

後期

理科問題

# 物 理

1 図1のように糸の長さ 9.8 m の二つの单振り子 a, b があり、鉛直に下げたときちょうど接触するようになっている。このときのおもりの位置を高さの基準とする。aのおもりの質量は 1.0 kg, b のおもりの質量は 2.0 kg である。はじめ b を基準の位置に静止させ、a を糸を張ったまま右側へ 1.6 m の高さまで持ち上げ、初速度 0 で静かに放したところ、a は b に衝突して静止し、b は左側に動きだした。その後 b はある位置まで揺れて戻ってきて、再び a と衝突し、a, b は再び揺れ、戻ってきてもう一度衝突した。次の [ ] に該当する数字または選択肢の番号をマークせよ。数値は棒に従って四捨五入すること。ただし、振り子が揺れている間は力学的エネルギーが保存し、衝突の過程では矩の運動量の総和は保存するものとする。また、重力加速度を  $9.8 \text{ m/s}^2$  とする。

1回目の衝突直前の a の速さは [1] . [2] m/s である。

1回目の衝突直後の b の速さは [3] . [4] m/s である。

この衝突の反発係数は [5] . [6] である。1回目の衝突で

失われる力学的エネルギーは [7] . [8] J である。

失われたエネルギーは [9] に変わる。

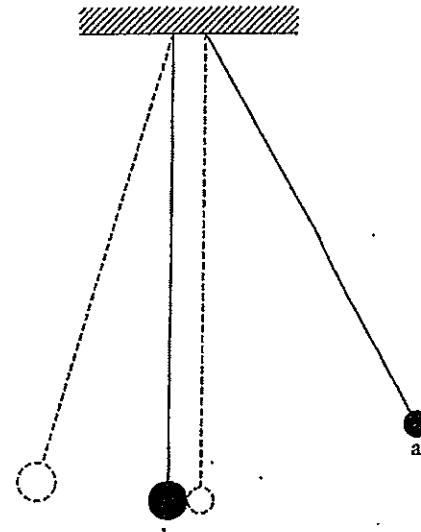


図 1

[9] の選択肢

- |               |              |              |          |
|---------------|--------------|--------------|----------|
| ① b の運動量      | ② b の運動エネルギー | ③ b の位置エネルギー | ④ 天井の運動量 |
| ⑤ 天井の力学的エネルギー | ⑥ 热や音のエネルギー  | ⑦ 該当なし       |          |

1回目の衝突後、b は最高 [10] . [11] m の高さに達する。

振れ幅は小さいものとして近似すると、1回目の衝突の [12] , [13] 秒後に2回目の衝突が起こる。

2回目の衝突直前の b の速さは [14] . [15] m/s である。

反発係数は1回目の衝突と同じとすると2回目の衝突直後の a の速さは [16] . [17] m/s, b の速さは

[18] . [19] m/s, b の速度は [20] 向きである。

振れ幅は小さいものとして单振動で近似すると3回目の衝突は糸が鉛直になる位置の [21] で起こることになる。

[20] の選択肢 ① 左 ② 右 ③ どちらともいえない

[21] の選択肢 ① 左側 ② ちょうどその位置 ③ 右側

- 2 空気に対する屈折率が  $n$  ( $n > 1$ ) の透明な物質でできた、直方体の物体がある(図2)。この直方体の一つの側面S上で上面から下がった点Pを上面を通して点Oから眺める。点OはSから水平方向に  $x$ 、上面から高さ  $y$ だけ離れているとする ( $x > 0, y > 0$ )。直方体の側面は光を通さず、Pは上面を通してのみ見ることができる。Sから相対する側面までの距離を  $a$  とする。以下の各問の [ ] に該当する選択肢の番号をマークせよ。

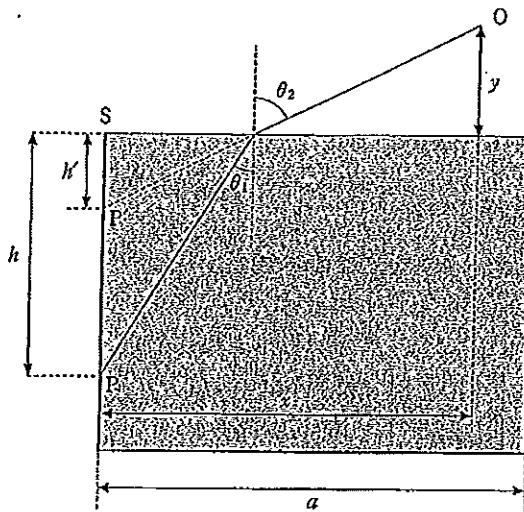


図2

Pからでた光の入射角を  $\theta_1$ 、空气中へ出て行くときの屈折角を  $\theta_2$  とする。また、屈折後の光の進路をそのままSへ延長したときの交点を  $P'$  とする。 $P'$  の上面からの距離  $h'$  を  $\theta_1, \theta_2, h$  を用いて表すと、 $h' = \frac{22}{23}h$  である。

また、 $\theta_1, \theta_2$  および  $n$  の間には  $n = \frac{24}{25}$  の関係がある。

[22] ~ [25] の選択肢

- ①  $\sin \theta_1$     ②  $\sin \theta_2$     ③  $\cos \theta_1$     ④  $\cos \theta_2$     ⑤  $\tan \theta_1$     ⑥  $\tan \theta_2$     ⑦ 該当なし

これらの式から  $h'$  を  $\theta_1, n, h$  を用いて表すと  $h' = [26]h$  と表される。

$h'$  を表す式を以下の二つの場合に考察する。まず、 $x$  が  $h$  に比べて十分小さい場合を考える。このとき、 $\theta_2$  も十分小さいので、 $\cos \theta_2 \approx 1, \sin^2 \theta_2 \approx 0$  としてよい。この近似の下で  $h' \approx [27]h$  と表すことができる。

[26], [27] の選択肢

$$\textcircled{1} \frac{1}{n} \sin \theta_2 \quad \textcircled{2} \frac{1}{n} \quad \textcircled{3} \frac{\sin \theta_2}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \theta_2}} \quad \textcircled{4} \frac{\cos \theta_1}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \theta_2}}$$

$$\textcircled{5} \frac{\sin \theta_2}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_2}} \quad \textcircled{6} \frac{\cos \theta_2}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_2}} \quad \textcircled{7} 1 \quad \textcircled{8} 0 \quad \textcircled{9} \text{該当なし}$$

次に  $x > a$  とし、 $y$  が十分小さい場合を考察する。ただし、 $y$  をいかに小さくしても、P が見えるためには 28 が満たされている必要がある。この条件が満たされているとき、 $y$  を十分小さくすると、 $\theta_2$  はほぼ直角になる。つまり  $\theta_2 = \frac{\pi}{2} - \delta (\delta > 0)$  において、 $\delta$  は小さいとしてよい。この近似の下で  $\cos(\frac{\pi}{2} - \delta) = \sin \delta \approx \delta$ ,  $\sin(\frac{\pi}{2} - \delta) = \cos \delta \approx 1$  となるから  $a' \approx \boxed{29}$  と表すことができる。したがって、 $n = 1.5$  で 28 の条件が満たされているとき、 $h = 0.50\text{ m}$  の点 P を  $\delta = 0.10\text{ rad}$ (ラジアン) の方向から眺めると、この点は  $a' = \boxed{30}$  の位置に見える。

28 の選択肢

- |            |                      |                         |                                  |
|------------|----------------------|-------------------------|----------------------------------|
| ① $a > nh$ | ② $a > \frac{1}{n}h$ | ③ $a > \sqrt{n^2 - 1}h$ | ④ $a > \frac{h}{\sqrt{n^2 - 1}}$ |
| ⑤ $a < nh$ | ⑥ $a < \frac{1}{n}h$ | ⑦ $a < \sqrt{n^2 - 1}h$ | ⑧ $a < \frac{h}{\sqrt{n^2 - 1}}$ |
| ⑨ 該当なし     |                      |                         |                                  |

29 の選択肢

- |                 |                           |                            |                                     |
|-----------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| ① $n\delta h$   | ② $\frac{1}{n}\delta h$   | ③ $\sqrt{n^2 - 1}\delta h$ | ④ $\frac{\delta h}{\sqrt{n^2 - 1}}$ |
| ⑤ $n^2\delta h$ | ⑥ $\frac{1}{n^2}\delta h$ | ⑦ $\sqrt{n - 1}\delta h$   | ⑧ $\frac{\delta h}{\sqrt{n - 1}}$   |
| ⑨ 該当なし          |                           |                            |                                     |

30 の選択肢

- |                   |                   |                   |                    |                    |                    |
|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ① $0.45\text{ m}$ | ② $0.25\text{ m}$ | ③ $0.15\text{ m}$ | ④ $0.045\text{ m}$ | ⑤ $0.025\text{ m}$ | ⑥ $0.015\text{ m}$ |
|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|

3 図3のような回路がある。 $R_1$ ,  $R_2$ の抵抗はそれぞれ $5.0\Omega$ ,  $10\Omega$ , コイルLの自己インダクタンスは $0.10H$ でその抵抗の値は無視できるものとする。コンデンサーCの電気容量は $4.0mF$ , 直流電源Eの電圧は $50V$ で内部抵抗は十分に小さいとする。次の文と各問の [ ] について、最も適切なものを直後の選択肢の中から選び、その番号をマークせよ。

一般にコイルで電流が変化すると、逆起電力が生じて急な変化を妨げる。スイッチを開いた直後や閉じた直後、コイルの [31] 。コンデンサー両端の電位差は蓄えられた電気量に比例し、電気量の単位時間あたりの変化が電流である。スイッチを開いた直後や閉じた直後、コンデンサーの [32] 。逆に、スイッチを開閉してから十分時間がたって定常な状態になったときは、コンデンサーは飽和または完全に放電して [33] 。また、このとき、電流変化がなくなるので、コイルの [34] 。

- ① 両端の電位差は0になる
- ② 電流が流れなくなる
- ③ 両端の電位差も電流も急に変化する
- ④ 両端の電位差が急に変化しても、電流は急には変化しない
- ⑤ 電流が急に変化しても、両端の電位差は急には変化しない
- ⑥ 該当なし

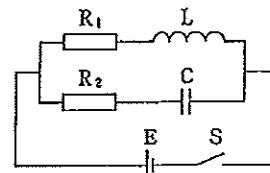


図3

問1はじめCに蓄えられた電荷はないものとする。スイッチSを開じた直後、直流電源Eから流れる電流は何Aか。次の中から最も近い値を選べ。 [35] A

- ① 1      ② 2      ③ 3      ④ 4      ⑤ 5
- ⑥ 6      ⑦ 7      ⑧ 8      ⑨ 9      ⑩ 10

問2スイッチSを閉じてから十分時間がたったとき、直流電源Eから流れる電流は何Aか。次の中から最も近い値を選べ。 [36] A

- ① 1      ② 2      ③ 3      ④ 4      ⑤ 5
- ⑥ 6      ⑦ 7      ⑧ 8      ⑨ 9      ⑩ 10

問3このとき、コイル、コンデンサーに蓄えられたエネルギーはそれぞれ何Jか。次の中から最も近い値を選べ。

コイルに蓄えられたエネルギー [37] J

- ① 1      ② 2      ③ 3      ④ 4      ⑤ 5
- ⑥ 6      ⑦ 7      ⑧ 8      ⑨ 9      ⑩ 10

コンデンサーに蓄えられたエネルギー [38] J

- ① 1      ② 2      ③ 3      ④ 4      ⑤ 5
- ⑥ 6      ⑦ 7      ⑧ 8      ⑨ 9      ⑩ 10

問4スイッチを開いた直後、コイルの両端に加わる電圧は何Vか。次の中から最も近い値を選べ。 [39] V

- ① 10      ② 20      ③ 30      ④ 40      ⑤ 50
- ⑥ 60      ⑦ 70      ⑧ 80      ⑨ 90      ⑩ 100

問5スイッチを開いた直後、スイッチの両端に加わる電圧は何Vか。次の中から最も近い値を選べ。 [40] V

- ① 10      ② 20      ③ 30      ④ 40      ⑤ 50
- ⑥ 60      ⑦ 70      ⑧ 80      ⑨ 90      ⑩ 100