物　理　I

(全　問　必　答)

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　図1のように，上端を固定したばね定数kのばねの下端におもりをつるしたところ，ばねが自然の長さからdだけ伸びた状態で静止した。このおもりを，手でさらにxだけ引き下げ，静止させた。このとき，手がおもりを引いている力の大きさFはいくらか。正しいものを下の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，ばねの質量は無視できるものとする。$F=\boxed{1}$

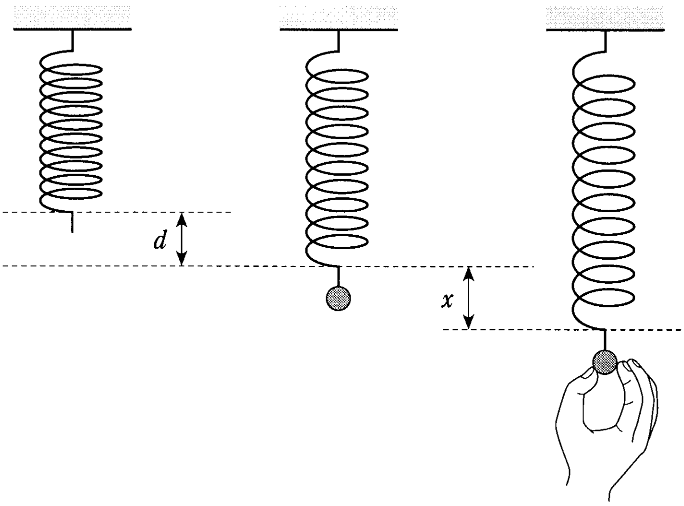


図　1

① kx　　② $k(d+x)$　　③ $k\sqrt{2dx+x^2}$

④ $\frac{1}{2}kx^2$　　⑤ $\frac{1}{2}k(d+x)^2$　　⑥ $\frac{1}{2}k(2dx+x^2)$

問 2 図2のように，鉛直に張った導線に，一定の電流 I を上向きに流す。導線の近くの点をAとし，小さな円形コイルを下の解答選択肢①～④のように矢印の向きに動かす。コイルの中心が点Aを通過するときにコイルに生じる誘導起電力の大きさが，最も大きいのはどの場合か。下の①～④のうちから一つ選べ。ただし，コイルを動かす速さはすべての場合で同じとする。 $\boxed{\quad 2 \quad}$

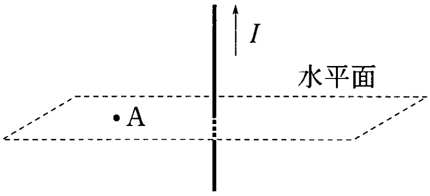
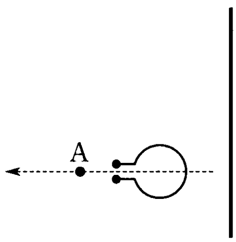


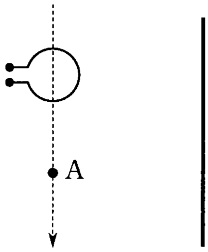
図 2

①



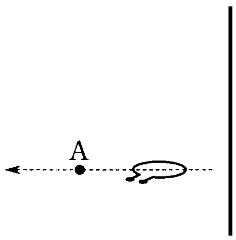
点Aと導線を含む面内にコイル面を保ったまま，導線に垂直に動かす。

②



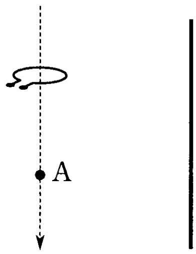
点Aと導線を含む面内にコイル面を保ったまま，導線に平行に動かす。

③



コイル面を水平に保ったまま，導線に垂直に動かす。

④



コイル面を水平に保ったまま，導線に平行に動かす。

物理Ⅰ

問 3　媒質の振動が x 軸の正の向きに速さ 20 m/s で伝わる振幅 A の波(正弦波)を考える。図 3 は時刻 $t = 0$ s における媒質の変位と位置 x の関係を表すグラフである。位置 $x = 15$ m での変位が時間 t とともにどのように変化するかを表す図として最も適当なものを，下の①～④のうちから一つ選べ。 $\boxed{3}$

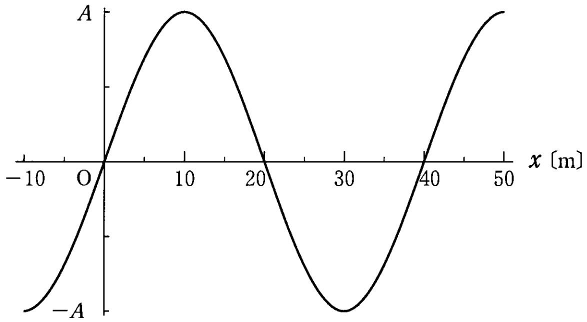
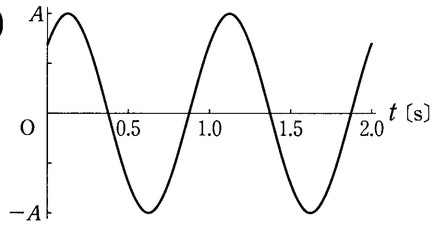
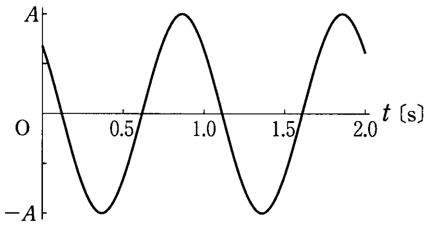
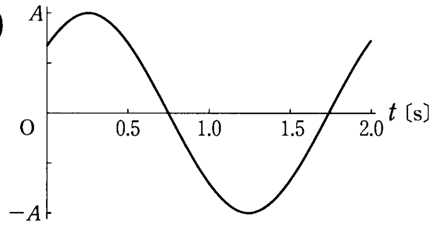
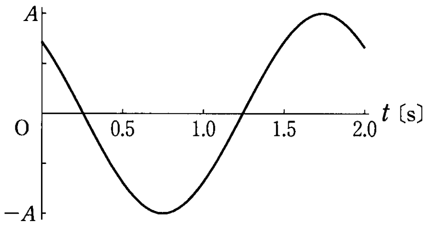


図　3

①


②


③


④


問 4　図4のように，1本のまっすぐで細いレールが2点A，Bを支点として水平に置かれている。レールは一様でその質量はMである。AB間の距離はℓ_1であり，レールの端からA，Bまでの距離はともにℓ_2である。質量mの小球をBから右向きにレール上をゆっくりと転がしたところ，Bからの距離がxを超えると，レールがBを支点として傾き始めた。xとして正しいものを，下の①～⑧のうちから一つ選べ。$x =$ $\boxed{\ 4\ }$

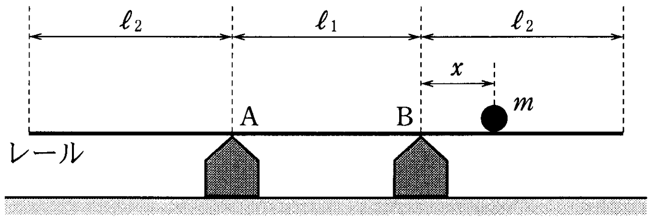


図　4

① $\dfrac{M}{m}\ell_1$　　② $\dfrac{M}{2m}\ell_1$　　③ $\dfrac{M}{m}(\ell_1 + 2\ell_2)$

④ $\dfrac{M}{2m}(\ell_1 + 2\ell_2)$　　⑤ $\dfrac{m}{M}\ell_1$　　⑥ $\dfrac{m}{2M}\ell_1$

⑦ $\dfrac{m}{M}(\ell_1 + 2\ell_2)$　　⑧ $\dfrac{m}{2M}(\ell_1 + 2\ell_2)$

問 5 電気ポットを使って 14 ℃ の水 360 g を 3 分間温めたところ，水の温度は 94 ℃ になった。電気ポットの消費電力が 800 W であったとすると，消費された電気エネルギーの何%が水の温度上昇に使われたか。最も適当な数値を，次の①〜⑧のうちから一つ選べ。ただし，水の比熱は 4.2 J/(g・K)とする。

$\boxed{\ 5\ }$ %

① 2.5　② 4.8　③ 20　④ 24

⑤ 50　⑥ 67　⑦ 84　⑧ 99

問 6 図5のように，距離Lだけ離れた支柱A，B間に一定の張力で弦を張り，定常波を発生させる。AB間に**節のない**定常波(基本振動)の振動数がf_0，AB間に節が一つだけある定常波の振動数がfであった。

弦を伝わる波の速さvと振動数fを，f_0とLで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。 $\boxed{6}$

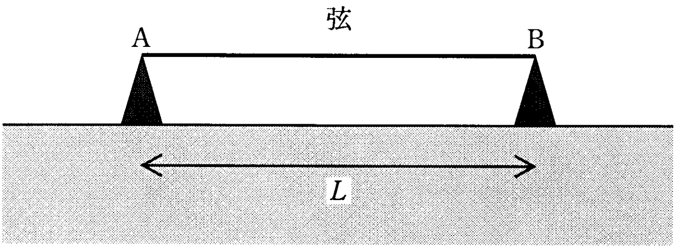


図 5

	v	f
①	$\frac{1}{2}f_0L$	$\frac{3}{2}f_0$
②	$\frac{1}{2}f_0L$	$2f_0$
③	f_0L	$\frac{3}{2}f_0$
④	f_0L	$2f_0$
⑤	$2f_0L$	$\frac{3}{2}f_0$
⑥	$2f_0L$	$2f_0$

問 2 次の文章中の空欄 $\boxed{2}$ ・ $\boxed{3}$ に入る最も適当な数値を，下の①〜⑦のうちから一つずつ選べ。ただし，同じものを繰り返し選んでもよい。 $\boxed{2}$ $\boxed{3}$

発電所で発電された交流の電気は，変圧器により電圧を高くして，送電線を通して送られる。発電所から同じ電力を送るとき，送電線に送り出す電圧(送電電圧)を 10 倍にすると，送電線を流れる電流は $\boxed{2}$ 倍になる。この結果，送電線の抵抗によって熱として失われる電力は， $\boxed{3}$ 倍になる。ただし，送電線の抵抗は変化しないものとする。

① $\dfrac{1}{100}$　② $\dfrac{1}{10}$　③ $\dfrac{1}{\sqrt{10}}$　④ 1

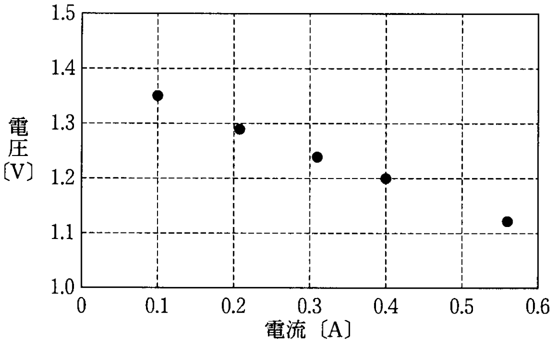
⑤ $\sqrt{10}$　⑥ 10　⑦ 100

B 電池を含む回路について考える。

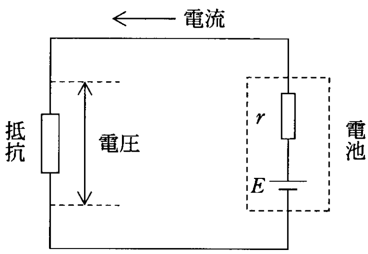
問 3 次の文章中の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ・ $\boxed{\text{イ}}$ に入れる数値の組合せとして最も適当なものを，下の①～⑥のうちから一つ選べ。 $\boxed{4}$

5つの異なる抵抗をそれぞれ電池に接続し，抵抗両端の電圧と流れる電流を測定したところ，図1(a)の結果を得た。これは，図1(b)のように，電池を，内部抵抗と呼ばれる抵抗 r と電圧(起電力) E の直流電源が，直列接続されたものと考えることにより説明される。

図1の結果から，E は $\boxed{\text{ア}}$ V，r は $\boxed{\text{イ}}$ Ω と求められる。



(a)



(b)

図 1

	ア	イ
①	1.30	0.50
②	1.30	1.0
③	1.40	0.50
④	1.40	1.0
⑤	1.50	0.50
⑥	1.50	1.0

問 4 図2に示すように，長さL，抵抗Rの細長い一様な抵抗線ABに，移動できる接点Cを設ける。A，Bに電圧が一定の直流電源をつなぎ，B，Cには起電力E，内部抵抗rの電池と検流計およびスイッチをつないだ。BC間の距離がxのとき，スイッチを閉じても検流計の針は振れなかった。このとき，BC間の抵抗線の抵抗およびBC間の電圧として正しいものを，下のそれぞれの解答群から一つずつ選べ。

(ア) BC間の抵抗 $\boxed{5}$

(イ) BC間の電圧 $\boxed{6}$

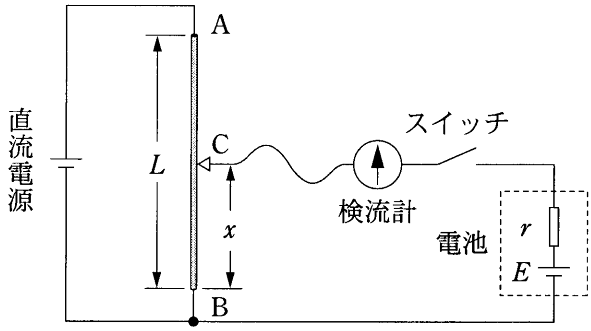


図 2

$\boxed{5}$ の解答群

① $R\dfrac{L}{x}$　② $R\dfrac{x}{L}$　③ $R\dfrac{L-x}{L}$

④ R　⑤ $R\dfrac{L-x}{x}$　⑥ $R\dfrac{x}{L-x}$

$\boxed{6}$ の解答群

① $E\dfrac{L}{x}$　② $E\dfrac{x}{L}$　③ $E\dfrac{L-x}{x}$

④ E　⑤ $E\dfrac{rL}{rL+Rx}$　⑥ $E\dfrac{rL+Rx}{rL}$

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 $\boxed{1}$ 〜 $\boxed{5}$ 〕(配点 20)

A 図1は，ある光ファイバーの概念図である。屈折率の異なる2種類の透明な媒質からなる二重構造をしており，媒質1でできた中心部分の円柱の屈折率 n_1 は，媒質2でできた周囲の円筒の屈折率 n_2 よりも大きい。このファイバーを空気中におき，円柱の端面の中心Oから単色光の光線を入射角 i で入射させる。端面で光は屈折してファイバー中を進み，媒質1と媒質2の境界面で反射される。この境界面への入射角を r とする。

以下では，図のように円柱の中心軸を含む平面内を進む光についてのみ考える。また空気の屈折率は1とする。

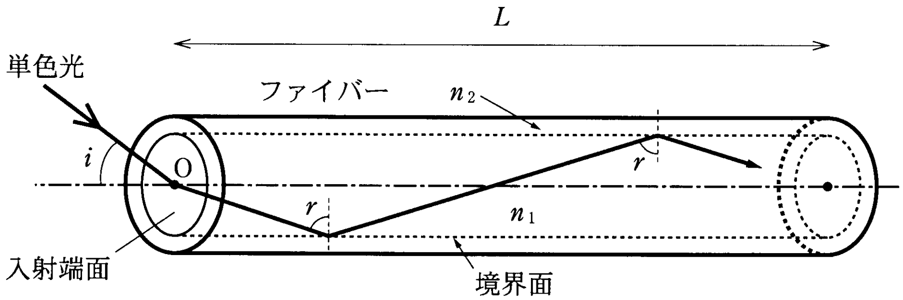


図 1

問 1　端面への入射角 i を小さくしていくと，境界面への入射角 r は大きくなる。r がある角度 r_0 より大きくなると，境界面で全反射が起こり，光は媒質 1 の円柱の中だけを通って，円柱の外に失われることなく反対側の端面にまで到達する。

$r > r_0$ のとき，光が円柱に入射してから，反対側の端面に到達するまでにかかる時間はいくらか。空気中での光速を c，ファイバーの長さを L として正しいものを，次の①～⑨のうちから一つ選べ。$\boxed{1}$

① $\dfrac{L}{c}$　② $\dfrac{L}{c\sin r}$　③ $\dfrac{L}{c\cos r}$

④ $\dfrac{n_1 L}{c}$　⑤ $\dfrac{n_1 L}{c\sin r}$　⑥ $\dfrac{n_1 L}{c\cos r}$

⑦ $\dfrac{n_1 L}{n_2 c}$　⑧ $\dfrac{n_1 L}{n_2 c\sin r}$　⑨ $\dfrac{n_1 L}{n_2 c\cos r}$

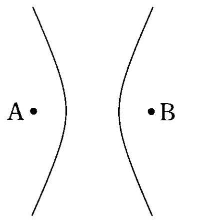
問 2　媒質 1 と媒質 2 の境界面で全反射が起こる場合の，端面への入射角 i の最大値を i_0 とするとき，$\sin i_0$ を n_1，n_2 で表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。$\sin i_0 = \boxed{2}$

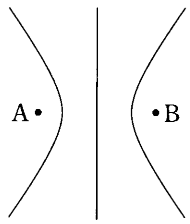
① $n_1 - n_2$　② $n_1^2 - n_2^2$　③ $\sqrt{n_1 - n_2}$

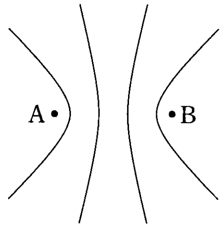
④ $\sqrt{n_1^2 - n_2^2}$　⑤ $\dfrac{1}{n_2} - \dfrac{1}{n_1}$　⑥ $\dfrac{1}{n_2^2} - \dfrac{1}{n_1^2}$

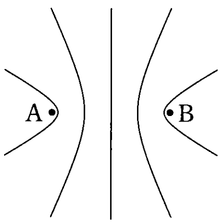
B　水面上に距離 d だけ離れた二つの波源Ａ，Ｂがある。それぞれの波源からは同じ振幅で同じ波長 λ の円形水面波が発生している。この二つの円形波が干渉して波が強めあう場所や打ち消しあう場所が生じる。波が強めあう点をつなぎあわせると，ある曲線群を描くことができる。波源Ａ，Ｂの間隔は $d = 3.3\lambda$ であり，水面は十分に広いものとする。

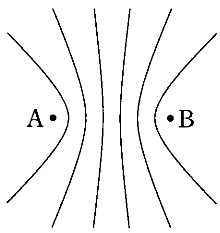
問 3　波源Ａ，Ｂが**逆位相**で振動している場合に波が強めあう点をつないだ曲線群として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $\boxed{3}$

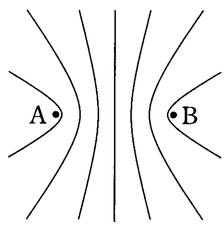
①


②


③


④


⑤


⑥


問 4　次の文章中の $\boxed{\quad 4 \quad}$ に入る式として最も適当なものを，また $\boxed{\quad 5 \quad}$ に入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。$\boxed{\quad 4 \quad}$ $\boxed{\quad 5 \quad}$

波源 A，B が**同位相**で振動しているとき，遠方にある点 P での振動の様子を考える。AB の中点 O と点 P を結ぶ直線が線分 AB となす角度を θ とする。点 P が十分遠方にあるとき，図 2 のように直線 AP と直線 BP は直線 OP に平行であるとみなしてよいので，A からの波と B からの波とが強めあう角度 θ を与える条件は整数 m を用いて $\boxed{\quad 4 \quad}$ と表される。$d = 3.3\lambda$ のとき，この条件を満たす θ ($0° \leqq \theta < 360°$) の値は $\boxed{\quad 5 \quad}$ 個ある。

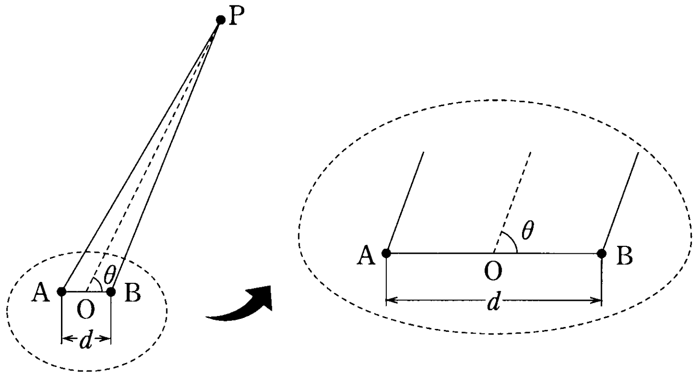


図　2

$\boxed{\quad 4 \quad}$ の解答群

① $d\sin\theta = m\lambda$　　② $d\sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$

③ $d\cos\theta = m\lambda$　　④ $d\cos\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$

$\boxed{\quad 5 \quad}$ の解答群

① 4　② 6　③ 8

④ 10　⑤ 12　⑥ 14

第4問 次の文章(**A**～**C**)を読み，下の問い(**問1～8**)に答えよ。
〔**解答番号** $\boxed{1}$ ～ $\boxed{8}$ 〕(配点　30)

A 断面積 S，質量 M のなめらかに動くピストンが取り付けられたシリンダー(円筒容器)があり，中に気体が閉じ込められている。最初，シリンダーは図1のように立てられていた。シリンダーは熱をよく伝え，閉じ込められた気体の温度は常に外部の空気の温度と同じであるとする。シリンダー外部の空気の温度は T_0，圧力は P_0 である。

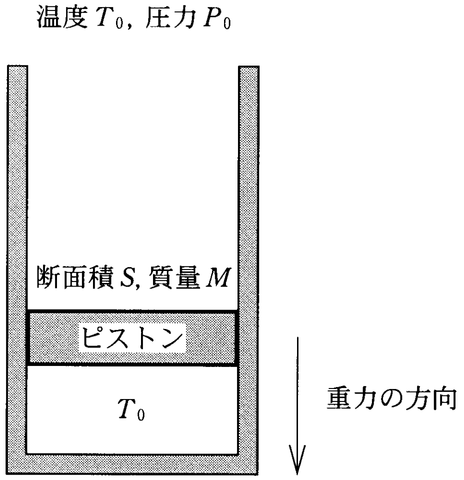


図　1

問 1 シリンダーを図2のように上下逆さにしたところ，ピストンは移動して静止した。このとき，閉じ込められた気体の圧力 P_1 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。

$P_1 =$ $\boxed{\quad 1 \quad}$

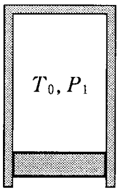


図 2

① $P_0 - \dfrac{Mg}{S}$　　② $P_0 + \dfrac{Mg}{S}$　　③ $\dfrac{Mg}{S} - P_0$

④ $P_0 - Mg$　　⑤ $P_0 + Mg$　　⑥ $Mg - P_0$

問 2 次にシリンダーを図3のように水平にしたところ，ピストンは移動して静止した。このとき，閉じ込められた気体の体積は図2の場合の何倍になったか。正しいものを，下の①～⑦のうちから一つ選べ。 $\boxed{\quad 2 \quad}$ 倍

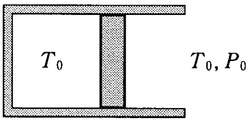


図 3

① $\dfrac{P_0}{P_1}$　　② $\dfrac{P_1}{P_0}$　　③ $\dfrac{P_0 + P_1}{P_0}$　　④ $\dfrac{P_0 + P_1}{P_1}$

⑤ $\dfrac{P_0}{P_0 + P_1}$　　⑥ $\dfrac{P_1}{P_0 + P_1}$　　⑦ 1

問 3　ピストンの断面積が等しい二つのシリンダーA，Bに気体を閉じ込め，図4のように，ピストン同士を硬い棒でつないで，水平にした。Aは熱をよく伝えるが，Bはピストンも含めて断熱容器である。最初，閉じ込められた気体はどちらも温度 T_0，圧力 P_0，体積 V_0 であった。

次に両方のシリンダーに力を加えて，ゆっくりと押し縮めたところ，A，B内部の気体の体積はそれぞれ V_A，V_B となった。このときの，Bに閉じ込められた気体の温度 T_B と T_0 の大小関係，および，V_A と V_B の大小関係の組合せ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，圧力が P_0，体積が V_0 の気体を等温変化させたときと断熱変化させたときの圧力と体積の関係は図5のようになる。 $\boxed{3}$

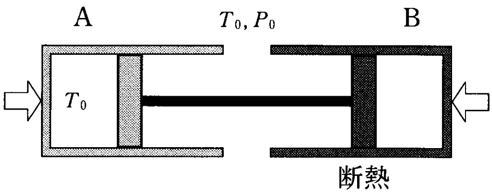


図　4

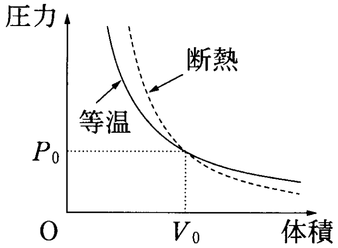


図　5

	温　度	体　積
①	$T_B > T_0$	$V_A > V_B$
②	$T_B > T_0$	$V_A < V_B$
③	$T_B < T_0$	$V_A > V_B$
④	$T_B < T_0$	$V_A < V_B$

B 図6のような，一定の傾きの斜面と水平な床がなめらかにつながった面Sを考える。Sの右側には壁があり，ばね定数k，自然の長さℓのばねが水平に取り付けられている。質量mの小物体をSの水平な部分に置き，時刻$t=0$に速さvで右向きにすべらせた。ただし，小物体とSとの間の摩擦，およびばねの質量は無視できるものとする。

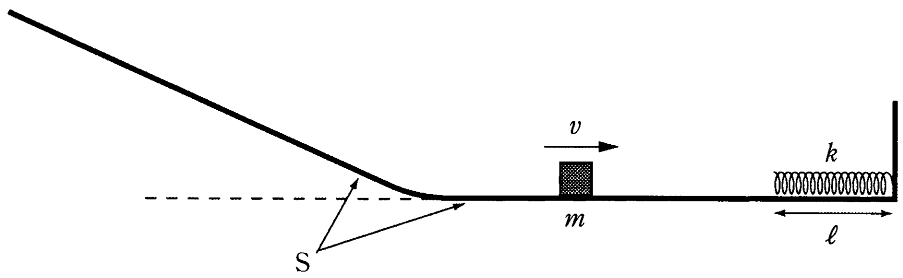


図　6

問 4 小物体はSの上を右向きにすべり，ばねを押し縮めた後，左向きにはねかえされた。最も縮んだときのばねの長さとして正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $\boxed{4}$

① $\ell-\dfrac{mv^2}{2k}$　② $\ell-\dfrac{mv^2}{k}$　③ $\ell-\sqrt{\dfrac{m}{2}}\dfrac{v}{k}$

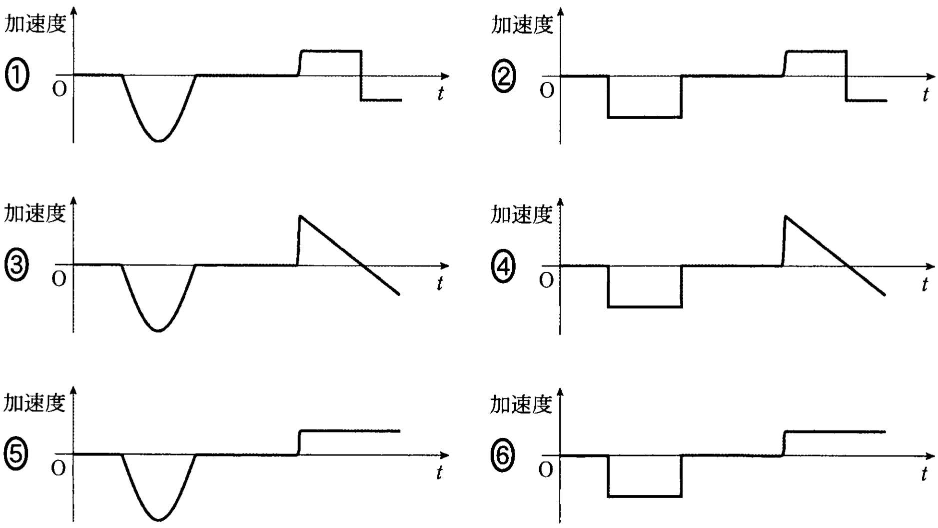
④ $\ell-\sqrt{m}\dfrac{v}{k}$　⑤ $\ell-\sqrt{\dfrac{m}{2k}}v$　⑥ $\ell-\sqrt{\dfrac{m}{k}}v$

問 5 ばねではねかえされた小物体は，Sの水平な部分を戻り，斜面を上った。小物体が達した最高点の高さ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，高さは水平な床からはかり，重力加速度の大きさをgとする。 $\boxed{5}$

① $\dfrac{v^2}{2g}$　② $\dfrac{mv^2}{2g}$　③ $\dfrac{k\ell^2}{2g}$　④ $\dfrac{k\ell^2}{2mg}$

⑤ $\dfrac{v^2}{g}$　⑥ $\dfrac{mv^2}{g}$　⑦ $\dfrac{k\ell^2}{g}$　⑧ $\dfrac{k\ell^2}{mg}$

問 6　小物体は，**問 5** の最高点に達した後，斜面を下り始めた。最初($t=0$)にSの水平な部分を右向きに滑り始めてから斜面を下っている時までについて，小物体の加速度のSに沿った方向の成分と時間 t との関係を表す図として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，図6のSに沿って右向きを正とする。 $\boxed{6}$



C　図7のように，あらい斜面の上に質量Mの物体Aを置く。Aには糸で質量mのおもりBがつながれ，Bは滑車を通して鉛直につり下げられている。斜面が鉛直方向となす角度(頂角)θは$0^\circ < \theta \leqq 90^\circ$の範囲で変えることができる。Aと滑車の間では糸は常に斜面に平行に保たれる。Aと斜面の間の静止摩擦係数をμ，動摩擦係数をμ'，重力加速度の大きさをgとする。

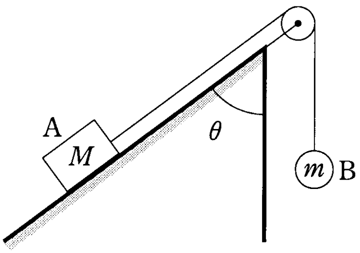


図　7

【補足説明】　滑車は軽く，またなめらかに回転できる。

問7　最初，Aは斜面上に静止していた。頂角を徐々に大きくしていくと，角度がθ_1を超えたときにBが降下し，Aは上向きにすべり始めた。このとき，質量の比$\dfrac{m}{M}$をθ_1で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。$\dfrac{m}{M} = \boxed{\quad 7 \quad}$

① $1 - \mu \tan\theta_1$　　② $1 + \mu \tan\theta_1$

③ $\cos\theta_1 - \mu \sin\theta_1$　　④ $\cos\theta_1 + \mu \sin\theta_1$

⑤ $-\mu \cos\theta_1 + \sin\theta_1$　　⑥ $\mu \cos\theta_1 + \sin\theta_1$

問 8　図8のように斜面を水平($\theta = 90°$)にし，Aを面上に置いて静かに離したところ，Bは降下し始めた。Bが距離hだけ降下したときのAの速さ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，このときAは面の端まで達していないとする。 $\boxed{8}$

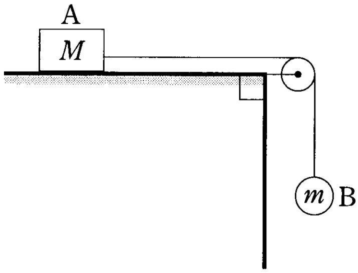


図　8

① $\sqrt{2gh}$

② $\sqrt{\dfrac{2mgh}{M}}$

③ $\sqrt{\dfrac{2mgh}{m+M}}$

④ $\sqrt{\dfrac{2gh(m-\mu' M)}{m}}$

⑤ $\sqrt{\dfrac{2gh(m-\mu' M)}{M}}$

⑥ $\sqrt{\dfrac{2gh(m-\mu' M)}{m+M}}$