

物 理 I

(解答番号 1 ~ 22)

第 1 問 次の問い(問 1 ~ 6)に答えよ。(配点 30)

問 1 なめらかな面上での小物体の運動を考える。図 1 に示すように、小物体は点 A から静かに滑り落ち、最下点 B を通過した後、点 C から鉛直上方に飛び出した。その後、小物体は最高点に達した。点 B を基準とする最高点の高さとして正しいものを、下の①~④のうちから一つ選べ。ただし、点 B を基準とする点 A, C の高さを、それぞれ H , h ($H > h$) とする。 1

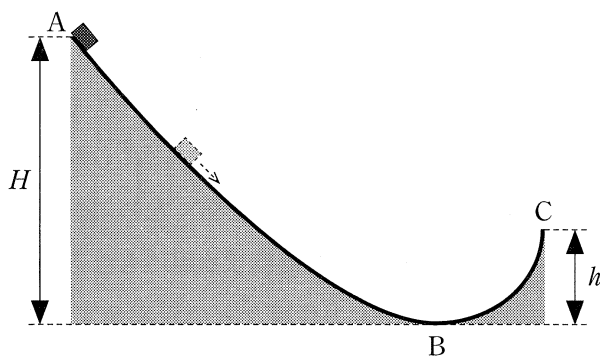


図 1

- ① $H + h$ ② $H - h$ ③ h ④ H

問 2 落雷とは、積乱雲の下部(負に帯電している)と地表の間で放電が起こることによって電流が流れる現象である。立ち木への落雷現象を、図 2 のように棒を伝わって電流が流れたものとして考える。棒の中で電流が流れていた部分の電気抵抗は $1 \times 10^4 \Omega$ である。電流の流れていた時間は $1 \times 10^{-3} \text{ s}$ であり、この間 $1 \times 10^3 \text{ A}$ の一定の電流が棒を流れていたものとする。この落雷の間に棒で消費された電気エネルギーは何 J か。最も適当な数値を、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 2 J

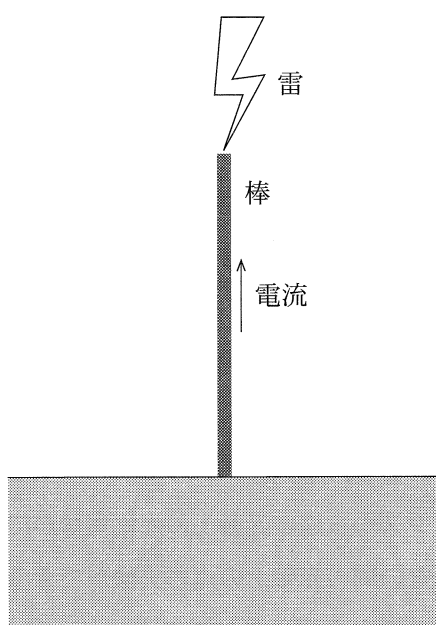


図 2

- | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| ① 1×10^3 | ② 1×10^4 | ③ 1×10^5 |
| ④ 1×10^6 | ⑤ 1×10^7 | ⑥ 1×10^8 |

物理 I

問 3 レンズは、プリズムと同様に光の屈折を利用している。光線は空気とガラスの境界面で屈折するが、このとき光の色によってわずかに屈折角が異なる。空気に対するガラスの屈折率は、青色の光の方が赤色の光よりも大きい。図 3 のように円形の凸レンズの光軸上の点 O に赤色単色光の光源を置いたところ、光軸上の点 X に実像ができた。

次に、赤色単色光の光源のかわりに青色単色光の光源を点 O に置いた。このとき観察される現象として最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。

3

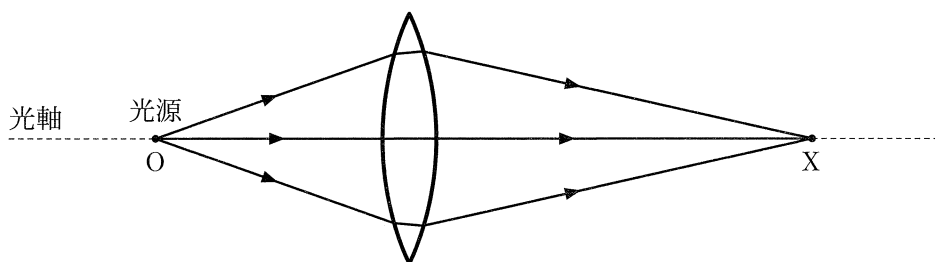


図 3

- ① 点 X に実像ができる。
- ② 点 X よりもレンズから遠い光軸上の点に実像ができる。
- ③ 点 X とレンズとの間の光軸上の点に実像ができる。
- ④ 点 X よりもレンズから遠い光軸上の点，および点 X とレンズとの間の光軸上の点の 2 点に実像ができる。

問 4 次の文章中の空欄 **ア** ・ **イ** に入れる記号の組合せとして最も適切なものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。 **4**

図 4 のように、幅の狭いアルミ箔を U 字型に曲げてつるし、直流電源に接続して電流を流した。図に示した右側のアルミ箔上の点 P には、左側のアルミ箔に流れる電流によって磁場が生じている。この磁場は図の **ア** の矢印の向きである。この磁場により点 P でアルミ箔は図の **イ** の矢印の向きに力を受ける。

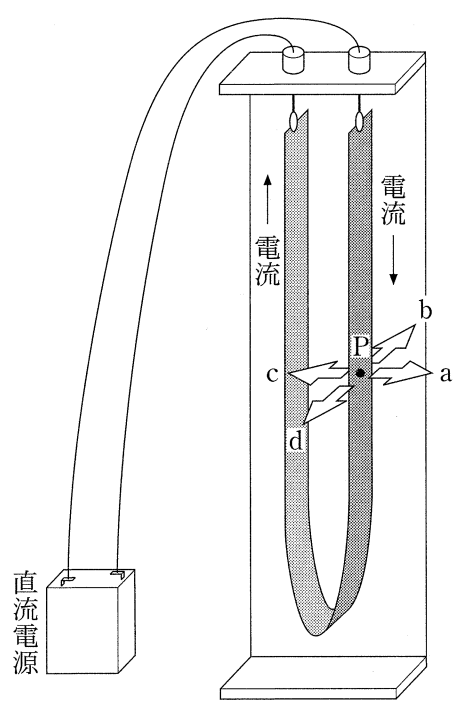


図 4

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
ア	a	a	b	b	c	c	d	d
イ	a	c	a	c	a	c	a	c

物理 I

問 5 次の文章中の空欄 ウ ・ エ に入れる数値および語句の組合せとして最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。 5

図 5 のように、張力が一定になるように弦を張り、その中点 M に可動式のコマを置いて、二つの部分に分割した。両側の弦をはじくと、同じ基本振動数の音が聞こえた。この振動数は、中点 M のコマがない場合に弦をはじいて得られる基本振動数の ウ 倍である。

次に、コマを中点 M から右に少しずれた場所に動かして、両側の弦をはじくと、それぞれの基本振動数の音が重なって、うなりが聞こえた。コマをずらして、中点 M からさらに遠ざけると、うなりの周期は エ なった。

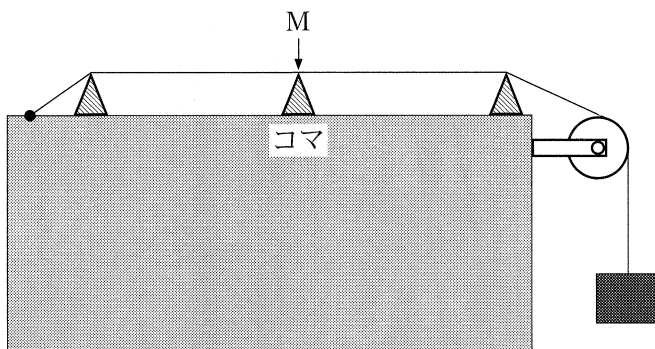


図 5

	ウ	エ
①	2	長 く
②	$\frac{1}{2}$	長 く
③	2	短 く
④	$\frac{1}{2}$	短 く

- 問 6 長さ ℓ の軽い棒の一端を自由に回転できる支点 A で水平な天井に取り付け、他端 B には 2 本の軽い糸をつける。一方の糸には質量 M のおもりをつり下げ、他方の糸には砂を入れた容器をなめらかに回る定滑車を通してつり下げる。砂の量を調整して容器と砂の質量の和を m にしたとき、図 6 のように糸は水平になり棒が静止した。点 B から天井に引いた垂線と天井の交点を点 C とし、AC の距離を b 、BC の距離を a とする。 M と m の関係を表す式として正しいものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 6

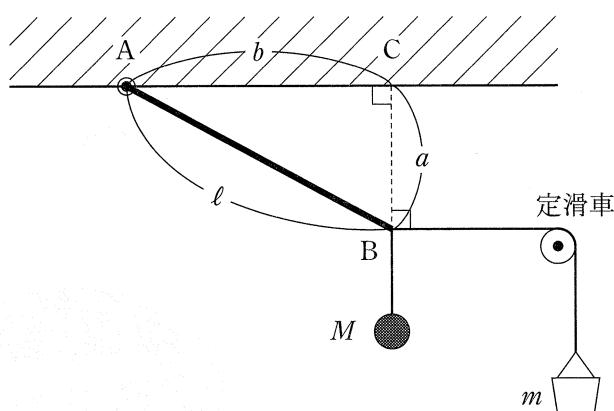


図 6

- | | | |
|----------------|----------------|----------------|
| ① $M\ell = ma$ | ② $Ma = mb$ | ③ $Mb = m\ell$ |
| ④ $M\ell = mb$ | ⑤ $Ma = m\ell$ | ⑥ $Mb = ma$ |

物理 I

第 2 問 次の文章(A・B)を読み、下の問い(問 1～4)に答えよ。(配点 20)

A 家庭のコンセントに供給されている電気は交流で、交流は電圧、電流の向きが周期的に変化している。また、交流は変圧器を用いて電圧を変えることができる。

問 1 東日本で使われる交流の周波数は 50 Hz、西日本では 60 Hz である。図 1 のように、周波数 60 Hz、100 V のコンセント(最大電圧約 140 V)に変圧器を接続して電圧を $\frac{1}{10}$ に下げ、オシロスコープで波形を観測した。測定された電圧の波形として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、オシロスコープの縦軸の 1 目盛りは 5 V、横軸の 1 目盛りは 0.01 s である。

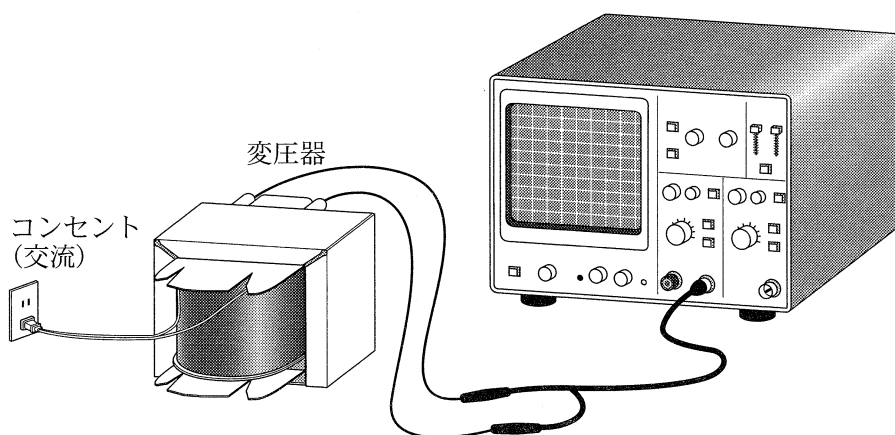
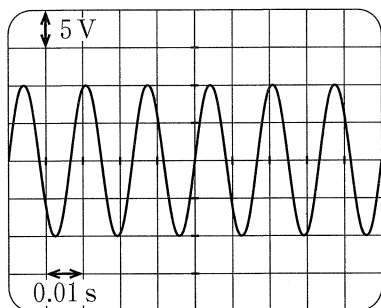
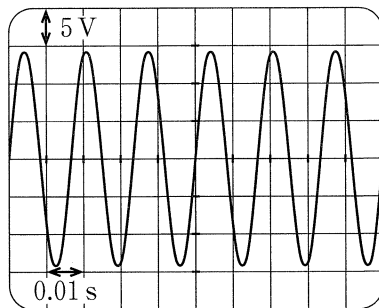


図 1

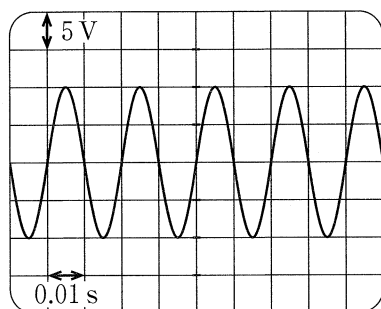
①



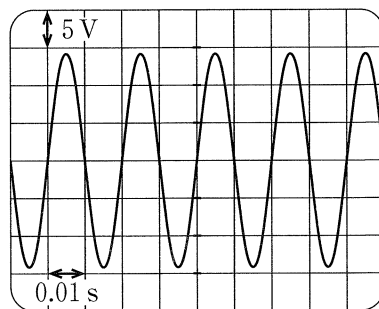
②



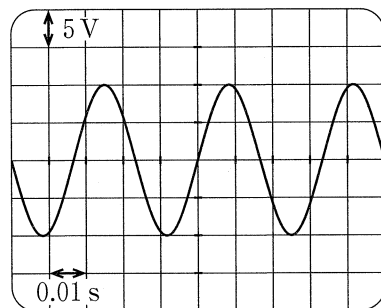
③



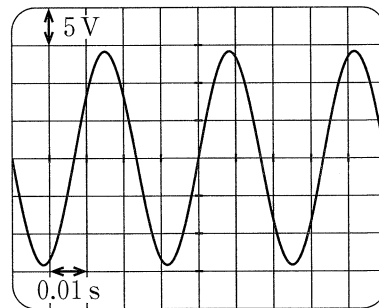
④



⑤



⑥

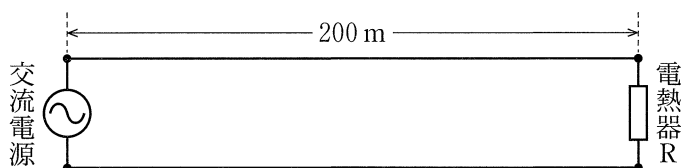


物理 I

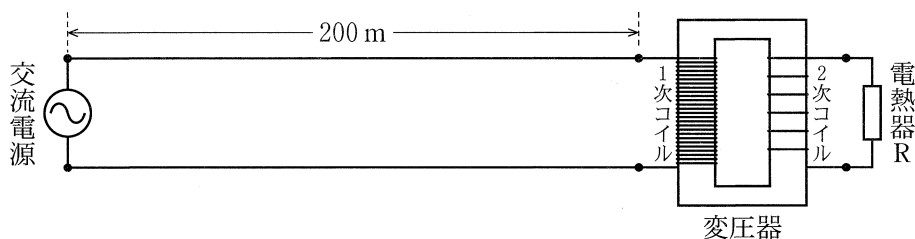
問 2 次の文章中の空欄 8 ・ 9 に入れる数値として最も適当なものを、下のそれぞれの解答群から一つずつ選べ。 8 ・ 9

図 2 (a)のように、電圧を変えられる交流電源と電熱器 R を、長さ 200 m の電線 2 本で接続した。この電線の 1 m あたりの抵抗は $2.0 \times 10^{-4} \Omega$ である。電源の電圧を調整して電熱器 R の両端の電圧が 100 V になるように設定すると、電熱器 R での消費電力は 1.0 kW となった。このとき、2 本の電線で損失する電力 P_1 は 8 W である。

次に、図 2 (b)のように電熱器 R の直前に変圧器を設置した。変圧器の 1 次コイルと 2 次コイルの巻き数比は 20 : 1 である。交流電源の電圧を大きくし、電熱器 R を電圧 100 V、消費電力 1.0 kW で使用したとき、2 本の電線で損失する電力 P_2 は P_1 と比べ 9 倍になる。ただし、変圧器内部で電力の損失はなく、変圧器によって電圧を変えても、1 次コイル側と 2 次コイル側の電力は等しく保たれるものとする。



(a)



(b)

図 2

8 の解答群

- | | | |
|---------|---------|--------|
| ① 0.040 | ② 0.080 | ③ 0.40 |
| ④ 0.80 | ⑤ 4.0 | ⑥ 8.0 |

9 の解答群

- | | | |
|----------|---------|---------|
| ① 0.0025 | ② 0.025 | ③ 0.050 |
| ④ 20 | ⑤ 40 | ⑥ 400 |

物理 I

B 図3のように、3本の銅製のレールを、互いが平行になるように一つの水平面上に置き、直流電源とスイッチSをこれらに接続した。この上に、2本の金属棒A、Bを互いに離し、レールに垂直に置いた。金属棒A、Bはレールの上を自由に転がることができる。図の灰色の領域には、紙面に垂直に裏から表の向きに一樣な磁場がかかっている。

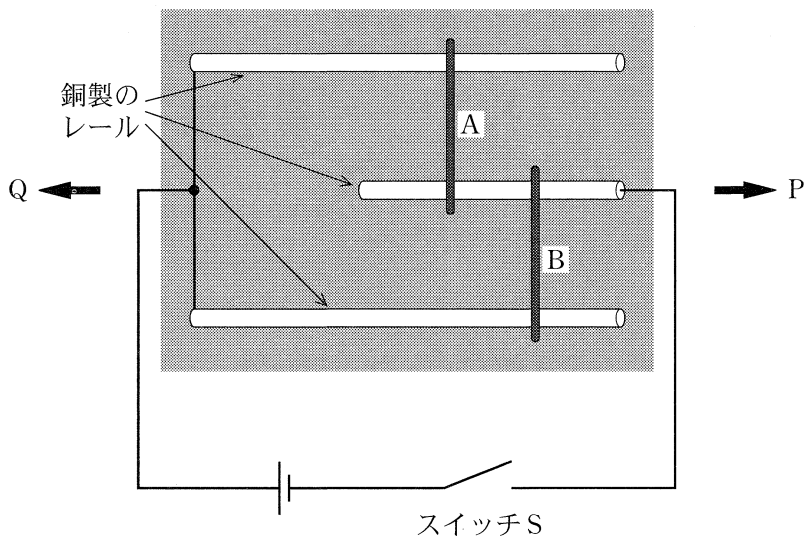


図 3

- 問 3 磁場の大きさを一定に保ったままスイッチ S を閉じると、A と B はレールに沿って動き始めた。A と B が動いた向きを示す矢印の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 10

	A	B
①	P	P
②	P	Q
③	Q	P
④	Q	Q

- 問 4 次にスイッチ S を開き、A と B をそれぞれ元の位置に戻した。スイッチ S を開いたまま、磁場の向きは変えないで強さを急激に増加させると、A と B はレールに沿って動き始めた。A と B が動いた向きを示す矢印の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 11

	A	B
①	P	P
②	P	Q
③	Q	P
④	Q	Q

物理 I

第3問 次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。(配点 20)

A 媒質中を伝わる波動を、ベルトコンベアによる物品の搬送と対応させて、ドップラー効果を考えてみよう。

図1のように十分に長いベルトコンベアがあり、上に乗せたものを一定の速さ V で右に運んでいる。左側にいる作業員 A は、一定の速さ v_A で作業員 B に向かって移動しながら、一定の時間間隔 T_0 で小さな箱をベルトコンベアの上に乗せていく。右側の作業員 B は、運ばれてくる箱をベルトコンベアの端で回収する。ただし、 $v_A < V$ とする。

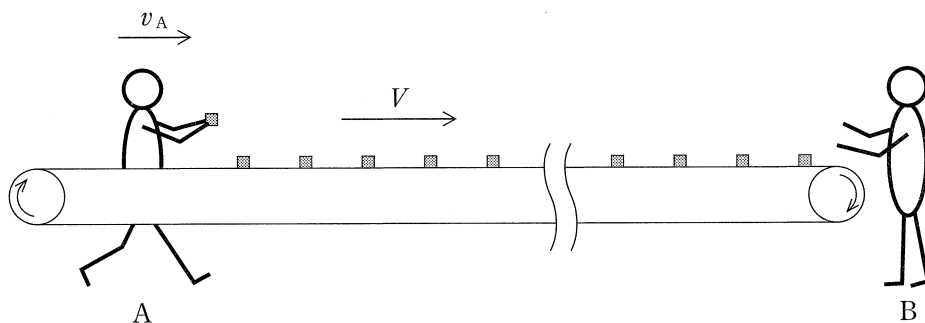


図 1

問 1 次の文章中の空欄 ア ・ イ に入れる式の組合せとして正しいものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 12

作業員 A が静止している場合 ($v_A = 0$) はベルトコンベア上の箱の間隔は $T_0 V$ であるが、動いている場合 ($v_A \neq 0$) は、箱の間隔は $d =$ ア となる。このとき、静止している作業員 B が箱を受け取る時間間隔は $T =$ イ である。

	ア	イ
①	$T_0 V$	$\frac{d}{V + v_A}$
②	$T_0 V$	$\frac{d}{V - v_A}$
③	$T_0 (V + v_A)$	$\frac{d}{V}$
④	$T_0 (V + v_A)$	$\frac{d}{V - v_A}$
⑤	$T_0 (V - v_A)$	$\frac{d}{V}$
⑥	$T_0 (V - v_A)$	$\frac{d}{V + v_A}$

物理 I

問 2 次の文章中の空欄 **ウ** ～ **オ** に入れる語の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 **13**

作業者 A, B をそれぞれ波源と観測者にみたてて、ドップラー効果との対応を考えてみよう。箱の位置を波の山の位置、作業者 A が箱をおく時間間隔 T_0 を波源での波の周期、箱の速さ V を波の速さとみなすと、ベルトコンベア上にならぶ箱の間隔 d は観測される波の **ウ**，作業者 B が箱を受け取る時間間隔 T は観測される波の周期と解釈できる。

波源が運動してドップラー効果が起きているときは、波の **エ** は変わらず、**オ** が変化する。ベルトコンベアの搬送は波動とは異なる現象であるが、上記のように考えると、ドップラー効果を理解することができる。

	ウ	エ	オ
①	波 長	波 長	振動数
②	波 長	速 さ	振動数
③	振動数	波 長	振動数
④	波 長	振動数	速 さ
⑤	振動数	振動数	速 さ
⑥	振動数	速 さ	波 長

(下書き用紙)

物理 I の試験問題は次に続く。

物理 I

B 図2のように、ピストンの付いたガラス管の管口付近に音源が置かれている。管口からピストンまでの距離 L と、音源の振動数 f は連続的に変えられる。音速を 340 m/s とし、ガラス管内に定常波(定在波)が発生しているときは、ちょうど管口の位置に腹があるとする。

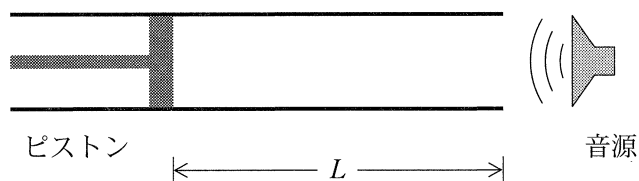


図 2

問 3 ピストンを $L = 50 \text{ cm}$ の位置で固定し、音源の振動数を f_1 としたとき、ガラス管内で共鳴が起こり定常波が生じた。次に、振動数を固定したままピストンをゆっくりと引いて共鳴が起こるかどうか調べたところ、 $50 \text{ cm} < L < 70 \text{ cm}$ では共鳴せず、 $L = 70 \text{ cm}$ の位置で再び共鳴した。 f_1 の数値として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。
 $f_1 =$ Hz

- ① 170 ② 340 ③ 430 ④ 850 ⑤ 1700

問 4 次に，ピストンを $L = 50 \text{ cm}$ の位置からゆっくりと引きながら，常に共鳴が起きるように音源の振動数を少しずつ変化させた。 $L = 50 \text{ cm}$ の位置での振動数が f_1 ， $L = 70 \text{ cm}$ の位置での振動数が f_2 であったとき， $\frac{f_2}{f_1}$ の値として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $\frac{f_2}{f_1} = \boxed{15}$

① $\frac{2}{5}$

② $\frac{5}{2}$

③ $\frac{5}{7}$

④ $\frac{7}{5}$

⑤ $\frac{2}{7}$

⑥ $\frac{7}{2}$

物理 I

第 4 問 次の文章(A～C)を読み, 下の問い(問 1 ～ 7)に答えよ。(配点 30)

A 同じ質量 M の二つの物体 A, B が軽い糸で結ばれており, 糸は, 天井に固定されたなめらかに回る軽い滑車にかけている。A の上には中央に穴の開いた質量 m の物体 C がのっている。A の下側には穴の開いた固定台があり, A はこの台に接触せず, 穴を通り抜けるようになっている。

図 1(a)のように, B を手で静止させ, 時刻 $t = 0$ で B を静かに放すと, A と C は一体となって落下しはじめた。A の上面が固定台の上面に達したとき, C が固定台によって取り除かれた。この時刻を $t = t_0$ とする。図 1(b)は時刻 $t > t_0$ の様子を表す。ただし, 糸と C は接触することはないものとする。また, 重力加速度の大きさを g とする。

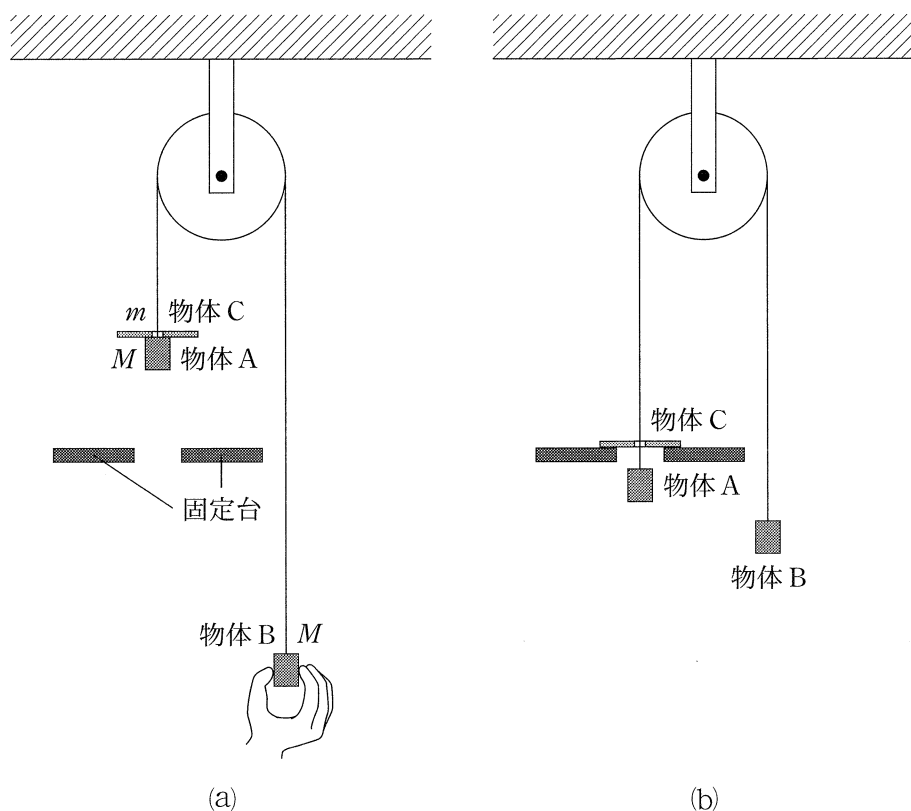
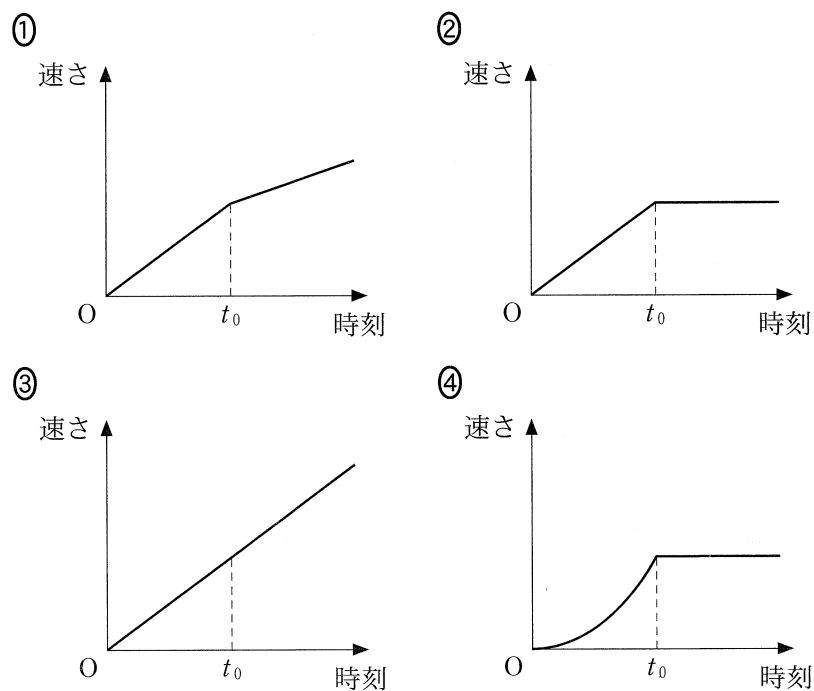


図 1

問 1 物体 A と C が落下しはじめてから A の上面が固定台の上面に達するまでの運動を考える。物体 A の加速度の大きさを表す式として正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 16

- ① g ② $\frac{Mg}{M+m}$ ③ $\frac{mg}{M+m}$
 ④ $\frac{mg}{2M+m}$ ⑤ $\frac{Mg}{2M+m}$

問 2 物体 A の速さと時刻の関係を表すグラフとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 17



物理 I

B 図2のように、長さがそれぞれ ℓ で、質量が $2m$ と m の細い一様な棒を接合した。このようにして作った棒の両端をA、Bとする。

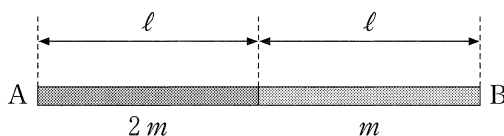


図 2

問 3 棒ABの重心をGとすると、AGの距離 ℓ_1 を表す式として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $\ell_1 =$ 18

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

問 4 図3のように、棒ABの両端に軽い糸をつけ、糸が鉛直に、棒が水平になるように天井につるした。端Aにつけた糸の張力の大きさ T_A と、端Bにつけた糸の張力の大きさ T_B の比 $\frac{T_A}{T_B}$ を表す式として正しいものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 $\frac{T_A}{T_B} =$ 19

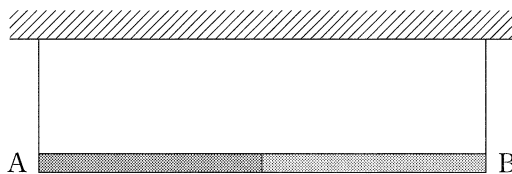


図 3

- ① 1 ② $\frac{\ell_1}{2\ell}$ ③ $\frac{2\ell}{\ell_1}$
 ④ $\frac{\ell_1}{2\ell - \ell_1}$ ⑤ $\frac{2\ell - \ell_1}{\ell_1}$

(下書き用紙)

物理 I の試験問題は次に続く。

物理 I

C J字形をした断面積一定の管があり、管の壁は熱をよく通す。大気圧 p_0 の下で、その管に液体を注入し、図4(a)に示すように、管の上端の一方をふたでふさいだ。このとき、ふたにより閉じ込められた気体の圧力は p_0 、温度は T_0 、鉛直方向の長さは ℓ_0 であった。この状態を状態 A とする。ただし、液体の密度を ρ 、重力加速度の大きさを g とする。また、液体の蒸発は無視できるとし、大気圧 p_0 、液体の密度 ρ は常に一定であるとする。

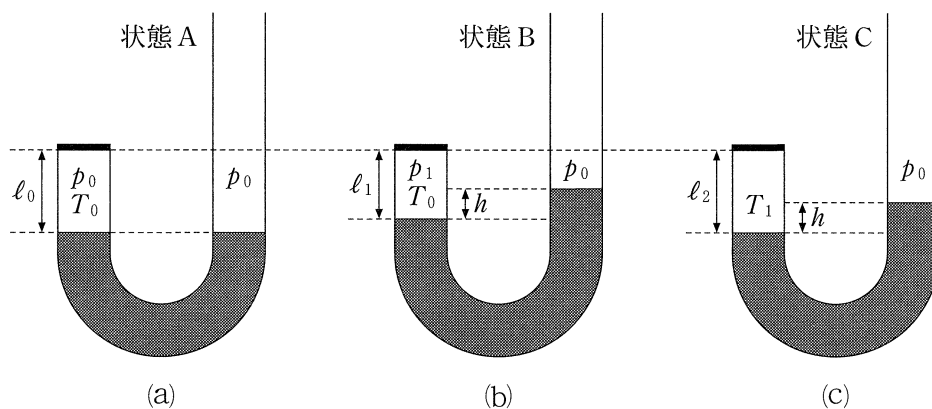


図 4

問 5 さらに液体を注いだところ、液面が上昇し、図4(b)のように、気体部分の長さが ℓ_1 、液面の高さの差が h になった。温度は T_0 のまま変わらなかった。この状態を状態 B とする。状態 B の気体の圧力 p_1 を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $p_1 =$ 20

- | | | |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| ① ρhg | ② $\rho(\ell_0 - \ell_1)g$ | ③ $\rho(\ell_1 - h)g$ |
| ④ $p_0 + \rho hg$ | ⑤ $p_0 + \rho(\ell_0 - \ell_1)g$ | ⑥ $p_0 + \rho(\ell_1 - h)g$ |

問 6 $\frac{p_1}{p_0}$ を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

$$\frac{p_1}{p_0} = \boxed{21}$$

- ① $\frac{\ell_0}{h}$ ② $\frac{\ell_0}{\ell_1}$ ③ $\frac{h}{\ell_1}$ ④ $\frac{h}{\ell_0}$ ⑤ $\frac{\ell_1}{\ell_0}$ ⑥ $\frac{\ell_1}{h}$

問 7 しばらくして外気温が変化し、液面の高さが変わったので、高さの差が状態 B と同じ h になるように液体の量を調整した。その結果、図 4 (C) のような状態 C になった。このとき、気体の温度は外気温と同じ T_1 であった。状態 C の気体部分の長さ ℓ_2 を ℓ_1 を用いて表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $\ell_2 = \boxed{22}$

- ① $\frac{T_0}{T_1} \ell_1$ ② $\frac{T_1}{T_0} \ell_1$ ③ $\frac{T_0}{T_1 - T_0} \ell_1$
 ④ $\frac{T_1 - T_0}{T_0} \ell_1$ ⑤ $\frac{T_1}{T_1 - T_0} \ell_1$ ⑥ $\frac{T_1 - T_0}{T_1} \ell_1$