31：気体の状態方程式

〇原則

①熱力学第一法則について

（気体が吸収した熱量）＝（気体の内部エネルギーの変化）＋（気体が外部にした仕事）

または

（気体が吸収した熱量）＝（気体の内部エネルギーの変化）－（気体が外部からされた仕事）

どちらもよく使われる関係式なので、符号の向きを間違えないようにしましょう。

②物体が外部にする仕事は、$p\Delta V$ である。

＝物体が外部にする仕事は、$p-V$　グラフが囲む面積である。

③状態１から状態２に気体が移行するとき、どんな経路をたどってこの状態変化をしても、最終的に気体が得るエネルギー量は等しい。

〇解答の方針

・問１は、原則①の熱力学第一法則の式から導くことができます。
容器全体の体積に変化がないので気体がした仕事は０、容器は断熱壁で囲まれているので気体が吸収した熱量も０です。

・断熱壁が動き始める瞬間、断熱板にかかる重力と圧力による力がつりあっているので、つり合いの式を立てます。（これ以前では、重力が圧力による力よりも大きかったので板が動くことはありませんでした。）

・問３（２）は、$p-V$　グラフが直線で書けることが（１）よりわかるので、グラフを書けば気体がした仕事が簡単に求められます。
また、グラフが直線にならなくても積分を使って求められます。
さらに、別解の考え方もとても重要なので確認しておきましょう。

・問４は原則①を使います。
A と B の間はコックで仕切られているので、「気体がなされた仕事W_m」は B に入っている気体のみに伝わっていると考えられます。A、B の形状は同じなので、一方に入っている気体は元の半分の量になっています。

・問５は、どちらの気体の状態変化でも、初めの気体の状態がZ_2、最終的な気体の状態がZ_3 となっているので原則③をもとに考えます。

32：p-V グラフと熱サイクル

〇原則

①等温変化では、（内部エネルギーの変化）＝0 より、

（気体が外部にした仕事）＝（気体が外部から受け取った熱量）となる。

←$\Delta U = nC_V\Delta T$ から分かります。

②（気体が外部にする仕事）＝$p\Delta V$　という定義から、気体が外部にする仕事は、$p-V$グラフが囲む面積である。

③断熱変化は、気体が外部から受け取る熱量）＝0 であることを表し、
（内部エネルギーの変化）＋（気体が外部にした仕事）＝0 となる。　（$\Delta U = nC_V\Delta T$）

〇解答の方針
・問１、問２は、グラフを見ると等温変化の状態なので、原則①を使います。

・どんな状態変化のしかたでも原則②は成り立つので、これを使います。
過程①、③は等温変化なので、気体の状態方程式から$pV=(\text{一定})$ になるので、$p-V$グラフが囲む面積は積分で求めることになります。

・問５は、微小な断熱変化を考えて、熱力学第一法則から答えを求めます。

・問８は、与えられたグラフから、仕事の正負を考えて足し合わせるだけです。

補足ですが、熱サイクルを$p-V$グラフに書き直したときに囲まれる面積が、熱サイクル全体の仕事の総和となります。
今回の問題では、このような考え方を使って解くことは困難ですが、このやり方でやると簡単に仕事の総和を求められる問題もよくあるので、覚えておきましょう。

33：断熱変化とポアソンの法則
〇原則
①（気体が外部にする仕事）＝$p\Delta V$　，（気体が外部からされる仕事）＝－$p\Delta V$　　である。

②気体が外部から受けた熱量 Q は、
定圧変化：$Q = nC_P\Delta T$　　定積変化：$Q = nC_V\Delta T$　　となる。

〇解答の方針
Ⅰ
・（１）は原則①を使いますが、符号についてミスしがちなので、十分注意しましょう。

Ⅱ
・（４）を解くために、C_V ，C_P のどちらも登場するような式を立てよう、と考えます。
すると、原則②と、定圧変化における熱力学第一法則から答えを求められることがわかります。

Ⅲ、Ⅳ
　式変形だけです。問題のはじめで与えられているように、近似をⅢで使いましょう。

34：ピストンの単振動

〇原則

①（ある面に加わる力）＝（圧力）×（面積）

②単振動で振動の中心を$x=0$ として、振動の端（物体の速度が０になる点）を$x=\pm A$ ，角振動数をωとする。

$t=0$ のとき、$x=\pm A$ にいるならば $x=\pm A\cos\omega t$ ，

$x=0$ にいて$x>0$ に進み始めるならば $x=A\sin\omega t$ などど、三角関数の式で表される。

実際にどのような形になるのかは、$t=0$ のときの物体の位置から考える。

〇解答の方針

・問１（７）は、（６）の式から考えます。体積が増えるとき、（６）の右辺で、$\frac{\Delta V}{V_0}T_0>0$ なので、

(1ーγ）の正負を考えればよいことになります。γは（５）を参照します。

・問２は断熱変化なので、問１で求めてきた、体積変化と圧力変化の関係式を使って（１）を解くことができます。この問題では、前問をうまく利用することが大事です。

・問２（２）では、原則①を使います。原則①の「圧力」とは、ピストンにかかる「圧力差」のことです。

・問２（３）では、振動の端の位置と角振動数がわかっているので、原則②からピストンの位置を考えます。

35：気体の断熱圧縮と膨張

〇原則

①（力学的エネルギーの変化）＝（外部からうけた仕事の量） である。

②$(\text{圧力})\times(\text{体積})^{\gamma}$ =一定 の式が成り立つときは、この式と気体の状態方程式を使って

$(\text{絶対温度})\times(\text{体積})^{\gamma-1}$＝一定 の式が成り立つ。

←この関係を覚える必要はありません。導けるようにしておけばよいです。

③抵抗…$R(\Omega)$ 、電流…$I(A)$ 、 電圧$V=RI(V)$ の回路において

単位時間当たりのジュール熱Pは、$P=VI=I^2R$

$t(s)$間に供給される熱量Qは、 $Q=Pt$

〇解答の方針

Ⅰ

・角棒にはたらく力は、静止摩擦力、物体とピストンからうける垂直抗力（＝物体とピストンの重力）、ピストンンに加わる大気圧による力 の３つです。

今、逃がし弁は開いているのでシリンダー内外の圧力差はなく、実際に角棒にはたらくのは静止摩擦力と、物体とピストンの重力のみです。
また、棒の左右からそれぞれFの力が加わっているので、最大静止摩擦力はFμではなく2Fμ となります。

Ⅱ
・（３）では、運動している物体が、運動と逆向きに力を受けている（動摩擦力）ので、力学的エネルギーは減少しています。原則①の式を使って解きます。

Ⅲ
・（５）、（６）は原則②の関係を使って解きます。

Ⅳ
・（９）では、気体が受け取った熱量は原則③から分かり、気体が外部にした仕事は（７）から分かるので、熱力学第一法則の式から答えを求めることができます。

36:気体の移動と状態変化
〇原則
①気体の内部エネルギーU＝n$C_V T$ とは、気体分子の内部エネルギーのことである。
→気体分子１個あたりの運動エネルギーは、Uを気体分子の個数である nN 個(N:アボガドロ数) でわったものとなります。
または、気体分子１個あたりの運動エネルギーの公式を覚えていれば、
(気体分子１個あたりの運動エネルギー)＝$\frac{1}{2}m\overline{v^2}=\frac{3}{2}kT=\frac{3R}{2N}T$ （k：ボルツマン定数） としてそのまま求めても構いません。

〇解答の方針
・問１は、原則①を使って解きます。今は「単原子分子」を考えているので、$C_V=\frac{3}{2}R$ となります。
「二原子分子」の場合は、$C_V=\frac{5}{2}R$ となります。

・問２では、「仕切板が上方に動き始めた」ときを考えているので、仕切板にかかる力のつり合いから答えを求めます。

・問３では、「仕切板の高さが$\frac{L}{2}$ になったところで加熱を止めた。」とあることから、ここでも仕切板にかかる力は釣り合っていると考えて、力のつり合いの式を立てて答えを求めます。

・問４は、弁を開く前後で外部との熱のやり取りがないので、エネルギー保存則が使えます。
このとき注意すべきなのは、気体のみのエネルギーは保存しないということです。
質量をもった仕切板が動くので、この位置エネルギーの変化もあわせて、気体と仕切板全体のエネルギー保存を考える必要があります。
また、問４は未知数が多く複雑なので、図を描いて整理しつつ解き進めましょう。

37：波の屈折とホイヘンスの原理

〇原則

①波の屈折では、　入射角：θ_1　　屈折角：θ_2　　屈折前/後の速度：v_1/v_2　　屈折前/後の波長：λ_1/λ_2

とすると、$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$　となる。

←この公式は重要なので覚えましょう。また、「屈折により振動数は変化しない」ことを考えると、$\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$　は納得できます。

②全反射とは、屈折角が90°を超えたせいで、屈折しなくなってしまう現象であり、(屈折角)＝90°　としたときの入射角を、臨界角という。

③気温t℃　のときの音速v　は、$v=331.5+0.6t$　となる。

←気温が高いほうが音速は速くなります。

〇解答の方針

・（８）は、（１）の関係を使います。

ちょうど全反射が起こるときを考えると、$\sin\theta_2$＝1　になって、(臨界角)＝$\sin\theta_1$＝$\frac{v_1}{v_2}$　　です。

これをみたすθ_1が存在するには、$\sin\theta_1<\sin\theta_2=1$　がなりたてばよいことから答えが求まります。

（もしも、$\sin\theta_1\geq\sin\theta_2$　となっていたら、境界面Ⅰで全反射が起こることはありません。）

・（９）は、原則③から考えます。

・（１２）は、今まで求めた角度の関係を使って、θ_0とθ_c　の関係を求めます。

38：虹の原理

〇原則

①波が、媒質Ⅰ→媒質Ⅱ→媒質Ⅰと進むとき、(媒質Ⅰ→媒質Ⅱの入射角)＝(媒質Ⅱ→媒質Ⅰの屈折角)である。

②波が媒質Ⅰ→媒質Ⅱと進むとき、入射角：θ_1　　屈折角：θ_2　　媒質Ⅰ/Ⅱの絶対屈折率：n_1/n_2 とすると、

$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{n_2}{n_1}$　となる。

③可視光線のうち、最も波長が長いのは赤色で、最も波長が短いのは紫色である。

←解説に載っている、可視光線の色と波長の関係をすべて覚える必要はありませんが、原則③は最低限覚えておきましょう。

〇解答の方針

・問１（１）（２）では原則①を使って考えます。
点Ａと中心をつないだ線は、点Ａでの球面の法線になるので、（入射角）＝α、（屈折角）＝β　　です。
また、点Ｂと中心をつないだ線は、点Ｂでの球面の法線だから、（入射角）＝β、（屈折角）＝α　です。

・問１（３）では、入射角と反射角が等しいことを利用します。
点Ｂと中心をつなぐと、（入射角）＝β、（反射角）＝β　だから、$\angle ABC = 2\beta$　となります。
これを、時計回りの変化になおせば答えが求まります。

・問１（６）は、原則②を使って求めます。

・問１（８）（９）は、問題文の意味をしっかり把握すれば答えられます。
「衝突径数ｂとわずかに異なる衝突径数ｂ＋Δｂ」は、ｂよりわずかに小さい場合と、わずかに大きい場合の２通りが考えられます。このときに「ほぼ同じ仰角に散乱される」のは、図２(b)の極大値付近でのみ起こっています。このことから、答えが導けます。

・問２は、図２（ｂ）から考えます。図を見ると、$\theta_2 > 42°$ では光が散乱されないことがわかります。
このことから、虹の外側は$\theta_2 > 42°$　になる場合ではないかと考えて記述します。

・問３は、原則③から考えます。

39：屈折による拡大

〇原則

①波が媒質Ⅰ→媒質Ⅱと進むとき、入射角：θ_1　　屈折角：θ_2　　媒質Ⅰ/Ⅱの絶対屈折率：n_1/n_2 とすると、

$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$　となる。

ここで、媒質Ⅰに対する媒質２の屈折率（相対屈折率）をn とおくと、$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = n$ となる。　（屈折の法則）

〇解答の方針

・問３は、原則③の屈折の法則を使います。

・問５は、解説のようにまた角度を設定して解くこともできますが、図１と図２で空気と水の立場が入れ替わっただけだと考えれば簡単に解けます。
問４までとは違い、相対屈折率が$\frac{1}{n}$ になったと考え、問４のn を$\frac{1}{n}$　におきかえれば、

$\frac{\frac{1}{n}(h+d)}{\frac{1}{n}h+d} = \frac{h+d}{h+nd}$　となり、答えが求められます。

40：２枚のレンズによる像

〇原則

①物体からレンズまでの距離：a　　レンズから像までの距離：b　　焦点距離：f　　とすれば、

$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$　　がなりたつ。

ただし、凸レンズ：$f>0$　　　凹レンズ：$f<0$

　　　　像がレンズの前方（左側）にある：$b<0$　　後方（右側）にある：$b>0$

②実際の物体に対して、観察できる像の大きさの倍率mは、$m=\left|\frac{b}{a}\right|$　となる。

〇解答の方針

・問１、問２は、原則①、②を使って公式に当てはめるだけです。

・問３は、A、B、C をすべて同時に考えると解けなくなります。まず、A→B を考えます（問１）。
その後、B を像ではなく物体とし、B→C を考えます。
このとき、原則①を使っていきますが、符号に注意しましょう。

・問４では、物体$AA^{`}$ の位置について求めたいので、C→B→A の順番で原則①の公式をつかっていきます。

・レンズＬ２とスクリーンの位置（像$CC^{`}$の位置）を変えないことから、像$BB^{`}$と像$CC^{`}$の位置関係も変わらないことに気付けるかがポイントです。
その後は、「レンズＬ１による倍率が１倍以上である場合」という条件から答えを求めます。