

一般選抜入試(前期日程) 物理(1月29日)

物 理

解答範囲は、解答番号 1 から 24 までです。

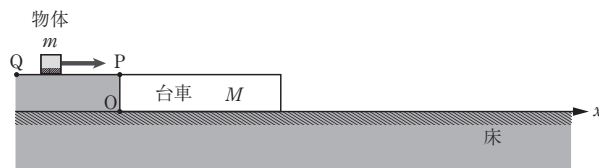
I 次の文章を読んで、後の問い(問1～問8)に答えなさい。

図I-1に示すように、水平な床の上に x 軸があり、その原点を O とする。 x 軸上に質量 M [kg] の台車が静止して置かれている。台車の上面は水平であり、台車の左には台車の上面と同じ高さの水平面 PQ がある。水平面 PQ の上を質量 m [kg] の物体が x 軸の正の向きに運動している。この物体が時刻 $t = 0$ [s] に台車の上面に乗り移ると、台車は x 軸の正の向きに動き出した(図I-2、図I-3)。物体と台車は x 軸方向にのみ運動するとし、速度や加速度、および力は x 軸の正に向く場合にその値を正とする。

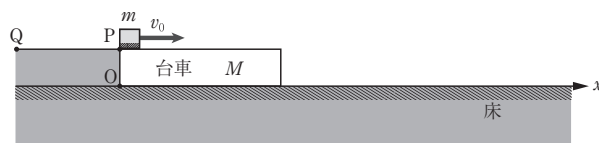
台車に乗り移った直後の物体の速度を v_0 [m/s] とする。時刻 $t = t_1$ (> 0) [s] で物体と台車の速度は、床に対してともに V_1 [m/s] となり(図I-4)、その後、物体と台車は一体となって運動し、時刻 $t = t_2$ ($> t_1$) [s] で床に対して静止した(図I-5)。時刻 $t = 0$ から $t = t_1$ までの台車の移動距離を ℓ_1 [m]、時刻 $t = 0$ から $t = t_2$ までの台車の移動距離を ℓ_2 [m] とする。また、物体が台車の上を動いた距離を ℓ_3 [m] とする。

物体と台車の間の動摩擦係数を μ_1 、台車と床との間の動摩擦係数を μ_2 とする。このとき、以下の問いに答えなさい。ただし、物体の大き

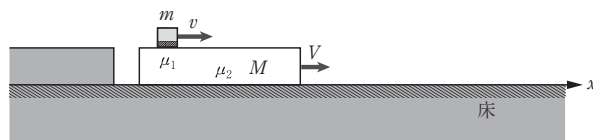
さは無視できるとする。重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、空気抵抗は考えない。



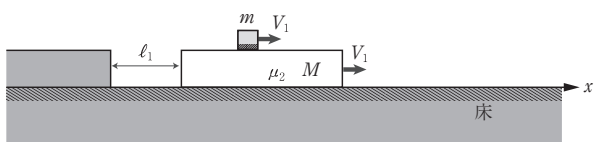
図I-1



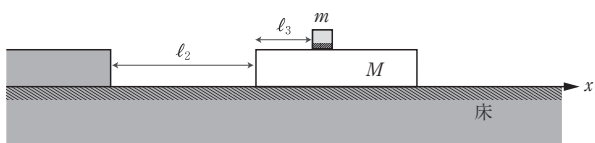
図I-2 $t = 0$



図I-3 $0 < t < t_1$



図I-4 $t = t_1$

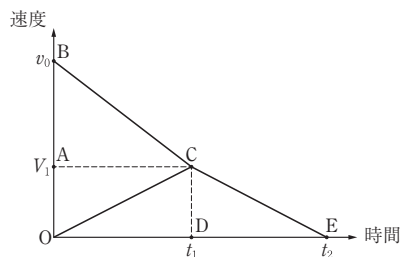


図I-5 $t = t_2$

時刻 t [s] ($0 < t < t_1$) での物体と台車の運動を考えよう。物体の加速度を a [m/s²] とすると、物体の運動方程式は $ma = \text{【1-A】}$ となる。また台車の加速度を A [m/s²] とすると、台車の運動方程式は $MA = \text{【1-B】}$ となる。 $0 < t < t_1$ での物体の速度 v [m/s] と台車の速度 V [m/s] はそれぞれ、 $v = \text{【2-A】}$ 、 $V = \text{【2-B】}$ であり、時刻 $t = t_1$ で $v = V = V_1$ となることから、 $t_1 = \frac{v_0}{g} \times \text{【3】}$ 、 $V_1 = v_0 \times \text{【4】}$ となる。また、 $\ell_1 = \text{【5】}$ となる。

次に、時刻 t [s] ($t_1 < t < t_2$) での物体と台車の運動を考えよう。物体と台車の加速度を A' [m/s²]、物体と台車の間に働く静止摩擦力の大きさを F [N] とすると、物体の運動方程式は $mA' = \text{【6-A】}$ 、台車の運動方程式は $MA' = \text{【6-B】}$ 、となり、これらの2式から A' を求めると、 $t_2 = t_1 + \text{【7】}$ となる。

以上の物体と台車の速度と時間の関係を図I-6に示す。このとき、図I-5中の距離 ℓ_2 [m] は図I-6の【8-A】の面積であり、図I-5中の距離 ℓ_3 [m] は図I-6の【8-B】の面積となる。



図I-6

問1 空所【1-A】、【1-B】に当てはまる組合せとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 1

	【1-A】	【1-B】		【1-A】	【1-B】
①	$mg\mu_1$	$mg\mu_1 - Mg\mu_2$	⑤	$-mg\mu_1$	$mg\mu_1 - Mg\mu_2$
②	$mg\mu_1$	$-mg\mu_1 - Mg\mu_2$	⑥	$-mg\mu_1$	$-mg\mu_1 - Mg\mu_2$
③	$mg\mu_1$	$mg\mu_1 - (M + m)g\mu_2$	⑦	$-mg\mu_1$	$mg\mu_1 - (M + m)g\mu_2$
④	$mg\mu_1$	$-mg\mu_1 - (M + m)g\mu_2$	⑧	$-mg\mu_1$	$-mg\mu_1 - (M + m)g\mu_2$

問2 空所【2-A】、【2-B】に当てはまる組合せとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 2

	【2-A】	【2-B】		【2-A】	【2-B】
①	$v_0 + at$	At	⑤	$v_0 t - \frac{a}{2} t^2$	At
②	$v_0 + at$	$v_0 + At$	⑥	$v_0 t - \frac{a}{2} t^2$	$v_0 + At$
③	$v_0 + at$	$\frac{A}{2} t^2$	⑦	$v_0 t - \frac{a}{2} t^2$	$\frac{A}{2} t^2$
④	$v_0 + at$	$v_0 t + \frac{A}{2} t^2$	⑧	$v_0 t - \frac{a}{2} t^2$	$v_0 + \frac{A}{2} t^2$

問3 空所【3】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 3

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| ① $\frac{m}{(m+M)(\mu_1+\mu_2)}$ | ② $\frac{M}{(m+M)(\mu_1+\mu_2)}$ |
| ③ $\frac{m+M}{m(\mu_1+\mu_2)}$ | ④ $\frac{m+M}{M(\mu_1+\mu_2)}$ |
| ⑤ $\frac{m}{(m+M)(\mu_1-\mu_2)}$ | ⑥ $\frac{M}{(m+M)(\mu_1-\mu_2)}$ |
| ⑦ $\frac{m+M}{m(\mu_1-\mu_2)}$ | ⑧ $\frac{m+M}{M(\mu_1-\mu_2)}$ |

問4 空所【4】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 4

- | | |
|---|---|
| ① $\frac{\mu_1 m + \mu_2 M}{(\mu_1 + \mu_2)(m + M)}$ | ② $\frac{\mu_1 m - \mu_2 M}{(\mu_1 + \mu_2)(m + M)}$ |
| ③ $\frac{\mu_1 m + \mu_2(m + M)}{(\mu_1 + \mu_2)(m + M)}$ | ④ $\frac{\mu_1 m - \mu_2(m + M)}{(\mu_1 + \mu_2)(m + M)}$ |
| ⑤ $\frac{\mu_1 m + \mu_2 M}{(\mu_1 - \mu_2)(m + M)}$ | ⑥ $\frac{\mu_1 m - \mu_2 M}{(\mu_1 - \mu_2)(m + M)}$ |
| ⑦ $\frac{\mu_1 m + \mu_2(m + M)}{(\mu_1 - \mu_2)(m + M)}$ | ⑧ $\frac{\mu_1 m - \mu_2(m + M)}{(\mu_1 - \mu_2)(m + M)}$ |

問5 空所【5】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 5

- | | | | |
|-------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| ① $v_0 t_1$ | ② $\frac{v_0^2}{2g}$ | ③ $\frac{v_0 t_1}{2}$ | ④ $\frac{v_0 V_1}{2g}$ |
| ⑤ $V_1 t_1$ | ⑥ $\frac{V_1^2}{2g}$ | ⑦ $\frac{V_1 t_1}{2}$ | ⑧ $\frac{g}{2} t_1^2$ |

問6 空所【6-A】、【6-B】に当てはまる組合せとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 6

	【6-A】	【6-B】		【6-A】	【6-B】
①	0	$F - g\mu_2 M$	⑤	$-F$	$F - g\mu_2 M$
②	0	$F - g\mu_2(m + M)$	⑥	$-F$	$F - g\mu_2(m + M)$
③	0	$-g\mu_2 M$	⑦	$-F$	$-g\mu_2 M$
④	0	$-g\mu_2(m + M)$	⑧	$-F$	$-g\mu_2(m + M)$

問7 空所【7】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 7

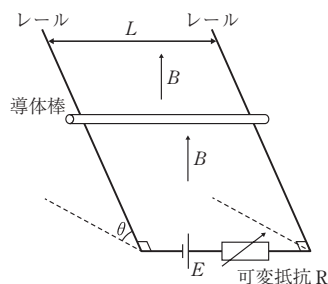
- | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| ① $\frac{V_1}{\mu_2 g}$ | ② $\frac{V_1 m}{\mu_2(m + M)g}$ | ③ $\frac{V_1 M}{\mu_2(m + M)g}$ |
| ④ $\frac{V_1 m M}{\mu_2(m + M)^2 g}$ | ⑤ $\frac{V_1}{2\mu_2 g}$ | ⑥ $\frac{V_1 m}{2\mu_2(m + M)g}$ |
| ⑦ $\frac{V_1 M}{2\mu_2(m + M)g}$ | ⑧ $\frac{V_1 m M}{2\mu_2(m + M)^2 g}$ | |

問8 空所【8-A】、【8-B】に当てはまる組合せとして最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 8

	【8-A】	【8-B】		【8-A】	【8-B】
①	三角形 DCE	三角形 OCB	⑤	三角形 OCE	台形 OBCD
②	三角形 DCE	台形 OBCD	⑥	三角形 OCE	長方形 OACD
③	三角形 DCE	長方形 OACD	⑦	長方形 OACD	三角形 OCB
④	三角形 OCE	三角形 OCB	⑧	長方形 OACD	台形 OBCD

II 次の文章を読んで、後の問い(問1～問8)に答えなさい。



図II-1

図II-1のように、磁束密度の大きさが B [T] の一様な鉛直上向きの磁場中に、間隔 L [m] で十分に長い平行な二本の導体のレールを、水平面に対して傾斜角 θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) [rad] となるように傾けて置いた。この上に太さの無視できる質量 m [kg] の導体棒をレールと直交するように静かに置く。二本のレール間での導体棒の抵抗を R_0 [Ω] とする。

このレールには可変抵抗 R と起電力 E [V] の電源が接続されている。重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、レールの電気抵抗、レールと導体棒の間の摩擦、接触抵抗、電源の内部抵抗および回路に流れる電流がつくる磁場の影響は無視できるものとする。

可変抵抗 R の大きさが R_0 であったとき、導体棒はレールの上に静止した。このとき、導体棒に流れる電流の大きさ I_0 は【9】[A]である。また、導体棒が磁場から受ける外力の大きさは【10】[N]

となり、斜面に沿った方向での力のつり合いを表わす式は【11】となる。このときの起電力 E の大きさは【12】[V] と表せる。

つぎに導体棒を一度レールから離し、可変抵抗 R の大きさを $\frac{1}{2}R_0$ に変えて、導体棒をふたたび静かにレールに置いた。導体棒は動き出し、やがて一定の速さ v [m/s] となった。導体棒はレールと常に直交したまま、レールを登る方向に動いた。このとき導体棒のレール間に生ずる誘導起電力 V の大きさは【13】[V] である。導体棒に流れる電流を I_1 とすると、【14】が成り立つ。さらに、上記の導体棒に流れる電流 I_1 の大きさは【15】[A] と表せ、導体棒の速さ v は【16】[m/s] と表せる。

問1 空所【9】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 9

- ① $\frac{E}{R_0}$ ② $\frac{E}{2R_0}$ ③ $\frac{2E}{R_0}$ ④ $\frac{BE}{R_0}$
 ⑤ $\frac{R_0}{E}$ ⑥ $\frac{R_0}{2E}$ ⑦ $\frac{2R_0}{E}$ ⑧ $\frac{R_0}{BE}$

問2 空所【10】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 10

- ① $\frac{LE}{B} R_0$ ② $\frac{LE}{2B} R_0$ ③ $\frac{R_0}{E} BL$ ④ $\frac{R_0}{2E} BL$
 ⑤ $\frac{E}{BL} R_0$ ⑥ $\frac{E}{2BL} R_0$ ⑦ $\frac{E}{R_0} BL$ ⑧ $\frac{E}{2R_0} BL$

問3 空所【11】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 11

- ① $mg \cos \theta - \frac{E}{R_0} BL \sin \theta = 0$ ② $mg \cos \theta - \frac{E}{2R_0} BL \sin \theta = 0$
 ③ $mg \cos \theta - \frac{R_0}{E} BL \sin \theta = 0$ ④ $mg \cos \theta - \frac{R_0}{2E} BL \sin \theta = 0$
 ⑤ $mg \sin \theta - \frac{E}{R_0} BL \cos \theta = 0$ ⑥ $mg \sin \theta - \frac{E}{2R_0} BL \cos \theta = 0$
 ⑦ $mg \sin \theta - \frac{R_0}{E} BL \cos \theta = 0$ ⑧ $mg \sin \theta - \frac{R_0}{2E} BL \cos \theta = 0$

問4 空所【12】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 12

- ① $E = \frac{2mgR_0 \sin \theta}{BL}$ ② $E = \frac{mgR_0 \sin \theta}{BL}$
 ③ $E = \frac{2mgR_0}{BL \sin \theta}$ ④ $E = \frac{mgR_0}{BL \sin \theta}$
 ⑤ $E = \frac{2mgR_0 \tan \theta}{BL}$ ⑥ $E = \frac{mgR_0 \tan \theta}{BL}$
 ⑦ $E = \frac{2mgR_0 \cos \theta}{BL}$ ⑧ $E = \frac{mgR_0 \cos \theta}{BL}$

問5 空所【13】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 13

- ① $vBL \cos \theta$ ② $2vBL \cos \theta$ ③ $vBL \sin \theta$
 ④ $2vBL \sin \theta$ ⑤ $mvBL \cos \theta$ ⑥ $2mvBL \cos \theta$
 ⑦ $mvBL \sin \theta$ ⑧ $2mvBL \sin \theta$

問6 空所【14】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 14

- ① $E + V - R_0 I_1 + \frac{1}{2} R_0 I_1 = 0$
 ② $E - V + R_0 I_1 - \frac{1}{2} R_0 I_1 = 0$
 ③ $E - V - R_0 I_1 + \frac{1}{2} R_0 I_1 = 0$
 ④ $E - V - R_0 I_1 - \frac{1}{2} R_0 I_1 = 0$
 ⑤ $E + V - R_0 I_1 + R_0 I_1 = 0$
 ⑥ $E + V - R_0 I_1 - \frac{1}{2} R_0 I_1 = 0$
 ⑦ $E - V - R_0 I_1 + R_0 I_1 = 0$
 ⑧ $E + V - R_0 I_1 - R_0 I_1 = 0$

問7 空所【15】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 15

- | | |
|---|---|
| ① $\frac{2(E - vBL \sin \theta)}{R_0}$ | ② $\frac{3(E - vBL \sin \theta)}{2R_0}$ |
| ③ $\frac{2(E - vBL \sin \theta)}{3R_0}$ | ④ $\frac{E - vBL \sin \theta}{3R_0}$ |
| ⑤ $\frac{2(E - vBL \cos \theta)}{R_0}$ | ⑥ $\frac{3(E - vBL \cos \theta)}{2R_0}$ |
| ⑦ $\frac{E - vBL \cos \theta}{3R_0}$ | ⑧ $\frac{2(E - vBL \cos \theta)}{3R_0}$ |

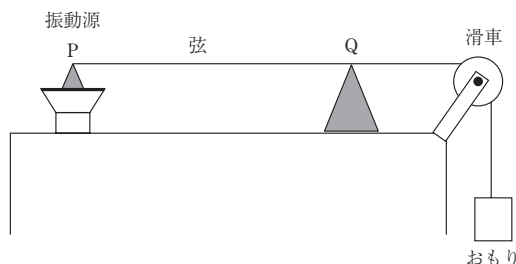
問8 空所【16】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 16

- | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| ① $\frac{BL}{2E \cos \theta}$ | ② $\frac{BL}{4E \cos \theta}$ | ③ $\frac{E}{2BL \cos \theta}$ | ④ $\frac{E}{4BL \cos \theta}$ |
| ⑤ $\frac{BL}{2E \sin \theta}$ | ⑥ $\frac{BL}{4E \sin \theta}$ | ⑦ $\frac{E}{2BL \sin \theta}$ | ⑧ $\frac{E}{4BL \sin \theta}$ |

Ⅲ 次の文章を読んで、後の問い(問1～問8)に答えなさい。

図Ⅲ-1に示すように、振動数を連続的に変化させることができる振動源をおき、振動源の頂点と弦の左端Pをつないだ。他端には滑車を通して質量 M [kg] のおもりをつるした。点Pと滑車の間に移動可能な支柱Qを置き、弦の振動する部分をPQ間とする。PQ間の弦の長さを L [m]、弦を伝わる波の速さを v [m/s] とする。弦を引く力の大きさを S [N]、弦の線密度(弦の単位長さあたりの質量)を ρ [kg/m] とすると、弦を伝わる波の速さ v は、 $v = \sqrt{\frac{S}{\rho}}$ で表すことができる。なお、点Pと点Qの位置には波の節ができるものとする。



図Ⅲ-1

- (1) 振動源の振動数を 0 [Hz] から連続的に大きくしていくと、振動数が f_0 [Hz] になったときに、初めて振動源の振動数と同じ振動数の定常波が弦に生じた。これは、弦の固有振動数と振動源の振動数が一致したことにより、弦の固有振動が大きくする現象であり、共振、また

は共鳴と呼ばれる。このときの定常波の波長は【17】[m]であり、振動数は f_0 = 【18】である。さらに、振動源の振動数を f_0 から連続的に大きくしていくと、振動数が f_1 [Hz] になったときに2回目の共振が発生し、振動源の振動数と同じ振動数の定常波が弦に生じた。このときの振動数は、 f_1 = 【19】になる。このときの定常波の節の個数は【20-A】個であり、腹の個数は【20-B】個である。

次に、おもりの質量を半分に同じ実験を行った。振動源の振動数を 0 [Hz] から連続的に大きくしていくと、振動数が【21】になったときに、初めて振動源の振動数と同じ振動数の定常波が弦に生じた。基本振動の定常波の振動数を f_1 にするためには、支柱Qを移動させてPQ間の長さを【22】[m]にすればよい。

- (2) 次に、支柱Qを移動させてPQ間の長さを元の L に戻した。さらに、弦を外して、材質が同じで、直径が元の弦の2倍の新しい弦を張り、他端には滑車を通して質量 M のおもりをつるした。この新しい弦の線密度は元の弦の線密度の【23】倍である。振動源の振動数を 0 [Hz] から連続的に大きくしていくと、振動数が【24】になったときに、初めて振動源の振動数と同じ振動数の定常波が弦に生じた。

問1 空所【17】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 17

- | | | | |
|------------------|------------------|------------------|--------|
| ① $\frac{1}{4}L$ | ② $\frac{1}{3}L$ | ③ $\frac{1}{2}L$ | ④ L |
| ⑤ $\frac{3}{2}L$ | ⑥ $2L$ | ⑦ $\frac{5}{2}L$ | ⑧ $3L$ |

問2 空所【18】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 18

- | | | | |
|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| ① $\frac{v}{3L}$ | ② $\frac{2v}{5L}$ | ③ $\frac{v}{2L}$ | ④ $\frac{2v}{3L}$ |
| ⑤ $\frac{v}{L}$ | ⑥ $\frac{2v}{L}$ | ⑦ $\frac{3v}{L}$ | ⑧ $\frac{4v}{L}$ |

問3 空所【19】に当てはまる最も適当なものを、次の中から一つ選びなさい。

解答番号 19

- | | | | |
|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| ① $\frac{v}{3L}$ | ② $\frac{2v}{5L}$ | ③ $\frac{v}{2L}$ | ④ $\frac{2v}{3L}$ |
| ⑤ $\frac{v}{L}$ | ⑥ $\frac{2v}{L}$ | ⑦ $\frac{3v}{L}$ | ⑧ $\frac{4v}{L}$ |

問4 空所【20－A】，【20－B】に当てはまる組合わせとして最も適当なものを，次の中から一つ選びなさい。

解答番号

20

	【20－A】	【20－B】
①	2	1
②	2	2
③	2	3
④	3	1
⑤	3	2
⑥	3	3
⑦	4	1
⑧	4	2
⑨	4	3

問5 空所【21】に当てはまる最も適当なものを，次の中から一つ選びなさい。

解答番号

21

- ① $\frac{1}{2}f_0$
- ② $\frac{1}{\sqrt{2}}f_0$
- ③ f_0
- ④ $\sqrt{2}f_0$
- ⑤ $\sqrt{3}f_0$
- ⑥ $2f_0$
- ⑦ $2\sqrt{2}f_0$
- ⑧ $4f_0$

問6 空所【22】に当てはまる最も適当なものを，次の中から一つ選びなさい。

解答番号

22

- ① $\frac{1}{2\sqrt{2}}L$
- ② $\frac{1}{2}L$
- ③ $\frac{1}{\sqrt{2}}L$
- ④ L
- ⑤ $\sqrt{2}L$
- ⑥ $\sqrt{3}L$
- ⑦ $2L$
- ⑧ $2\sqrt{2}L$
- ⑨ $4L$

問7 空所【23】に当てはまる最も適当なものを，次の中から一つ選びなさい。

解答番号

23

- ① $\frac{1}{8}$
- ② $\frac{1}{4}$
- ③ $\frac{1}{2}$
- ④ 2
- ⑤ 4
- ⑥ 8

問8 空所【24】に当てはまる最も適当なものを，次の中から一つ選びなさい。

解答番号

24

- ① $\frac{1}{4}f_0$
- ② $\frac{1}{\sqrt{8}}f_0$
- ③ $\frac{1}{2}f_0$
- ④ $\frac{1}{\sqrt{2}}f_0$
- ⑤ $2f_0$
- ⑥ $2\sqrt{2}f_0$
- ⑦ $4f_0$
- ⑧ $8f_0$