第３７回に引き続き，藤原です。第３８回目は第３７回目で紹介した問題の解説です。今回は小論文，というより自由解答形式の問題を紹介させてもらいました。

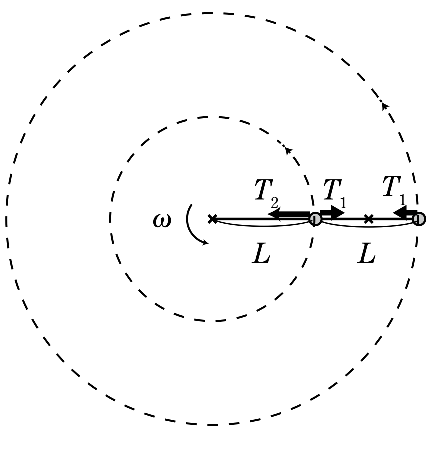
「説明せよ」と要求された問題について時間制限や字数制限などが設けられた際に，慣れていないと「どこまで書くべきか」の部分で判断に迷ってしまうと思います。

説明は「原因」と「結果」を記載するのが基本です。もちろん，「原因」を先に書いてから次に「結果」を書くのが文章の流れとしては美しいと思えますが，慣れていないと中々結論まで上手く書き込めない場合も多いです。その場合，先に「結果」を簡潔に書いて，「何故なら～」といった文章で次に原因を書き込んでいくのはどうでしょうか。多少流れは悪い文章にはなると思いますが，制限時間を見てから後で文章を付け足しやすく，時間が無ければ結果だけ書いて部分点を狙う「書きやすい・点を狙いやすい」文章になると思います（今回はⅠの問２をそのような手法で書きました)。

今回は模範解答だけでなく，＜考察＞の部分では「解答を書く際にどのような部分を意識したか」といった点を記載しました。皆さん自身が記述していく際の参考となれば幸いです。

【解答解説】

Ⅰ

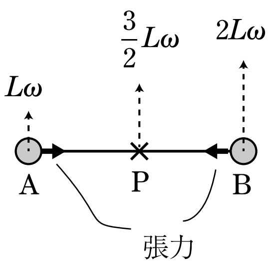


問１　AB 間の糸の張力を T_1，OA 間の糸の張力を T_2 とする。A，B について，円運動の中心方向の運動方程式は

$$m(L\omega^2)=T_2-T_1,\qquad m(2L\omega^2)=T_1$$

２式より，$T_1=2mL\omega^2$，$T_2=3mL\omega^2$

問２



回転半径から，OA 間の糸が切れる直前における P の速さは $\frac{3}{2}L\omega$ である。糸が切れた後，P の運動は等速直線運動となる。理由は以下の通り。

A，B が同質量であるので P は AB 全体の重心の位置となる。OA 間の糸が切れた後，A，B にそれぞれ働く外力は AB 間の糸の張力のみであり，AB 全体の重心 P の運動に働く外力は無い。よって P の運動が変化することはない。

＜考察＞

質量を持たない P 点の運動を問われていますが，幾何的な問題ではありません。複数の物体の運動を扱うときの重要テーマ「運動量＆重心」に着目できたかどうか，という物理の本質的理解度を問うている問題といえます（私は複数の物体が出たときは，使うかどうかはともかくとして常に重心運動・相対運動は意識します)。

「内力系なら運動量保存＆重心速度一定」や「非保存力の仕事が０なら力学的エネルギー保存」といった物理法則・公式の数学的証明は，もちろん制限時間が足りないので割愛しても問題ないと思います。

力学においては，運動の「結果」を問われたときは力（＋初期条件）を「原因」に説明し，力の強さ

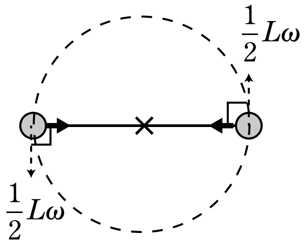
などの「結果」を問われたときは，運動状況を「原因」に説明するのが一般的思考です（“力と運動”）。

また最初の１行は，実は最後に追加しました。時間に余裕があれば具体的な数値も記載した方が良いかと思います。

問３

回転半径から考えて，OA 間の糸が切れる直前における A の速さは $L\omega$，B の速さは $2L\omega$ である。

Pから見たA，Bの運動



静止した観測者から見た A，B の運動は，速さ $\frac{3}{2}L\omega$ で等速直線運動している P を中心点として，その周りを半径 $\frac{L}{2}$，角速度 ω の等速円運動する。理由は以下の通り。

糸が切れた後，P から見た相対運動を考えると，A，B に慣性力は働かず，働く力は相対速度の向きと垂直に働く糸の張力のみである。よって，A，B は P から一定距離 $\frac{L}{2}$ 離れたところで速さ $\frac{1}{2}L\omega$，角速度 ω で等速円運動して見える。

（別の書き方）

回転半径から考えて，OA 間の糸が切れる直前における A の速さは $L\omega$，B の速さは $2L\omega$ である。糸が切れた後，P から見た相対運動を考えると，A，B に慣性力は働かず，働く力は相対速度の向きと垂直に働く糸の張力のみである。よって，A，B は静止した P から一定距離 $\frac{L}{2}$ 離れたところで速さ $\frac{1}{2}L\omega$，角速度 ω で等速円運動して見える。

静止した観測者から見た A，B の運動は，速さ $\frac{3}{2}L\omega$ で等速直線運動している P を中心点として，その周りを半径 $\frac{L}{2}$，角速度 ω の等速円運動する。

＜考察＞

「初期条件→結果の記載→原因の記載」の順番で書く様に統一してみました。もちろんこの書き方のみが正解ではなく，（別の書き方）の様に「初期条件→原因の記載→結果の記載」の方が書きやすい人はそれでも良いかと思います。

また記述の際に図を描く事は絶対必要というわけではありませんが，自分の言葉の説明にどこか不足を感じた場合は，簡単な図を付け加えて，「図の様に」といった表現で伝える事もアリだと思います。

Ⅱ

問１

A から凸レンズ１に入射した光が，レンズ１後方の B で像を結んでいるので，倒立実像である事は明らかである。よって像の向きは下向きである。

OB＝b とすると，レンズ公式より

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f} \quad \Leftrightarrow \quad b=\frac{af}{a-f}$$

また，倍率 $m=\frac{b}{a}=\frac{f}{a-f}$ より，

像の大きさ $L_{\mathrm{B}}=mL=\frac{f}{a-f}L$

＜考察＞

上記の問題は，以下の様な説明をする事も考えました。

OB＝b とすると，レンズ公式より

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f} \quad \Leftrightarrow \quad b=\frac{af}{a-f}$$

$a>f$ より $b>0$ であり，白紙に映った像は倒立実像となるので，像の向きは下向きである。

$b>0$ を導き出した上で実像の証明とする，といった書き方です。当然この書き方でも正解となります。

ただ，光源から１つの凸レンズに入射した光線が，レンズの反対側で像を結ぶとき，それが「正立虚像」となる事は決してないのですから，本文中に書かれていることで，実像である事は自明とみなして良いと思います。

問２

BC＝a'，CD＝b' とすると，レンズ公式より

$$\frac{1}{a'}+\frac{1}{b'}=\frac{1}{f}\quad \cdots①$$

また倍率 $m'=\dfrac{b'}{a'}$ より

像の大きさ $2L=m'L_{\mathrm{B}} \Leftrightarrow 2L=\dfrac{b'}{a'}\times\dfrac{f}{a-f}L\cdots②$

①と②より a'，b' を求めると，

$$a'=\frac{f(2a-f)}{2(a-f)},\quad b'=2a-f$$

よって，凸レンズ２は，初めの像があった位置 B から右に距離 $\dfrac{f(2a-f)}{2(a-f)}$ 離れた位置に置かれており，白紙は凸レンズ２からさらに右に距離 $2a-f$ 離れた位置に置かれている。

<考察>

レンズ公式や倍率の式は，レンズ屈折する光線の図を描いて，相似比から割合簡単に（他の公式と比べて）導き出す事が可能です。

よって，問１，２においては上記の様な公式を用いた説明以外に，図を用いて像の向きや位置，大きさを導き出しても正解となるでしょう（公式を頼らずに書ける）。

ただ私自身が解答者で記述する際は，「公式の証明は割愛する」という自分ルールにのっとって書くように意識しています（注：これは皆さんに強要したいわけではありません）。

Ⅲ

問１　抵抗に関する記載がないため，ここでは抵抗による消費電力を無視して考える。

すると，変形に要した仕事 W と起電力からの仕事 W_V の和は，静電エネルギー変化量 ΔU と等しい。

変形前の静電容量 $C_1=\varepsilon\dfrac{S}{d_1}$

変形後の静電容量 $C_2=\varepsilon\dfrac{S}{d_2}$

また今回は起電力と接続した状態のままで変形しているので，

変形前の電気量 $Q_1=\varepsilon\dfrac{S}{d_1}V$

変形後の電気量 $Q_2=\varepsilon\dfrac{S}{d_2}V$

よって変形前後において，

$$\Delta U=\frac{1}{2}Q_1V-\frac{1}{2}Q_2V=\frac{1}{2}\varepsilon SV^2\left(\frac{1}{d_2}-\frac{1}{d_1}\right)$$

$$W_V=(Q_1-Q_2)V=\varepsilon SV^2\left(\frac{1}{d_2}-\frac{1}{d_1}\right)$$

これらを $W+W_V=\Delta U$ の式に代入して，

$$W=\frac{1}{2}\varepsilon SV^2\left(\frac{1}{d_1}-\frac{1}{d_2}\right)$$

<考察>

「コンデンサー変形におけるエネルギー関係」という頻出テーマに関する問題。ただし，誘導が少ないので，日々の学習（問題演習）の時点で行き当たりばったりに解くのではなく，「解放手順」を自分でまとめていたかどうかが問われる問題といえます。

私はこのようなこの様な変形問題は次の手順で考える様にしています。

１）まず C の変化前後を考える。

２）次に「スイッチ ON・OFF」に注目して，Q，V のどちらが一定かを考える。変化する方は，$Q=CV$ を用いて考える。

３）公式を用いて，静電エネルギー U，極板間電場 E などを Q，C，V から考える。

電磁気や熱学は登場する物理量の種類が豊富なので，このような解放手順の整理は重要と思われます。

問 2

間隔 d_2 の状態からさらに板 B を微小距離 Δd 移動させて，間隔を $d_2+\Delta d$ に変化させる事を考える。その際に B に与えた外力の強さを一定とみなして F とすると，問 1 と同様に考えて

$$\Delta U = \frac{1}{2}\varepsilon SV^2\left(\frac{1}{d_2+\Delta d} - \frac{1}{d_2}\right)$$

$$W_V = \varepsilon SV^2\left(\frac{1}{d_2+\Delta d} - \frac{1}{d_2}\right)$$

ここで，$d_2 >> \Delta d$ として，近似を用いて考えると

$$\frac{1}{d_2+\Delta d} = \frac{1}{d_2}\left(1+\frac{\Delta d}{d_2}\right)^{-1} \fallingdotseq \frac{1}{d_2}\left(1-\frac{\Delta d}{d_2}\right)$$

よって

$$\Delta U \fallingdotseq -\frac{\varepsilon SV^2\Delta d}{2d_2^2}\ ,\ W_V \fallingdotseq -\frac{\varepsilon SV^2\Delta d}{d_2^2}$$

また，$W=F\Delta d$ であるので，これらを $W+W_V=\Delta U$ の式に代入して，

$$F = \frac{\varepsilon SV^2}{2d_2^2}$$

(別解)

板 A，B は極板間の合成電場 E_2 の半分の電場を互いに与え合い，静電気力を発生させるので，その大きさ f は

$$f = Q_2 \times \frac{1}{2}E_2 = \varepsilon\frac{S}{d_2}V \times \frac{V}{2d_2} = \frac{\varepsilon SV^2}{2d_2^2}$$

よって，B に加えるべき力の大きさ F についても

$$F = f = \frac{\varepsilon SV^2}{2d_2^2}$$

＜考察＞

問 1 のエネルギー関係を利用して，問 2 の解答を記述しましたが，別解の方でも正解です。

一方で，問 1 の W に関して，F を上記の考え方から先にも求めて，$W=F(d_2-d_1)$ と考えるのは不可です。なぜなら距離 d_2-d_1 移動する間に，F の値は変化するからです。

「仕事」や「力積」を外力から直接求めるのは，外力が一定でない場合は積分計算を要するので煩雑な計算となります。その際に「エネルギー変化」や「運動量変化」から求めることができるという法則理解が試されています。

＜最後に＞

上に記載した解答例はあくまで一例で，「正解の書き方」は他にもたくさんあると思います。

重要なのは書き方を統一することだと思います。理科の記述・論述では「表現力」が問われる事はなく,「まとまっているかどうか」のみが問われます（小論文というよりレポートです）。見栄えを気にするあまり，問題に応じて書き方や表現を変えようとすると上手くいきません。自分なりの「書く順番」「書くルール」を決めてしまった方が手早く書けると思います。

前回の問題編でも書きましたが，実際には物理の入試問題で説明を求められる事が少ないです。ただ今回掲載した事は，自由解答形式の答案を描く際や，化学や生物などのその他の論述問題を解く際にも重要な点であると思われます。やみくもに演習量だけこなすのではなく，演習を通して自分なりのルールを構築しながら，効率の良い記述力向上を目指しましょう。