

物 理 I

第 1 問 次の問い(問 1～6)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕(配点 30)

問 1 波の回折による現象を記述している文はどれか。最も適当なものを、次の①～⑦のうちから一つ選べ。

- ① 入浴中、水面に静かに波を起こすと、風呂の底が揺らいで見える。
- ② 笛を吹くと特定の振動数の音が出る。
- ③ 夜になり、地表付近の気温が上空よりも下がると、遠くの音が聞こえやすくなる。
- ④ 波は岸壁に当たるときに高く跳ね上がる。
- ⑤ コンクリートの塀の向こう側の見えない場所で発生した音でも、塀を越えて聞こえてくる。
- ⑥ よく晴れているとき、昼間の空は青く、夕日は赤い。
- ⑦ 救急車がサイレンを鳴らしながら通り過ぎるとき、その音の高さが変化するよう聞こえる。

問 2 水力発電では、高い場所で取水した水を低い場所にある発電機に導くことで、位置エネルギーの差の一部を電気エネルギーに変換させて電力を得る。この変換の割合を発電の効率と呼ぶ。表 1 のような条件を持つ三つの水力発電所 A, B, C で得られる電力の大小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。ただし、表 1 の h と M は正の定数とする。 2

表 1

	発電所 A	発電所 B	発電所 C
発電機から見た 取水地点の高さ	h	$4h$	$0.6h$
単位時間あたりに 流れる水の質量	M	$0.5M$	$1.5M$
発電の効率	60 %	70 %	80 %
得られる電力	a	b	c

- ① $a < b < c$ ② $b < a < c$ ③ $c < a < b$
 ④ $a < c < b$ ⑤ $b < c < a$ ⑥ $c < b < a$

物理 I

問 3 図 1 のように、真空容器中で、電極 A から真空中に放出された電子が、電極 B に流れ込んでいる。電流計が一定値 $1.0 \times 10^{-12} \text{ A}$ を示しているとき、電極 B に流れ込む電子は毎秒何個か。最も適当な数値を、下の①～④のうちから一つ選べ。ただし、電子の電荷を $-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。 3 個

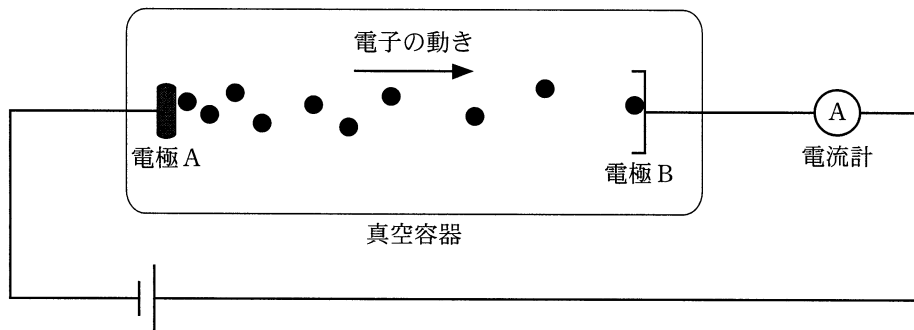


図 1

- ① 6.3×10^6 ② 1.0×10^7 ③ 6.3×10^7 ④ 1.0×10^8

問 4 図 2 のように、高さが ℓ の円柱形の物体を水に浮かべたところ、物体の上面が水平になって静止した。水面から上に出ている部分の高さ h 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。ただし、水の密度を ρ_0 、物体の密度を ρ_1 とする。 $h =$

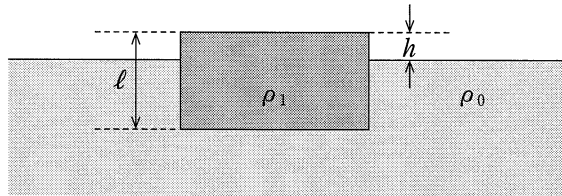


図 2

① $\frac{\rho_0}{\rho_1} \ell$

② $\frac{\rho_0}{\rho_0 - \rho_1} \ell$

③ $\frac{\rho_0 - \rho_1}{\rho_0} \ell$

④ $\frac{\rho_1}{\rho_0} \ell$

⑤ $\frac{\rho_1}{\rho_0 - \rho_1} \ell$

⑥ $\frac{\rho_0 - \rho_1}{\rho_1} \ell$

物理 I

問 5 直径 5.0 cm で焦点距離が 75 cm の凸レンズを使って、スクリーンの上に太陽の実像を映した。レンズの光軸は太陽の中心に向けてあり、スクリーンは光軸に対して垂直に置いてある。太陽の直径は 1.4×10^9 m で、太陽と地球の距離は 1.5×10^{11} m である。実像の直径として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 cm

① 0.011

② 0.33

③ 0.70

④ 1.4

⑤ 3.5

⑥ 7.0

物理 I

問 6 図 3 のように、質量 m の一様な細い棒の一端を鉛直な壁にちょうつがいでとめ、他端と壁の一点を軽い糸で結んだ。糸と棒は壁に垂直な鉛直面内にあり、壁と糸、棒と糸のなす角度は、それぞれ 30° 、 90° であった。糸の張力の大きさ T 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。ただし、ちょうつがいはなめらかに回転し、その大きさと質量は無視できるものとする。また、重力加速度の大きさを g とする。 $T =$ 6

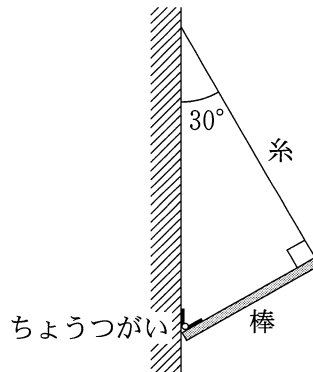


図 3

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

物理 I

第 2 問 次の文章(A・B)を読み、下の問い(問 1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 20)

A 直流電流計では電流の大きさに応じて指針が振れる。その動作原理は、電流が磁場から受ける力で理解できる。

問 1 次の文章中の空欄 ～ に入れる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。

図 1(a)のように、電流計の指示部は、指針と一体となったコイルと磁石からなる。コイル部分の模式図を図 1(b)に示す。電流が矢印の向きに流れるとき、コイルは磁石による磁場から力を受け、図 1(b)に示す向きに回転する。このとき回転に影響を与える力を受けるのは、図 1(b)に示すコイルの の部分であり、A の磁極は , B の磁極は である。

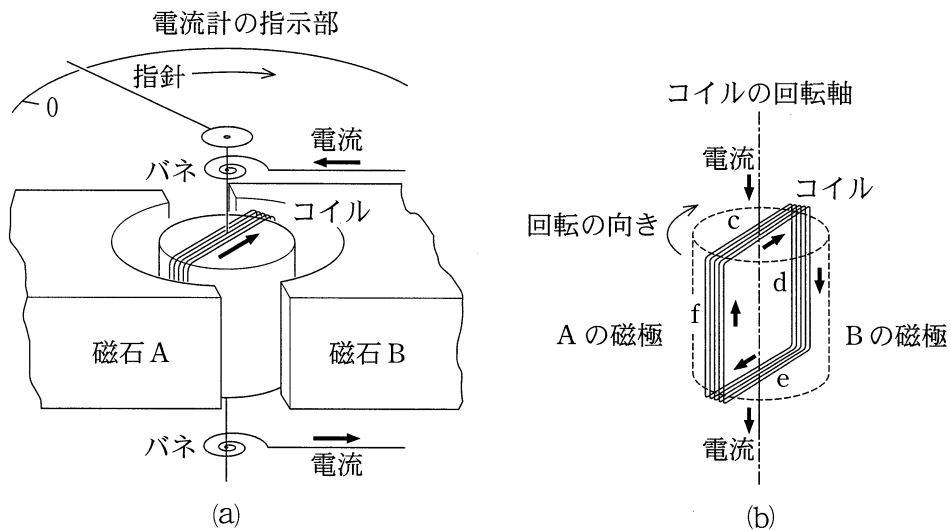


図 1

	ア	イ	ウ
①	辺 c と e	N 極	S 極
②	辺 c と e	S 極	N 極
③	辺 d と f	N 極	S 極
④	辺 d と f	S 極	N 極

物理 I

問 2 電流計のコイルは、断面積 0.030 mm^2 、全長 2.0 m の銅線でできている。その抵抗値として最も適当なものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、銅の抵抗率を $1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ とする。 2 Ω

- ① 5.5×10^{-7} ② 5.5×10^{-4} ③ 0.55 ④ 5.5×10^2
 ⑤ 1.1×10^{-6} ⑥ 1.1×10^{-3} ⑦ 1.1 ⑧ 1.1×10^3

問 3 図 2 のように、抵抗値 R の抵抗を電流計と直列に接続した。ここで r はコイルの抵抗値である。電流計のコイル両端の電圧が v のとき、図の PQ 間の電圧 V を表す式として正しいものを、下の①～⑦のうちから一つ選べ。
 $V =$ 3

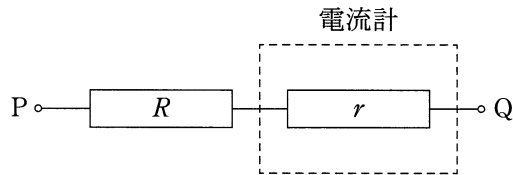


図 2

- ① $\frac{r}{R} v$ ② $\frac{r}{R+r} v$ ③ $\frac{r}{R-r} v$ ④ v
 ⑤ $\frac{R}{r} v$ ⑥ $\frac{R+r}{r} v$ ⑦ $\frac{R-r}{r} v$

物理 I

B 抵抗における電流と電圧および消費電力の関係について考える。電流計と電源の抵抗は無視できるものとする。

問 4 図3のように抵抗 R を電源につなぎ回路を作った。電源の電圧を変化させ、電流と電圧の値をグラフにすると図4のようになった。抵抗 R の抵抗値と、電圧が 6.0 V のときの消費電力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。 4

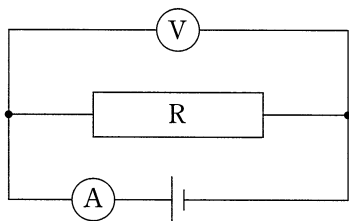


図 3

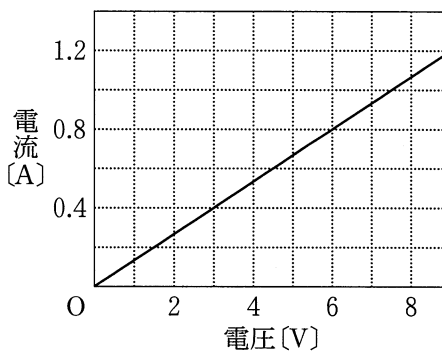


図 4

	抵抗値 [Ω]	消費電力 [W]
①	0.13	3.8
②	0.13	4.8
③	0.80	3.8
④	0.80	4.8
⑤	7.5	3.8
⑥	7.5	4.8

問 5 ある白熱電球にかける電圧を変化させ、電流と電圧の関係を調べたところ、図 5 のような結果が得られた。この白熱電球と、抵抗 r を図 6 のように接続した。電源の電圧が 3.0 V のとき、電流計の示す値は 0.10 A であった。回路全体の消費電力と抵抗 r での消費電力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。 5

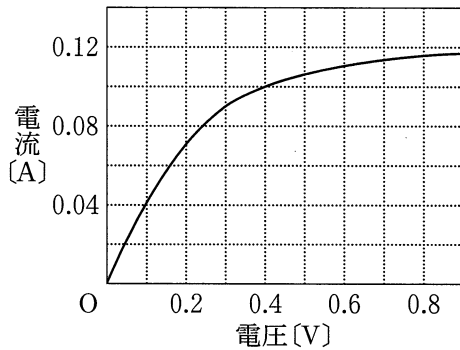


図 5

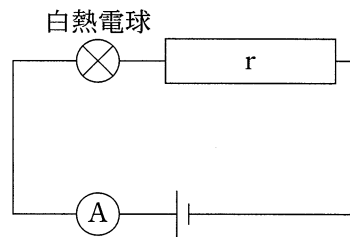


図 6

	回路全体の消費電力 [W]	r での消費電力 [W]
①	0.15	0.040
②	0.15	0.26
③	0.30	0.040
④	0.30	0.26
⑤	0.90	0.040
⑥	0.90	0.26

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。

[解答番号 ~] (配点 20)

A 媒質 1 から入射した平面波が境界面で屈折し, 媒質 2 を伝播している。ある時刻における波の様子を図 1 に示す。図中の破線は平面波の山の位置を表しており, 媒質 1, 2 において破線が境界面となす角度をそれぞれ θ_1 , θ_2 , 境界面上での山の間隔を d とする。また, 媒質 1, 2 での波の速さをそれぞれ v_1 , v_2 , 波長をそれぞれ λ_1 , λ_2 とする。

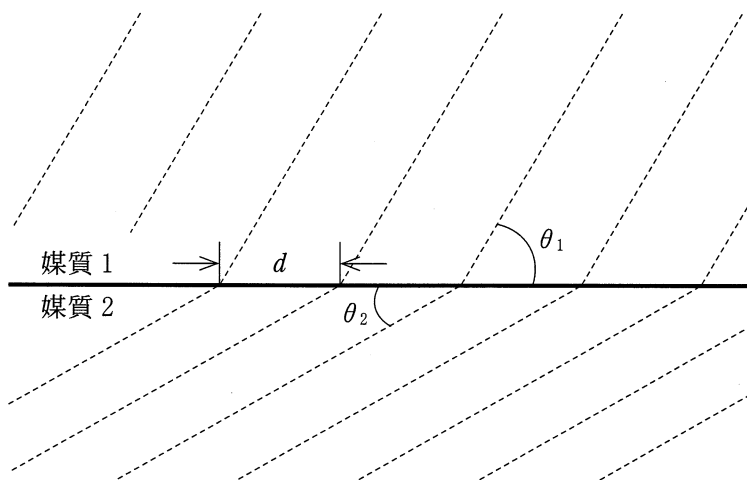


図 1

問 1 境界面上の一点において、単位時間あたりに、媒質 1 から到達する波の山の数と媒質 2 へと出ていく波の山の数とは等しい。このことから成立する関係として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 1

- | | |
|---|---|
| ① $v_1 \lambda_1 \sin \theta_1 = v_2 \lambda_2 \sin \theta_2$ | ② $v_1 \lambda_1 \cos \theta_1 = v_2 \lambda_2 \cos \theta_2$ |
| ③ $\frac{v_1 \sin \theta_1}{\lambda_1} = \frac{v_2 \sin \theta_2}{\lambda_2}$ | ④ $\frac{v_1 \cos \theta_1}{\lambda_1} = \frac{v_2 \cos \theta_2}{\lambda_2}$ |
| ⑤ $v_1 \lambda_1 = v_2 \lambda_2$ | ⑥ $\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2}$ |

問 2 境界面上での山の間隔 d が媒質 1 と 2 において共通であることから成立する関係として正しいものを、次の①～⑦のうちから一つ選べ。 2

- | | |
|---|---|
| ① $\lambda_1 \sin \theta_1 = \lambda_2 \sin \theta_2$ | ② $\frac{\lambda_1}{\sin \theta_1} = \frac{\lambda_2}{\sin \theta_2}$ |
| ③ $\lambda_1 \cos \theta_1 = \lambda_2 \cos \theta_2$ | ④ $\frac{\lambda_1}{\cos \theta_1} = \frac{\lambda_2}{\cos \theta_2}$ |
| ⑤ $\lambda_1 \tan \theta_1 = \lambda_2 \tan \theta_2$ | ⑥ $\frac{\lambda_1}{\tan \theta_1} = \frac{\lambda_2}{\tan \theta_2}$ |
| ⑦ $\lambda_1 = \lambda_2$ | |

物理 I

B 水面波の干渉について考える。図2のように、水路に仕切り板をおき、水路に沿った方向に小さく振動させたところ、仕切り板の両側において周期 T で互いに逆位相の水面波が発生した。二つの水面波は、水路を伝わった後、出口 A と出口 B から広がって水路の外で干渉した。水面波の速さは、水路の中と外で等しく、 v であるとする。また、水路の幅の影響は無視してよい。

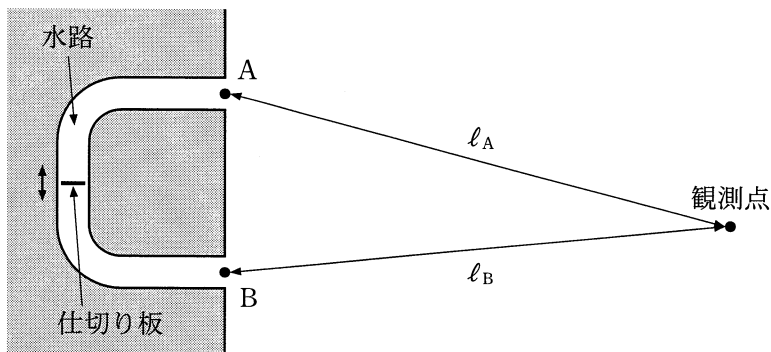


図 2

問 3 はじめ、仕切り板の振動の中心は、出口 A までの経路の長さと同じ出口 B までの経路の長さになる位置にあった。出口 A および出口 B から観測点までの距離をそれぞれ l_A , l_B とするとき、干渉によって水面波が強めあう条件を表す式として正しいものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、 $m = 0, 1, 2, \dots$ である。 3

① $l_A + l_B = mvT$

② $l_A + l_B = \left(m + \frac{1}{2}\right)vT$

③ $l_A + l_B = \frac{mvT}{2}$

④ $l_A + l_B = \left(\frac{m}{2} + \frac{1}{4}\right)vT$

⑤ $|l_A - l_B| = mvT$

⑥ $|l_A - l_B| = \left(m + \frac{1}{2}\right)vT$

⑦ $|l_A - l_B| = \frac{mvT}{2}$

⑧ $|l_A - l_B| = \left(\frac{m}{2} + \frac{1}{4}\right)vT$

問 4 次に、仕切り板の振動の中心位置を水路に沿って d だけずらしたところ、問 3 の状況において二つの水面波が強めあっていた場所が、弱めあう場所となった。 d の最小値として正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

① $\frac{vT}{8}$

② $\frac{vT}{4}$

③ $\frac{vT}{2}$

④ vT

⑤ $2vT$

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。

〔解答番号 ～ 〕(配点 30)

A 図 1 のように、同じ長さ L の三つのあらい斜面が、点 B、点 C でなめらかにつながっている。時刻 $t = 0$ で斜面の上端の点 A に小物体を静かに置いたところ、小物体は滑り始め、斜面 BC 上では速さ v_1 で等速運動し、斜面 CD 上では減速し、点 D に到達したときに静止した。点 B、点 C を通過した時刻をそれぞれ t_1 、 t_2 、点 D に到達した時刻を t_3 とする。各斜面と物体の間の動摩擦係数は一定とする。

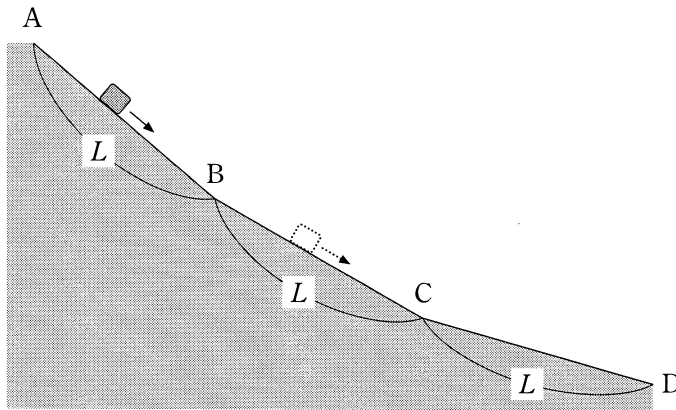


図 1

問 1 AB 間における小物体の加速度の大きさを a とするとき、 t_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。 $t_1 =$

① $\sqrt{\frac{a}{2L}}$

② $\sqrt{\frac{a}{L}}$

③ $\sqrt{\frac{2a}{L}}$

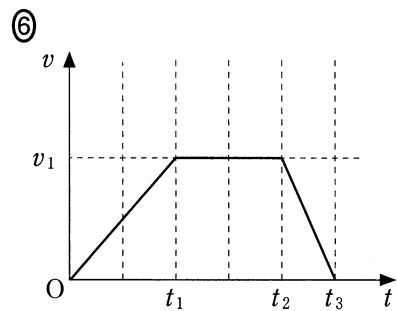
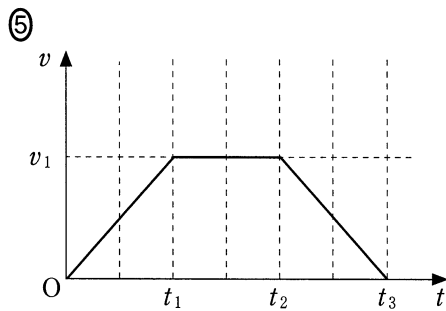
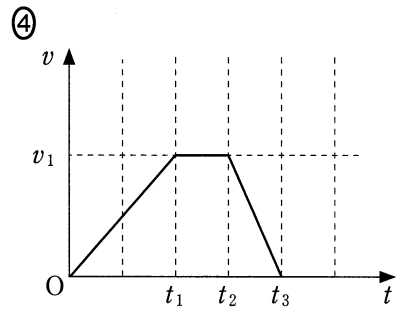
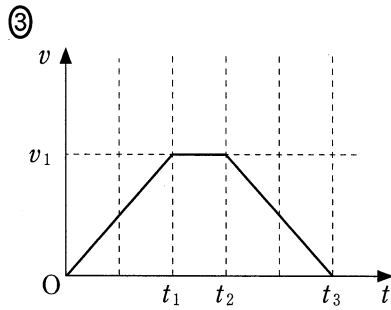
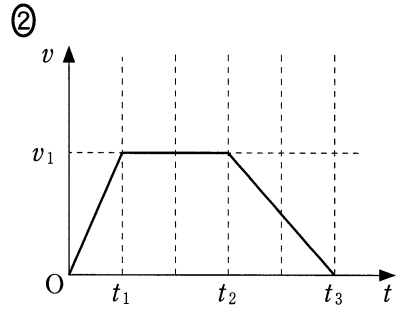
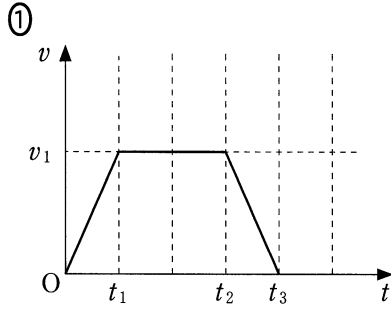
④ $\sqrt{\frac{L}{2a}}$

⑤ $\sqrt{\frac{L}{a}}$

⑥ $\sqrt{\frac{2L}{a}}$

問 2 小物体の速さ v の時間変化を示すグラフとして最も適当なものを、次の

①～⑥のうちから一つ選べ。 2



物理 I

B 自然の長さ ℓ 、ばね定数 k の二つの軽いばねを、質量 m の小球の上下に取り付けた。下側のばねの端を床に取り付け、上側のばねの端を手で引き上げた。重力加速度の大きさを g とする。

問 3 図 2 のように、ばねの長さの合計を 2ℓ にして小球を静止させた。小球の床からの高さ h 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。ただし、二つのばねと小球は同一鉛直線上にあるものとする。

$$h = \boxed{3}$$

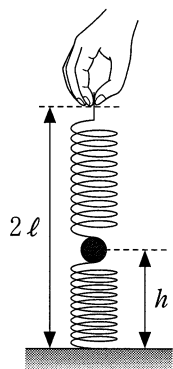


図 2

① $\ell - \frac{mg}{2k}$

② $\ell - \frac{mg}{k}$

③ $\ell - \frac{3mg}{2k}$

④ $\ell - \frac{2mg}{k}$

⑤ $\ell - \frac{5mg}{2k}$

問 4 次に、図 3 のように、床から測った小球の高さが ℓ になるまで、ばねの上端をゆっくり引き上げた。このときのばねの長さの合計 y と、高さ h から ℓ まで小球を引き上げる間に手がした仕事 W を表す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。 4

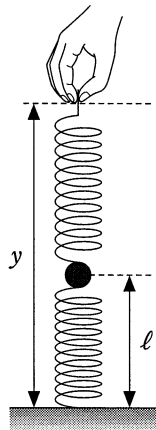


図 3

	y	W
①	$\frac{mg}{2k} + 2\ell$	$mg(\ell - h) + \frac{k}{2}(y - \ell)^2 - k(2\ell - h)^2$
②	$\frac{mg}{2k} + 2\ell$	$mg(\ell - h) + k(y - 2\ell)^2 - k(\ell - h)^2$
③	$\frac{mg}{2k} + 2\ell$	$mg(\ell - h) + \frac{k}{2}(y - 2\ell)^2 - k(\ell - h)^2$
④	$\frac{mg}{k} + 2\ell$	$mg(\ell - h) + \frac{k}{2}(y - \ell)^2 - k(2\ell - h)^2$
⑤	$\frac{mg}{k} + 2\ell$	$mg(\ell - h) + k(y - 2\ell)^2 - k(\ell - h)^2$
⑥	$\frac{mg}{k} + 2\ell$	$mg(\ell - h) + \frac{k}{2}(y - 2\ell)^2 - k(\ell - h)^2$

物理 I

C 図4(a)のように、熱をよく通す断面積 S のシリンダーに気体を閉じ込め、鉛直に立てた。シリンダーには、なめらかに動く軽いピストンがついている。ピストンの位置をシリンダーの目盛りで表し、気体の温度が T_0 のときの目盛りを 0 とする。このときの気体の体積は V_0 であった。また、大気の温度が上がり気体の温度が T_1 になると、図4(b)のように目盛りの読みは h_1 になった。大気圧 P_0 は一定とする。

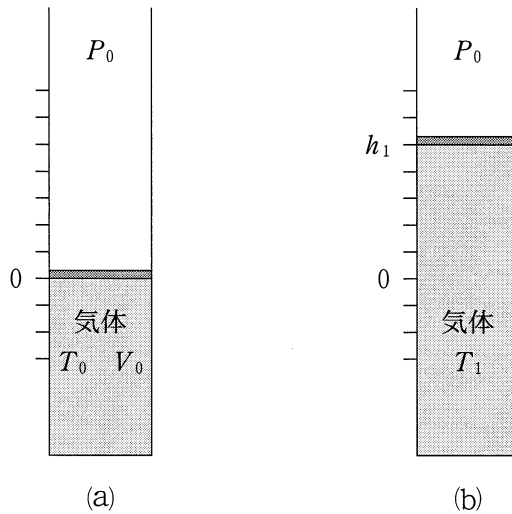


図 4

問 5 図4(a)の状態から(b)の状態へ気体が膨張するとき、気体が外部からされた仕事を W 、気体が外部から吸収した熱量を Q とする。 W および Q はそれぞれ、正であるか、負であるか、0 であるか。組合せとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 5

	①	②	③	④	⑤	⑥
W	正	正	正	負	負	負
Q	正	0	負	正	0	負

問 6 気体の温度が T のときの目盛りの読み h 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。 $h = \boxed{6}$

- ① $\frac{T}{T_0} h_1$ ② $\frac{T}{T_1} h_1$ ③ $\frac{T - T_0}{T_1 - T_0} h_1$
 ④ $\frac{T_0}{T} h_1$ ⑤ $\frac{T_1}{T} h_1$ ⑥ $\frac{T_1 - T_0}{T - T_0} h_1$

問 7 次の文章中の空欄 $\boxed{7}$ に入れる式として正しいものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、重力加速度の大きさを g とする。 $\boxed{7}$

図 4(a) の状態で、ピストンの上に質量 m のおもりを置いた。十分に時間がたちピストンが静止すると、図 5 のように、気体の温度は T_0 に、目盛りの読みは $-h_2$ ($h_2 > 0$) になった。このとき、ボイルの法則から $P_0 V_0 = \boxed{7}$ が成り立つ。

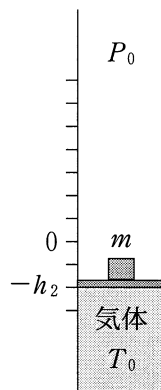


図 5

- ① $\frac{mg}{S} (V_0 + h_2 S)$ ② $\frac{mg}{S} (V_0 - h_2 S)$
 ③ $\left(P_0 + \frac{mg}{S}\right) (V_0 + h_2 S)$ ④ $\left(P_0 + \frac{mg}{S}\right) (V_0 - h_2 S)$
 ⑤ $\left(P_0 - \frac{mg}{S}\right) (V_0 + h_2 S)$ ⑥ $\left(P_0 - \frac{mg}{S}\right) (V_0 - h_2 S)$