

令和5年度 東北医科薬科大学 入学試験問題

医学部 一般・理科

《 注 意 事 項 》

1. 解答用紙左部に氏名、フリガナ、その下部に受験番号を記入し、例にならって○にマークしなさい。

(例) 受験番号10001の場合

フリガナ	
氏 名	

受 験 番 号				
万	千	百	十	一
1	0	0	0	1
	●	●	●	○
●	①	①	①	●
②	②	②	②	②
⑨	⑨	⑨	⑨	⑨

2. 出題科目、ページ及び選択方法は下表のとおりです。

出題科目	ページ	選 択 方 法
物 理	1~13	左の3科目のうちから2科目を選択し、解答しなさい。解答する科目の順番は問いません。解答時間(120分)の配分は自由です。
化 学	14~25	
生 物	26~47	

3. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁等に気付いた場合は、手を高く挙げて監督者に知らせなさい。
4. 2枚の解答用紙のそれぞれの解答科目欄に、解答する科目のいずれか1つをマークしなさい。
5. 解答方法は次のとおりです。

(1) 解答は解答用紙の解答欄にマークしなさい。例えば、 と表示のある問いに対して③と解答する場合は解答番号1の解答欄の③にマークしなさい。

解答	解 答 欄										
番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0
1	①	②	●	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪

この注意事項は、問題冊子の裏表紙にも続きます。問題冊子を裏返して必ず読みなさい。

- (2) に数字「8」、 に数字「0」と答えたい時は次のとおりマークしなさい。

6	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	●	⑨	⑩	⑪
7	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	●

/ のように分数形で解答する場合は、既約分数(それ以上約分できない分数)で答えなさい。 / に $3/4$ と答えたい時は次のとおりマークしなさい。

8	①	②	●	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
9	①	②	③	●	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪

- (3) 解答の作成にはH、F、HBの黒鉛筆またはシャープペンシル(黒い芯に限る)を使用し、○の中を塗りつぶしなさい。解答が薄い場合には、解答が読み取れず、採点できない場合があります。
- (4) 答えを修正する場合は、プラスチック製の消しゴムであとが残らないように**完全に消しなさい**。鉛筆のあとが残ったり、●のような消し方などした場合は、修正または解答したことにならないので注意しなさい。
- (5) 解答用紙は折り曲げたり、メモやチェック等で汚したりしないよう、特に注意しなさい。

(試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。)

物 理

[1]

図1に示すように、水平なレール上を質量 m の小物体 a が右向きに速さ v_0 で移動している。レールの右側は緩やかに高低差 h の下り坂に変わり、再び緩やかに水平に戻る。小物体 a は、同じレールの水平部分に静止している質量 M の小物体 b に接近する。小物体 b にはバネが、バネの先端には受け具がそれぞれ取り付けられている。バネと受け具の質量は無視できるものとする。受け具に到達した小物体 a は、バネを縮ませながら右方向へ移動し続けるが、その間は小物体 b も移動している。図2に示すように、下り坂にさしかかる前にバネは最も縮んだ状態となり、図の右向きを速度の正の向きとして小物体の速度は v_1 となる。2つの小物体はバネが最も縮んだときに連結される。連結されている間、2つの小物体の間の距離は変化しない。図3に示すように、2つの小物体は一体となって高低差 h の坂を下り、水平なレール上を速度 v_2 で移動する。その後、図4に示すように、2つの小物体の連結は解除され、2つの小物体はバネが自然長に戻った直後に離れ、小物体 a の速度は v_3 となり、小物体 b の速度は v_4 となる。なお、2つの小物体の連結および連結の解除によって各小物体の運動量、エネルギーは変化しない。重力加速度の大きさを g として以下の問いに答えよ。ただし、小物体 a と小物体 b のレールとの間の摩擦は無視できるものとする。また、全ての物体は図を示している紙面と平行な方向にのみ運動するものとする。

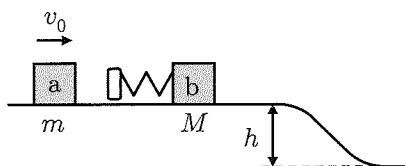


図1

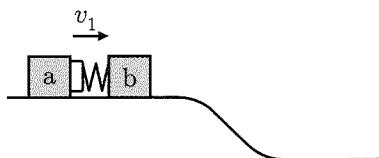


図2

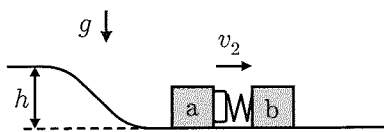


図3

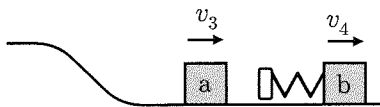


図4

問1 バネが最も縮んだ状態で一体となった小物体の速度は、 $v_1 = \boxed{1}$ である。

$\boxed{1}$ の解答群

- ① $\frac{m}{M}v_0$ ② $\frac{m}{M-m}v_0$ ③ $\frac{M}{m}v_0$
④ $\frac{M}{M+m}v_0$ ⑤ $\frac{M}{M-m}v_0$ ⑥ $\frac{m}{M+m}v_0$

問2 バネが最も縮んだ状態でバネに蓄えられている弾性力による位置エネルギーは、 $U = \boxed{2}$ である。

$\boxed{2}$ の解答群

- ① $\frac{1}{2} \frac{M^2}{M+m} v_0^2$ ② $\frac{1}{2} \frac{mM}{M+m} v_0^2$ ③ $\frac{1}{2} \frac{M^2}{M-m} v_0^2$
④ $\frac{1}{2} \frac{m^2}{M-m} v_0^2$ ⑤ $\frac{1}{2} \frac{m^2}{M+m} v_0^2$ ⑥ $\frac{1}{2} \frac{mM}{M-m} v_0^2$

問3 高低差 h の下り坂を滑り降りた後、一体となったままの小物体の速度は、 $v_2 = \boxed{3}$ である。

$\boxed{3}$ の解答群

- ① $\sqrt{v_0^2 + 2gh}$ ② $\sqrt{v_1^2 + \frac{2U}{M+m}}$ ③ $\sqrt{v_0^2 + 2gh - \frac{2U}{M+m}}$
④ $\sqrt{v_1^2 + 2gh - \frac{2U}{M+m}}$ ⑤ $\sqrt{v_1^2 + 2gh}$ ⑥ $\sqrt{v_0^2 + \frac{2U}{M+m}}$

問 4 連結が解除され、さらに受け具から離れた後の小物体 a の速度 v_3 および小物体 b の速度 v_4 を、速度 v_2 を用いて、それぞれ $v_3 = v_2 + \alpha_3$ と $v_4 = v_2 + \alpha_4$ と表す。このとき、連結が解除される前後での運動量の保存から $\boxed{4} = 0$ が得られる。また、力学的エネルギーの保存から、バネが最も縮んでいるときのバネの弾性力による位置エネルギー $U = \boxed{5}$ が得られる。これら 2 式と問 2 で求めた U から、 $\alpha_3 = \boxed{6}$ および $\alpha_4 = \boxed{7}$ が求まる。

$\boxed{4}$ の解答群

- ① $m(v_2 + \alpha_3) + M(v_2 + \alpha_4)$ ② $M\alpha_3 + m\alpha_4$
 ③ $m\alpha_3 + M\alpha_4$ ④ $(m\alpha_3 + M\alpha_4) - (m + M)v_2$
 ⑤ $(M\alpha_3 + m\alpha_4) - (m + M)v_2$ ⑥ $M(v_2 + \alpha_3) + m(v_2 + \alpha_4)$

$\boxed{5}$ の解答群

- ① $\frac{1}{2}M\alpha_3^2 + \frac{1}{2}m\alpha_4^2$ ② $\frac{1}{2}M(2v_2\alpha_3 + \alpha_3^2) + \frac{1}{2}m(2v_2\alpha_4 + \alpha_4^2)$
 ③ $\frac{1}{2}Mv_2\alpha_3 + \frac{1}{2}mv_2\alpha_4$ ④ $\frac{1}{2}m\alpha_3^2 + \frac{1}{2}M\alpha_4^2$
 ⑤ $\frac{1}{2}mv_2\alpha_3 + \frac{1}{2}Mv_2\alpha_4$

$\boxed{6}$, $\boxed{7}$ の解答群

- ① $\frac{m}{M+m}v_0$ ② $-\frac{M}{M-m}v_0$ ③ $-\frac{m}{M-m}v_0$ ④ $\frac{M}{M+m}v_0$
 ⑤ $-\frac{m}{M+m}v_0$ ⑥ $-\frac{M}{M+m}v_0$ ⑦ $\frac{m}{M-m}v_0$ ⑧ $\frac{M}{M-m}v_0$

問5 レールの高低差が $h = \boxed{8}$ であるとき、速度 v_3 は 0 となり、そのときの速度 v_4 は $\boxed{9}$ である。また、レールの高低差が $h = \boxed{10}$ であるとき、連結が解除され、さらに受け具から離れた後の小物体 a は坂を登り、登り切ったところで静止する。そのときの小物体 b の速度は $v_4 = \boxed{11}$ である。

$\boxed{8}$, $\boxed{10}$ の解答群

- ① $\frac{1}{4g} \left(\frac{M-m}{M+m} \right)^2 v_0^2$ ② $\frac{1}{2g} \left(\frac{m}{M} \right)^2 v_0^2$ ③ $\frac{1}{4g} \frac{M-m}{M} v_0^2$
 ④ $\frac{1}{2g} \frac{M-m}{M+m} v_0^2$ ⑤ $\frac{1}{8g} \frac{m}{M} v_0^2$ ⑥ $\frac{1}{8g} \left(\frac{M-m}{M} \right)^2 v_0^2$

$\boxed{9}$, $\boxed{11}$ の解答群

- ① $\frac{M-m}{M+m} v_0$ ② $\frac{M+m}{2M} v_0$ ③ v_0
 ④ $\frac{M+m}{M} v_0$ ⑤ $\frac{M-m}{M} v_0$ ⑥ $\frac{m}{M} v_0$

[II]

図1に示す、電圧 V の直流電源、自己インダクタンス L のコイル、抵抗値 R の抵抗、電気容量 C のコンデンサーとスイッチ S からなる回路を考える。コイルに流れる電流 I の正の向きは、図1に示す電流 I の矢印の向きとし、抵抗とスイッチを直接つなぐ導線を接地する。なお、抵抗以外の電気抵抗は無視できるものとする。

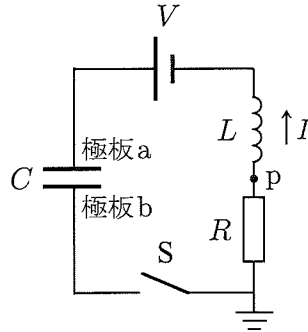


図1

問1 スイッチ S を開いてから十分に長い時間が経過した状態で、コンデンサーの極板 b には $-Q$ の電荷があった。このとき、極板 b の電位は 12 である。

12 の解答群

- ① 0 ② $V - \frac{C}{Q}$ ③ $V + \frac{C}{Q}$ ④ $-V + \frac{C}{Q}$ ⑤ $-\frac{C}{Q}$ ⑥ $-\frac{Q}{C}$ ⑦ $-V + \frac{Q}{C}$
 ⑧ $V - \frac{Q}{C}$ ⑨ $V + \frac{Q}{C}$

問2 問1の状態において、コイルに蓄えられているエネルギーは 13 であり、図1に示す p 点の電位は 14 である。

13 の解答群

- ① 0 ② $\frac{CV^2}{2}$ ③ $\frac{Q^2}{2C}$ ④ VQ ⑤ $-VQ$ ⑥ $2VQ$ ⑦ $\frac{LV^2}{2R^2}$
 ⑧ $\frac{LV^2}{R^2}$ ⑨ $\frac{LV}{R}$

14 の解答群

- ① 0 ② V ③ $-V$ ④ $\frac{Q}{C} - V$ ⑤ $\frac{2Q}{Q} - V$ ⑥ $\frac{2C}{Q} - V$ ⑦ $V - \frac{C}{Q}$
 ⑧ $V - L\frac{V}{R}$ ⑨ $-V + L\frac{V}{R}$

問3 問1の状態ですイッチSを閉じた。イッチを閉じた直後にコイルの両端に発生する電圧の大きさは であり、そのときのp点の電位は である。

, の解答群

- ① 0 ② V ③ $-V$ ④ $\left| \frac{Q}{C} - V \right|$ ⑤ $\left| \frac{C}{Q} - V \right|$ ⑥ $\left| \frac{Q}{C} + V \right|$ ⑦ $\left| \frac{C}{Q} + V \right|$
 ⑧ $-V - \frac{Q}{C}$ ⑨ 無限大

問4 問3のとき、コンデンサーの極板間の電位差の大きさは である。

の解答群

- ① 0 ② $\left| V + \frac{Q}{C} \right|$ ③ $\left| V + \frac{C}{Q} \right|$ ④ $\frac{C}{|Q|}$ ⑤ $\frac{|Q|}{C}$ ⑥ $\left| V - \frac{Q}{C} \right|$
 ⑦ $\left| V - \frac{C}{Q} \right|$ ⑧ $V - \frac{LV}{R}$ ⑨ 無限大

問5 イッチSを閉じた直後、最初にコイルに流れる電流の向きが正になるための必要十分条件は であり、この条件が成り立つとき点pの電位 V_p は を満たしている。

の解答群

- ① $Q > 0$ ② $Q < 0$ ③ $Q > CV$ ④ $Q < CV$ ⑤ $Q > CV + \frac{LV}{R}$
 ⑥ $Q < CV + \frac{LV}{R}$ ⑦ $Q < CV - \frac{LV}{R}$ ⑧ $CQ > V$ ⑨ $CQ < V$

の解答群

- ① $V_p = 0$ ② $V_p < 0$ ③ $V_p > 0$ ④ $V_p > V$ ⑤ $V_p < V$ ⑥ $V_p > V + \frac{Q}{C}$
 ⑦ $V_p > V - \frac{Q}{C}$ ⑧ $V_p < V + \frac{Q}{C}$ ⑨ $V_p < V - \frac{Q}{C}$

問6 スイッチSを閉じてから、十分に時間が経過した。このとき、コンデンサーの極板aに残されている電荷は であり、コンデンサーに蓄えられているエネルギーは である。

の解答群

- ① 0 ② Q ③ $-Q$ ④ CV ⑤ $-CV$ ⑥ $CV-Q$ ⑦ $CV+Q$
 ⑧ $\frac{CV}{2}$ ⑨ $-\frac{CV}{2}$

の解答群

- ① 0 ② $\frac{CV^2}{2}$ ③ $\frac{Q^2}{2C}$ ④ VQ ⑤ $\frac{(CV-Q)^2}{2C}$ ⑥ $\frac{(CV+Q)^2}{2C}$ ⑦ $\frac{CV^2}{8}$
 ⑧ $\frac{LV^2}{R^2}$ ⑨ $\frac{LV^2}{2R^2}$

問7 スイッチSを閉じてから、十分に時間が経過するまでの間に抵抗で発生したジュール熱の総量は である。

の解答群

- ① $V(Q-CV)$ ② $\frac{CV^2}{2}$ ③ $\frac{Q^2}{2C}$ ④ $\frac{CV^2}{2} - \frac{Q^2}{2C}$ ⑤ $\frac{Q^2}{2C} - \frac{CV^2}{2}$
 ⑥ $\frac{Q^2 + (CV)^2}{2C} - VQ$ ⑦ $\frac{(Q-CV)^2}{2C} - VQ$ ⑧ $\frac{Q^2 - (CV)^2}{2C} + V(Q-CV)$
 ⑨ $\frac{(Q-CV)^2}{2C} + V(Q-CV)$

————— このページは白紙です —————

[Ⅲ]

空気中の音波は縦波であり，空気の密度変化が空間を伝わっていく。音波がないときの空気の密度を ρ_0 ，音波が伝わっている空間の，ある瞬間のある位置における空気の密度を ρ と表すと，空気の密度変化は $\Delta\rho = \rho - \rho_0$ と表すことができる。以下の問では，音波の波面は平面であり，音波は減衰することなく，密度変化は正弦波で表されるものとする。

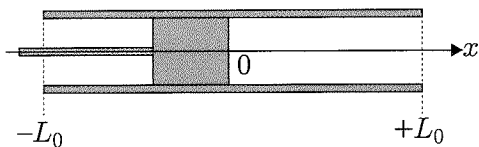
問 1 周期 2.0×10^{-3} s の音波の波長が 7.0×10^{-1} m であったとき，この音波の速さは有効数字二桁で表すと， $\boxed{23} . \boxed{24} \times 10^{\boxed{25}}$ m/s と求められる [$\boxed{23}$ ~ $\boxed{25}$ には数字 (0 ~ 9) で答えよ]。

問 2 x 軸上の，原点から十分に遠方にある音源で発生した， x 軸負の向きに速さ V で伝わる音波を考える。空気の密度変化の最大値を $\Delta\rho_{\max}$ ，音波の周波数を f として，時刻 t ，位置 x における密度変化は $\Delta\rho = \Delta\rho_{\max} \times \boxed{26}$ と表せる。なお，時刻 $t = 0$ において，原点における密度変化は 0 であった。

$\boxed{26}$ の解答群

- ① $\sin \left\{ 2\pi f \left(t - \frac{x}{V} \right) \right\}$ ② $\sin \{ 2\pi t (fx - V) \}$ ③ $\sin \left\{ 2\pi f \left(\frac{t}{V} - x \right) \right\}$
- ④ $\sin \{ 2\pi f (Vt - x) \}$ ⑤ $\sin \left\{ 2\pi f \left(t + \frac{x}{V} \right) \right\}$ ⑥ $\sin \{ 2\pi t (fx + V) \}$
- ⑦ $\sin \left\{ 2\pi f \left(\frac{t}{V} + x \right) \right\}$ ⑧ $\sin \{ 2\pi f (Vt + x) \}$

問2の状況において、右図のように円筒形の管の中心を x 軸の原点に重ね、円筒の軸が x 軸と平行になるよう固定した。さらに、自由に動かせるピストンを管の x 軸負の側からはめこみ、ピストンの端が $x = 0$ になるよう固定した。管の内径は一様であり、長さは $2L_0$ である。また、音波の速さはどこでも $V_0 = 340 \text{ m/s}$ とする。なお、この管においては開口端補正は無視できるものとする。



問3 音源の振動数を 1000 Hz から 500 Hz までゆっくり下げていったところ、 875 Hz と 625 Hz においてのみ共鳴が起こった。このとき、気柱の長さ $L_0 = \boxed{27}$ と求められる。

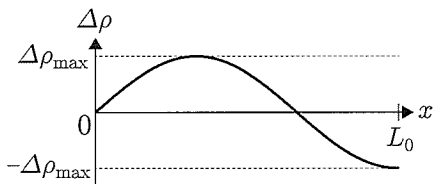
の解答群

- ① 0.17 m ② 0.34 m ③ 0.51 m ④ 0.68 m ⑤ 0.85 m ⑥ 1.02 m
 ⑦ 1.19 m ⑧ 1.36 m

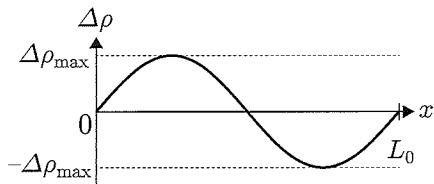
問4 問3において、音源の振動数が 625 Hz で共鳴が起こっているとき、気柱内での密度変化の最大値が $\Delta\rho_{\max}$ になった瞬間のグラフとして最も適切なものは 28 である。

28 の解答群

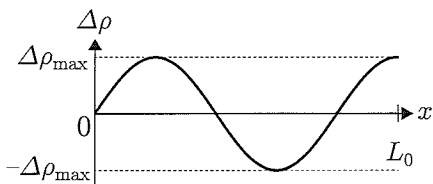
①



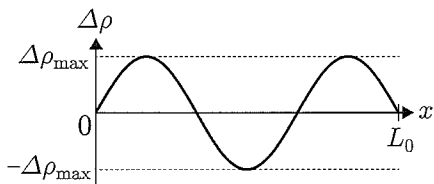
②



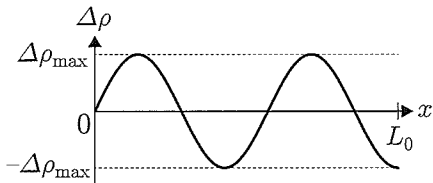
③



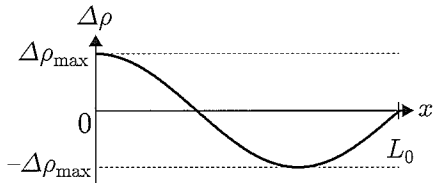
④



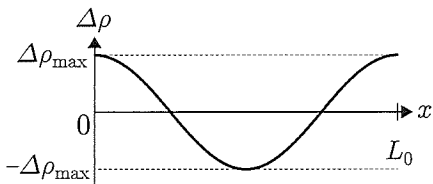
⑤



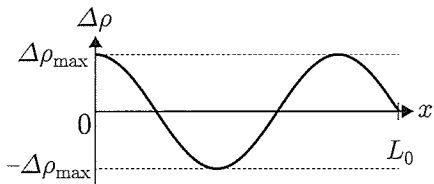
⑥



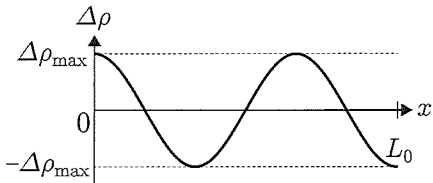
⑦



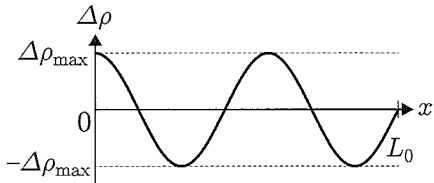
⑧



⑨



⑩



問5 さらに音源の振動数を下げていき、共鳴を起こす最も低い音波の振動数が f_0 であることを確認した。このとき、 L_0 と V_0 を用いると、 $f_0 = \boxed{29}$ と表せる。

$\boxed{29}$ の解答群

- ① $\frac{2V_0}{L_0}$ ② $\frac{7V_0}{4L_0}$ ③ $\frac{3V_0}{2L_0}$ ④ $\frac{5V_0}{4L_0}$ ⑤ $\frac{4V_0}{3L_0}$
 ⑥ $\frac{V_0}{L_0}$ ⑦ $\frac{3V_0}{4L_0}$ ⑧ $\frac{V_0}{2L_0}$ ⑨ $\frac{V_0}{4L_0}$ ⑩ $\frac{V_0}{8L_0}$

問6 次に、ピストンを管から取り外した。このとき、この管において共鳴が起こる全ての振動数は、問5の f_0 を用いると、 m を自然数として $\boxed{30}$ と表せる。

$\boxed{30}$ の解答群

- ① $2mf_0$ ② $(2m-1)f_0$ ③ mf_0 ④ $\frac{2m-1}{2}f_0$ ⑤ $\frac{m}{2}f_0$
 ⑥ $\frac{1}{2m}f_0$ ⑦ $\frac{1}{2m-1}f_0$ ⑧ $\frac{1}{m}f_0$ ⑨ $\frac{2}{2m-1}f_0$ ⑩ $\frac{2}{m}f_0$

x 軸負の側から再びピストンを挿入し、管によって作られる気柱の長さが 0.60 m となる位置で固定した。その後、音源の振動数を共鳴が起こる最も低い振動数 f_s に設定した。

問7 音源を x 軸に沿って速度 V_s で等速直線運動させると、管が静止して見える観測者が受け取る音波の振動数は $\boxed{31}$ となり、共鳴しなくなった。その後、音源の運動状態はそのまま、ピストンを x 軸正の向きにゆっくり移動させたところ、ピストンの移動距離が $1.5 \times 10^{-2}\text{ m}$ のときに共鳴が起きた。このとき、 V_s は $\boxed{32}$ と求められる。

$\boxed{31}$ の解答群

- ① $\frac{V_0 + V_s}{V_0 - V_s} f_s$ ② $\frac{V_0 - V_s}{V_0 + V_s} f_s$ ③ $\frac{V_0}{V_0 + V_s} f_s$ ④ $\frac{V_0}{V_0 - V_s} f_s$ ⑤ $\frac{V_0 - V_s}{V_0} f_s$
 ⑥ $\frac{V_0 + V_s}{V_0} f_s$

$\boxed{32}$ の解答群

- ① 17 m/s ② 8.5 m/s ③ 5.0 m/s ④ 3.4 m/s ⑤ 2.5 m/s
 ⑥ -2.5 m/s ⑦ -3.4 m/s ⑧ -5.0 m/s ⑨ -8.5 m/s ⑩ -17 m/s

気柱の共鳴をヒトの耳に応用する。ヒトの外耳の中の空気を、断面積が一定で断面形状が一般的な気柱とみなす。この気柱は、長さ $3.0 \times 10^{-2} \text{ m}$ であり、その一方が開口端、もう一方が鼓膜で閉じられた閉端である。また、この気柱の開口端補正は $4.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ で一定とする。音波の速さは 340 m/s とし、音源のつくる音波の振幅は振動数によらず一定であり、鼓膜の振動は共鳴条件を変えないものとする。

問 8 近似された外耳において、鼓膜における空気の密度変化を考えたとき、その振幅が極大になる音波の振動数のうち最も低いものはおよそ である。

問 9 イヤホン(耳栓のような形状をした、音波を発生する装置)を装着したヒトの外耳を、近似された外耳の開口端を振動板(イヤホンの音源)で閉じ、閉端としたものとする。ここで、振動板の振動は共鳴条件を変えないものとする。この状態において、鼓膜における空気の密度変化を考えたとき、その振幅が極大になるイヤホンの振動板からの音波の振動数のうち最も低いものはおよそ となる。

, の解答群

- | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ① 11 kHz | ② 10 kHz | ③ 8.9 kHz | ④ 8.5 kHz | ⑤ 7.5 kHz |
| ⑥ 5.7 kHz | ⑦ 5.0 kHz | ⑧ 4.5 kHz | ⑨ 2.8 kHz | ⑩ 2.5 kHz |