

2021年度一般選抜前期A日程（1月25日実施）

物 理 問 題

（41ページ～56ページ）

I

次の問いに答えなさい。

問1 ボールを鉛直上向きに初速度の大きさ v_0 で投げ上げたところ、最高点に達した後、下降してきた。ボールの速度が鉛直下向きに大きさ $\frac{1}{2}v_0$ になったときの投げ上げた点からの高さはいくらか。最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。ただし、重力加速度の大きさを g とし、空気の抵抗は無視できるものとする。

A

① $\frac{v_0^2}{8g}$

② $\frac{v_0^2}{4g}$

③ $\frac{3v_0^2}{8g}$

④ $\frac{5v_0^2}{8g}$

⑤ $\frac{3v_0^2}{4g}$

⑥ $\frac{3v_0^2}{2g}$

問2 断熱されて熱を伝えない容器に入った温度 20°C 、質量 100g の水の中に、抵抗値 $20\ \Omega$ の電熱線を入れ、これに電圧 100V を加えて電流を流した。電流を流し始めてから水の温度が 70°C になるまでの時間はいくらか。最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。ただし、水の比熱を $4.2\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とし、電熱線から発生するジュール熱はすべて水に吸収されるものとし、水の蒸発や電熱線の熱容量は無視できるものとする。

E

① 4.2s

② 5.9s

③ 42s

④ 50s

⑤ 420s

⑥ 590s

問3 次の文中の空欄 **A** ~ **C** に入る語句の組合せとして、最も適当なものを、下の選択肢の中から1つ選び、番号をマークしなさい。 **ウ**

図1のように、同じ抵抗値の電球 L_1 、 L_2 、 L_3 を接続し、図1のPQ間に電圧 V を加えると、すべての電球が点灯した。電球の抵抗値は一定で、電球は消費電力が大きいほど明るいものとする。このとき、電球 L_1 は電球 L_2 より **A**。

しばらくして、電球 L_2 が切れて、電球 L_2 に電流が流れなくなった。電球 L_2 が切れる前と比べて電球 L_2 が切れた後は、電球 L_1 は **B** なり、電球 L_3 は **C** なる。

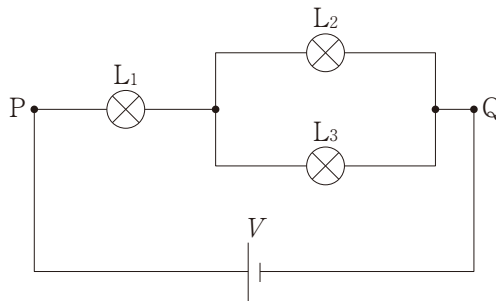


図1

	A	B	C
①	明るい	明るく	明るく
②	明るい	明るく	暗く
③	明るい	暗く	明るく
④	明るい	暗く	暗く
⑤	暗い	明るく	明るく
⑥	暗い	明るく	暗く
⑦	暗い	暗く	明るく
⑧	暗い	暗く	暗く

問4 x 軸上を正の向きに速さ 2.0 m/s で進む振幅 1.0 m 、波長 8.0 m の正弦波がある。図2は、この波の $x = 0 \text{ m}$ における変位 $y \text{ [m]}$ と時刻 $t \text{ [s]}$ の関係を表すグラフである。この波の $x = 12.0 \text{ m}$ における変位 $y \text{ [m]}$ と時刻 $t \text{ [s]}$ の関係を表すグラフとして、最も適当なものを、下の選択肢の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

I

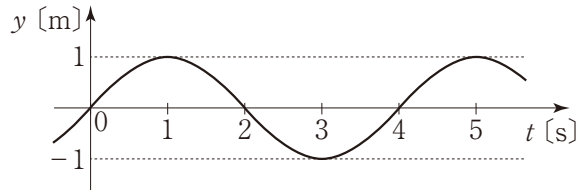
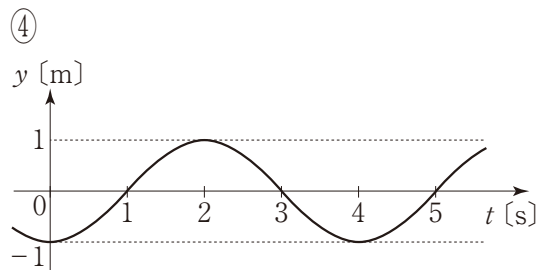
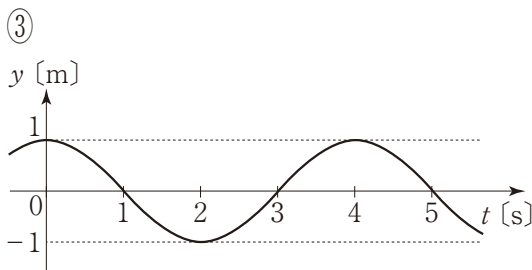
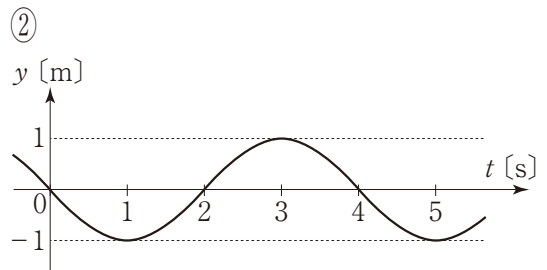
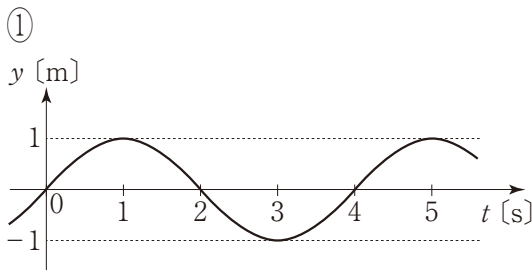


図2



問5 図3のように、水平となす角が θ の斜面があり、斜面上の点Pより上はなめらかで、下はあらくて摩擦力がはたらく。点Pから斜面に沿って距離 l だけ上の点Oに小物体を置き、静かに放すと、小物体はすべり出し、点Pを通過後、点Pから斜面に沿って距離 l だけ下の点Qで静止した。斜面のあらい面と小物体の間の動摩擦係数はどのように表されるか。最も適当なものを、下の選択肢の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

オ

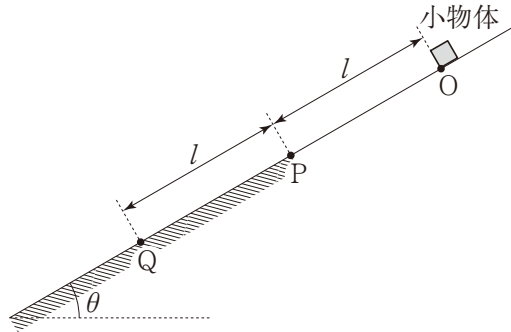


図3

- | | | |
|-----------------------------|-----------------|-------------------|
| ① $\frac{1}{2} \sin \theta$ | ② $\sin \theta$ | ③ $2 \sin \theta$ |
| ④ $\frac{1}{2} \tan \theta$ | ⑤ $\tan \theta$ | ⑥ $2 \tan \theta$ |

問6 次の文中の空欄 **D** ~ **F** に入る語句の組合せとして、最も適当なものを、下の選択肢の中から1つ選び、番号をマークしなさい。 カ

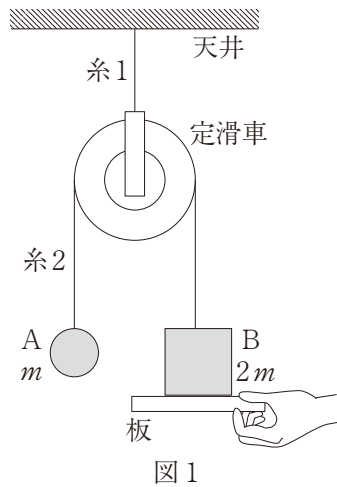
電磁波は波長によって性質が異なる。電波と可視光線では、電波の方が波長は D。また、E は可視光線より波長が長く、リモコンなどに利用されている。電波が真空中を進む速さは、可視光線が真空中を進む速さと F。

	D	E	F
①	長い	赤外線	比べて遅い
②	長い	赤外線	同じである
③	長い	紫外線	比べて遅い
④	長い	紫外線	同じである
⑤	短い	赤外線	比べて遅い
⑥	短い	赤外線	同じである
⑦	短い	紫外線	比べて遅い
⑧	短い	紫外線	同じである

Ⅱ

滑車を介した2物体の運動，気柱の共鳴に関する次の文〔1〕，〔2〕を読んで，あとの問いに答えなさい。

〔1〕 図1のように，天井から糸1でつるされたなめらかな定滑車に糸2をかけ，その両端にそれぞれ質量 m の物体Aと質量 $2m$ の物体Bをつり下げる。はじめ，物体Bを水平な板で支えて全体を静止させておく。次に，板を鉛直下向きに素早く動かして取り去ると，物体A，Bはそれぞれ等加速度直線運動を始めた。糸は伸び縮みすることなく，糸や定滑車の質量は無視できるものとし，重力加速度の大きさを g とする。また，糸1および糸2の定滑車に接していない部分は常に鉛直であり，物体A，Bが定滑車に衝突することはないものとする。



問1 物体Bを板で支えて全体が静止しているとき，物体Bが水平な板から受けていた垂直抗力の大きさはいくらか。最も適当なものを，次の中から1つ選び，番号をマークしなさい。

ア

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

問2 物体A, Bが運動を始めた後の加速度の大きさはいくらか。最も適当なものを, 次の中から1つ選び, 番号をマークしなさい。

イ

① $\frac{1}{8}g$

② $\frac{1}{6}g$

③ $\frac{1}{4}g$

④ $\frac{1}{3}g$

⑤ $\frac{2}{3}g$

⑥ $\frac{3}{4}g$

問3 物体A, Bが運動を始めた後の糸1の張力の大きさはいくらか。最も適当なものを, 次の中から1つ選び, 番号をマークしなさい。

ウ

① $\frac{5}{4}mg$

② $\frac{4}{3}mg$

③ $\frac{5}{2}mg$

④ $\frac{8}{3}mg$

⑤ $\frac{10}{3}mg$

⑥ $4mg$

〔2〕 図2のように、ピストンを取り付けた長い管の管口の近くでスピーカーから一定の振動数の音を出した。ピストンを管口の位置から右にゆっくりと移動させていくと、管口からピストンまでの距離が8.0cmのとき1回目の共鳴が起こり、25.0cmのとき2回目の共鳴が起こった。気温は一定で、音速を340m/sとする。

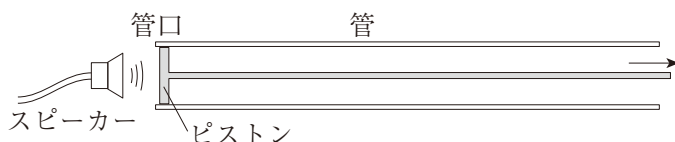


図2

問4 スピーカーから出している音の波長はいくらか。最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

工

- ① 16.0cm ② 17.0cm ③ 18.0cm
 ④ 32.0cm ⑤ 34.0cm ⑥ 36.0cm

問5 スピーカーから出している音の振動数はいくらか。最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

オ

- ① 940Hz ② 1000Hz ③ 1060Hz
 ④ 1890Hz ⑤ 2000Hz ⑥ 2130Hz

問6 2回目の共鳴が起こった位置でピストンを固定した。スピーカーから出している音の振動数を問5で求めた値から少しずつ大きくしていくと、いったん共鳴が起こらなくなった後に、再び共鳴が起こった。このときの振動数は問5で求めた振動数の何倍か。最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。ただし、開口端補正は音の波長によらず一定とする。

カ

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

Ⅲ

2物体の衝突、気体の状態変化に関する次の文〔1〕、〔2〕を読んで、あとの問いに答えなさい。

〔1〕 図1のように、水平でなめらかな床面上にばね定数 k の軽いばねを置き、右端を鉛直な壁面に固定し、左端に床面に置いた質量 $3m$ の物体Aを取り付けた。はじめ、物体Aは静止しており、ばねは自然の長さであった。次に、物体Aの左側の床面上で質量 m の物体Bに水平右向きで大きさ v_0 の初速度を与えると、物体A、Bは完全非弾性衝突をして、衝突直後の速さが V になった。その後、物体A、Bは接触したままばねを縮めていき、ばねが自然の長さから d だけ縮んだところで、一瞬静止して折り返した。物体A、Bの衝突は瞬間的に行われるものとし、物体A、Bは同一直線上で運動をするものとする。

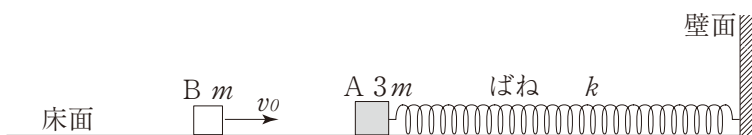


図1

問1 V は、 v_0 を用いてどのように表されるか。最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

ア

- ① $V = \frac{1}{4} v_0$ ② $V = \frac{1}{3} v_0$ ③ $V = \frac{1}{2} v_0$
 ④ $V = \frac{2}{3} v_0$ ⑤ $V = \frac{3}{4} v_0$ ⑥ $V = v_0$

問2 d は、 V 、 k 、 m を用いてどのように表されるか。最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

イ

- ① $d = \frac{V}{4} \sqrt{\frac{m}{k}}$ ② $d = \frac{V}{4} \sqrt{\frac{3m}{k}}$ ③ $d = \frac{V}{2} \sqrt{\frac{m}{k}}$
 ④ $d = \frac{V}{2} \sqrt{\frac{2m}{k}}$ ⑤ $d = V \sqrt{\frac{2m}{k}}$ ⑥ $d = 2V \sqrt{\frac{m}{k}}$

問3 ばねが自然の長さから距離 d だけ縮んで物体 A, B が一瞬静止したとき, 物体 B が物体 A から受けている力の大きさは, k, d を用いてどのように表されるか。最も適当なものを, 次の中から1つ選び, 番号をマークしなさい。

ウ

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

〔2〕 図2のように, 鉛直に立てた円筒形のシリンダーの中に単原子分子の理想気体がなめらかに動く質量 m のピストンで封入されている。ピストンの断面積は S である。シリンダーとピストンは断熱されて熱を伝えないが, シリンダー内の電熱器で気体を加熱できるようになっている。はじめ, ピストンは静止し, 気体の圧力は p , 絶対温度は T であり, シリンダーの底からピストンまでの距離は h であった (状態 I)。

次に, 電熱器で気体をある時間だけ加熱したところ, ピストンは移動して静止し, シリンダーの底からピストンまでの距離は H になった (状態 II)。

大気圧を p_0 とし, 重力加速度の大きさを g とする。また, 電熱器の体積や熱容量は無視できるものとする。

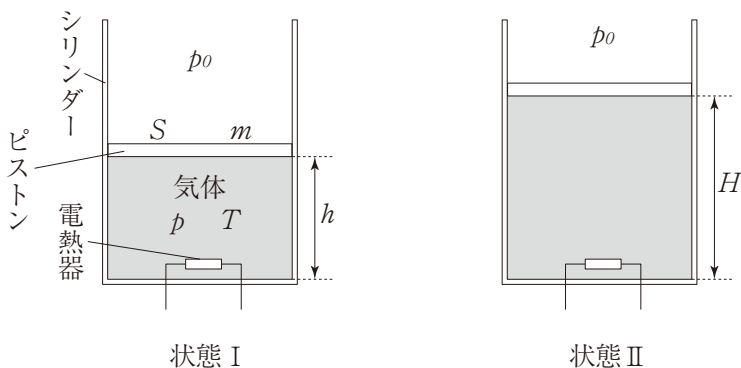


図2

問4 p はいくらか。最も適当なものを, 次の中から1つ選び, 番号をマークしなさい。

エ

- ① $p = p_0 + mg$ ② $p = p_0 - mg$ ③ $p = p_0 + \frac{mg}{S}$
 ④ $p = p_0 - \frac{mg}{S}$ ⑤ $p = p_0 + Smg$ ⑥ $p = p_0 - Smg$

問5 状態Ⅱでの気体の絶対温度はいくらか。最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

オ

① $\frac{H}{h} T$

② $\frac{h}{H} T$

③ $\frac{H-h}{h} T$

④ $\frac{h}{H-h} T$

⑤ $\frac{H+h}{2} T$

⑥ $\frac{H-h}{2} T$

問6 状態Ⅰから状態Ⅱになるまでに気体が吸収した熱量は、 S 、 p 、 h 、 H を用いてどのように表されるか。最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

カ

① $\frac{1}{2} pS(H-h)$

② $\frac{3}{4} pS(H-h)$

③ $pS(H-h)$

④ $\frac{3}{2} pS(H-h)$

⑤ $2pS(H-h)$

⑥ $\frac{5}{2} pS(H-h)$

IV

光の干渉，コンデンサー回路に関する次の文〔1〕，〔2〕を読んで，あとの問いに答えなさい。

〔1〕 図1は，空気中でのヤングの実験装置を表している。複スリット S_1 ， S_2 の間隔は d であり，複スリット S_1 ， S_2 は単スリット S_0 から等距離にある。複スリットとスクリーンは平行であり，複スリットからスクリーンまでの距離を L とする。点 O は線分 S_1S_2 の垂直二等分線とスクリーンの交点である。光源から出た波長 λ の単色光は単スリット，複スリットを通り，スクリーン上には明暗の干渉縞が現れた。スクリーン上の OP 間の距離を x とする。ただし， d や x は L に比べて極めて小さいものとし，空気の屈折率を1とする。このとき， $|S_2P - S_1P| \doteq \frac{dx}{L}$ と近似できる。

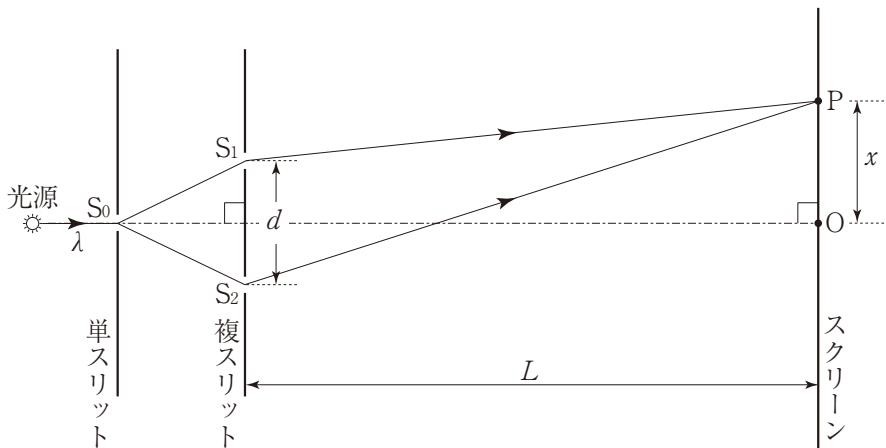


図1

問1 点 P には明線ができていた。 x はどのように表されるか。最も適当なものを，次の中から1つ選び，番号をマークしなさい。ただし，0または正の整数を m ($m = 0, 1, 2, \dots$) とする。

ア

- | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| ① $\frac{mL\lambda}{2d}$ | ② $\frac{mL\lambda}{d}$ | ③ $\frac{2mL\lambda}{d}$ |
| ④ $\frac{(2m+1)L\lambda}{4d}$ | ⑤ $\frac{(2m+1)L\lambda}{2d}$ | ⑥ $\frac{(2m+1)L\lambda}{d}$ |

問2 次の文中の空欄 **A** ~ **C** に入る語句と式の組合せとして、最も適当なものを、
 下の選択肢の中から1つ選び、番号をマークしなさい。 **イ**

複スリット S_1, S_2 の間隔 d を小さくすると、図1の状態と比べて、スクリーン上にできる干渉縞の明線間隔は **A** なる。

装置を図1の状態に戻してから、複スリットとスクリーンとの空間を屈折率が n の媒質で満たすと、図1の状態と比べて、スクリーン上の明線間隔は **B** 倍になる。

装置を図1の状態に戻してから、光源を白色光源に取り換えると、 $m = 1$ に相当する明線が赤色から紫色までの虹色に分かれる。この明線の中で赤色が現れるのは、点O **C** である。

	A	B	C
①	小さく	n	に近い側
②	小さく	n	から遠い側
③	小さく	$\frac{1}{n}$	に近い側
④	小さく	$\frac{1}{n}$	から遠い側
⑤	大きく	n	に近い側
⑥	大きく	n	から遠い側
⑦	大きく	$\frac{1}{n}$	に近い側
⑧	大きく	$\frac{1}{n}$	から遠い側

〔2〕 図2のように、抵抗値がともに R の抵抗 R_1 , R_2 , 電気容量がそれぞれ C , $2C$ のコンデンサー C_1 , C_2 , 起電力が V で内部抵抗が無視できる電池, スイッチ S_1 , S_2 で電気回路をつくった。はじめ, スイッチ S_1 , S_2 はともに開かれており, コンデンサー C_1 , C_2 に電気量は蓄えられていない。点 G は接地されており, この点の電位を0とする。

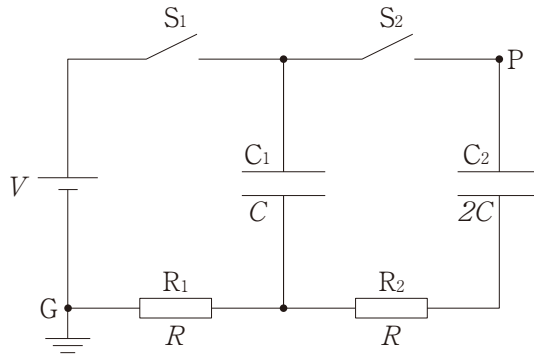


図2

まず, スイッチ S_1 だけを閉じて十分に時間が経過した。

問3 このとき, コンデンサー C_1 に蓄えられている電気量はいくらか。最も適当なものを, 次のの中から1つ選び, 番号をマークしなさい。

ウ

- | | | |
|-------------------|--------|-----------------|
| ① $\frac{1}{2}CV$ | ② CV | ③ $\frac{V}{C}$ |
| ④ $\frac{1}{2}RV$ | ⑤ RV | ⑥ $\frac{V}{R}$ |

次に, スイッチ S_1 を開き, スイッチ S_2 を閉じて十分に時間が経過した。

問4 このとき, コンデンサー C_2 の上側の点 P の電位はいくらか。最も適当なものを, 次のの中から1つ選び, 番号をマークしなさい。

エ

- | | | |
|------------------|-------------------|--------|
| ① 0 | ② $-\frac{1}{2}V$ | ③ $-V$ |
| ④ $\frac{1}{3}V$ | ⑤ $\frac{1}{2}V$ | ⑥ V |

問5 スイッチ S_1 を開いてから、スイッチ S_2 を閉じて十分に時間が経過するまでの間に、抵抗 R_2 で発生したジュール熱はいくらか。最も適当なものを、次の中から1つ選び、番号をマークしなさい。

オ

- | | | |
|---------------------|---------------------|-------------------|
| ① 0 | ② $\frac{V^2}{3R}$ | ③ $\frac{V^2}{R}$ |
| ④ $\frac{1}{3}CV^2$ | ⑤ $\frac{1}{2}CV^2$ | ⑥ CV^2 |