

## 近畿大学医学部(推薦) 物理

2022年 11月 20日実施

### I

#### 解答

①  $\frac{m}{m+M}v$

③  $\frac{2m}{m+M}v$

⑤ 1

⑦  $\frac{m(v^2 - v_1^2)}{2\mu'Mg}$

⑨  $g\sqrt{\frac{(\mu + 2\mu')\mu m}{k}}$

②  $\frac{mM}{2(m+M)}v^2$

④  $\frac{M-m}{m+M}v$

⑥  $\frac{\mu Mg}{\sqrt{km}}$

⑧  $\frac{-\mu'mg + \sqrt{(\mu'mg)^2 + kmv^2}}{k}$

#### 解説

① A・B・ばねを一体と考えると水平方向に外力がはたらかない。したがって、求める速さを  $v_0$  とおくと、水平方向の運動量保存則より

$$mv = (m+M)v_0 \quad \therefore v_0 = \frac{m}{m+M}v$$

② 求める位置エネルギーを  $\frac{1}{2}kx_0^2$  とおく。A・B・ばねを一体と考えて力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(m+M)v_0^2 + \frac{1}{2}kx_0^2 \quad \therefore \frac{1}{2}kx_0^2 = \frac{mM}{2(m+M)}v^2$$

③ Bがばねから離れた瞬間のAの速度を  $v_A$ 、Bの速度を  $v_B$  とおく。A・B・ばねを一体と考えて運動量保存則と力学的エネルギー保存則より

$$\begin{cases} \text{運動量保存則: } mv = mv_B + Mv_A \\ \text{力学的エネルギー保存則: } \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_B^2 + \frac{1}{2}Mv_A^2 \end{cases}$$

$$\therefore |v_A| = \frac{2m}{m+M}v \quad (\because v_A \neq 0)$$

④ ③の連立方程式を解いて、 $v_B \neq v$  より  $v_B = \frac{m-M}{m+M}v < 0$  ( $\because m < M$ )  $\therefore |v_B| = \frac{M-m}{m+M}v$

⑤  $e = -\frac{v_B - v_A}{v - 0} = 1$

(注) 衝突前後で力学的エネルギーが保存するのは反発係数が1のときである。

⑥ まずAが動き出さない条件を考えて、その後Aが動き出す条件を求めよう。Aにはたらく静止摩擦力を  $f_A$ 、弾性力を  $kx$  とおく。Aが動き出さないと仮定すると、力のつり合いより

$$f_A = kx \dots \textcircled{1}$$

となる。Aが動き出さない条件は

$$f_A \leq \mu Mg \dots \textcircled{2}$$

であるから、①、②式より

$$kx \leq \mu Mg \dots \textcircled{3}$$

となる。ここで弾性力の最大値を  $kx_1$  とおくと  $kx \leq kx_1$  より③式は

$$kx_1 \leq \mu Mg \dots ④$$

と書ける。弾性力が最大値  $kx_1$  となる時、AB は共に静止していて、このとき力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kx_1^2 \dots ⑤$$

④, ⑤式から  $x_1$  を消去して  $v$  について解くと

$$v \leq \frac{\mu Mg}{\sqrt{km}}$$

が A が動き出さない条件だとわかる。よって A が動き出す条件は  $v > \frac{\mu Mg}{\sqrt{km}}$

7 A が移動した距離を  $L$  とおく。A が静止したとき、B は速さ  $v_1$  で動いている。したがって A・B・ばね全体のエネルギー収支を考えると、はじめから A が静止した直後までの運動エネルギーの変化が、動摩擦力の仕事と等しいので

$$-\mu' MgL = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv^2 \quad \therefore L = \frac{m(v^2 - v_1^2)}{2\mu' Mg}$$

8 求めるばねの縮みを  $L'$  とおく。A・B・ばね全体のエネルギー収支を考えると、B に動摩擦力がした仕事は力学的エネルギーの変化に等しいので

$$-\mu' mgL' = \frac{1}{2}kL'^2 - \frac{1}{2}mv^2 \quad \therefore L' = \frac{-\mu' mg + \sqrt{(\mu' mg)^2 + kmv^2}}{k} (\because L' > 0)$$

**別解**

B の単振動のエネルギー保存則を用いて解く。まず、 $x$  軸原点を B がばねに触れた瞬間の B の位置にとる。B の運動方程式は

$$ma = -kx + \mu' mg$$

となり、単振動の振動中心  $x_c$  で  $a = 0$  を代入して、 $x_c = -\frac{\mu' mg}{k}$  と分かる。したがって、B がばねに触れた瞬間 ( $x = 0$ ) と、ばねが最も縮んだ時 ( $x = L'$ ) の振動中心  $x_c$  からの距離はそれぞれ

$$\begin{cases} \text{ばねに触れた瞬間: } 0 - \left(-\frac{\mu' mg}{k}\right) = \frac{\mu' mg}{k} \\ \text{最も縮んだとき: } L' - \left(-\frac{\mu' mg}{k}\right) = L' + \frac{\mu' mg}{k} \end{cases}$$

そこで、B の単振動のエネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}k\left(\frac{\mu' mg}{k}\right)^2 = \frac{1}{2}k\left(L' + \frac{\mu' mg}{k}\right)^2 \quad \therefore L' = \frac{-\mu' mg + \sqrt{(\mu' mg)^2 + kmv^2}}{k} (\because L' > 0)$$

9 6と同様に考えると、

$$kL' < \mu Mg$$

が A が動き出さない条件である。同様に B が動き出さない条件は

$$kL' < \mu mg \dots ⑥$$

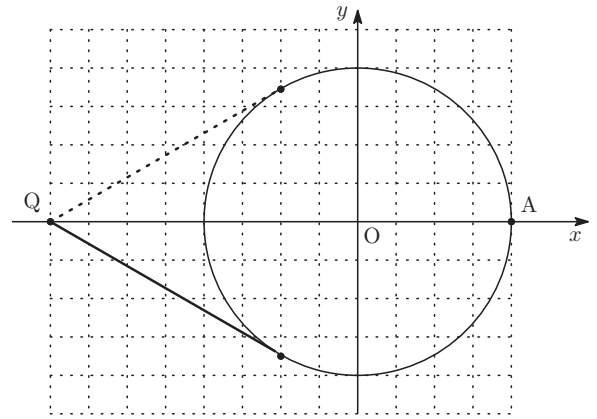
と書ける。 $m < M$  より⑤式が A と B の両方が動き出さない条件である。よって 8 の答を⑤式に代入して  $v$  について整理すると、

$$v < g\sqrt{\frac{(\mu + 2\mu')\mu m}{k}}$$

II

解答

- |   |                       |    |                                  |
|---|-----------------------|----|----------------------------------|
| 1 | $\frac{V}{V-v}$       | 2  | $\frac{V}{V-v \cos \theta}$      |
| 3 | $\frac{V^2}{V^2-v^2}$ | 4  | $\frac{1}{2}$                    |
| 5 | $\frac{3}{5}$         | 6  | $\frac{V}{V-v}$                  |
| 7 | $\frac{V}{V+v}$       | 8  | $\frac{2\pi r}{3v}$              |
| 9 | 右図                    | 10 | $\frac{\pi r}{v} - \frac{2r}{V}$ |



解説

1 音源が速さ  $v$  で観測者に近づいているとみなせるので、ドップラー効果の公式より、 $\frac{V}{V-v} \times f$

2 音源から観測者に向かう方向の音源の速度成分は  $v \cos \theta$  であるから、ドップラー効果の公式より、 $\frac{V}{V-v \cos \theta} \times f$

3 音源が図 (a) の点 S に達した瞬間に出した音を観測者が観測した瞬間に音源が点 P に達したとする。音源が S から P へ進むのにかかる時間を  $t$  とすると、

$$\cos \angle OSP = \frac{SP}{OS} = \frac{vt}{Vt} = \frac{v}{V}$$

したがって、2の結果で  $\theta = \angle OSP$  とすると、

$$\frac{V}{V-v \cos \angle OSP} f = \frac{V}{V-\frac{v^2}{V}} f = \frac{V^2}{V^2-v^2} \times f$$

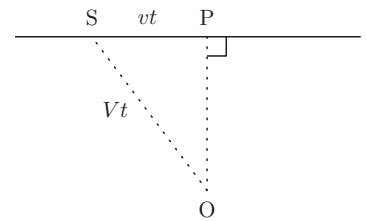


図 (a)

4 点 P から距離  $\frac{4R}{3}$  [m] だけ離れた位置を点 T とすると、音が音速  $V$  で  $P \rightarrow O \rightarrow T$  と進む間に、音源は P から T まで進むので、(三角形 POT は 3 辺の比が 3 : 4 : 5 の直角三角形であることを注意して)

$$\frac{PO+OT}{V} = \frac{PT}{v} \iff \frac{R+\frac{5R}{3}}{V} = \frac{\frac{4R}{3}}{v} \therefore v = \frac{1}{2} \times V$$

5 観測者は振動数  $f$  の音を観測し、同じ振動数  $f$  の音を出すので、ドップラー効果の公式より、

$$\frac{V-v \cos \angle OTP}{V} f = \left(1 - \frac{v}{V} \cos \angle OTP\right) f = \left(1 - \frac{1}{2} \times \frac{4}{5}\right) f = \frac{3}{5} \times f$$

6 図 (b) の点  $S_1$  の位置で音源が出した音が観測者の観測した振動数が最大の音となる。点  $S_1$  では、音源は観測者に速さ  $v$  で近づいているので、ドップラー効果の公式より、 $\frac{V}{V-v} \times f$

7 図 (b) の点  $S_2$  の位置で音源が出した音が観測者の観測した振動数が最小の音となる。点  $S_2$  では、音源は観測者から速さ  $v$  で遠ざかっているので、ドップラー効果の公式より、 $\frac{V}{V+v} \times f$

8 音源が図 (b) の点  $S_1$  に達した時刻を  $t = 0$  とすると、観測者が最大の振動数の音を聞く時刻は  $t_1 = \frac{S_1Q}{V}$

また、音源が図 (b) の点  $S_2$  に達する時刻は  $\Delta t = \frac{120^\circ}{360^\circ} \times \frac{2\pi r}{v} =$

$\frac{2\pi r}{3v}$  であるから、観測者が最小の振動数の音を聞く時刻は、

$$t_2 = \Delta t + \frac{S_2Q}{V} = \frac{2\pi r}{3v} + \frac{S_2Q}{V}$$

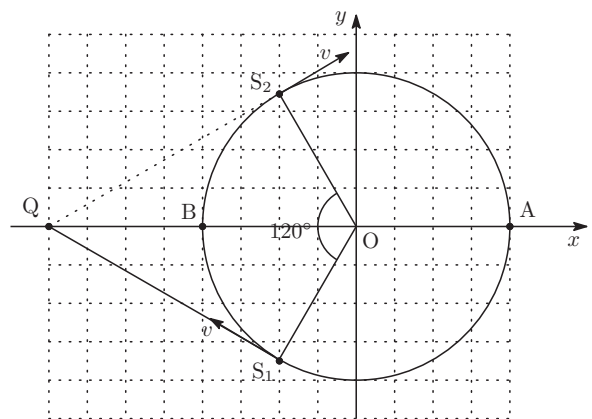


図 (b)

したがって、 $S_1Q = S_2Q$  より、

$$t_2 - t_1 = \left( \frac{2\pi r}{3v} + \frac{S_2Q}{V} \right) - \frac{S_1Q}{V} = \frac{2\pi r}{3v}$$

9 略解の図

10 音源が点 A に達した時刻を  $t' = 0$  とすると、音源が点 A に達したときに出した音を観測者が観測した時刻は、 $t_3 = \frac{AQ}{V} = \frac{3r}{V}$  であり、観測者は振動数  $f$  の音を聞く。

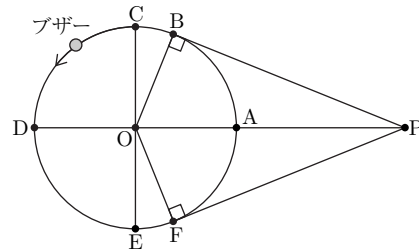
次に、図 (b) の点 B で音源が出した音を観測者は振動数  $f$  の音として聞くので、その時刻は、 $t_4 = \frac{1}{2} \times \frac{2\pi r}{v} + \frac{BQ}{V} = \frac{\pi r}{v} + \frac{r}{V}$

したがって、求める時間は  $t_4 - t_3 = \left( \frac{\pi r}{v} + \frac{r}{V} \right) - \frac{3r}{V} = \frac{\pi r}{v} - \frac{2r}{V}$

## 🎯 的中!!

大問 2 が的中しました！ MeBio 後期テキスト 波動・熱 問題 3-3-5 (11月に演習)

図のように、大きさの無視できるブザーが、一定の振動数  $f_0$  の音を発しながら、点 O を中心とする半径  $r$  [m] の円軌道を一定の速さ  $v$  [m/s] で反時計回りに回転している。このとき、この円軌道と同一平面内にある軌道外の点 P で聞こえる音の振動数は軌道上のブザーの位置によって周期的に変化した。音速を  $V$  [m/s] とし、以下の間に答えよ。ただし、風の影響はないものとする。



- (1) 最も低い振動数の音を聞いてから最も高い振動数の音を聞くまでの時間を測定したところ、 $\frac{4\pi r}{3v}$  [s] であった。この間に点 O からみてブザーが回転した角度 [rad] を求めよ。
- (2) (1) の結果を使って、点 O から点 P までの距離 OP [m] を  $r$  を用いて表せ。
- (3) 点 P で振動数  $f_0$  の音を聞いてから、再び  $f_0$  の高さの音を聞くまでの時間を調べたところ 2 通りの時間が観測された。それぞれの時間間隔を求めよ。

### III

**解答**

- |    |  |    |                        |
|----|--|----|------------------------|
| 1  | $x$ 軸の正の向き   | 2  | $e \frac{V}{d}$        |
| 3  | $\frac{l}{v}$                                      | 4  | $\frac{eVl^2}{2mdv^2}$ |
| 5  | 0  | 6  | $\frac{eVl}{mdv}$      |
| 7  | 0  | 8  | $v$                    |
| 9  | $\frac{eVl}{mdv^2} \left( \frac{l}{2} + L \right)$ | 10 | 0                      |
| 11 | $evB$  | 12 | $vBd$                  |

**解説**

1 極板間には図の下向きに電場が生じている。電子の電荷が負であることを考慮すると電子にはたらく静電気力の向きは図の上向き。すなわち、 $x$  軸の正の向き。

2 極板間の電場の大きさは  $\frac{V}{d}$  なので、電子にはたらく静電気力の大きさは  $e \frac{V}{d}$

3 電子は  $z$  方向に力を受けないので、 $z$  軸方向には速さ  $v$  で等速度運動している。したがって、偏向板を通過する時間を  $t_0$  とすると、

$$t_0 = \frac{l}{v}$$

4 電子は  $x$  軸方向に 2 の力による等加速度運動をする。 $x$  軸方向の加速度を  $a$  とおき運動方程式を解いた結果  $a = \frac{eV}{md}$  が得られる。よって、求める位置の  $x$  成分を  $x_0$  とおくと、

$$x_0 = \frac{1}{2} at_0^2 = \frac{eVl^2}{2mdv^2}$$

5  $y$  軸方向には力を受けず、初速度の成分も 0 なので、0

6 求める  $x$  軸方向の速度成分  $v_{0x}$  は、

$$v_{0x} = at_0 = \frac{eVl}{mdv}$$

7  $y$  軸方向には力を受けず、初速度の成分も 0 なので、0

8  $z$  軸方向には力を受けず、初速度の成分は  $v$  なので、 $v$

9 偏向板の右端を通過した直後の速度が  $z$  軸となす角を  $\theta$  とすると、

$$\tan \theta = \frac{v_{0x}}{v} = \frac{eVl}{mdv^2}$$

したがって、蛍光板上の  $x$  座標は、

$$x_0 + L \tan \theta = \frac{eVl^2}{2mdv^2} + \frac{eVlL}{mdv^2} = \frac{eVl}{mdv^2} \left( \frac{l}{2} + L \right)$$

10  $y$  軸方向には運動しないので 0

11 電荷の大きさ  $e$  の電子が速さ  $v$  で磁束密度  $B$  と垂直に運動する場合、ローレンツ力の大きさは  $evB$

12 電子を直進させるには、加速度 0、つまり力のつり合いを成立させればよい。フレミング左手の法則によれば電子にはローレンツ力  $evB$  が  $x$  軸の負の向きにはたらく。一方 1, 2 の結果から、電子には  $\frac{eV}{d}$  の静電気力が  $x$  軸の正の向きにはたらくことがわかる。よって力のつり合いより

$$evB = \frac{eV}{d} \quad \therefore V = vBd$$

講評

- I [力学：バネの両端につながれた2物体の運動，摩擦のある単振動]（やや難）  
 (1)は，ばねに接続された2物体の運動，(2)は滑らない条件，(3)は摩擦を受けながら単振動する物体の運動。(1)，(2)は標準的な問題なので完答したい。(3)はエネルギーと仕事の関係を用いて考えるのが自然だが，単振動の見かけのエネルギー保存則を用いた方が計算量が少なくて済む。また，[9]はAよりもBが静止する方がきつい条件なので，Bが静止する条件で評価すればよい。
- II [波動：斜め方向のドップラー効果]（やや難）  
 (1)の斜め方向のドップラー効果は標準的な問題ではあるが，[3]では音源が音を発した時刻と観測者が音を観測する時間が異なることに注意する必要がある。(2)は円周上を運動する音源から発せられる音のドップラー効果の問題。[10]では[3]と同様に音波が伝わるのにかかる時間を考慮する必要がある。類題を解いたことがあるかどうかで差がつくだろう。
- III [電磁気：電場・磁場中の電子の運動]（標準）  
 電子の比電荷の測定実験をベースにした問題。(1)は主に電場中の電子の運動。(2)は電場と静磁場が同時にかかっている場合の電子の運動。いずれも，標準的な内容なので完答したい。

総じて，2022年度と同程度の難易度。2021年度以降，大問3問とも空所補充の形式が続いている。2021年度との違いは，作図の問題が1題入っていたことである。問題数は31問で2021年度より1問多いがほぼ例年通り。大問1の計算に時間をかけすぎてしまうと全ての問題に手をつけるのは厳しい。計算量の多い問題を上手く飛ばすことができ，上限は8割程度だろう。目標は，65%

**メルマガ無料登録で全教科配信！** 本解答速報の内容に関するお問合せは… メビオ ☎.0120-146-156 まで

医学部進学予備校 <b>メビオ</b> ☎.0120-146-156 <a href="https://www.mebio.co.jp/">https://www.mebio.co.jp/</a>	医学部専門予備校 <b>YMS</b> heart of medicine ☎.03-3370-0410 <a href="https://yms.ne.jp/">https://yms.ne.jp/</a>	医学部専門予備校 <b>英進館メビオ</b> 福岡校 ☎.0120-192-215 <a href="https://www.mebio-eishinkan.com/">https://www.mebio-eishinkan.com/</a>	 登録はこちらから
--	---	---	---

**大学別  
医学部攻略講座**

医学部合格  
のために

**兵庫医科大学**  
2022/12/10 or 2023/1/8

**近畿大学医学部**  
2022/12/17 or 2023/1/9

**関西医科大学**  
2022/12/24 or 2023/1/7

**大阪医科薬科大学**  
2023/2/6-7 (2日間)

**川崎医科大学**  
2022/12/27

**福岡大学医学部**  
2022/12/28

**久留米大学医学部**  
2022/12/29

詳しくはこちら

**オンラインでも受講できます**

1講座30,000円(税込・90分×4科目)  
 ただし大阪医科薬科大学攻略講座は  
 1講座60,000円(税込・180分×4科目)



フリーダイヤル ☎.0120-146-156

校舎にて個別相談会も随時開催しています。  
 【受付時間】9:00~21:00(土日祝可)

大阪府大阪市中央区石町2-3-12 ベルヴェア天満橋  
 天満橋駅(京阪/大阪メトロ谷町線)より徒歩3分