

# 物 理

(解答番号  ~  )

**第1問** 次の文章中の **1** ~ **6** に当てはまる適切なものを、それぞれの選択肢①~⑥のうちから1つずつ選びなさい。なお、重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。

【解答番号 **1** ~ **6**】

図1-1に示すように、なめらかな水平面上に置かれたばね定数  $k$  [N/m] の軽いばねに質量  $m$  [kg] の小物体 P が接している。ここで、この小物体 P をばねに押し当て、静かに小物体 P をはなしたあとの運動を考える。なお、水平面は図1-1の点 A より左側ではなめらかであるが、右側ではあらく小物体 P との動摩擦係数は  $\mu'$  である。

小物体 P を押し当て、自然長から  $L$  [m] だけばねをゆっくりと縮ませた。このときの小物体 P がもつ力学的エネルギーは **1** [J] であり、ばねを縮ませたとき外力がした仕事は **2** [J] である。静かに小物体 P をはなして、ばねの縮みが  $\frac{L}{2}$  [m] となったときの小物体 P の速さは **3** [m/s] である。

その後、ばねからはなれた小物体 P が点 A に到達し、やがて点 B で静止した。点 A での小物体 P の速さは **4** [m/s] であり、AB 間の距離は **5** [m] である。また、点 A を通過してから点 B で静止するのに要する時間は **6** [s] である。

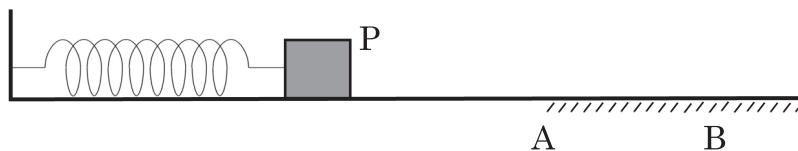


図1-1

**1** の選択肢

- |                      |          |                      |
|----------------------|----------|----------------------|
| ① $\frac{1}{2} kL$   | ② $kL$   | ③ $2kL$              |
| ④ $\frac{1}{2} kL^2$ | ⑤ $kL^2$ | ⑥ $\frac{3}{2} kL^2$ |

**2** の選択肢

①  $\frac{1}{2} kL$

②  $kL$

③  $2kL$

④  $\frac{1}{2} kL^2$

⑤  $kL^2$

⑥  $\frac{3}{2} kL^2$

**3** の選択肢

①  $\frac{L}{2} \sqrt{\frac{3k}{m}}$

②  $L \sqrt{\frac{k}{m}}$

③  $L \sqrt{\frac{2k}{m}}$

④  $2L \sqrt{\frac{3k}{m}}$

⑤  $2L \sqrt{mk}$

⑥  $3L \sqrt{mk}$

**4** の選択肢

①  $\frac{L}{2} \sqrt{\frac{3k}{m}}$

②  $L \sqrt{\frac{k}{m}}$

③  $L \sqrt{\frac{2k}{m}}$

④  $2L \sqrt{\frac{3k}{m}}$

⑤  $2L \sqrt{mk}$

⑥  $3L \sqrt{mk}$

**5** の選択肢

①  $\frac{kL^2}{3\mu' mg}$

②  $\frac{kL^2}{2\mu' mg}$

③  $\frac{2kL^2}{\mu' mg}$

④  $\frac{3kL^2}{\mu' mg}$

⑤  $\frac{mg}{2\mu' kL^2}$

⑥  $\frac{2\mu' mg}{kL^2}$

**6** の選択肢

①  $\frac{g}{\mu'} \sqrt{\frac{k}{m}}$

②  $\frac{L}{2\mu' g} \sqrt{\frac{k}{m}}$

③  $\frac{L}{\mu' g} \sqrt{\frac{k}{m}}$

④  $\frac{2L}{\mu' g} \sqrt{\frac{2k}{m}}$

⑤  $\frac{g}{L} \sqrt{\frac{k}{\mu' m}}$

⑥  $\frac{2g}{L} \sqrt{\frac{2k}{\mu' m}}$

第2問 次の文章中の **7** ~ **12** に当てはまる適切なものを、それぞれの選択肢①~⑥のうちから1つずつ選びなさい。なお、気体定数を  $R$  [J/(mol・K)] とする。

〔解答番号 **7** ~ **12**〕

1 mol の単原子分子理想気体の状態を図2-1のように変化させる。ここで、 $A \rightarrow B$  と  $C \rightarrow D$  は定積変化、 $B \rightarrow C$  は等温変化、 $B \rightarrow D$  は断熱変化、 $D \rightarrow A$  は定圧変化である。状態  $A$  での圧力を  $P_0$  [Pa]、体積を  $V_0$  [m<sup>3</sup>]、温度を  $T_0$  [K] とし、状態  $C$  および  $D$  での体積を  $2V_0$  [m<sup>3</sup>] とする。なお、断熱変化では気体の温度  $T$  [K] と体積  $V$  [m<sup>3</sup>] の間には、比熱比を  $\gamma$  として  $TV^{\gamma-1} = \text{一定}$  という関係があり、 $2^{\gamma-1} = 1.6$  であるとする。また、 $B \rightarrow C$  において気体がする仕事を  $2RT_0$  [J] とする。このとき、状態  $D$  の温度は **7** [K] であり、状態  $B$  の温度は **8** [K] である。 $A \rightarrow B$  における内部エネルギーの変化は **9** [J] であり、 $D \rightarrow A$  において気体がする仕事は **10** [J] である。 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$  という1サイクルにおける熱効率は **11** であり、一方、 $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow A$  という1サイクルにおける熱効率は **12** である。

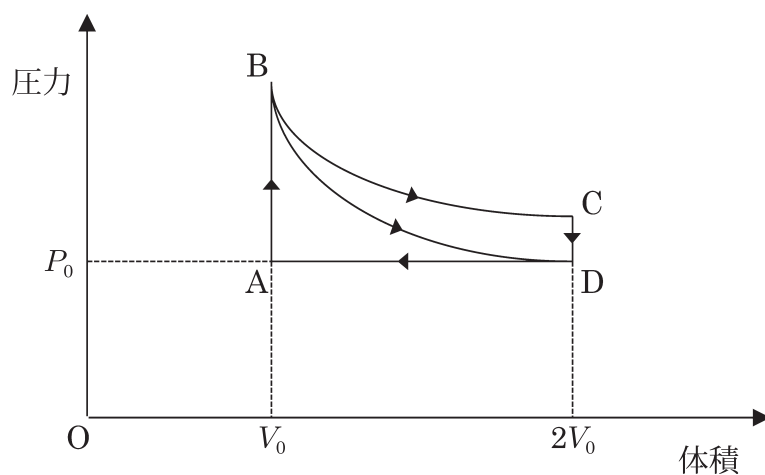


図2-1

**7** の選択肢

①  $0.50T_0$

②  $0.80T_0$

③  $1.0T_0$

④  $1.6T_0$

⑤  $2.0T_0$

⑥  $3.2T_0$

**8** の選択肢

①  $0.50T_0$

②  $0.80T_0$

③  $1.0T_0$

④  $1.6T_0$

⑤  $2.0T_0$

⑥  $3.2T_0$

**9** の選択肢

①  $1.0RT_0$

②  $1.5RT_0$

③  $2.4RT_0$

④  $3.3RT_0$

⑤  $4.0RT_0$

⑥  $4.8RT_0$

**10** の選択肢

①  $-2.0RT_0$

②  $-1.5RT_0$

③  $-1.0RT_0$

④ 0

⑤  $1.0RT_0$

⑥  $2.0RT_0$

**11** の選択肢

① 0.14

② 0.19

③ 0.24

④ 0.29

⑤ 0.33

⑥ 0.38

**12** の選択肢

① 0.14

② 0.19

③ 0.24

④ 0.29

⑤ 0.33

⑥ 0.38

**第3問** 次の文章中の **13** ~ **18** に当てはまる適切なものを、それぞれの選択肢①~⑥のうちから1つずつ選びなさい。なお、空気の絶対屈折率を1とする。

〔解答番号 **13** ~ **18**〕

図3-1に示すように、平らな実験台AOの上にスリットSを持ったつい立てABと、これに平行に  $l$  [m] だけ離れたところにスクリーンOQが、いずれも実験台に垂直に置かれている。つい立てとスクリーンとの間に十分に薄い平面鏡KMがある。平面鏡KMの長さは  $\frac{l}{4}$  [m] であり、MはAOの中心にある。スリットSは実験台から  $d$  [m] だけ離れており、 $d$  は  $l$  より十分小さい。

スリットSの左側より波長  $\lambda$  [m] の単色光を入射すると、Sより直接スクリーン上の点Pにあたる光と平面鏡上の点Tで反射して同じ点にあたる光とが干渉して明暗のしまを生じる。光が平面鏡で反射する際、位相  $\pi$  [rad] の変化を受ける。したがって、干渉により点Pに明るいしまができていない場合、経路SPの光と、経路STPの光の経路差は波長  $\lambda$  と整数  $m$  ( $m = 0, 1, 2, \dots$ ) を用いて、

$$(\overline{ST} + \overline{TP}) - \overline{SP} = \mathbf{13} \dots (1)$$

とあらわされる。ここで、 $\overline{PO} = y$  [m] とし、この  $y$  を求めていく。 $\overline{SP}^2$  については、

$$\overline{SP}^2 = \mathbf{14} \dots (2)$$

が成り立つ。次に、Sの点Aに関して対称な点をS' とすると、 $\overline{ST} + \overline{TP} = \overline{S'T} + \overline{TP}$  となる。このことを考慮すると、 $(\overline{ST} + \overline{TP})^2$  は、

$$(\overline{ST} + \overline{TP})^2 = \mathbf{15} \dots (3)$$

とあらわされる。ここで、 $y$  は  $l$  に比べて十分に小さいとすると、式(1)、(2)、(3)、および、 $x$  が十分小さいときに成り立つ近似式  $(1+x)^{\frac{1}{2}} \doteq 1 + \frac{1}{2}x$  を用いて、 $y = \mathbf{16}$  とあらわされる。したがって、隣り合う明るいしまの間隔を  $a$  [m] とすると、 $a = \mathbf{17}$  となる。また、スクリーン上で干渉の生じる  $y$  の範囲は **18** である。

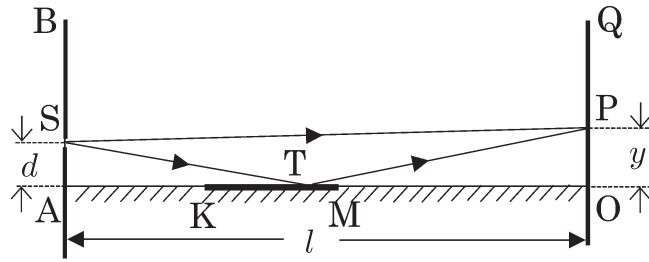


図 3 - 1

13 の選択肢

①  $\frac{m\lambda}{2}$

②  $\left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2}$

③  $m\lambda$

④  $\left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda$

⑤  $2m\lambda$

⑥  $(2m + 1) \lambda$

14 の選択肢

①  $(l - d)^2 + y^2$

②  $(l + d)^2 + y^2$

③  $l^2 + (y - d)^2$

④  $l^2 + (y + d)^2$

⑤  $l^2 + (y - 2d)^2$

⑥  $l^2 + (y + 2d)^2$

15 の選択肢

①  $(l - d)^2 + y^2$

②  $(l + d)^2 + y^2$

③  $l^2 + (y - d)^2$

④  $l^2 + (y + d)^2$

⑤  $l^2 + (y - 2d)^2$

⑥  $l^2 + (y + 2d)^2$

16 の選択肢

①  $\frac{ml\lambda}{4d}$

②  $\left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{l\lambda}{4d}$

③  $\frac{ml\lambda}{2d}$

④  $\left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{l\lambda}{2d}$

⑤  $\frac{ml\lambda}{d}$

⑥  $\left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{l\lambda}{d}$

**17** の選択肢

①  $\frac{l\lambda}{8d}$

②  $\frac{l\lambda}{4d}$

③  $\frac{l\lambda}{2d}$

④  $\frac{l\lambda}{d}$

⑤  $\frac{2l\lambda}{d}$

⑥  $\frac{4l\lambda}{d}$

**18** の選択肢

①  $0 \leq y \leq 3d$

②  $d \leq y \leq 2d$

③  $d \leq y \leq 3d$

④  $d \leq y \leq 4d$

⑤  $d \leq y$

⑥  $2d \leq y \leq 3d$



**第4問** 次の文章中の **19** ~ **24** に当てはまる適切なものを、それぞれの選択肢①~⑥のうちから1つずつ選びなさい。なお、電池の内部抵抗は無視できるとする。

〔解答番号 **19** ~ **24**〕

抵抗線、コンデンサー、抵抗器、電池、スイッチからなる回路を図4-1に示す。抵抗線は断面積が一定で材質も一様であり、長さ  $L$  [m] の AB 間の抵抗値は  $R$  [ $\Omega$ ] である。また、接点 D は AB 間で自由に位置を変えることができ、BD 間の長さを  $d$  [m] とする。抵抗器 1 と抵抗器 2 の抵抗値はそれぞれ  $R_1$  [ $\Omega$ ]、 $R_2$  [ $\Omega$ ] で、コンデンサーの静電容量は  $C$  [F]、電池の起電力は  $E$  [V] である。

この回路で、はじめにスイッチを閉じた。十分な時間が経過したあとではコンデンサーには電流は流れないので、抵抗器 1 での電圧降下は **19** [V] であり、抵抗線上の D の B に対する電位は **20** [V] であった。また、コンデンサーの上側の極板にたくわえられた電気量は、 $d$  を用いてあらわすと **21** [C] である。次にスイッチを開き、十分な時間が経過してから D を動かして  $d = d_1$  [m] とした。それからスイッチを閉じたところ、コンデンサーの極板間の電圧は 0 V となった。これより、 $d_1 =$  **22** とわかる。また、このときに回路全体で 1 秒間に発生したジュール熱は **23** [J] である。続いてスイッチを閉じたまま D を動かして  $d = d_2$  [m] とした ( $d_2 > d_1$ )。十分な時間が経過した後にスイッチを開くと、その直後に抵抗器 1 を流れる電流の大きさは抵抗器 2 を流れる電流の大きさの  $\frac{3}{4}$  となった。このときの  $d_2$  は、 $L$  と各抵抗値を使ってあらわすと **24** [m] である。

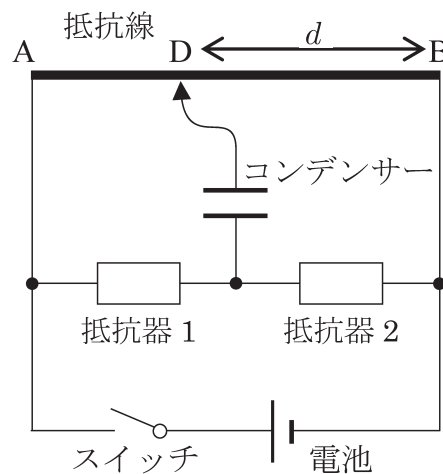


図4-1

**19** の選択肢

①  $\frac{R_2 E}{R_1}$

②  $\frac{R_1 E}{R_2}$

③  $\frac{(R_1 + R_2) E}{R_1}$

④  $\frac{(R_1 + R_2) E}{R_2}$

⑤  $\frac{R_1 E}{R_1 + R_2}$

⑥  $\frac{R_2 E}{R_1 + R_2}$

**20** の選択肢

①  $\frac{L E}{d}$

②  $\frac{(L + d) E}{d}$

③  $\frac{(L - d) E}{d}$

④  $\frac{d E}{L}$

⑤  $\frac{R d E}{L}$

⑥  $\frac{d E}{L + d}$

**21** の選択肢

①  $\left( \frac{d}{L} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) C E$

②  $\left( \frac{d}{L} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) C E$

③  $\left( \frac{L - d}{L} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) C E$

④  $\left( \frac{d}{L} - \frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) C E$

⑤  $\left( \frac{d}{L} - \frac{R_1 + R_2}{R_2} \right) C E$

⑥  $\left( \frac{L}{L - d} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) C E$

**22** の選択肢

①  $\frac{R_2 L}{R_1}$

②  $\frac{R_1 L}{R_2}$

③  $\frac{(R_1 + R_2) L}{R_1}$

④  $\frac{(R_1 + R_2) L}{R_2}$

⑤  $\frac{R_1 L}{R_1 + R_2}$

⑥  $\frac{R_2 L}{R_1 + R_2}$

**23** の選択肢

①  $\frac{1}{R_1 + R_2} E^2$

②  $\frac{R + R_1 + R_2}{R(R_1 + R_2)} E^2$

③  $\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} E^2$

④  $\frac{R + R_1 + R_2}{R_1 R_2} E^2$

⑤  $\left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) E^2$

⑥  $(R + R_1 + R_2) E^2$

**24** の選択肢

①  $\frac{(R - 3R_1 + 4R_2)L}{8R}$

②  $\frac{(3R + 3R_1 + 4R_2)L}{7R}$

③  $\frac{(3R + 3R_1 - 4R_2)L}{7R}$

④  $\frac{(3R + 3R_1 + 4R_2)L}{8R}$

⑤  $\frac{(R + R_1 + R_2)L}{8R}$

⑥  $\frac{(R + R_1 + R_2)L}{7R}$

以上で問題は終わりです。