

物 理

(解答番号

1

 ~

28

)

第1問 次の文章中の 1 ～ 7 に当てはまる適切なものを、それぞれの選択肢①～⑥のうちから1つずつ選びなさい。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

〔解答番号 1 ～ 7〕

水平面に対して垂直に立てた軸を中心として水平に回転できる円板がある。図1-1に示すように、その中心軸に、鉛直から θ [°] ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) 傾いた棒を取り付ける。この棒に、自然長 L [m]、ばね定数 k [N/m] のばねと、中心を通るように貫通した穴をあけた質量 m [kg] の球状のおもりを通す。ばねの一端は中心軸上の点 O に固定され、他の一端にはおもりが取り付けられている。おもりは棒上をなめらかに動き、ばねの質量は無視できるものとする。

はじめは円板もおもりも静止している。ばねの自然長からの縮みは 1 [m] である。おもりを棒に沿ってわずかにゆっくりとずらして手を離れたところ、おもりは単振動を始めた。その周期は 2 [s] である。

次に、円板を一定の角速度 ω [rad/s] で回転させた。円板上から見たとき、おもりは引き続き単振動を続けていた。おもりを通して棒に平行に x 軸を設定し、点 O を原点と置く。おもりが原点から距離 x_0 [m] だけ離れているとき、おもりには x 軸に平行に遠心力由来の大きさ 3 [N] の力が働いている。おもりが単振動を続けている場合、ばね定数 k は 4 の条件を満たさなければならない。また、この単振動の中心位置は x 軸上で $x_1 =$ 5 [m] であり、その周期は 6 [s] である。その後、円板上にいる観測者が、ばねの長さが自然長になる位置でおもりをおさえて止めた後に手を離れたところ、円板上の観測者から見ておもりはその位置に停止したままになった。そのときの円板の角速度は 7 [rad/s] である。

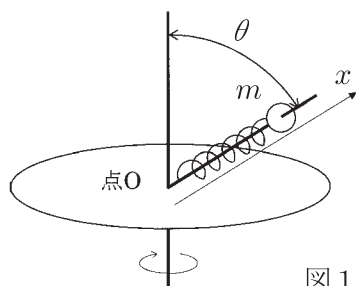


図1-1

1 の選択肢

- | | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|
| ① $\frac{mg}{k}$ | ② $\frac{mg \sin \theta}{k}$ | ③ $\frac{mg \cos \theta}{k}$ | ④ $\frac{k}{mg}$ |
| ⑤ $\frac{k}{mg \sin \theta}$ | ⑥ $\frac{k}{mg \cos \theta}$ | | |

2 の選択肢

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

3 の選択肢

- ① $mx_0\omega^2\sin\theta$ ② $mx_0\omega^2\cos\theta$ ③ $mx_0\omega^2\sin^2\theta$ ④ $mx_0\omega^2\cos^2\theta$
⑤ $mx_0\omega^2$ ⑥ $\frac{m\omega^2\cos^2\theta}{x_0}$

4 の選択肢

- ① $k - m\omega^2\sin^2\theta > 0$ ② $k - m\omega^2 > 0$ ③ $k - m\omega^2\cos^2\theta > 0$
④ $k - m\omega^2\sin^2\theta < 0$ ⑤ $k - m\omega^2\sin\theta > 0$ ⑥ $k - m\omega^2\cos^2\theta < 0$

5 の選択肢

- ① $\frac{mg\cos\theta}{k}$ ② $\frac{kL}{k - m\omega^2}$ ③ $\frac{kL - mg\cos\theta}{k - m\omega^2\sin\theta}$ ④ $\frac{kL - mg\cos\theta}{k - m\omega^2\sin^2\theta}$
⑤ $\frac{kL - mg\cos\theta}{k - m\omega^2\cos^2\theta}$ ⑥ $\frac{kL - mg\sin\theta}{k - m\omega^2}$

6 の選択肢

- ① $2\pi\sqrt{\frac{m}{k - m\omega^2}}$ ② $2\pi\sqrt{\frac{m}{k - m\omega^2\cos^2\theta}}$ ③ $2\pi\sqrt{\frac{m}{k - m\omega^2\sin^2\theta}}$
④ $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{m}{k - m\omega^2\sin\theta}}$ ⑤ $2\pi\sqrt{\frac{m}{m\omega^2\cos^2\theta - k}}$ ⑥ $2\pi\sqrt{\frac{m}{m\omega^2\sin^2\theta - k}}$

7 の選択肢

- ① $2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ② $\sqrt{\frac{g\cos\theta}{L}}$ ③ $\frac{1}{\sin\theta}\sqrt{\frac{g\cos\theta}{L}}$ ④ $\frac{1}{\sin\theta}\sqrt{\frac{g}{L}}$
⑤ $\sqrt{\frac{g\tan\theta}{L}}$ ⑥ $\sqrt{\frac{g}{L\tan\theta}}$

第2問 次の文章中の **8** ～ **14** に当てはまる適切なものを、それぞれの選択肢①～⑥のうちから1つずつ選びなさい。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

〔解答番号 **8** ～ **14**〕

断熱材でできたなめらかに動くピストンを備えた高さ H [m] のシリンダーを開口部を上向きにして鉛直に配置した。シリンダーの底には温度調節器が設置されている。ピストンの質量、厚み、温度調節器の体積は無視し、大気圧を P_0 [Pa] とする。はじめシリンダーに、圧力 P_0 [Pa]、体積 V_0 [m³]、温度 T_0 [K] の単原子分子理想気体を入れたところ、ピストンは高さ $\frac{2}{3}H$ [m] で停止した。気体定数を R [J/(mol・K)] とすると、シリンダー内の気体の物質量は **8** [mol] であることがわかる。シリンダー内の気体の温度を T_0 [K] に保ちながら、図2-1のようにこのピストンの上部に密度 ρ [kg/m³] の液体Aをシリンダーの高さいっぱいまで入れたところ、ピストンが下がりシリンダー内の気体の体積は $\frac{V_0}{2}$ [m³] となった。このとき、シリンダー内の気体の圧力は、初めの状態よりも **9** [Pa] 増加した。このことから P_0 を用いると、 $\rho =$ **10** とあらわせることがわかる。シリンダー内の気体を加熱し、再び気体の体積を V_0 とした。このときのシリンダー内の気体の圧力は **11** [Pa]、気体の温度は **12** [K] となる。

次に、再びシリンダーに圧力 P_0 [Pa]、体積 V_0 [m³]、温度 T_0 [K] の単原子分子理想気体を入れ、シリンダー内の気体の温度を T_0 [K] に保った状態で、密度が $\frac{2\rho}{3}$ [kg/m³] の液体Bをシリンダーの高さいっぱいまで入れた。このときの気体の体積は **13** [m³] となる。シリンダー内の気体を加熱して、体積を V_0 としたときの温度は **14** [K] となる。

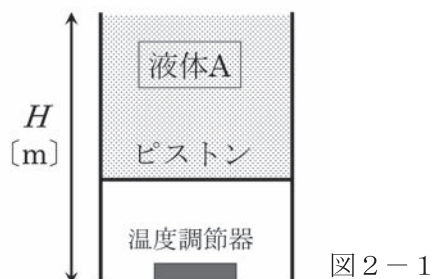


図2-1

8 の選択肢

① $\frac{RP_0}{V_0T_0}$

② $\frac{RT_0}{P_0V_0}$

③ $\frac{RV_0}{P_0T_0}$

④ $\frac{P_0T_0}{RV_0}$

⑤ $\frac{P_0V_0}{RT_0}$

⑥ $\frac{V_0T_0}{RP_0}$

9 の選択肢

① $\frac{1}{2} P_0$

② P_0

③ $\frac{3}{2} P_0$

④ $2P_0$

⑤ $\frac{5}{2} P_0$

⑥ $3P_0$

10 の選択肢

① $\frac{3P_0}{2Hg}$

② $\frac{2P_0}{3Hg}$

③ $\frac{P_0 g}{H}$

④ $\frac{2P_0 g}{3H}$

⑤ $\frac{3Hg}{2P_0}$

⑥ $\frac{2Hg}{3P_0}$

11 の選択肢

① $\frac{4}{3} P_0$

② $\frac{3}{2} P_0$

③ $\frac{5}{3} P_0$

④ $2P_0$

⑤ $\frac{7}{3} P_0$

⑥ $\frac{5}{2} P_0$

12 の選択肢

① $\frac{1}{4} T_0$

② $\frac{1}{2} T_0$

③ $\frac{3}{4} T_0$

④ $\frac{4}{3} T_0$

⑤ $\frac{3}{2} T_0$

⑥ $2T_0$

13 の選択肢

① $\frac{3-\sqrt{3}}{3} V_0$

② $\frac{6-2\sqrt{3}}{3} V_0$

③ $\frac{2-\sqrt{3}}{3} V_0$

④ $\frac{3-\sqrt{3}}{2} V_0$

⑤ $\frac{5-2\sqrt{3}}{2} V_0$

⑥ $\frac{2-\sqrt{3}}{2} V_0$

14 の選択肢

① $\frac{1}{4} T_0$

② $\frac{1}{2} T_0$

③ $\frac{3}{4} T_0$

④ $\frac{4}{3} T_0$

⑤ $\frac{3}{2} T_0$

⑥ $2T_0$

第3問 次の文章中の **15** ～ **21** に当てはまる適切なものを，それぞれの選択肢①～⑥のうちから1つずつ選びなさい。音の速さを V [m/s] とする。【解答番号 **15** ～ **21**】

図3-1に示すように，音源Aが直線上を一定の速さ v [m/s] で運動している。この音源が，点Oからごく短い時間 Δt [s] だけ，振動数 f [Hz] の音を発する。点Oから音源Aの運動方向に対して角度 θ [°] をなす方向へ距離 r [m] だけ離れた点Pで音源Aの音を聞く。ただし， $v < V$ である。

音源Aが音を発することをやめた場所を点O'とする。音源Aが音を発する間に移動した距離は r と比べて十分に小さく，線分OPと線分O'Pは平行とみなせることを考慮に入れると，線分O'Pの距離は θ を用いて **15** [m] と近似できる。

時刻 $t = 0$ sに音源Aから音を発しはじめたとすると，点Pで音が聞こえ始める時刻は **16** [s] であり，聞こえ終わる時刻は **17** [s] である。したがって，点Pで音が聞こえる時間は **18** [s] であり，点Pで聞こえる音の振動数は **19** [Hz] である。

角度 $\theta = 120^\circ$ の方向にある遠方の点Qで振動数が1.36 kHzの音が聞こえた。また，角度 $\theta = 60^\circ$ の方向にある遠方の点Rで聞こえる音の振動数は1.53 kHzであった。このとき，音源Aの速さは **20** m/s であり，振動数は **21** kHz である。ただし， $V = 3.40 \times 10^2$ m/s とする。

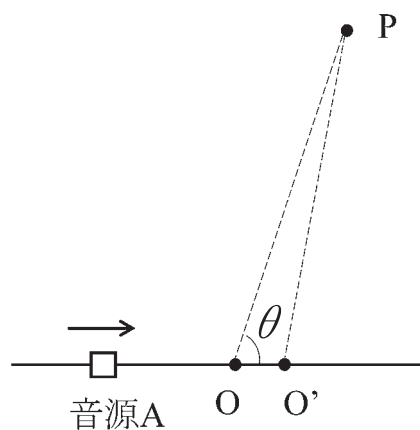


図3-1

15 の選択肢

- ① $r(1 - \theta)$ ② $v\Delta t(1 - \theta)$ ③ $r \cos \theta - v\Delta t$ ④ $r - v\Delta t \cos \theta$
 ⑤ $r - v\Delta t \sin \theta$ ⑥ $r + \Delta t \sin \theta$

16 の選択肢

- ① 0 ② $\frac{r}{V}$ ③ $\frac{r}{2V}$ ④ $\frac{r - v\Delta t}{V}$
- ⑤ $\frac{r + v\Delta t \cos \theta}{V}$ ⑥ $\frac{r + v\Delta t}{2V}$

17 の選択肢

- ① $\frac{r + v \sin \theta}{V} \Delta t$ ② $\frac{r}{V}$ ③ $\Delta t + \frac{r}{2V}$ ④ $\Delta t + \frac{r - v\Delta t \cos \theta}{V}$
- ⑤ $\frac{r + v\Delta t \cos \theta}{V}$ ⑥ Δt

18 の選択肢

- ① $\frac{r}{2V}$ ② $\frac{v\Delta t \cos \theta}{V}$ ③ Δt ④ $\frac{v\Delta t \sin \theta}{V}$
- ⑤ $\frac{V - v \cos \theta}{v} \Delta t$ ⑥ $\frac{V - v \cos \theta}{V} \Delta t$

19 の選択肢

- ① $\frac{V}{v \cos \theta} f$ ② f ③ $\frac{v}{V - v \cos \theta} f$ ④ $\frac{V}{V - v \cos \theta} f$
- ⑤ $\frac{v}{V + v \cos \theta} f$ ⑥ $\frac{V}{V + v \cos \theta} f$

20 の選択肢

- ① 0 ② 12.0 ③ 30.0 ④ 40.0
- ⑤ 50.0 ⑥ 64.0

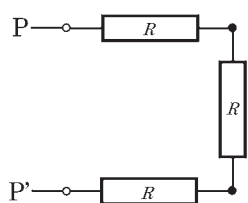
21 の選択肢

- ① 1.37 ② 1.41 ③ 1.44 ④ 1.48
- ⑤ 1.51 ⑥ 1.55

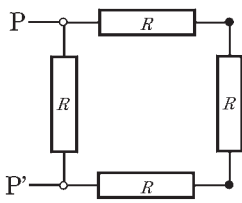
第4問 次の文章中の **22** ～ **28** に当てはまる適切なものを、それぞれの選択肢①～⑥のうちから1つずつ選びなさい。〔解答番号 **22** ～ **28** 〕

抵抗値 R 〔 Ω 〕の導線を組み合わせて作ったはしご型の回路について考える。まず、【A】のような回路がある。次に、抵抗値 R 〔 Ω 〕の導線をつぎ足した【B】でのPP'間の合成抵抗値は **22** 〔 Ω 〕である。同様に抵抗値 R 〔 Ω 〕の導線を順につぎ足して、【C】、【D】、【E】のような回路を組み立てると、PP'間の合成抵抗値はそれぞれ **23** 〔 Ω 〕、**24** 〔 Ω 〕、**25** 〔 Ω 〕となる。続けて同様につぎ足していくと、PP'間の合成抵抗値はある一定値 R_∞ 〔 Ω 〕に近づいていく。以下この R_∞ を求めていく。【F】のように、はしご型の結線が右の方に十分長く繰り返している回路を考える。ここで求めたいものはPP'間の合成抵抗値 R_∞ だが、この抵抗値はまたこの図の破線から右側の部分の抵抗値でもある。つまりQQ'で導線を切ったときの右側回路のQQ'間の合成抵抗値も R_∞ であると考えてもよい。したがって R_∞ に関して方程式を立てることができ、これを解くと、 $R_\infty =$ **26** 〔 Ω 〕を得る。また、【G】のように左右に十分長くつないだ回路でのPP'間の合成抵抗値もこの結果を使って **27** 〔 Ω 〕と計算することができる。【H】は【F】について図中で縦に設置された抵抗の抵抗値を R 〔 Ω 〕から r 〔 Ω 〕に置き換えたものである。この回路のPP'間の合成抵抗値も **28** 〔 Ω 〕と計算することができる。

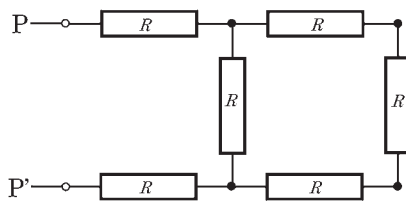
【A】



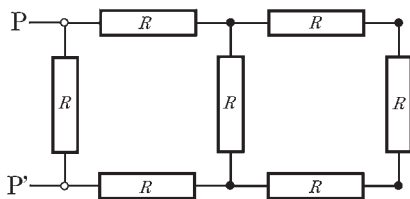
【B】



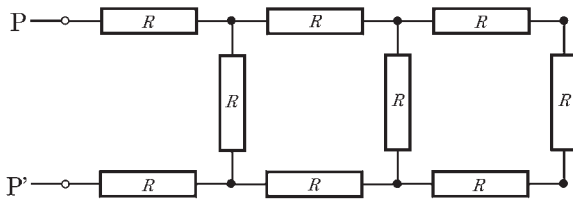
【C】

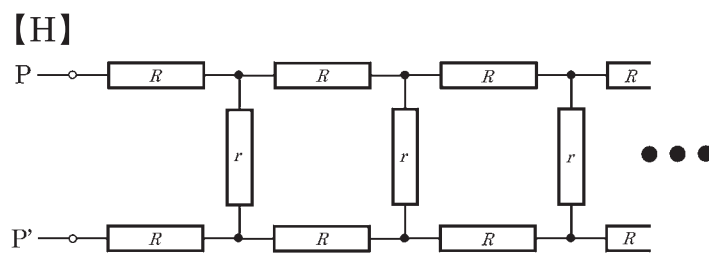
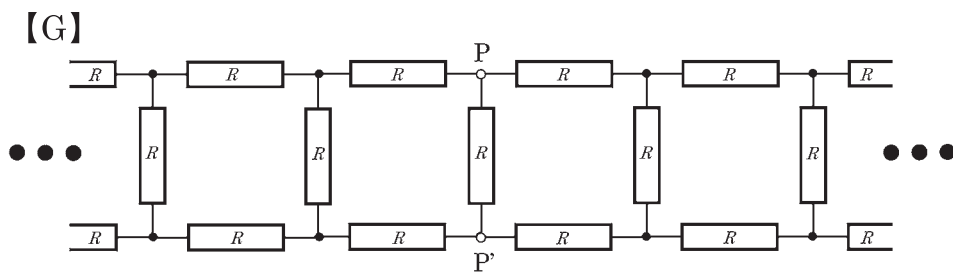
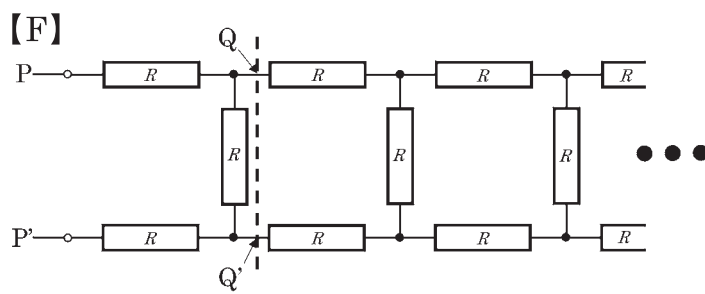


【D】



【E】





22 の選択肢

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

23 の選択肢

- ① $\frac{9}{4}R$ ② $\frac{11}{4}R$ ③ $\frac{5}{2}R$ ④ $4R$
 ⑤ $5R$ ⑥ $6R$

24 の選択肢

① $\frac{9}{13}R$

② $\frac{11}{15}R$

③ $\frac{6}{7}R$

④ $\frac{15}{4}R$

⑤ $7R$

⑥ $9R$

25 の選択肢

① $\frac{9}{13}R$

② $\frac{41}{15}R$

③ $\frac{20}{7}R$

④ $\frac{23}{4}R$

⑤ $9R$

⑥ $11R$

26 の選択肢

① $\frac{-R + \sqrt{R^2 + 2}}{2}$

② $\frac{-1 + \sqrt{5}}{2}R$

③ $(\sqrt{3} - 1)R$

④ $(\sqrt{3} + 1)R$

⑤ $2R$

⑥ $4R$

27 の選択肢

① $\frac{1}{3}R$

② $\frac{1}{2}R$

③ $\frac{\sqrt{2}}{2}R$

④ $\frac{\sqrt{3}}{3}R$

⑤ $3R$

⑥ $6R$

28 の選択肢

① $R - \frac{r}{2}$

② $4R + 2r$

③ $2R + \sqrt{3}r$

④ $-R + \sqrt{R^2 + 2rR}$

⑤ $R + \sqrt{R^2 + 2rR}$

⑥ $2R$

以上で問題は終わりです。