

## 応募理論問題【講評】

### 第1問

本問は、高校の物理実験でしばしば使われる「手回し発電機」の原理である電磁誘導に関して、定性的な理解を問う問題であった。電磁誘導という現象がどのようなメカニズムで起こるのか、また、手回し発電機をコンデンサーにつないだとき、手に加わる力がどのように変化するかを、簡単なモデルを用いて説明させた。

以下に、答案を採点した際に気付いた点を2、3述べよう。

1. 最小限の解答としては定性的な説明をすればよい。ただし、問題の前文に、「自ら物理量を与えて数式を用いて説明しても構わないが、・・・」と書いたもので、数式を用いた解答も多く見られた。数式による解答でもよいが、その場合でも、どのような現象が起こるのか、理由を付けて説明する必要がある。結果のみを書き、理由をほとんど述べていない答案の評価は低くなった。
2. 金属棒とレールの間の摩擦や、空気抵抗、金属棒の運動と共に回路の電気抵抗の変化を考慮すべきかどうかなど、敢えて条件を付けず、応募者の考察の深さをはかろうとした。このような摩擦や抵抗についてきちんと条件を付けた考察をしている答案が多かったことを心強く思う。
3. 数式を用いた説明としては、【解答】に示したように、通常の高校物理（物理Ⅱ）でなされる程度の電磁誘導に関する計算に加えて、次のような考察をすれば十分であろう。  
回路の電気抵抗が一定で、摩擦や空気抵抗のない場合について、金属棒の運動方程式と回路のキルヒホッフの第2法則の式（回路方程式）を立て、これらの（変数分離型微分）方程式を連立させて解けばよい。一部に摩擦や空気抵抗を含めた微分方程式の解法を試みている答案もあった。その意欲は買うが、摩擦や空気抵抗の影響は定性的に説明すれば十分であろう。実際、国際物理オリンピックでも、ある程度の微分・積分の計算はさせるが、複雑な微分方程式を解かせる問題は出題されない。
4. 問題文の前文に、「手回し発電機とコンデンサーを使った実験は容易にできるので実際に試してみるのが望ましい」と書いたもので、実際に実験を行い、その写真を添付した答案があり、その意欲に感動した。

## 第2問

(1)については、問題が誘導形式の空所補充タイプであったこともあり、応募問題解答提出者の多くが大部分の設問に対して正解していた。正解者の解答方法は、概ね上記の模範解答例と同じであった。これ以外に、例えば、位置  $x$  と時間  $t$  の関係を示すグラフである  $x-t$  グラフを用いて初等幾何学的な解答方法もある。以下に、参考として挙げておく。

(イ)、(エ)、(オ)は、 $x-t$  グラフ上で、幾何学的に考えることも出来る。

(イ) 図(b)のように各点を取り、 $\frac{1}{f_0} = T_0$ 、 $DF = \Delta t$  とおく。

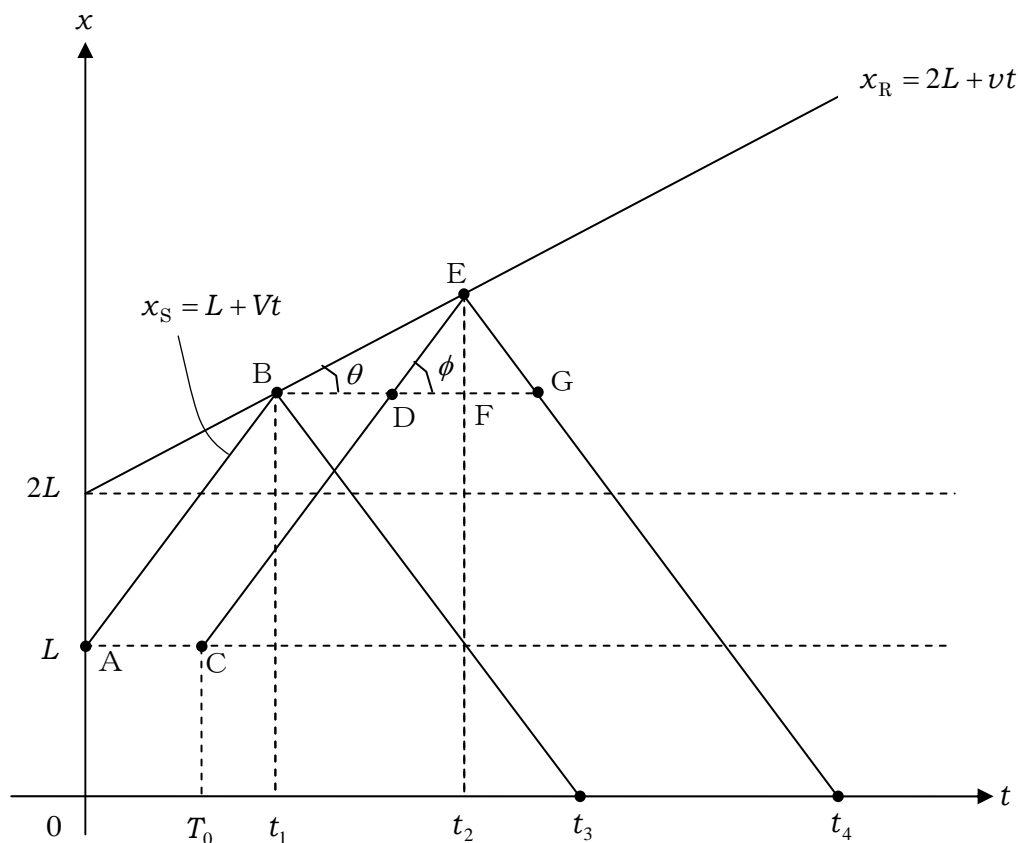


図 (b)

このとき、 $\tan \theta = v$ 、 $\tan \phi = V$  であり、

$$BD = AC = T_0$$

$$(BD + DF) \tan \theta = DF \tan \phi$$

より、

$$(T_0 + \Delta t)v = \Delta t \cdot V \quad \therefore \quad \Delta t = \frac{v}{V-v} T_0$$

したがって、

$$t_2 = t_1 + (T_0 + \Delta t) = \frac{L}{V-v} + \frac{VT_0}{V-v}$$

$$= \frac{1}{V-v} \left( L + \frac{V}{f_0} \right)$$

(エ) 図(b)のB点から  $x=L$  の位置まで音波が戻るのに要する時間は、図の対称性から時間  $(t_1 - 0) = t_1$  に等しく、 $x=L$  の位置から更に観測装置Pに達するまでに要する時間  $\frac{L}{V}$  を加えて、

$$t_3 = 2t_1 + \frac{L}{V} = \frac{2L}{V-v} + \frac{L}{V} = \frac{(3V-v)L}{(V-v)V}$$

(オ)  $t_4 - t_3 = T_2$  とおくと、図(b)より(DF = FGから)、

$$\begin{aligned} T_2 &= BG = BD + (DF + FG) = BD + 2FG \\ &= T_0 + 2\Delta t = \frac{V+v}{V-v} T_0 = \frac{V+v}{(V-v)f_0} \end{aligned}$$

(2)については、正解できた者と出来なかった者に分かれた。それでも応募問題解答提出者の3分の1位の者が正解していた。正解者の解答方法は、概ね上記の模範解答と同じであり、図(a)と同じような図を描いて考察している者が多かった。ただ、少数の正解者ではあるが、一般に成り立つ関係式を導出し、その後、初めて音が聞こえなくなる時刻とその時間を算出するという優れた解答もあった。

### 第3問

質点の自由落下，摩擦があるときの自由落下，等速円運動など私達が日頃目にする質点の運動が，ニュートンの第2法則と呼ばれる運動方程式によって統一的に理解される素晴らしさを理解して欲しいと思い出題した。

この題材はどの教科書にも載っているもので目新しくないが，質点の力学を理解する上で欠かすことが出来ないテーマである．運動方程式という観点からもう一度様々な質点の運動を勉強し直すと大変理解し易いであろう。

多くの答えは良くできており，高等学校での勉強の充実振りが伺えた．また，未だ学校では習っていないと思われる人からの答えもあったが，結構理解の程度が高く，指導者や本人の努力が感じられる答えも多くあった．ただ，答えは論文などと同じで，他の人を説得出来るものでなければならない．その意味では，(3)等で図を書きながらその内容を説明している答えが幾つかあったが，大変良い試みであり推奨したい。

(5)の衛星の円運動に関する数値計算結果は， $h \gg R$ となり，初めの仮定( $h \ll R$ )とは異なる結果になった．しかし，(4)で軌道半径を( $R+h$ )と与えてあるので，それに従って，運動方程式を立てれば，正解が得られるはずである．十分時間があったので， $h$ が非現実的値になったら，繰り返しチャレンジすることによって，正解に到達して欲しかった答えがいくつかあった。