問題は次ページ

から始まります。

物　　理　　I

第１問　次の問い(**問１～６**)に答えよ。〔**解答番号** $\boxed{1}$ ～ $\boxed{6}$〕(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。 $\boxed{1}$

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に聞こえる。

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。 $\boxed{2}$

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 $c < b < a$

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 1.0×10^{-12} 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 -1.6×10^{-19} C とする。 $\boxed{3}$ 個

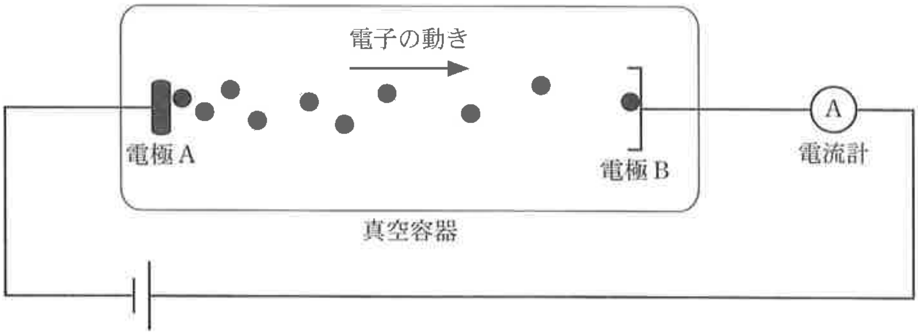


図　1

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。$h =$ $\boxed{\quad 4 \quad}$

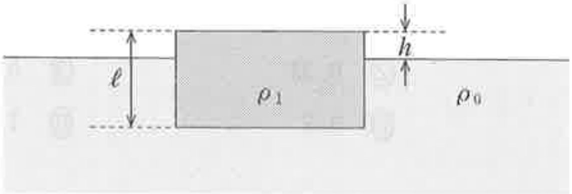


図　2

① $\dfrac{\rho_0}{\rho_1}\ell$　　② $\dfrac{\rho_0}{\rho_0-\rho_1}\ell$　　③ $\dfrac{\rho_0-\rho_1}{\rho_0}\ell$

④ $\dfrac{\rho_1}{\rho_0}\ell$　　⑤ $\dfrac{\rho_1}{\rho_0-\rho_1}\ell$　　⑥ $\dfrac{\rho_0-\rho_1}{\rho_1}\ell$

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。 $\boxed{5}$ cm

① 0.011	② 0.33	③ 0.70
④ 1.4	⑤ 3.5	⑥ 7.0

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。$T = \boxed{6}$

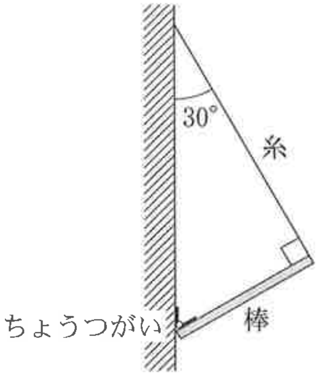


図　3

① $\dfrac{1}{4}mg$　② $\dfrac{\sqrt{3}}{4}mg$　③ $\dfrac{1}{2}mg$

④ $\dfrac{\sqrt{3}}{2}mg$　⑤ $\dfrac{3}{4}mg$　⑥ mg

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 $\boxed{1}$ ～ $\boxed{5}$ 〕(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 $\boxed{ア}$ ～ $\boxed{ウ}$ 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。 $\boxed{1}$

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 $\boxed{ア}$ の部分であり,Aの磁極は $\boxed{イ}$,Bの磁極は $\boxed{ウ}$ である。

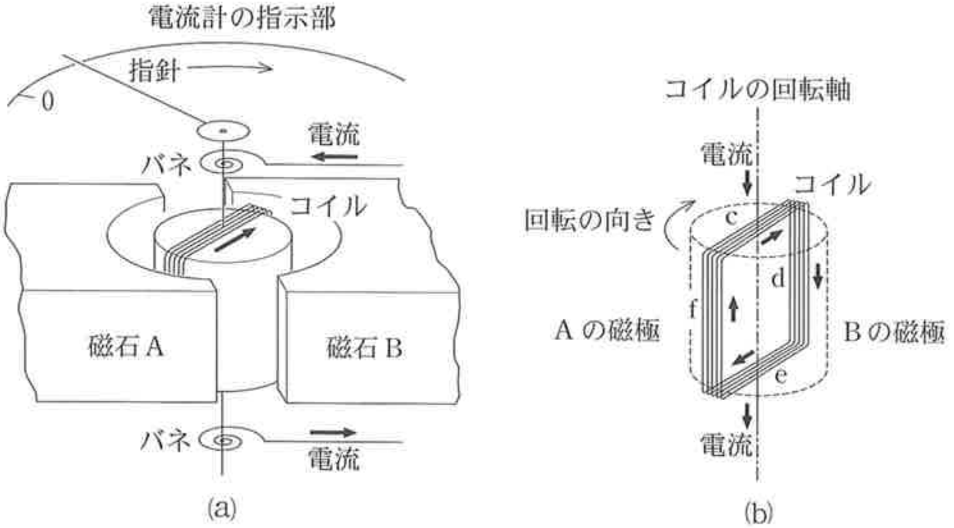


図　1

	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

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 $1.7 \times 10^{-8}\,\Omega\cdot\mathrm{m}$ とする。 $\boxed{\ \ 2\ \ }$ 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。
$V = \boxed{\ \ 3\ \ }$

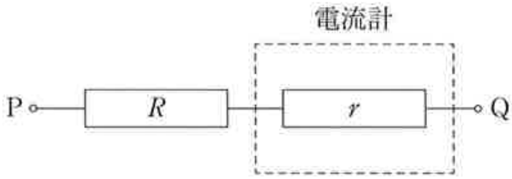


図　2

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

(下 書 き 用 紙)

物理Ｉの試験問題は次に続く。

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6.0V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。 $\boxed{4}$

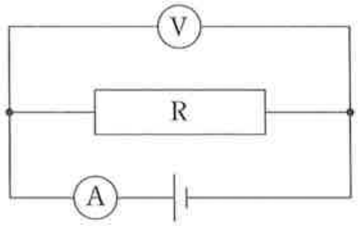


図　3

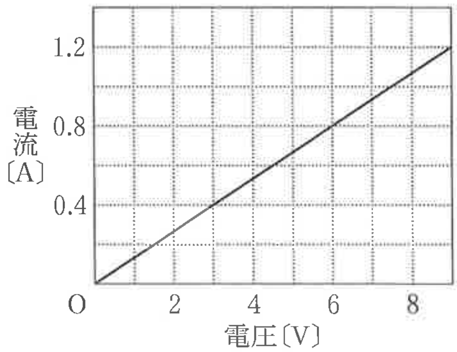


図　4

	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3.0Vのとき，電流計の示す値は0.10A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

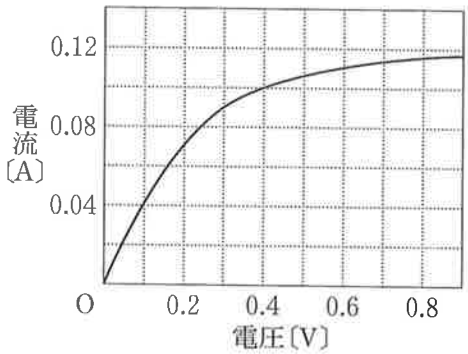


図 5

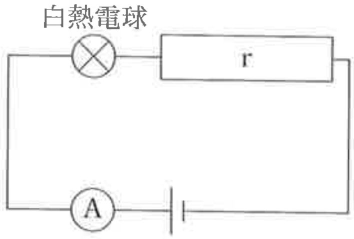


図 6

	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 $\boxed{1}$ ～ $\boxed{4}$ 〕(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(でんぱ)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。

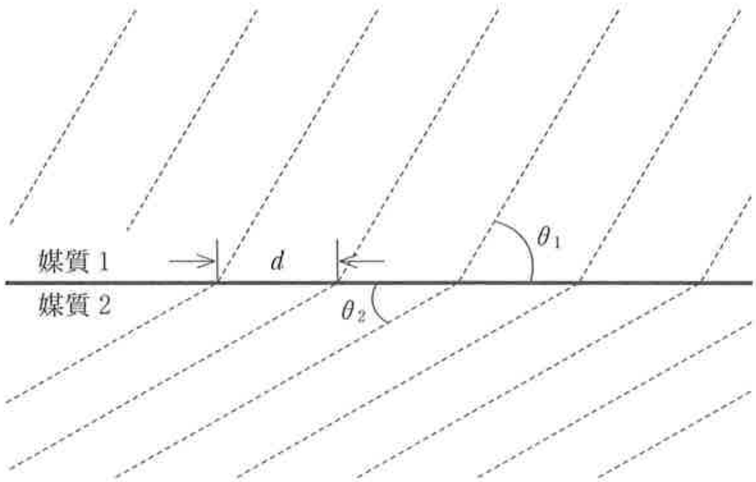


図 1

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。 $\boxed{1}$

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 $\dfrac{v_1 \sin\theta_1}{\lambda_1} = \dfrac{v_2 \sin\theta_2}{\lambda_2}$

④ $\dfrac{v_1 \cos\theta_1}{\lambda_1} = \dfrac{v_2 \cos\theta_2}{\lambda_2}$

⑤ $v_1\lambda_1 = v_2\lambda_2$

⑥ $\dfrac{v_1}{\lambda_1} = \dfrac{v_2}{\lambda_2}$

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。 $\boxed{2}$

① $\lambda_1 \sin\theta_1 = \lambda_2 \sin\theta_2$

② $\dfrac{\lambda_1}{\sin\theta_1} = \dfrac{\lambda_2}{\sin\theta_2}$

③ $\lambda_1 \cos\theta_1 = \lambda_2 \cos\theta_2$

④ $\dfrac{\lambda_1}{\cos\theta_1} = \dfrac{\lambda_2}{\cos\theta_2}$

⑤ $\lambda_1 \tan\theta_1 = \lambda_2 \tan\theta_2$

⑥ $\dfrac{\lambda_1}{\tan\theta_1} = \dfrac{\lambda_2}{\tan\theta_2}$

⑦ $\lambda_1 = \lambda_2$

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。

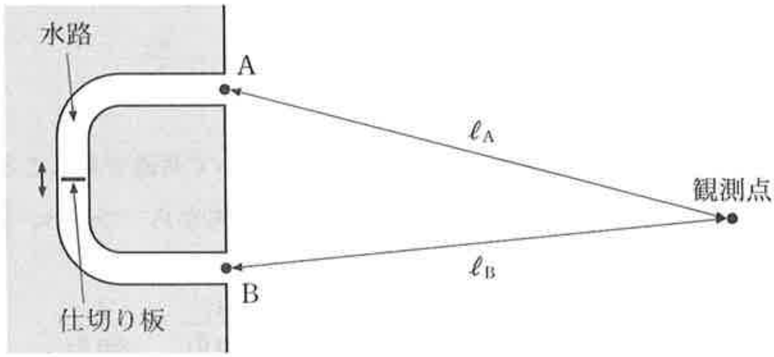


図 2

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出口Bまでの経路の長さが等しくなる位置にあった。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，$m = 0,\ 1,\ 2,\ \cdots$ である。 $\boxed{3}$

① $\ell_A + \ell_B = mvT$

② $\ell_A + \ell_B = \left(m + \dfrac{1}{2}\right)vT$

③ $\ell_A + \ell_B = \dfrac{mvT}{2}$

④ $\ell_A + \ell_B = \left(\dfrac{m}{2} + \dfrac{1}{4}\right)vT$

⑤ $|\ell_A - \ell_B| = mvT$

⑥ $|\ell_A - \ell_B| = \left(m + \dfrac{1}{2}\right)vT$

⑦ $|\ell_A - \ell_B| = \dfrac{mvT}{2}$

⑧ $|\ell_A - \ell_B| = \left(\dfrac{m}{2} + \dfrac{1}{4}\right)vT$

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。 $\boxed{4}$

①　$\dfrac{vT}{8}$　　②　$\dfrac{vT}{4}$　　③　$\dfrac{vT}{2}$　　④　vT　　⑤　$2vT$

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 $\boxed{1}$ ～ $\boxed{7}$ 〕(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。

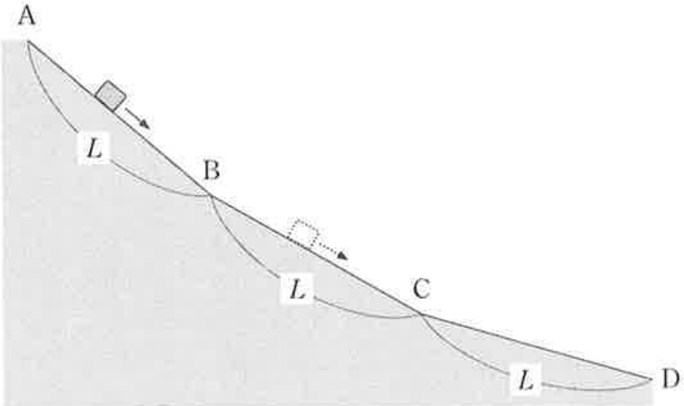


図　1

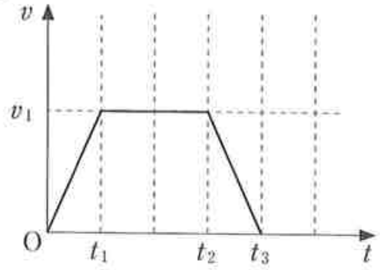
問1　AB間における小物体の加速度の大きさを a とするとき，t_1 を表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$t_1 = \boxed{1}$

① $\sqrt{\dfrac{a}{2L}}$　② $\sqrt{\dfrac{a}{L}}$　③ $\sqrt{\dfrac{2a}{L}}$

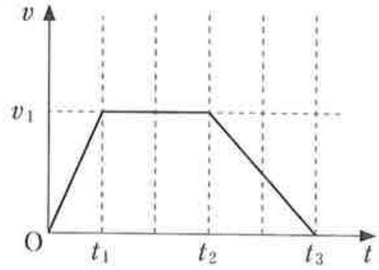
④ $\sqrt{\dfrac{L}{2a}}$　⑤ $\sqrt{\dfrac{L}{a}}$　⑥ $\sqrt{\dfrac{2L}{a}}$

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。 $\boxed{2}$

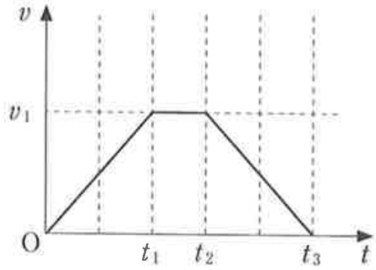
①



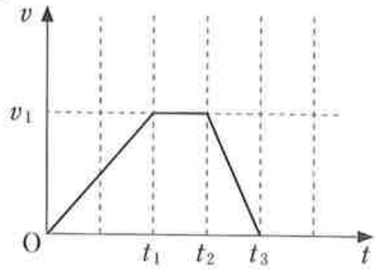
②



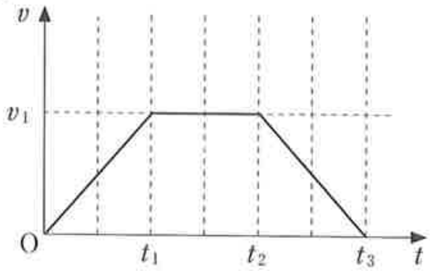
③



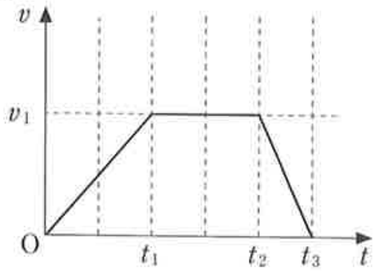
④



⑤



⑥



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。

$h = \boxed{\ 3\ }$

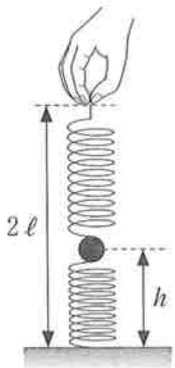


図　2

① $\ell - \dfrac{mg}{2k}$　　② $\ell - \dfrac{mg}{k}$　　③ $\ell - \dfrac{3mg}{2k}$

④ $\ell - \dfrac{2mg}{k}$　　⑤ $\ell - \dfrac{5mg}{2k}$

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。 $\boxed{4}$

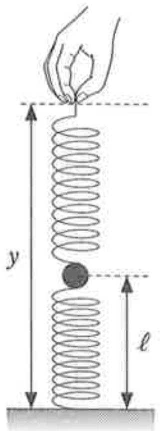


図　3

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

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。

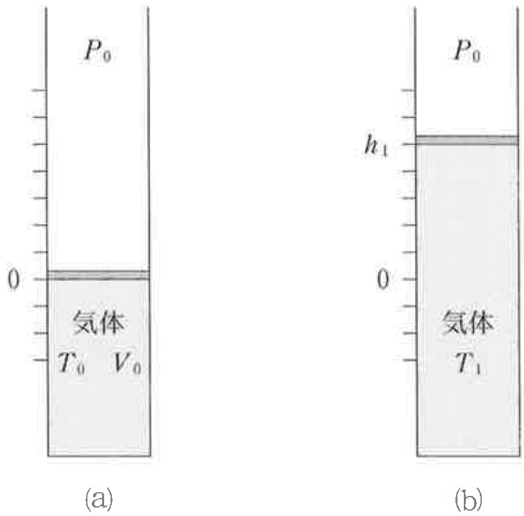


図　4

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。 $\boxed{5}$

	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 $\dfrac{T}{T_0}h_1$　② $\dfrac{T}{T_1}h_1$　③ $\dfrac{T-T_0}{T_1-T_0}h_1$

④ $\dfrac{T_0}{T}h_1$　⑤ $\dfrac{T_1}{T}h_1$　⑥ $\dfrac{T_1-T_0}{T-T_0}h_1$

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 $P_0V_0 =$ $\boxed{\ 7\ }$ が成り立つ。

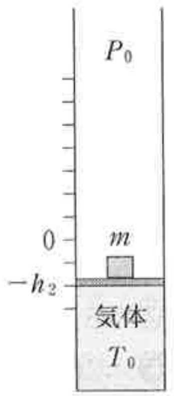


図 5

① $\dfrac{mg}{S}(V_0+h_2S)$　② $\dfrac{mg}{S}(V_0-h_2S)$

③ $\left(P_0+\dfrac{mg}{S}\right)(V_0+h_2S)$　④ $\left(P_0+\dfrac{mg}{S}\right)(V_0-h_2S)$

⑤ $\left(P_0-\dfrac{mg}{S}\right)(V_0+h_2S)$　⑥ $\left(P_0-\dfrac{mg}{S}\right)(V_0-h_2S)$