

問題は I から III までで、74 ページから 88 ページまであります。確かめなさい。
解答は解答番号 1 から 32 までにマークしなさい。

I 次の問 1 ～問 3 に答えなさい。なお、重力加速度の大きさは $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ とし、必要であれば $\pi = 3.14$, $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$ として使ってよい。

問 1 等速円運動に関する次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えなさい。

図 1 のように、大きさの無視できる物体の等速円運動について考えよう。時刻 $t = 0$ で x 軸上にあった物体 P が、原点 O を中心に半径 r 、速さ v で等速円運動をしているとする。時刻 t での x 軸からの回転角を $\theta(t)$ とし、角速度を ω とすると、 $\theta(t) = \omega t$ である。このとき、物体 P が描く弧の長さ $s(t)$ は、角度を弧度法（ラジアン）で表すと $s(t) = r\omega t$ となる。

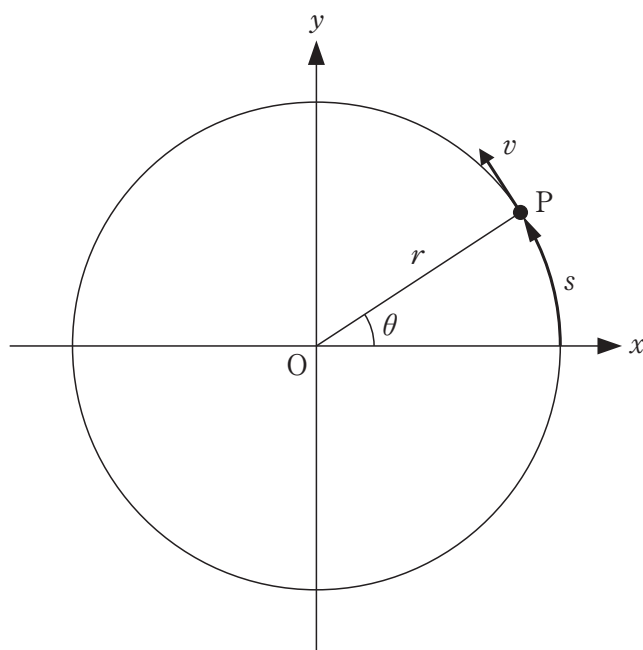


図 1

- (1) 時刻 t における物体の位置 (x, y) を示す式について、正しい組み合わせはどれか。
次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

- 1 ① $(r \sin \omega t, r \sin \omega t)$ ② $(r \cos \omega t, r \cos \omega t)$
 ③ $(r \tan \omega t, r \tan \omega t)$ ④ $(r \sin \omega t, r \cos \omega t)$
 ⑤ $(r \sin \omega t, r \tan \omega t)$ ⑥ $(r \cos \omega t, r \sin \omega t)$
 ⑦ $(r \cos \omega t, r \tan \omega t)$ ⑧ $(r \tan \omega t, r \sin \omega t)$
 ⑨ $(r \tan \omega t, r \cos \omega t)$

- (2) 物体が一周するのにかかる時間を周期と呼ぶ。周期を表す式として正しいものはどれか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

- 2 ① $2\pi\omega$ ② $\frac{\omega}{2\pi}$ ③ $\frac{1}{\omega}$ ④ $\frac{2\pi}{\omega}$ ⑤ $\frac{1}{2\pi\omega}$
 ⑥ $\frac{\omega}{2\pi r}$ ⑦ $\frac{2\pi r}{\omega}$ ⑧ $r\omega$ ⑨ $\frac{\omega}{r}$ ⑩ $\frac{r}{\omega}$

- (3) 物体の速さ v を表す式として正しいものはどれか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

- 3 ① $2\pi\omega$ ② $\frac{\omega}{2\pi}$ ③ $\frac{1}{\omega}$ ④ $\frac{2\pi}{\omega}$ ⑤ $\frac{1}{2\pi\omega}$
 ⑥ $\frac{\omega}{2\pi r}$ ⑦ $\frac{2\pi r}{\omega}$ ⑧ $r\omega$ ⑨ $\frac{\omega}{r}$ ⑩ $\frac{r}{\omega}$

- (4) 物体の加速度の大きさ a を表す式として正しいものはどれか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

- 4 ① $r\omega$ ② $r\omega^2$ ③ $\frac{\omega}{r}$ ④ $\frac{\omega^2}{r}$
 ⑤ $2\pi r\omega$ ⑥ $2\pi r\omega^2$ ⑦ $\frac{\omega}{2\pi r}$ ⑧ $\frac{\omega^2}{2\pi r}$

- (5) 図2のうち、物体の加速度の向きを表す矢印として正しいものはどれか、その番号をマークしなさい。なお、それぞれの矢印の方向は、 x 軸・ y 軸に平行か、原点 O と物体 P を結ぶ線分に平行か、物体 P の位置における円軌道への接線に平行である。

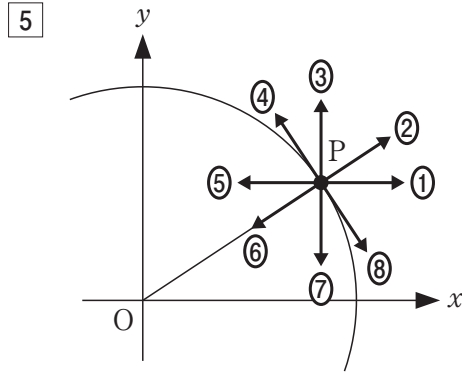


図2

問2 次の文章を読み、(1)～(3)の問いに答えなさい。

等速円運動する物体の x 座標は単振動と同じ運動として記述できる。等速円運動の x 方向についての運動方程式を考えると、 $-m\omega^2 x = F_x$ と書ける。ここで F_x は物体に働く力の x 成分である。等速円運動、すなわち角速度は一定である、ということ考えると、 F_x が x に比例し、かつ変位と逆向きであるとき、すなわち力が復元力として働くときに、物体の x 座標は単振動と同じ運動をすることがわかる。

ここで単振動の例として、ばねにつながれたおもりの振動を考えよう。質量 m のおもりをばね定数 k のばねの一端につけ、ばねの他端を固定する。なお、ばねの質量や摩擦、空気抵抗は無視する。

- (1) ばねの振動の周期として正しいものはどれか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

- 6
- | | | |
|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| ① $\sqrt{\frac{k}{m}}$ | ② $\sqrt{\frac{m}{k}}$ | ③ $2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$ |
| ④ $2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ | ⑤ $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$ | ⑥ $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{m}{k}}$ |

- (2) おもりをつけたまま，おもりと反対側のばねの端を固定しつり下げたところ，ばねが自然長から 10 cm 伸びたところで釣り合った。おもりの質量が 100 g のとき，おもりを鉛直方向に振動させたときの周期はいくらか。次の中からもっとも近いものを一つ選び，その番号をマークしなさい。選択肢の単位は秒とする。

- 7 ① 0.031 ② 0.063 ③ 0.31 ④ 0.63
 ⑤ 3.1 ⑥ 6.3 ⑦ 31 ⑧ 63

- (3) (2)で釣り合っている状態からおもりを 5 cm 下に引っ張り，静かに手をはなしたところ，おもりは振動を始めた。おもりが釣り合いの位置に到達したときの速さはいくらか。次の中からもっとも近いものを一つ選び，その番号をマークしなさい。選択肢の単位は cm/s とする。

- 8 ① 0.5 ② 1 ③ 5 ④ 10 ⑤ 50 ⑥ 100

問 3 振り子の運動に関する次の文章を読み，(1)～(4)の問いに答えなさい。

図 3 に示されるように，質量の無視できる伸び縮みしない長さ L のひもに大きさの無視できる質量 m のおもりをつけ，他端を固定した振り子を考える。鉛直下向きからのひもの角度を θ とし，おもりの軌道に沿った O からおもりまでの距離を s とする。いま，時刻 $t = 0$ で $\theta = \theta_0$ ($0 < \theta_0 < \pi/2$) の位置で初速度 0 でおもりから手をはなした。摩擦や空気抵抗は無視する。

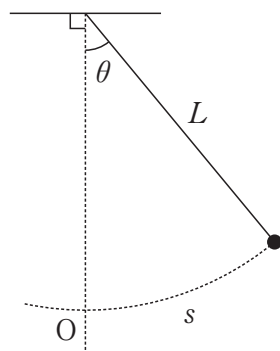


図 3

(1) 振り子に働く力のうち、Oに戻す力（復元力）の大きさとして正しいものはどれか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

- 9 ① g ② $g|\sin \theta|$ ③ $g \cos \theta$ ④ $g|\tan \theta|$
 ⑤ mg ⑥ $mg|\sin \theta|$ ⑦ $mg \cos \theta$ ⑧ $mg|\tan \theta|$

(2) $|\theta|$ が小さいとき、図4に示すように、 $\sin \theta = \theta$ と近似できる。このとき、 s と θ の関係に注意すれば、復元力が s に比例することになり、ばねの単振動と同様の式が得られる。このときの振り子の周期はいくらか。次の中から正しいものを一つ選び、その番号をマークしなさい。

- 10 ① $\sqrt{\frac{g}{L}}$ ② $\sqrt{\frac{L}{g}}$ ③ $2\pi\sqrt{\frac{g}{L}}$
 ④ $2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ⑤ $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$ ⑥ $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{L}{g}}$

(3) (2)の結果に基づき、 $L = 1 \text{ m}$ 、 $m = 100 \text{ g}$ の場合の振り子の周期は何秒になるか。次の中からもっとも近いものを一つ選び、その番号をマークしなさい。

- 11 ① 0.1 ② 0.2 ③ 0.6 ④ 1 ⑤ 2
 ⑥ 6 ⑦ 10 ⑧ 20 ⑨ 60

- (4) 振れ幅が大きいと、 $\sin \theta = \theta$ とは近似できなくなってくる。このとき、(2)で求めた周期に比べ、実際の周期はどのようなになるか。図4に示した、 $y = \sin \theta$ と $y = \theta$ のグラフを参考に、理由と結果について述べた以下の選択肢の中から正しいものを一つ選び、その番号をマークしなさい。

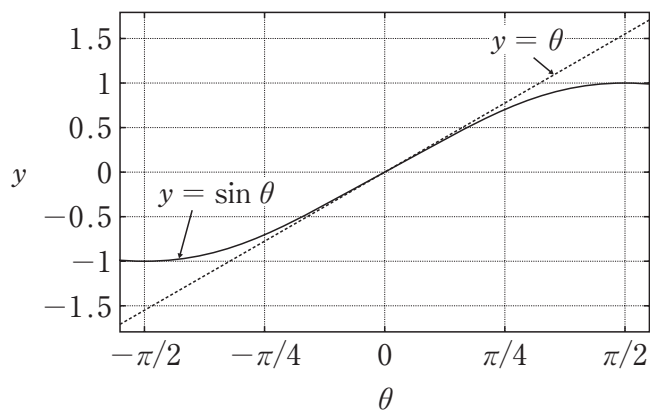


図4

- 12 ① 近似式に比べ復元力が強くなるため周期が長くなる
② 近似式に比べ復元力が強くなるため周期が短くなる
③ 近似式に比べ復元力が弱くなるため周期が長くなる
④ 近似式に比べ復元力が弱くなるため周期が短くなる

〔以下計算用余白〕

Ⅱ

次の問 1 ～問 4 に答えなさい。

問 1 電流に働く力に関する次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えなさい。

図 5 のように、一部が導線で作られた振り子になっている回路に電流 I を流すことを考える。電流の流れる向きは図中の矢印のとおりで、長さ L の範囲にのみ、鉛直上向きに磁束密度 B の磁場をかける。電流 I と磁場 B は互いに垂直である。また、鉛直下向きからの振り子の角度を θ とし、図のように右側にふれた時を正、左側にふれた時を負であらわすこととする。この導線に働く力について考察しよう。なお、重力加速度の大きさを g とし、振り子の回転軸と磁場がかかっている長さ L の範囲は常に水平である。

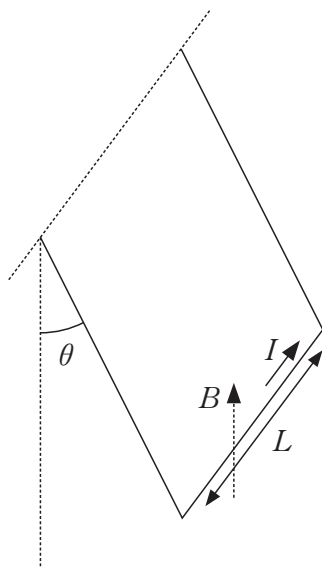


図 5

(1) 振り子に磁場から働く力の大きさ F は $F = IBL$ と書ける。この力の向きとして正しいものはどれか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

- 13 ① 電流 I と同じ向き ② 電流 I と反対の向き
 ③ 磁場 B と同じ向き ④ 磁場 B と反対の向き
 ⑤ 磁場 B に垂直で、電流 I の向きに対して水平方向に垂直右向き
 ⑥ 磁場 B に垂直で、電流 I の向きに対して水平方向に垂直左向き

- (2) 振り子になっている導線のうち、磁場のかかっている長さ L の部分の質量を M 、それ以外の部分の質量は無視できるものとする。電流の流れている振り子が、電流に働く力と重力、振り子の張力が釣り合っているときの $\tan \theta$ はいくらになるか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

① $\frac{Mg}{IBL}$ ② $\frac{IBL}{Mg}$ ③ $\frac{Mg \sin \theta}{IBL}$
 ④ $\frac{IBL}{Mg \sin \theta}$ ⑤ $\frac{Mg \cos \theta}{IBL}$ ⑥ $\frac{IBL}{Mg \cos \theta}$

- (3) 電流に働く力は、ミクロに見れば電荷を運ぶ粒子に働く力の総和である。まず電流をミクロに眺めてみよう。電荷を運ぶ粒子 1 個の電荷を q 、質量を m とし、導線内での個数密度を n とし、導線内での速さをすべて v とする。電流とは導体の断面を単位時間に通過する電荷の量であることを考えると、導線の断面積を S としたとき、電流 I はどのように書けるか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

① qnv ② $qnSv$ ③ $\frac{qnS}{v}$ ④ $mqnSv$ ⑤ $\frac{qnS}{mv}$

- (4) 電荷を運ぶ粒子 1 個に磁場から働く力を f とする。 f の大きさはどのように書けるか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

① $\frac{mv}{qB}$ ② $\frac{qB}{mv}$ ③ $\frac{m}{qvB}$ ④ $\frac{qvB}{m}$
 ⑤ $\frac{v}{qB}$ ⑥ $\frac{qB}{v}$ ⑦ qvB

問 2 電荷に働く力に関する次の文章を読み、(1)～(2)の問いに答えなさい。

一定の磁束密度 B の磁場中で、質量 m 、電荷 $q (> 0)$ の粒子が、速さ v で磁場に垂直に運動している。

- (1) 粒子は等速円運動で磁力線のまわりをまわるように動く。このとき、粒子が描く円の半径 r はいくらか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

① $\frac{mv}{qB}$ ② $\frac{qB}{mv}$ ③ $\frac{m}{qvB}$ ④ $\frac{qvB}{m}$
 ⑤ $\frac{v}{qB}$ ⑥ $\frac{qB}{v}$ ⑦ qvB

(2) 粒子が一周するのにかかる時間（周期）はいくらか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

- 18 ① $\frac{2\pi mv}{qB}$ ② $\frac{2\pi qB}{mv}$ ③ $\frac{2\pi m}{qvB}$ ④ $\frac{2\pi qvB}{m}$
- ⑤ $\frac{2\pi v}{qB}$ ⑥ $\frac{2\pi qB}{v}$ ⑦ $\frac{2\pi m}{qB}$ ⑧ $\frac{2\pi qB}{m}$

問 3 電荷に働く力に関する次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えなさい。

図 6 のように、一様な磁束密度 B_1 , B_2 の領域（それぞれ領域 1, 領域 2 とする）が平坦な面を境に接している。磁場の向きはすべて平行で、紙面の表から裏に向かう向きとし, $|B_1| > |B_2|$ とする。また図に示したように磁場の境界面に磁場と垂直に x 軸を設定する。領域 1, 2 の境界から、境界面に垂直に、質量 m , 電荷 $q (> 0)$ の粒子が、速さ v で領域 1 に向けて飛び出した。この粒子は円運動し両領域を往復しながら全体としては境界面に沿って動いていくことになる（ドリフト運動）。

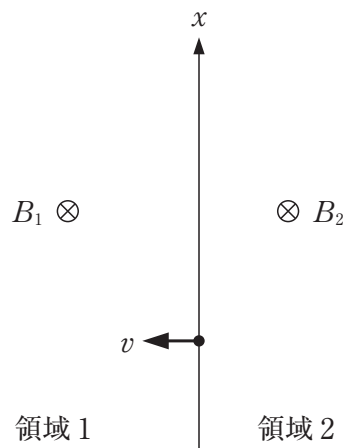


図 6

- (1) 粒子は両方の領域で等速円運動を半周しながらドリフトしていく。 i 番目に半周する際の円軌道の中心の x 座標を x_i としよう ($x_1 = 0$ とする)。 x_2 はいくらか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

19 ① $\frac{mv}{q}(B_1 + B_2)$ ② $\frac{mv}{q}(B_1 - B_2)$ ③ $\frac{mv}{q}\left(\frac{1}{B_2} + \frac{1}{B_1}\right)$
 ④ $\frac{mv}{q}\left(\frac{1}{B_2} - \frac{1}{B_1}\right)$ ⑤ $\frac{2mv}{q}(B_1 + B_2)$ ⑥ $\frac{2mv}{q}(B_1 - B_2)$
 ⑦ $\frac{2mv}{q}\left(\frac{1}{B_2} + \frac{1}{B_1}\right)$ ⑧ $\frac{2mv}{q}\left(\frac{1}{B_2} - \frac{1}{B_1}\right)$

- (2) x_3 , 即ち再び領域 1 に入った粒子の円軌道の中心の位置はいくらか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

20 ① $\frac{mv}{q}(B_1 + B_2)$ ② $\frac{mv}{q}(B_1 - B_2)$ ③ $\frac{mv}{q}\left(\frac{1}{B_2} + \frac{1}{B_1}\right)$
 ④ $\frac{mv}{q}\left(\frac{1}{B_2} - \frac{1}{B_1}\right)$ ⑤ $\frac{2mv}{q}(B_1 + B_2)$ ⑥ $\frac{2mv}{q}(B_1 - B_2)$
 ⑦ $\frac{2mv}{q}\left(\frac{1}{B_2} + \frac{1}{B_1}\right)$ ⑧ $\frac{2mv}{q}\left(\frac{1}{B_2} - \frac{1}{B_1}\right)$

- (3) x_i はいくらか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

21 ① $(i-1)\frac{mv}{q}(B_1 + B_2)$ ② $(i-1)\frac{mv}{q}(B_1 - B_2)$
 ③ $(i-1)\frac{mv}{q}\left(\frac{1}{B_2} + \frac{1}{B_1}\right)$ ④ $(i-1)\frac{mv}{q}\left(\frac{1}{B_2} - \frac{1}{B_1}\right)$
 ⑤ $i\frac{mv}{q}(B_1 + B_2)$ ⑥ $i\frac{mv}{q}(B_1 - B_2)$
 ⑦ $i\frac{mv}{q}\left(\frac{1}{B_2} + \frac{1}{B_1}\right)$ ⑧ $i\frac{mv}{q}\left(\frac{1}{B_2} - \frac{1}{B_1}\right)$

- (4) ドリフト運動の平均速度 V を、領域 1 と 2 で半周ずつしたときにかかる時間に対する円軌道の中心の進む距離で定義しよう。 V はいくらになるか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

22 ① $\frac{v}{2\pi} \frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2}$ ② $2\pi v \frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2}$ ③ $\frac{v}{\pi} \frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2}$

④ $\pi v \frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2}$ ⑤ $\frac{\pi v}{2} \frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2}$ ⑥ $\frac{2v}{\pi} \frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2}$

⑦ $\frac{v}{2} \frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2}$ ⑧ $2v \frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2}$ ⑨ $v \frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2}$

問 4 電荷に働く力に関する次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えなさい。

宇宙には様々な荷電粒子が飛び交い、宇宙線と呼ばれている。地球にも降り注いでいるが、地磁気があるため、地球に近付くにつれて強まる磁場によるローレンツ力によって磁力線に巻きつくような運動をし、様々な現象を引き起こしている。ここで地磁気の様子を単純化し、赤道上空に地面と平行かつ南北方向に磁束密度 B の磁場が存在し、質量 m 、電荷 $q (> 0)$ の粒子が運動しているとしよう。磁場に垂直な速さの成分を v とする。

- (1) $B = 5 \times 10^{-5} \text{ T}$ の磁場が存在しているとす。荷電粒子が陽子、即ち $m = 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 、 $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ で、 v が光速 ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$) の 10% で地表から 5000 km の地点を中心として円運動しているとすると、円運動の半径はいくらになるか。単位を km とし、次の中から最も近いものを一つ選び、その番号をマークしなさい。

23 ① 0.2 ② 0.6 ③ 2 ④ 6

⑤ 20 ⑥ 60 ⑦ 200 ⑧ 600

- (2) 地磁気は、おおよそ 10 万年程度の周期で N 極と S 極が逆転することが知られている。その際、一時的に地磁気が極端に弱まる時期があることになる。(1) で考察した陽子は、 B がいくら以下であれば地上まで到達するか。単位を nT ($= 10^{-9} \text{ T}$) とし、次の中から最も近いものを一つ選び、その番号をマークしなさい。

24 ① 0.2 ② 0.6 ③ 2 ④ 6

⑤ 20 ⑥ 60 ⑦ 200 ⑧ 600

- (3) 北極や南極付近で見られるオーロラは、主に電子が磁力線に沿って進み、極域で大気に突入し、大気を構成する原子と衝突し、励起された原子が基底状態に戻るときに放出する光子によって生じる現象である。電子の質量を $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ とすると、光速の 1 % の速さの電子が持つ運動エネルギーはいくらか。電気素量を $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とし、電子ボルト (eV) を単位として求め、次の中から最も近いものを一つ選び、その番号をマークしなさい。

25 ① 0.1 ② 0.3 ③ 1 ④ 3
 ⑤ 10 ⑥ 30 ⑦ 100 ⑧ 300

- (4) 電子と衝突した酸素原子は励起状態になり、最終的に基底状態より 1.96 eV だけ高いエネルギー準位の励起状態から光子を 1 個放出して基底状態へ遷移した。プランク定数を $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ とし、放出された光子の波長を nm (ナノメートル) を単位として求め、次の中から最も近いものを一つ選び、その番号をマークしなさい。

26 ① 0.2 ② 0.6 ③ 2 ④ 6
 ⑤ 20 ⑥ 60 ⑦ 200 ⑧ 600

〔以下計算用余白〕

Ⅲ 次の問1～問2に答えなさい。

問1 ドップラー効果に関する次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えなさい。

図7のように、片方が壁に固定されたばね定数 k のばねの他端に質量 m のスピーカーが接続されている。スピーカーからは常に振動数 f_0 の音が出力されており、ばねの振動方向に沿って離れた位置にマイクが固定されている。スピーカー以外の質量は無視でき、摩擦も無視できるものとする。音の反射も無視する。また、スピーカーの振動の振動数は音の振動数よりも十分小さいとする。音速を V とし、風はないものとする。ばねを自然長から長さ x_0 だけ伸ばし、時刻 $t = 0$ に静かに手をはなしたところ、スピーカーは単振動を始めた。



図7

(1) 振動するスピーカーの最大の速さ $v_{\max}$ はいくらか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

- 27 ① $\sqrt{\frac{kx_0}{m}}$ ② $\sqrt{\frac{m}{kx_0}}$ ③ $x_0\sqrt{\frac{k}{m}}$
 ④ $x_0\sqrt{\frac{m}{k}}$ ⑤ $x_0^2\sqrt{\frac{k}{m}}$ ⑥ $x_0^2\sqrt{\frac{m}{k}}$

(2) マイクに向かう向きを正としたとき、スピーカーの速度 $v_s(t)$ はいくらか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

- 28 ① $x_0\sqrt{\frac{k}{m}}\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$ ② $-x_0\sqrt{\frac{k}{m}}\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$
 ③ $x_0\sqrt{\frac{m}{k}}\cos\left(\sqrt{\frac{m}{k}}t\right)$ ④ $-x_0\sqrt{\frac{m}{k}}\cos\left(\sqrt{\frac{m}{k}}t\right)$
 ⑤ $x_0\sqrt{\frac{k}{m}}\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$ ⑥ $-x_0\sqrt{\frac{k}{m}}\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$
 ⑦ $x_0\sqrt{\frac{m}{k}}\sin\left(\sqrt{\frac{m}{k}}t\right)$ ⑧ $-x_0\sqrt{\frac{m}{k}}\sin\left(\sqrt{\frac{m}{k}}t\right)$

- (3) 時刻 t にスピーカーから発せられた音がマイクで拾われたときの音の振動数 $f_{\text{obs}}(t)$ はいくらか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

- 29 ① f_0 ② $f_0[V + v_s(t)]$ ③ $f_0[V - v_s(t)]$
 ④ $f_0 \frac{V + v_s(t)}{V - v_s(t)}$ ⑤ $f_0 \frac{V - v_s(t)}{V + v_s(t)}$ ⑥ $f_0 \frac{V}{V + v_s(t)}$
 ⑦ $f_0 \frac{V}{V - v_s(t)}$ ⑧ $f_0 \frac{V + v_s(t)}{V}$ ⑨ $f_0 \frac{V - v_s(t)}{V}$

- (4) x_0 を大きくして測定するとマイクが拾う音の振動数はどのように変化するか。正しいものを次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

- 30 ① 振動数の変化がゆっくりになるが、振動数の変動の幅は変わらない。
 ② 振動数の変化が速くなるが、振動数の変動の幅は変わらない。
 ③ 振動数が大きく変動するが、振動数が変化する周期は変わらない。
 ④ 振動数が小さく変動するが、振動数が変化する周期は変わらない。

問 2 次の文章を読み、(1)～(2)の問いに答えなさい。

こんどは図 8 のように、マイクもばね定数 k のばねに接続し、他端を反対側の壁に固定した。マイクの質量はスピーカーと同じ m とし、スピーカーと同様に摩擦やばねの質量は無視する。またスピーカーとマイクの距離は十分に小さく、時刻 t にスピーカーから発せられた音は同時刻にマイクに届くものとする。



図 8

- (1) スピーカーとマイクに接続された両方のばねを自然長から長さ x_0 だけ伸ばし、時刻 $t = 0$ に静かに手をはなした。マイクで拾われた音の振動数 $f_{\text{obs}}(t)$ はいくらか。次の中から一つ選び、その番号をマークしなさい。

- 31 ① f_0 ② $f_0[V + 2v_s(t)]$ ③ $f_0[V - 2v_s(t)]$
 ④ $f_0 \frac{V + v_s(t)}{V - v_s(t)}$ ⑤ $f_0 \frac{V - v_s(t)}{V + v_s(t)}$ ⑥ $f_0 \frac{V}{V + 2v_s(t)}$
 ⑦ $f_0 \frac{V}{V - 2v_s(t)}$ ⑧ $f_0 \frac{V + 2v_s(t)}{V}$ ⑨ $f_0 \frac{V - 2v_s(t)}{V}$

(2) スピーカーは自然長から長さ x_0 だけ伸ばし，マイクは自然長から長さ x_0 だけ縮め，時刻 $t = 0$ に静かに手をはなした。マイクで拾われた音の振動数 $f_{\text{obs}}(t)$ はいくらか。次の中から一つ選び，その番号をマークしなさい。

- ① f_0 ② $f_0[V + 2v_s(t)]$ ③ $f_0[V - 2v_s(t)]$
 ④ $f_0 \frac{V + v_s(t)}{V - v_s(t)}$ ⑤ $f_0 \frac{V - v_s(t)}{V + v_s(t)}$ ⑥ $f_0 \frac{V}{V + 2v_s(t)}$
 ⑦ $f_0 \frac{V}{V - 2v_s(t)}$ ⑧ $f_0 \frac{V + 2v_s(t)}{V}$ ⑨ $f_0 \frac{V - 2v_s(t)}{V}$

(以上で問題は終わりです。解答番号 33 以降は使用しません。)