

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 ～ 〕(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。 $F =$

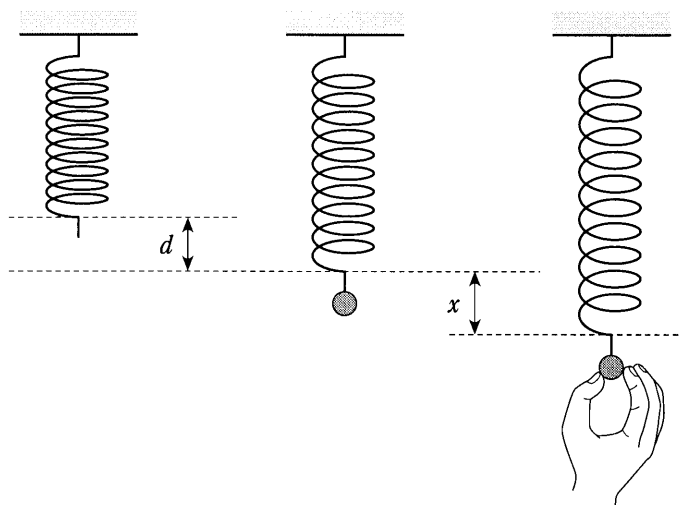


図 1

- | | | |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|
| 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。 2

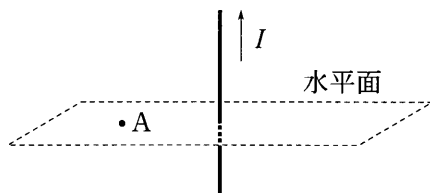
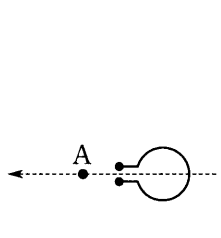


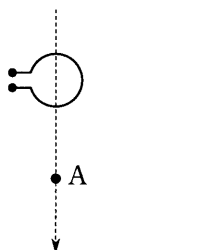
図 2

①



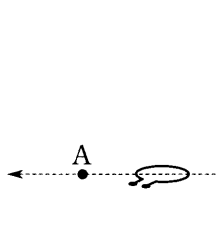
点 A と導線を含む面内にコイル面を保ったまま、導線に垂直に動かす。

②



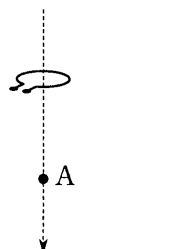
点 A と導線を含む面内にコイル面を保ったまま、導線に平行に動かす。

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 $t = 0 \text{ s}$ 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 $x = 15 \text{ m}$ 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。 3

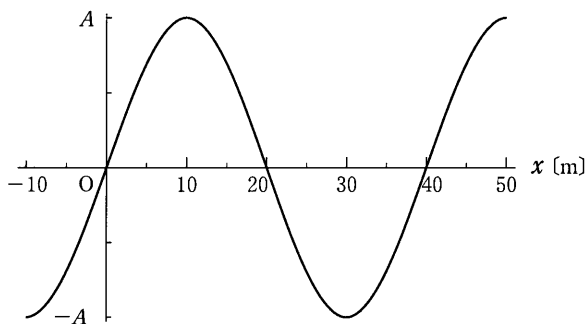
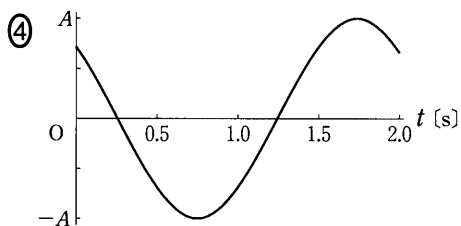
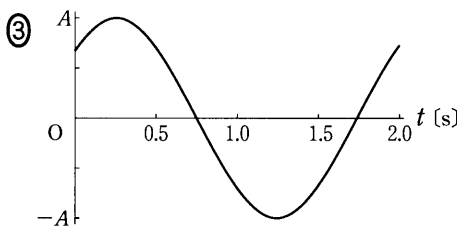
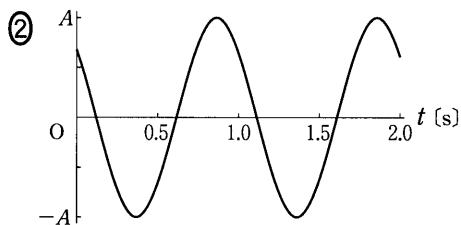
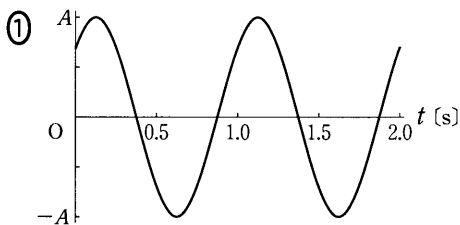


図 3



物理 I

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。レールは一樣でその質量は 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。 $x = \boxed{4}$

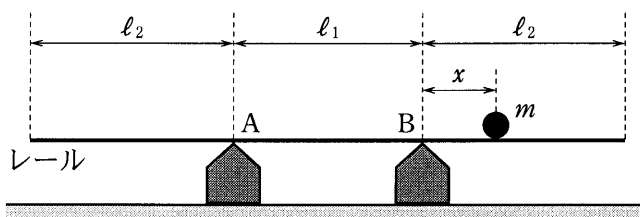


図 4

- ① $\frac{M}{m} \ell_1$ ② $\frac{M}{2m} \ell_1$ ③ $\frac{M}{m} (\ell_1 + 2\ell_2)$
 ④ $\frac{M}{2m} (\ell_1 + 2\ell_2)$ ⑤ $\frac{m}{M} \ell_1$ ⑥ $\frac{m}{2M} \ell_1$
 ⑦ $\frac{m}{M} (\ell_1 + 2\ell_2)$ ⑧ $\frac{m}{2M} (\ell_1 + 2\ell_2)$

物理 I

問 5 電気ポットを使って 14°C の水 360 g を 3 分間温めたところ、水の温度は 94°C 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 $4.2\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とする。

%

① 2.5

② 4.8

③ 20

④ 24

⑤ 50

⑥ 67

⑦ 84

⑧ 99

物理 I

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。 6

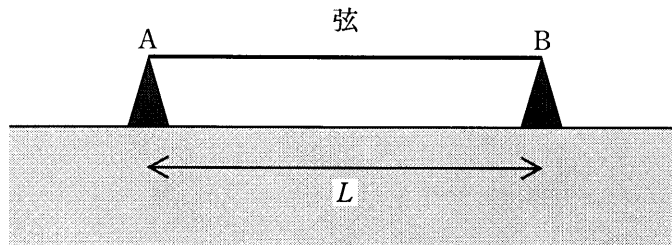


図 5

	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	$2f_0L$	$2f_0$

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。

[解答番号 ～] (配点 20)

A 家庭で使われる交流の電気は, 発電所からの電気を変圧器(トランス)で何段階か電圧を変えて送られている。このしくみと理由について考える。

問 1 変圧器の 1 次コイルに 6600 V の交流電圧を加えたとき, 2 次コイルには 100 V の交流電圧が生じた。1 次コイルと 2 次コイルの巻き数の比はいくらか。最も適当なものを, 次の①～⑦のうちから一つ選べ。

1 次コイルの巻き数 : 2 次コイルの巻き数 =

- ① 1 : 4400 ② 1 : 66 ③ 1 : 8.1 ④ 1 : 1
⑤ 8.1 : 1 ⑥ 66 : 1 ⑦ 4400 : 1

問 2 次の文章中の空欄 ・ 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。

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 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， 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 $\frac{1}{100}$

② $\frac{1}{10}$

③ $\frac{1}{\sqrt{10}}$

④ 1

⑤ $\sqrt{10}$

⑥ 10

⑦ 100

物理 I

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 **ア** ・ **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。 **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 **ア** V、 r は **イ** Ω と求められる。

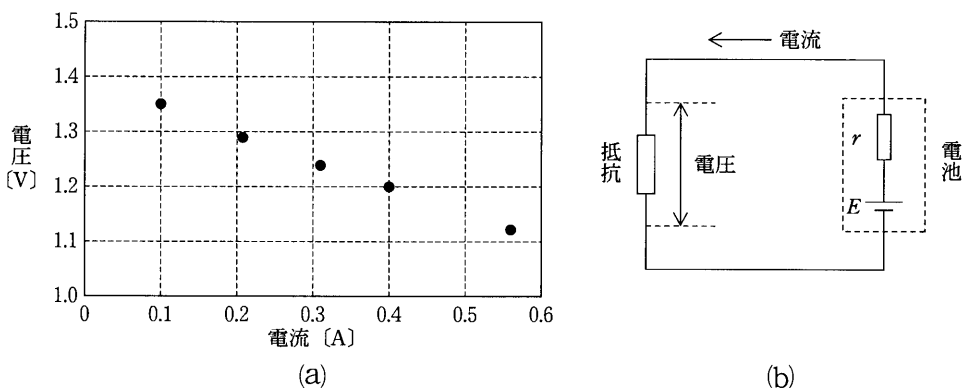


図 1

	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 5

(イ) BC 間の電圧 6

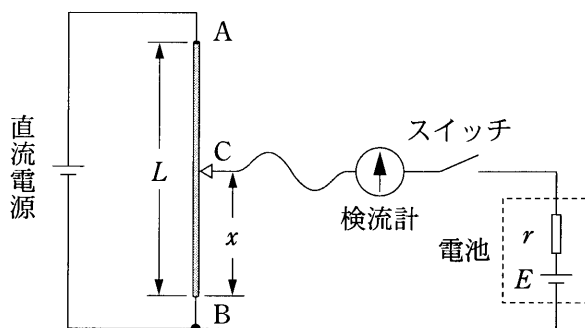


図 2

5 の解答群

- | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| ① $R \frac{L}{x}$ | ② $R \frac{x}{L}$ | ③ $R \frac{L-x}{L}$ |
| ④ R | ⑤ $R \frac{L-x}{x}$ | ⑥ $R \frac{x}{L-x}$ |

6 の解答群

- | | | |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| ① $E \frac{L}{x}$ | ② $E \frac{x}{L}$ | ③ $E \frac{L-x}{x}$ |
| ④ E | ⑤ $E \frac{rL}{rL + Rx}$ | ⑥ $E \frac{rL + Rx}{rL}$ |

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 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。

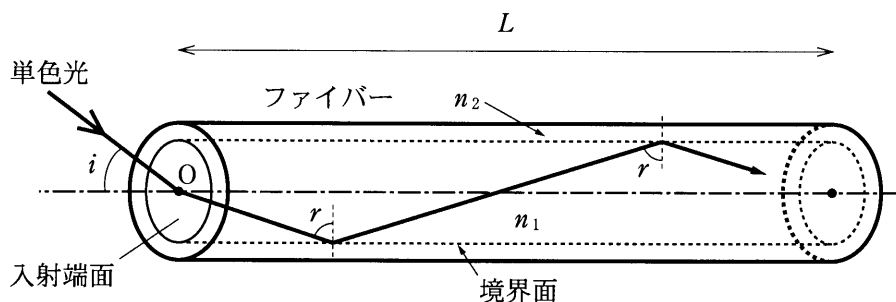


図 1

物理 I

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。 1

① $\frac{L}{c}$

② $\frac{L}{c \sin r}$

③ $\frac{L}{c \cos r}$

④ $\frac{n_1 L}{c}$

⑤ $\frac{n_1 L}{c \sin r}$

⑥ $\frac{n_1 L}{c \cos r}$

⑦ $\frac{n_1 L}{n_2 c}$

⑧ $\frac{n_1 L}{n_2 c \sin r}$

⑨ $\frac{n_1 L}{n_2 c \cos r}$

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。 $\sin i_0 =$ 2

① $n_1 - n_2$

② $n_1^2 - n_2^2$

③ $\sqrt{n_1 - n_2}$

④ $\sqrt{n_1^2 - n_2^2}$

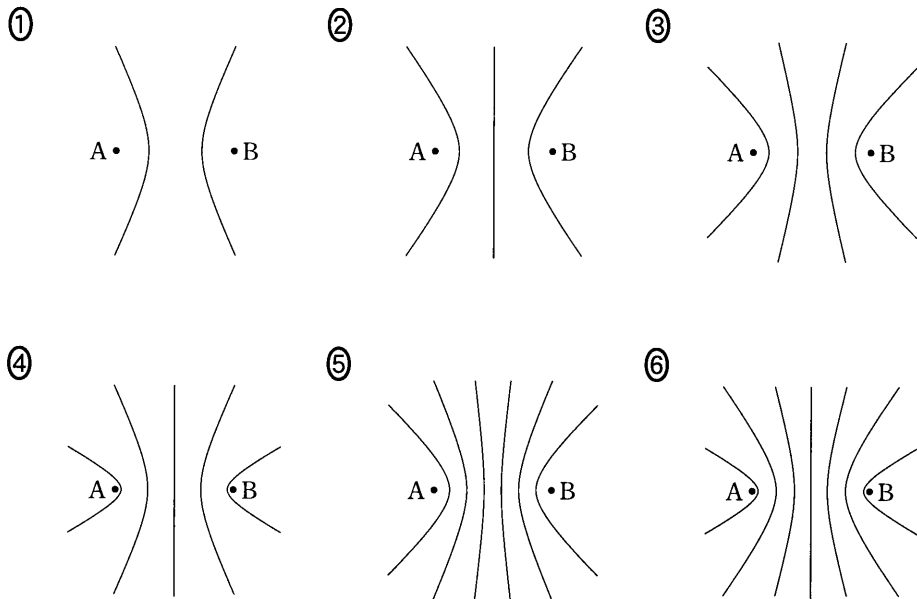
⑤ $\frac{1}{n_2} - \frac{1}{n_1}$

⑥ $\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2}$

物理 I

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。 3



問 4 次の文章中の に入る式として最も適当なものを、また 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。

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 と表される。 $d = 3.3\lambda$ のとき、この条件を満たす θ ($0^\circ \leq \theta < 360^\circ$) の値は 個ある。

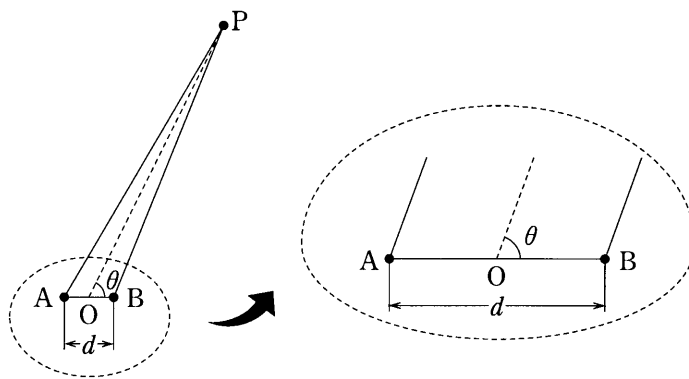


図 2

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

の解答群

① 4

② 6

③ 8

④ 10

⑤ 12

⑥ 14

物理 I

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 ～] (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。

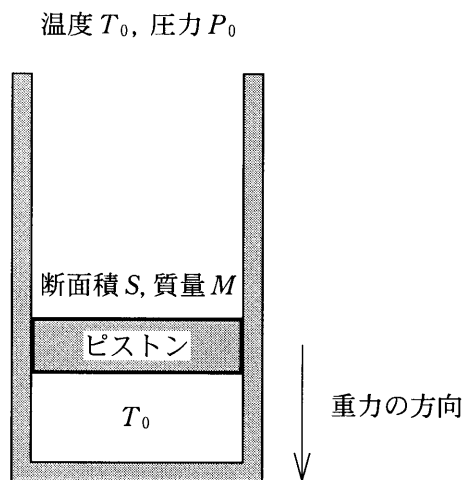


図 1

物理 I

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。

$P_1 =$

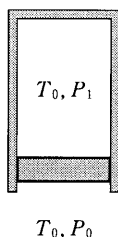


図 2

- ① $P_0 - \frac{Mg}{S}$ ② $P_0 + \frac{Mg}{S}$ ③ $\frac{Mg}{S} - P_0$
 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。 倍

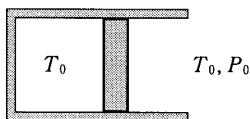


図 3

- ① $\frac{P_0}{P_1}$ ② $\frac{P_1}{P_0}$ ③ $\frac{P_0 + P_1}{P_0}$ ④ $\frac{P_0 + P_1}{P_1}$
 ⑤ $\frac{P_0}{P_0 + P_1}$ ⑥ $\frac{P_1}{P_0 + P_1}$ ⑦ 1

物理 I

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。

3

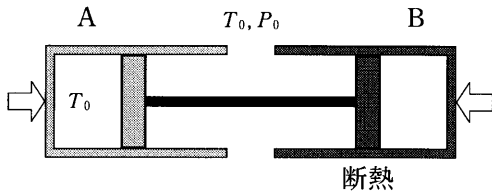


図 4

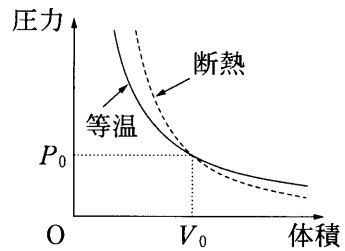


図 5

	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	$T_B < T_0$	$V_A < V_B$

物理 I

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。

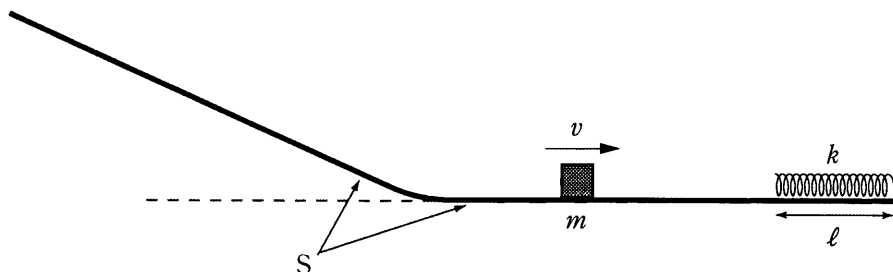


図 6

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。 4

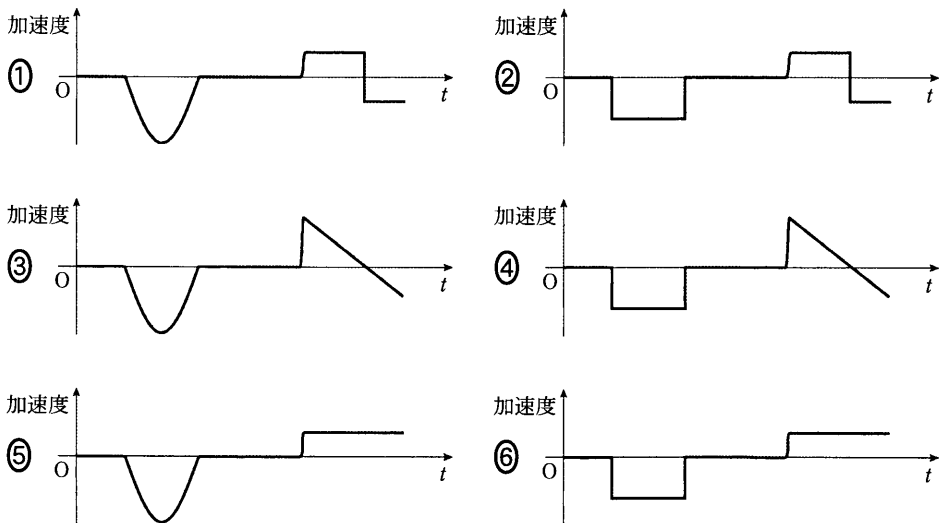
- ① $\ell - \frac{mv^2}{2k}$ ② $\ell - \frac{mv^2}{k}$ ③ $\ell - \sqrt{\frac{m}{2}} \frac{v}{k}$
 ④ $\ell - \sqrt{m} \frac{v}{k}$ ⑤ $\ell - \sqrt{\frac{m}{2k}} v$ ⑥ $\ell - \sqrt{\frac{m}{k}} v$

問 5 ばねではねかえされた小物体は、S の水平な部分に戻り、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。 5

- ① $\frac{v^2}{2g}$ ② $\frac{mv^2}{2g}$ ③ $\frac{k\ell^2}{2g}$ ④ $\frac{k\ell^2}{2mg}$
 ⑤ $\frac{v^2}{g}$ ⑥ $\frac{mv^2}{g}$ ⑦ $\frac{k\ell^2}{g}$ ⑧ $\frac{k\ell^2}{mg}$

物理 I

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。 6



物理 I

- 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 $0^\circ < \theta \leq 90^\circ$ 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。

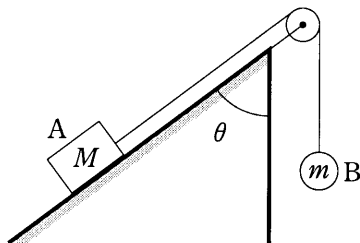


図 7

【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 $\frac{m}{M}$ 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。 $\frac{m}{M} = \boxed{7}$

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 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 ($\theta = 90^\circ$) 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。 8

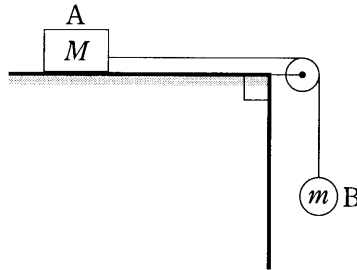


図 8

① $\sqrt{2gh}$

② $\sqrt{\frac{2mgh}{M}}$

③ $\sqrt{\frac{2mgh}{m+M}}$

④ $\sqrt{\frac{2gh(m - \mu' M)}{m}}$

⑤ $\sqrt{\frac{2gh(m - \mu' M)}{M}}$

⑥ $\sqrt{\frac{2gh(m - \mu' M)}{m+M}}$