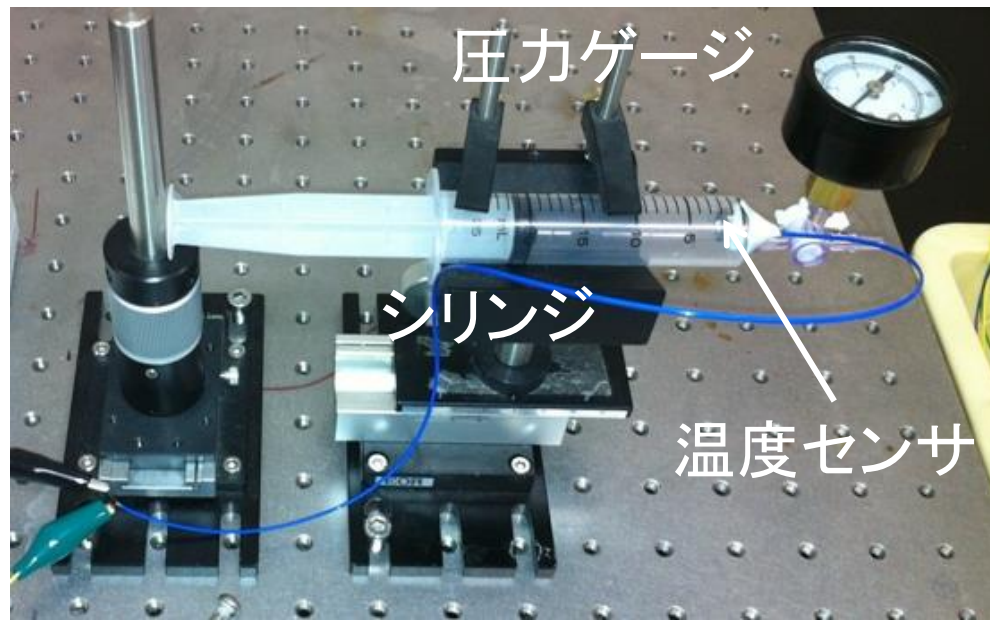
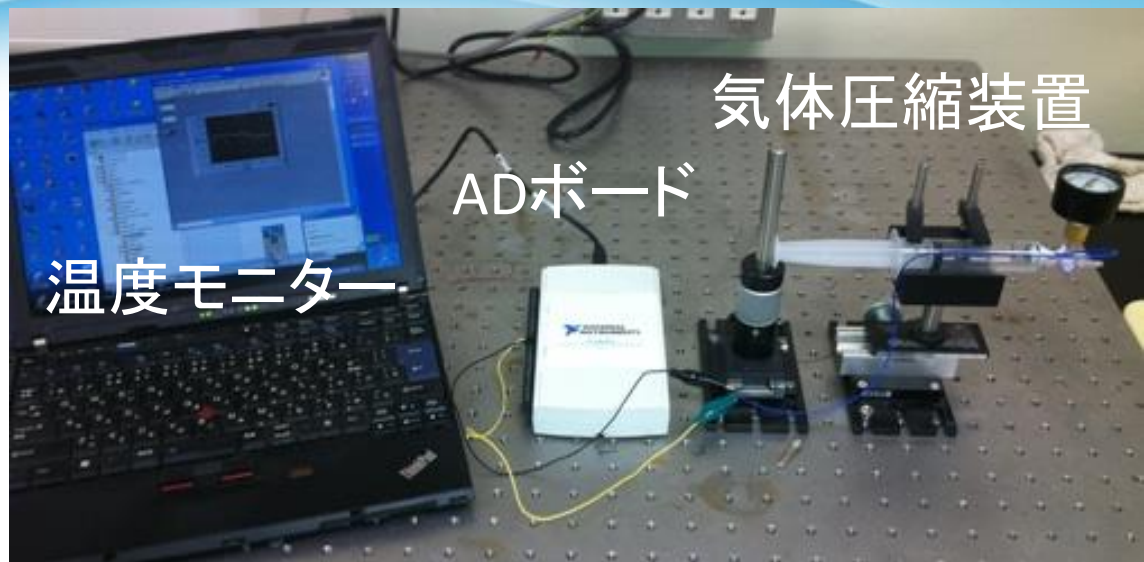
系を外界(恒温槽など)と熱接触させて定温で行う膨張

$$w = -nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = -nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

実験装置



実験装置



実験内容

- ◆ 等温膨張における体積－圧力曲線を作成し、気体の圧縮に必要な仕事量を計算する。
- ◆ 断熱圧縮を行い、その際の温度変化を測定する。

実験手順

◆ 等温圧縮

1. シリンジに空気20 mLを入れてコック、圧力ゲージを装着する。
2. コックを3方に動かして、中の気体の圧力を一定にする。(コックの先端がさす口が閉じられている)
3. コックを外側にひねる。
4. エクセルに体積・圧力、およびその時の温度を記録する。
5. シリンジ下の移動ステージを動かしてシリンジ内の気体を圧縮する。気体内の圧力が20 kPa(圧力ゲージの最小目盛)になるまで気体を圧縮し、その時の体積を記録する。
6. 1 mL単位で体積を圧縮し、その時の圧力を記録する。体積が8 mLになるまで行う。

注意！ 温度モニターにより、圧縮の際に温度が変化しないようにゆっくり操作する。

実験手順

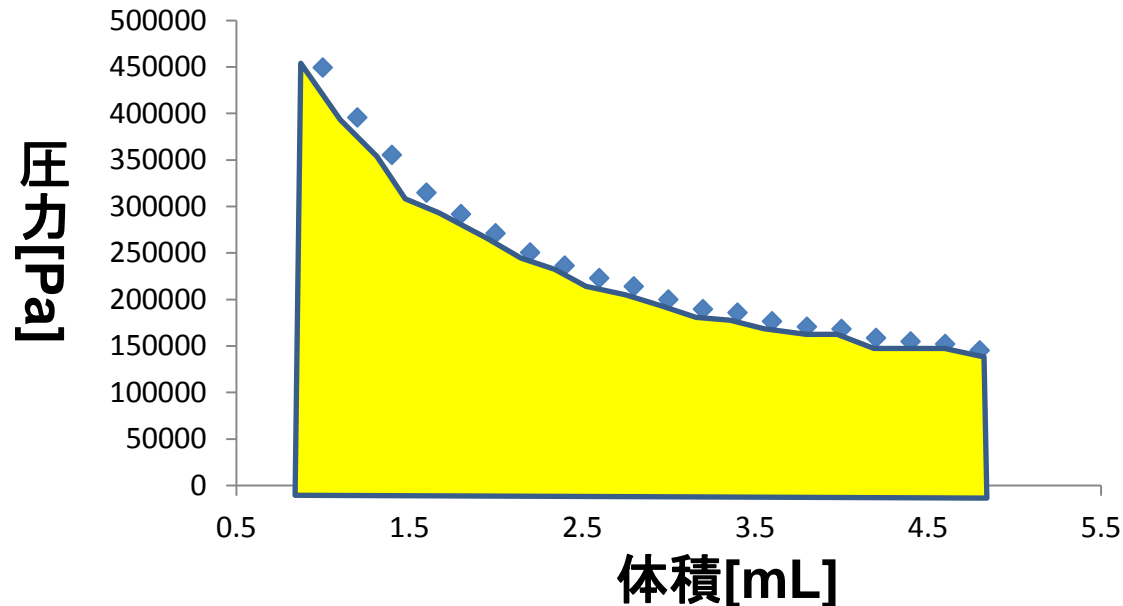
◆ 断熱圧縮

1. シリンジをステージからはずし、手に持つ。
2. コックを3方に動かして、中の気体の圧力を一定にする。
3. コックを外側にひねる。
4. エクセルに体積・圧力、およびその時の温度を記録する。
5. シリンジをできるだけ速く0.8 mLまで圧縮する。その時の温度を記録する。
6. 圧縮したまま、急激にもとに戻した時の温度の変化を観測する。

解析・考察

◆ 等温圧縮

1. 圧力は大気圧がたされていないことに注意して、大気圧分を足す。
2. 体積－圧力グラフを作成し、下図の部分の面積を求める。
3. 等温圧縮の理論式と比較する。
4. 理論値と実験値に違いがあれば、その原因について考察する。

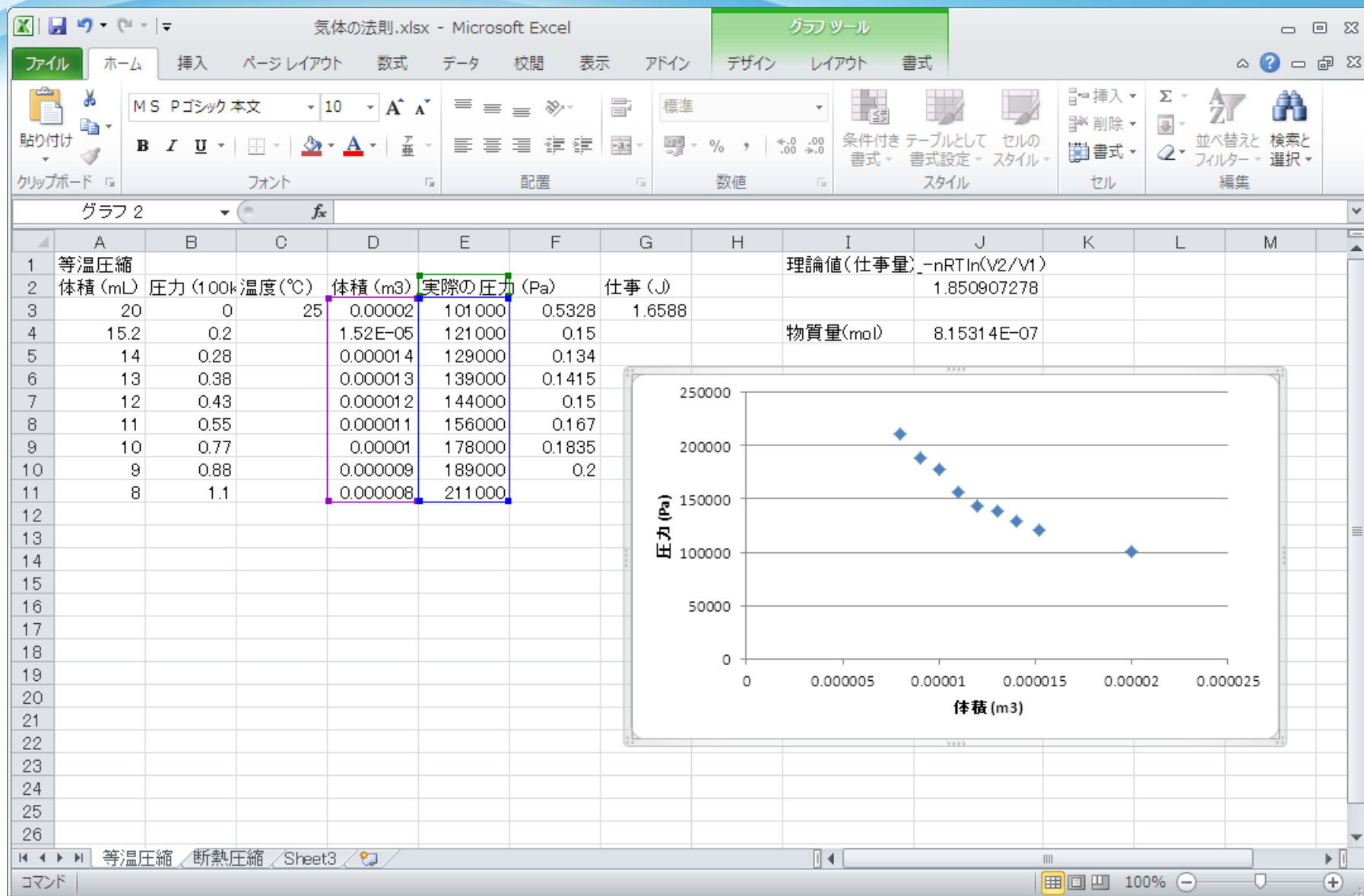


解析・考察

◆ 断熱圧縮

1. 断熱圧縮の式 $TV^{\gamma-1}=\text{一定}$ を利用して、理論式から求められる温度上昇を求める。
2. 実験値は理論値よりもかなり小さな値となる。その原因は何か考察する。
3. 断熱圧縮した直後に、急速もしくはゆっくりともともにもどすと温度の変化はどのようなになるか、その理由を考察する。

解析チャート(等温圧縮)



解析チャート(断熱圧縮)

気体の法則.xlsx - Microsoft Excel

ファイル ホーム 挿入 ページレイアウト 数式 データ 校閲 表示 アドイン

MS Pゴシック 11 A A

標準

数値

F6

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	断熱圧縮								
2	体積 (mL)	圧力 (100k	温度(°C)		理論値(温度上昇)	TV ^(r-1) =一定			
3	20	0	26		r(2原子分子)	1.4			
4	8	1.1	38			431.3673			
5						132.3673			
6									
7									
8									