

L 3

物 理

この冊子は、物理の問題で 1 ページより 21 ページまであります。

〔注 意〕

- (1) 試験開始の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
- (2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら、解答用マークシートに受験番号と氏名を記入し、さらに受験番号をマークしてください。
- (3) 解答は、所定の解答用マークシートにマークしたもののだけが採点されます。
- (4) 解答用マークシートについて
 - ① 解答用マークシートは、絶対に折り曲げてはいけません。
 - ② マークには黒鉛筆(HBまたはB)を使用してください。
指定の黒鉛筆以外でマークした場合、採点できないことがあります。
 - ③ 誤ってマークした場合は、消しゴムで丁寧に消し、消しくずを完全に取り除いたうえ、新たにマークしてください。
 - ④ 解答欄のマークは、横 1 行について 1 箇所に限ります。
2 箇所以上マークすると採点されません。
あいまいなマークは無効となるので、はっきりマークしてください。
 - ⑤ 解答用マークシートに記載されている解答上の注意事項を、必ず読んでから解答してください。
- (5) 試験開始の指示があったら、初めに問題冊子のページ数を確認してください。
ページの落丁・乱丁、印刷不鮮明等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- (6) 問題冊子は、試験終了後、持ち帰ってください。

(下書き用紙)

(下書き用紙)

- 1 次の問題の の中に入れるべき正しい答を解答群の中から選び、その番号の ^{じゅう}十の位と ^{いち}一の位の数字を解答用マークシートの指定欄にマークしなさい。必要なら、同一番号を繰り返し用いてよい。(34点)

図1-1のように、水平部分と傾斜部分からなる質量 $M[\text{kg}]$ の台を水平な床に置き、台の水平部分に大きさの無視できる質量 $m[\text{kg}]$ の小物体を置く。台の傾斜部分の水平に対してなす角は $\theta[\text{rad}]$ であり、台の最も高い地点 P の水平部分からの高さは $H[\text{m}]$ である。床と台、および台と小物体の間の摩擦は無視できるものとする。小物体の速度は床から見た速度とし、その水平成分と鉛直成分はそれぞれ右向きと上向きを正とする。なお、台上で小物体がはねることはないものとする。また、重力加速度の大きさを $g[\text{m/s}^2]$ とする。

- (1) 台を床に固定し、台に置かれた小物体を初速度 $\vec{v}_0[\text{m/s}]$ で傾斜部分に向かって滑らせたところ、小物体は点 P に到達した後、傾斜部分を滑り降りた。これより $\vec{v}_0$ の水平成分は (ア) $[\text{m/s}]$ である。次に、台と床との固定をはずし、小物体を再び台の水平部分に置き、初速度 $\vec{v}_0[\text{m/s}]$ で傾斜部分に向かって滑らせたところ、小物体が到達した最高点の高さは、台の水平部分から (イ) $[\text{m}]$ であった。その後、小物体は傾斜部分を降下して水平部分を滑った。このときの小物体の速度の水平成分は (ウ) $[\text{m/s}]$ である。
- (2) 図1-2は(1)で用いた台の水平部分の端部にばね定数 $k[\text{N/m}]$ のばねを取り付け、自然長より長さ $L[\text{m}]$ 縮めた状態で、小物体をばねの端に置いた状況を示している。ばね及びばねの取り付け部分の質量は無視できる。台と床を固定しない状況で台と小物体を同時に離したところ、小物体は台の水平部分を傾斜部分に向かって滑った。小物体がばねから離れた直後の速さは (エ) $[\text{m/s}]$ となる。その後、小物体は台を滑りあがり、点 P に到達した後、空中に飛び出した。小物体が空中に飛び出す瞬間の床から見た速度の向きが水平となす角を $\alpha[\text{rad}]$ とすれば、 $\tan \alpha =$ (オ) となる。また、 M が m に等しいとすれば、小物体が飛び出す瞬間の速度の水平成分は (カ) $[\text{m/s}]$ となる。

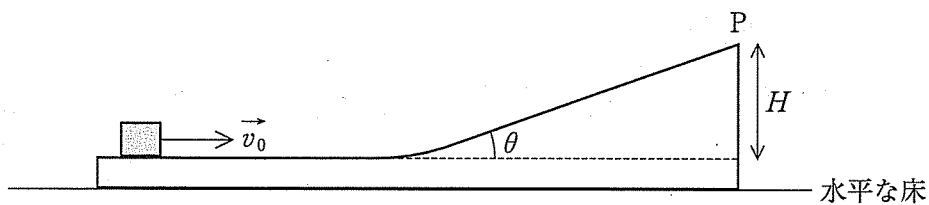


図 1-1

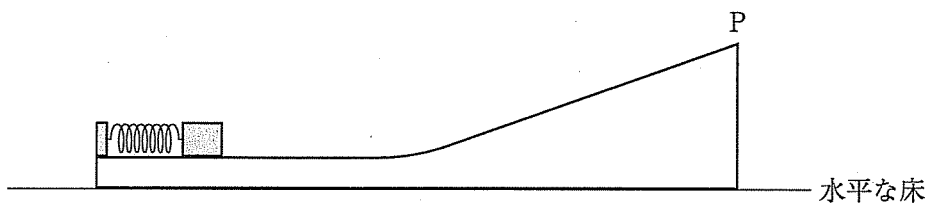


図 1-2

(ア), (イ), (ウ)の解答群

00 $\sqrt{\frac{gH}{2}}$

01 $\sqrt{gH}$

02 $\sqrt{2gH}$

03 $\frac{m-M}{m+M} \sqrt{\frac{gH}{2}}$

04 $\frac{M-m}{m+M} \sqrt{\frac{gH}{2}}$

05 $\frac{m-M}{m+M} \sqrt{gH}$

06 $\frac{M-m}{m+M} \sqrt{gH}$

07 $\frac{m-M}{m+M} \sqrt{2gH}$

08 $\frac{M-m}{m+M} \sqrt{2gH}$

09 $\frac{m}{m+M} H$

10 $\frac{M}{m+M} H$

11 $\frac{m+M}{M} H$

12 $\frac{m+M}{m} H$

13 $\frac{2m}{m+M} H$

14 $\frac{2M}{m+M} H$

15 $\frac{m+M}{2M} H$

16 $\frac{m+M}{2m} H$

(エ) の解答群

00 $L\sqrt{\frac{M}{m(m+M)}}k$	01 $L\sqrt{\frac{1}{m+M}}k$	02 $L\sqrt{\frac{(m+M)}{mM}}k$
03 $L\sqrt{\frac{(m+M)}{M^2}}k$	04 $L\sqrt{\frac{k}{M}}$	05 $L\sqrt{\frac{k}{m}}$
06 $\frac{m+M}{M}\tan\theta$	07 $\frac{m+M}{m}\tan\theta$	08 $\frac{M}{m+M}\tan\theta$
09 $\frac{m}{m+M}\tan\theta$	10 $\frac{m+M}{M\tan\theta}$	11 $\frac{m+M}{m\tan\theta}$
12 $\frac{M}{(m+M)\tan\theta}$	13 $\frac{m}{(m+M)\tan\theta}$	

(カ) の解答群

00 $\sqrt{\frac{kL^2 - mgH}{m(1 + \tan^2\theta)}}$	01 $\sqrt{\frac{kL^2 - 2mgH}{m(1 + \tan^2\theta)}}$	02 $\sqrt{\frac{kL^2 - 2mgH}{2m(1 + \tan^2\theta)}}$
03 $\sqrt{\frac{kL^2 - 2mgH}{2m(2 + \tan^2\theta)}}$	04 $\sqrt{\frac{kL^2 - 2mgH}{2m(1 + 2\tan^2\theta)}}$	05 $\sqrt{\frac{kL^2 - 2mgH}{4m(1 + \tan^2\theta)}}$
06 $\sqrt{\frac{kL^2 - mgH}{m(2 + \tan^2\theta)}}$	07 $\sqrt{\frac{kL^2 - mgH}{m(1 + 2\tan^2\theta)}}$	08 $\sqrt{\frac{kL^2 - mgH}{2m(1 + \tan^2\theta)}}$
09 $\sqrt{\frac{kL^2 - mgH}{m(1 + \tan\theta)}}$	10 $\sqrt{\frac{kL^2 - 2mgH}{m(1 + \tan\theta)}}$	11 $\sqrt{\frac{kL^2 - 2mgH}{2m(1 + \tan\theta)}}$
12 $\sqrt{\frac{kL^2 - 2mgH}{2m(2 + \tan\theta)}}$	13 $\sqrt{\frac{kL^2 - 2mgH}{2m(1 + 2\tan\theta)}}$	14 $\sqrt{\frac{kL^2 - 2mgH}{4m(1 + \tan\theta)}}$
15 $\sqrt{\frac{kL^2 - mgH}{m(2 + \tan\theta)}}$	16 $\sqrt{\frac{kL^2 - mgH}{m(1 + 2\tan\theta)}}$	17 $\sqrt{\frac{kL^2 - mgH}{2m(1 + \tan\theta)}}$

(下書き用紙)

- 2 次の文中の (キ) , (ク) , (コ) , (シ) にあてはまる数値を、次に述べる注意にしたがって解答用マークシートの指定欄にマークしなさい。途中計算は分数で行い、最後に小数に直しなさい。また、解答は有効数字が2桁となるように3桁目を四捨五入し、下に示す形式で a , b , p , c をマークしなさい。

$$\boxed{a} . \boxed{b} \times 10^{\boxed{p} \boxed{c}}$$

↑ 小数点
 ↑ 正負の符号

ただし、 $c = 0$ のときには p に $+$ を、 c に 0 をマークしなさい。

また、次の文中の (ケ) , (サ) , (ズ) ~ (ジ) については、この中に入れるべき正しい答を解答群の中から選び、その番号を解答用マークシートの指定欄にマークしなさい。(33点)

- (1) 図2-1のように、直流電源と4個の抵抗 R_1 , R_2 , R_3 , R_4 からなる回路があり、各抵抗 R_2 , R_3 , R_4 の値はそれぞれ $7.2 \times 10^3 \Omega$, $6.0 \times 10^3 \Omega$, $9.6 \times 10^4 \Omega$ である。スイッチ S が開いているときと閉じているときの両方の場合で図2-1中の A 点を流れる電流 I の値が一致するとき、 R_1 の抵抗値は (キ) Ω である。

次に、図2-1の回路に対して、図2-2のように抵抗値 $2.0 \times 10^3 \Omega$ の抵抗 R_5 を抵抗 R_3 に並列に接続し、内部抵抗をもつ検流計 G を抵抗 R_2 に直列に接続した。検流計 G の内部抵抗の値が (ク) Ω であるとき、スイッチ S が開いているときと閉じているときの両方の場合で検流計 G を流れる電流の値が一致する。

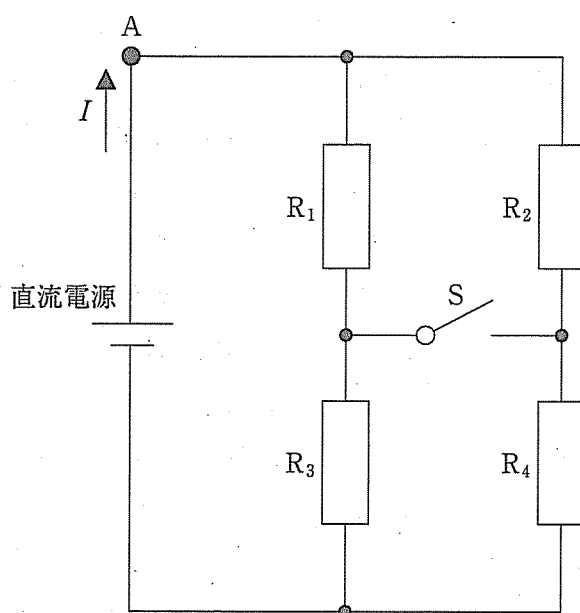


图 2-1

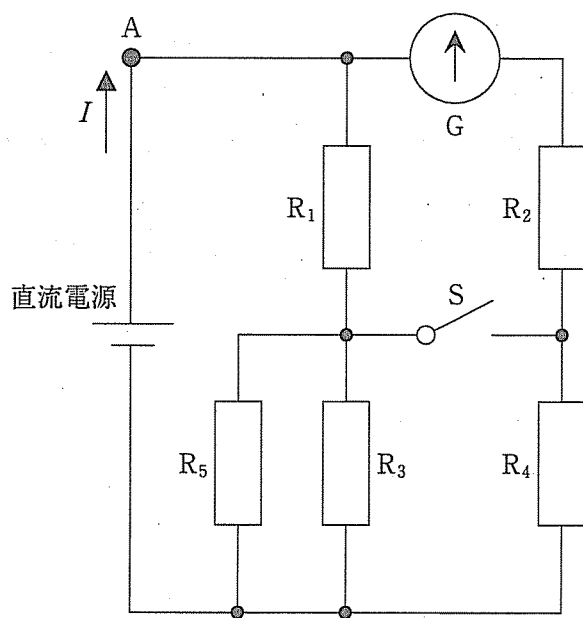


图 2-2

(2) 図2-3のように、真空中に2つの平らな極板 a, b を距離 $d = 1.0 \times 10^{-2} \text{ m}$ の間隔で平行に置いて作られるコンデンサー C と、起電力 200 V の直流電源およびスイッチ S を直列に接続して回路を形成する。極板 a, b の厚みは無視できるものとし、極板 a, b の最大面は面積 $A = 0.40 \text{ m}^2$ の正方形である。はじめにスイッチ S を閉じて、じゅうぶんに時間が経過した後、極板 a, b のそれぞれに $+Q, -Q [\text{C}]$ ($Q > 0$) の電荷が蓄えられた状態でスイッチ S を開く。このとき、極板 a, b の間の電界(電場)は一樣であるものとする。なお、真空の誘電率を $\epsilon_0 = 8.9 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ とする。

図2-3のように、最大面が正方形で面積 $A = 0.40 \text{ m}^2$ 、厚さ $t = 6.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ の直方体の導体 X を、最大面が極板 a, b と平行かつ非接触を保った状態で、極板 a, b の間に挿入する。

導体 X の全体が図2-4のように極板 a, b の間に挿入されたとき、コンデンサー C に蓄えられている静電エネルギーは導体 X の挿入前と比べて (ケ) し、その変化量の大きさは (コ) $\times Q^2 [\text{J}]$ である。

次に、導体 X を極板 a, b 間から完全に取り出し、スイッチ S を閉じてじゅうぶんに時間が経過した後、導体 X を、図2-4のように、最大面が極板 a, b と平行に非接触を保ちながら、再び極板 a, b 間に挿入する。このときコンデンサー C に蓄えられている静電エネルギーは導体 X の挿入前と比べて (サ) し、その変化量の大きさは (シ) J である。

(ケ), (サ)の解答群

0 増 加 1 減 少

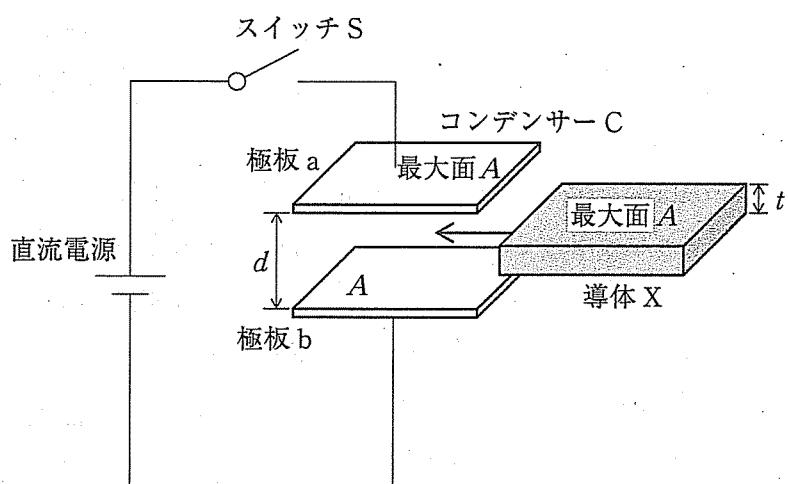


図 2-3

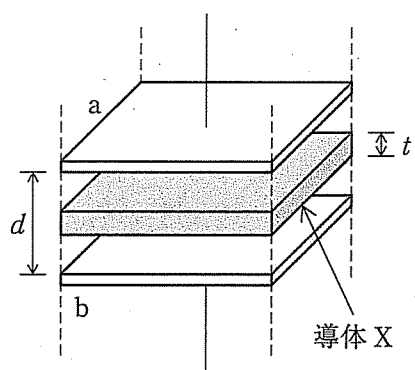


図 2-4

(3) 図 2-5 のように、一様な磁界(磁場)中で、長方形の一巻きコイルを、辺 HK を回転軸として右手回りに回転させる。磁界の向きは y 軸方向に正の向きであり、磁束密度の大きさが B [T] である。コイルは点 H と点 K が常に z 軸上にあり、辺 HK と辺 LM の長さは p [m]、辺 HM と辺 KL の長さは r [m] である。コイルに使用している導線の太さは無視できるものとし、コイル全体の抵抗は $20\ \Omega$ である。なお、時刻 $t = 0$ s のとき、コイル上の点 K、L は y 軸上にあり、コイルの回転数は毎秒 10 回で一定とする。

時刻 $t > 0$ s において、コイルを貫く磁束の大きさは (ズ) [Wb]、である。なお、このときコイルに流れる電流の大きさは $\pi B p r |\cos 20\pi t|$ [A] であった。

$t = \frac{1}{60}$ s のとき、コイルの回転軸(辺 HK の部分)が磁界から受ける力の大きさは (セ) [N] である。

コイルが 1 回転する間に、コイルが外部からされる仕事は (ソ) [J] である。

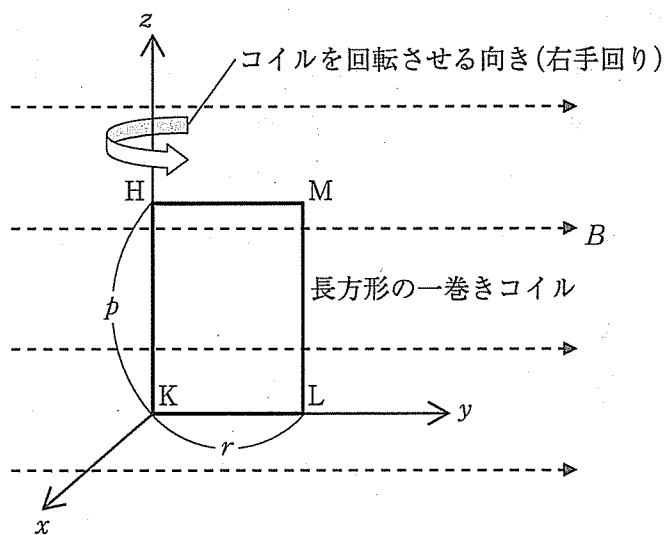


図 2-5

(ス)の解答群

- | | | |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 0 $\pi Bpr \sin 20\pi t $ | 1 $2\pi Bpr \sin 10\pi t $ | 2 $Bpr \sin 10\pi t $ |
| 3 $Bpr \sin 20\pi t $ | 4 $2Bpr \sin 20\pi t $ | 5 $Bpr \cos 10\pi t $ |
| 6 $2\pi Bpr \cos 10\pi t $ | 7 $2Bpr \cos 20\pi t $ | 8 $Bpr \cos 20\pi t $ |
| 9 $\pi Bpr \cos 20\pi t $ | | |

(セ)の解答群

- | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 0 $\frac{\pi B^2 pr^2}{2}$ | 1 $\frac{\pi B^2 pr^2}{3}$ | 2 $\frac{\pi B^2 p^2 r}{3}$ |
| 3 $\frac{\pi B^2 p^2 r}{2}$ | 4 $\frac{\sqrt{2} \pi B^2 p^2 r}{2}$ | 5 $\frac{\sqrt{3} \pi B^2 pr^2}{2}$ |
| 6 $\frac{\sqrt{3} \pi B^2 pr^2}{6}$ | 7 $\frac{\sqrt{2} \pi B^2 p^2 r}{6}$ | 8 $\frac{\sqrt{3} \pi B^2 p^2 r}{2}$ |
| 9 0 | | |

(ソ)の解答群

- | | | |
|---|---|--------------------------------|
| 0 $\pi B^2 p^2 r^2$ | 1 $\sqrt{2} \pi B^2 p^2 r^2$ | 2 $\sqrt{3} \pi B^2 p^2 r^2$ |
| 3 $\frac{\sqrt{2} \pi B^2 p^2 r^2}{20}$ | 4 $\frac{\sqrt{3} \pi B^2 p^2 r^2}{20}$ | 5 $\frac{\pi B^2 p^2 r^2}{20}$ |
| 6 $\pi^2 B^2 p^2 r^2$ | 7 $10\pi^2 B^2 p^2 r^2$ | 8 $20\pi^2 B^2 p^2 r^2$ |
| 9 0 | | |

(下書き用紙)

- 3 次の問題の の中に入れるべき正しい答を解答群の中から選び、その番号を解答用マークシートの指定欄にマークしなさい。ただし、(タ)、(チ)、(ツ)の解答はマークする番号が2ケタのため、番号の^{じゅう}十の位と^{いち}一の位の数字を指定欄にマークすること。また、必要なら、同一番号を繰り返し用いてよい。小物体の比熱は無視できるものとする。(33点)

図3のように、滑らかに動くことのできるピストンのついたシリンダーが水平な台に鉛直に置かれている。ピストンの断面積は $S[\text{m}^2]$ であり、厚さと質量は無視できるものとする。シリンダー内部には単原子分子の理想気体(以下、気体と呼ぶ)が封入されており、ヒーターが設置されているほか、質量 $m[\text{kg}]$ の小物体(質点)がシリンダー底面に置かれており、長さ $2H[\text{m}]$ の伸び縮みしない糸を介してピストンにつながれている。また、ばね定数 $k[\text{N/m}]$ のばねが天井からつるされており、その下端には板が取り付けられている。板の高さはシリンダーの底面から $3H[\text{m}]$ である。

なお、シリンダーとピストンは断熱材でできており、糸とばねと板の質量、ヒーターと糸の体積、板の厚さ、ピストンとシリンダー間の摩擦は無視できるものとする。重力加速度の大きさを $g[\text{m/s}^2]$ 、大気圧を $p_0[\text{Pa}]$ とする。

最初、ピストンはシリンダー底面から高さ $H[\text{m}]$ の位置に静止しており、糸はたるんだ状態であった。この状態を状態 A とする。

ヒーターで気体を加熱したところ、ピストンはシリンダー底面から高さ $h[\text{m}]$ の位置までゆっくりと上昇したが、糸はたるんだままであった。このとき、状態 A からの気体の内部エネルギーの変化量は (タ) $[\text{J}]$ 、状態 A からこの状態になるまでに気体がした仕事は (チ) $[\text{J}]$ 、ヒーターが気体に与えた熱量は (ツ) $[\text{J}]$ である。

加熱を続けるとピストンはさらに上昇し、糸のたるみがなくなって小物体が静かに底面から離れた。このとき、シリンダー内の気体の圧力は (テ) $[\text{Pa}]$ である。また、状態 A からヒーターで気体に与えた熱量の合計を $Q[\text{J}]$ とすると、ピストンのシリンダー底面からの高さは (ト) $[\text{m}]$ となる。

さらに加熱を続けると、ピストンはさらに上昇して板と接触し、その後ゆっく

りとばねを圧縮してシリンダー底面から高さ $4H$ [m] の位置に到達した。このとき、シリンダー内の気体の内部エネルギーは (ナ) [J] であり、状態 A からこの状態にするために必要な熱量は (ニ) [J] である。

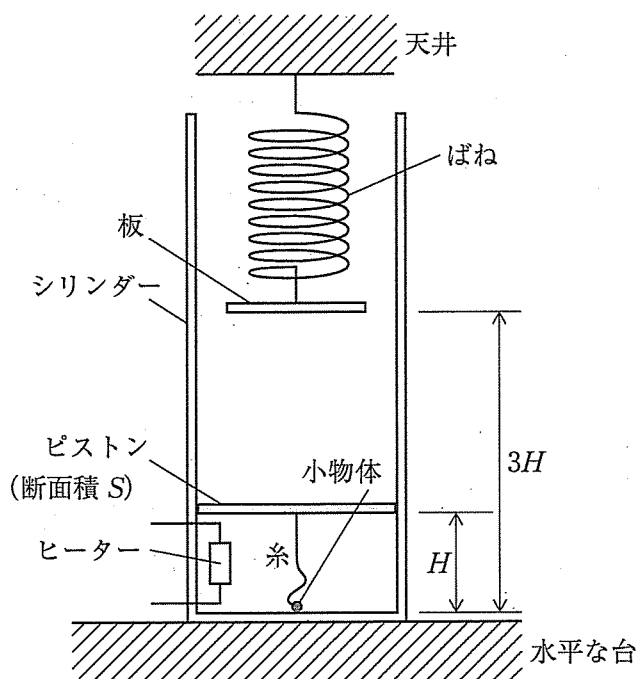


図 3

(タ), (チ), (ツ)の解答群

- | | | |
|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 00 $p_0 S(h + H)$ | 01 $\frac{5}{2} p_0 S h$ | 02 $\frac{5}{2} p_0 S(h + H)$ |
| 03 $p_0 S(h - H)$ | 04 $p_0 S h$ | 05 $\frac{5}{2} p_0 S(h - H)$ |
| 06 $\frac{3}{2} p_0 S(h - H)$ | 07 $\frac{3}{2} p_0 S h$ | 08 $\frac{3}{2} p_0 S(h + H)$ |
| 09 $p_0 S H$ | 10 $\frac{7}{2} p_0 S h$ | 11 $\frac{7}{2} p_0 S(h - H)$ |
| 12 $\frac{3}{2} p_0 S H$ | 13 $\frac{5}{2} p_0 S H$ | 14 $\frac{7}{2} p_0 S H$ |
| 15 $\frac{7}{2} p_0 S(h + H)$ | | |

(テ)の解答群

- | | | | |
|-------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| 0 p_0 | 1 $p_0 S + mg$ | 2 $p_0 + \frac{mg}{S}$ | 3 $p_0 S - mg$ |
| 4 $p_0 - \frac{mg}{S}$ | 5 $p_0 S + 2mg$ | 6 $p_0 + \frac{2mg}{S}$ | 7 $p_0 S - 2mg$ |
| 8 $p_0 - \frac{2mg}{S}$ | 9 $p_0 S$ | | |

(下書き用紙)

(ト)の解答群

$$0 \quad \frac{2Q + 5p_0SH + 2mgH}{5p_0S}$$

$$2 \quad \frac{2Q + 3p_0SH + 2mgH}{5(p_0S + mg)}$$

$$4 \quad \frac{2Q + 5p_0SH + 4mgH}{5(p_0S + mg)}$$

$$6 \quad \frac{2Q + 3p_0SH + 4mgH}{5p_0S}$$

$$8 \quad \frac{2Q + 3p_0SH + 4mgH}{5(p_0S + mg)}$$

$$1 \quad \frac{2Q + 3p_0SH + 4mgH}{5p_0S + 2mg}$$

$$3 \quad \frac{2Q + 5p_0SH + 2mgH}{p_0S + mg}$$

$$5 \quad \frac{2Q + 5p_0SH + 4mgH}{p_0S + mg}$$

$$7 \quad \frac{2Q + 5p_0SH + 4mgH}{5p_0S}$$

$$9 \quad \frac{2Q + 5p_0SH + 2mgH}{5p_0S + 2mg}$$

(ナ)の解答群

$$0 \quad 6(p_0S + mg + kH)H$$

$$2 \quad 6(p_0S + mg)H$$

$$4 \quad \frac{3}{2}(2p_0S + 2mg + kH)H$$

$$6 \quad \frac{3}{2}(2p_0S + 2mg - kH)H$$

$$8 \quad 2(p_0S + mg + kH)H$$

$$1 \quad \frac{3}{2}(p_0S + mg - kH)H$$

$$3 \quad \frac{3}{2}(p_0S + mg)H$$

$$5 \quad \frac{3}{4}(2p_0S + 2mg + kH)H$$

$$7 \quad 2(p_0S + mg)H$$

$$9 \quad \frac{1}{2}(p_0S + mg - kH)H$$

(二)の解答群

$$0 \quad \frac{9}{2}p_0SH + 8mgH + \frac{13}{2}kH^2$$

$$1 \quad 9p_0SH + 8mgH + \frac{13}{2}kH^2$$

$$2 \quad \frac{9}{2}p_0SH + 7mgH + \frac{21}{2}kH^2$$

$$3 \quad 9p_0SH + 6mgH + 6kH^2$$

$$4 \quad \frac{15}{2}p_0SH + 8mgH + 6kH^2$$

$$5 \quad 9p_0SH + 8mgH + 6kH^2$$

$$6 \quad \frac{15}{2}p_0SH + 7mgH + \frac{21}{2}kH^2$$

$$7 \quad 9p_0SH + 7mgH + \frac{21}{2}kH^2$$

$$8 \quad \frac{15}{2}p_0SH + 8mgH + \frac{13}{2}kH^2$$

$$9 \quad \frac{15}{2}p_0SH + 6mgH + 6kH^2$$

