

物 理

(解答番号 ~)

第1問 次の文章中の **1** ~ **7** 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/s²] とする。

【解答番号 **1** ~ **7**】

長さ l [m] の伸び縮みしない軽い糸の下端に質量 m [kg] の小球をつけ、水平な床から l [m] だけ上の支点に上端を固定する。はじめ糸は鉛直線をなし、小球は床の点 A 上に静止している。

糸は張ったまま、糸と鉛直方向のなす角度が θ [rad] ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) となる点 B まで小球を運んだあと、静かにはなすと小球は運動した。ただし、最下点において小球と床の間には無視できる程度のすきまがあり接触しないものとする。このとき、小球を点 B まで運ぶのに必要な仕事は **1** [J] であり、点 A 上を通過するときの小球の速さは **2** [m/s] である。また、糸にはたらく張力の最大値は **3** [N] である。

次に、ふたたび糸は張ったまま小球を点 B に運んだあと、水平方向に速さ $v_0 =$ **4** [m/s] を与えて図 1-1 に示すように点 B を含む水平面内で等速円運動を行う円すいふり子にした。このとき、糸にはたらく張力の大きさは **5** [N] である。点 A で小球が静止している状態を基準にすると、この小球の持つ力学的エネルギーは **6** [J] である。この等速円運動を行っているときに、急に糸が切れたとすると、糸が切れてから小球が床につくまでの時間は **7** [s] である。ただし、床は水平に無限に広がっているものとする。

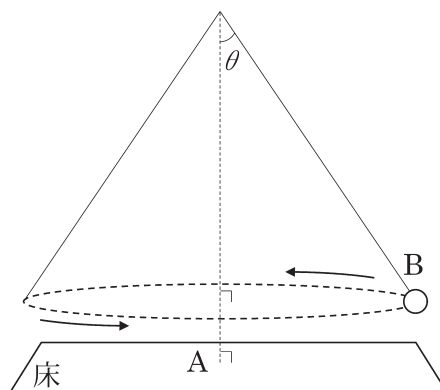


図 1-1

1 の選択肢

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|------------------|
| ① $mgl(1 - \sin\theta)$ | ② $mgl(1 + \sin\theta)$ | ③ $\frac{mg}{l}$ |
| ④ $mgl(1 - \cos\theta)$ | ⑤ $mgl(1 + \cos\theta)$ | ⑥ mgl |

2 の選択肢

① $\sqrt{gl(1 - \sin \theta)}$

② $\sqrt{2gl(1 - \sin \theta)}$

③ $\sqrt{2gl(1 + \sin \theta)}$

④ $\sqrt{gl(1 - \cos \theta)}$

⑤ $\sqrt{2gl(1 - \cos \theta)}$

⑥ $\sqrt{2gl(1 + \cos \theta)}$

3 の選択肢

① $mg(1 - 2 \sin \theta)$

② $mg(3 - 2 \sin \theta)$

③ $mg(3 + 2 \sin \theta)$

④ $mg(1 - 2 \cos \theta)$

⑤ $mg(3 - 2 \cos \theta)$

⑥ $mg(3 + 2 \cos \theta)$

4 の選択肢

① \sqrt{gl}

② $\sqrt{gl \sin \theta}$

③ $\sqrt{gl \cos \theta}$

④ $\sqrt{gl \tan \theta}$

⑤ $\sqrt{\frac{gl}{\cos \theta}}$

⑥ $\sin \theta \sqrt{\frac{gl}{\cos \theta}}$

5 の選択肢

① $\frac{mg}{\sin \theta}$

② $\frac{mg}{\cos \theta}$

③ $mg \sin \theta$

④ $mg \cos \theta$

⑤ $mg \tan \theta$

⑥ mg

6 の選択肢

① $mg \left(1 - \frac{\sin \theta}{2} \right)$

② $mg \left(1 - \sin \theta + \frac{\tan \theta}{2} \right)$

③ $mg \left(1 - \cos \theta + \frac{\tan \theta}{2} \right)$

④ $\frac{3}{2} mgl$

⑤ $mg \left(1 - \cos \theta + \frac{\sin \theta}{2} \right)$

⑥ $\frac{mgl}{2 \cos \theta} (1 + 3 \cos \theta) (1 - \cos \theta)$

7 の選択肢

① $\sqrt{\frac{l(1 - \sin \theta)}{g}}$

② $\sqrt{\frac{2l(1 - \sin \theta)}{g}}$

③ $\sqrt{\frac{2l \sin \theta}{g}}$

④ $\sqrt{\frac{l(1 - \cos \theta)}{g}}$

⑤ $\sqrt{\frac{2l(1 - \cos \theta)}{g}}$

⑥ $\sqrt{\frac{2l \cos \theta}{g}}$

第2問 次の文章中の **8** ~ **14** 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/s²]、気体定数を R [J/(mol・K)] とする。【解答番号 **8** ~ **14**】

図2-1に、風船にカゴがぶら下げられた気球を示す。風船の下端に小さな開口があり、風船内の空気と外の大気は圧力が等しい。風船内の空気の温度は大気とは無関係に調整可能である。風船の体積は V [m³]、カゴも含めた気球全体の質量を m [kg] とする。この質量には風船内の空気は含まれない。また、カゴなど風船以外の体積は無視する。地表での大気の圧力および密度を、それぞれ P_0 [Pa]、 ρ_0 [kg/m³] とする。風船内の空気と大気はともに理想気体とし、大気の温度は高度によらず T_0 [K] とする。

はじめに気球は地表にあり、このときに気球にはたらく浮力の大きさは **8** [N] である。ここで風船内の空気を加熱すると密度が低下する。密度が $\rho_1 = \mathbf{9}$ [kg/m³] より低くなったところで気球は上昇し始めた。このときの風船内の空気のモル数は、1 mol あたりの空気の質量を M [kg/mol] とすると、 ρ_1 を用いて **10** [mol] とあらわせる。これにより、気球の上昇が始まる直前の風船内の空気の温度 T_1 [K] を P_0 を用いて **11** とあらわすことができる。同様の関係が大気についても成り立つことから、 T_1 [K] は T_0 を用いて **12** とあらわすこともできる。次に、カゴの中にあつた荷物を降ろし、気球全体の質量を Δm [kg] だけ減らすと、温度は T_1 のままで気球はゆっくり上昇を続けたのち、ある高度で止まった。この高度での大気の密度は **13** [kg/m³]、大気圧は **14** [Pa] である。

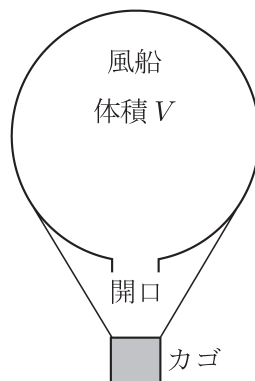


図2-1

8 の選択肢

- ① mg ② $\rho_0 V$ ③ $\rho_0 Vg$ ④ P_0 ⑤ $\frac{mP_0}{\rho_0}$ ⑥ $\frac{\rho_0 VP_0}{m}$

9 の選択肢

① $\frac{m}{V}$ ② $\frac{2m}{V}$ ③ $\frac{m}{V} - \rho_0$ ④ $\frac{2m}{V} - \rho_0$ ⑤ $\rho_0 - \frac{m}{V}$ ⑥ $2\rho_0 - \frac{m}{V}$

10 の選択肢

① $\frac{\rho_1 M}{V}$ ② $\frac{\rho_1 V}{M}$ ③ $\frac{(\rho_1 - \rho_0) V}{M}$
④ $\frac{(\rho_0 - \rho_1) V}{M}$ ⑤ $\frac{(\rho_1 - \rho_0) M}{V}$ ⑥ $\frac{M}{(\rho_1 - \rho_0) V}$

11 の選択肢

① $\frac{\rho_1 R}{MP_0}$ ② $\frac{P_0 V}{\rho_1 R}$ ③ $\frac{MP_0}{\rho_1 R}$
④ $\frac{MP_0 V}{\rho_1 R}$ ⑤ $\frac{MP_0}{(\rho_0 - \rho_1) R}$ ⑥ $\frac{(\rho_0 - \rho_1) P_0}{MR}$

12 の選択肢

① $\frac{\rho_0}{\rho_1} T_0$ ② $\frac{\rho_0}{\rho_0 - \rho_1} T_0$ ③ $\frac{\rho_1}{\rho_0} T_0$
④ $\frac{\rho_1}{\rho_0 - \rho_1} T_0$ ⑤ $\frac{\rho_0 - \rho_1}{\rho_0} T_0$ ⑥ $\frac{\rho_0 - \rho_1}{\rho_1} T_0$

13 の選択肢

① $\frac{T_1}{T_0} \rho_0$ ② $\frac{T_0}{T_1} \rho_0$ ③ $\frac{\Delta m}{m} \rho_0$
④ $\frac{m}{m + \Delta m} \rho_0$ ⑤ $\frac{m}{m - \Delta m} \rho_0$ ⑥ $\frac{m - \Delta m}{m} \rho_0$

14 の選択肢

① $\frac{\Delta m}{m} P_0$ ② $\frac{m - \Delta m}{m} P_0$ ③ $\frac{\Delta m \rho_0}{m(\rho_0 - \rho_1)} P_0$
④ $\frac{\Delta m \rho_0}{m \rho_1} P_0$ ⑤ $\frac{(m - \Delta m) \rho_1}{m \rho_0} P_0$ ⑥ $\frac{m(\rho_0 - \rho_1)}{(m - \Delta m) \rho_0} P_0$

第3問 次の文章中の **15** ~ **21** について、それぞれの選択肢①~⑥のうちから最も近い値、あるいは式を1つずつ選びなさい。【解答番号 **15** ~ **21**】

x 軸に沿って正の向きに、ある現象の正弦波 A が無限に続いて進んでいる。図 3-1 に、時刻 $t = 0$ s のときの約半波長分の波が示されている。 $x = 6.0 \times 10^1$ cm に山があるが、この山が $x = 1.8 \times 10^2$ cm まで動く時間は 0.20 s である。この波の波長は **15** cm, 速さは **16** cm/s, 周期は **17** s である。 $x = 0$ cm における波の変位 y [cm] は時刻 t の関数として **18** とあらわされる。

次に、正弦波 A とともに、 x 軸に沿って負の向きに、正弦波 B が無限に続いて進んでいる場合を考える。図 3-2 には先と同様に $t = 0$ s のときの A と B それぞれの成分の約半波長分の波が示されている。B の速さは A と同じであるとする。 $t = 0$ s のとき、これら A と B による合成波の変位 y は、 $x = 9.0 \times 10^1$ cm で **19** cm となる。また、 $t = 0.40$ s のとき、この合成波の変位 y は、 $x = 1.2 \times 10^2$ cm で **20** cm であり、 $0 < x < 2.4 \times 10^2$ cm の範囲で $y = 0$ cm となる位置 x の数は **21** である。

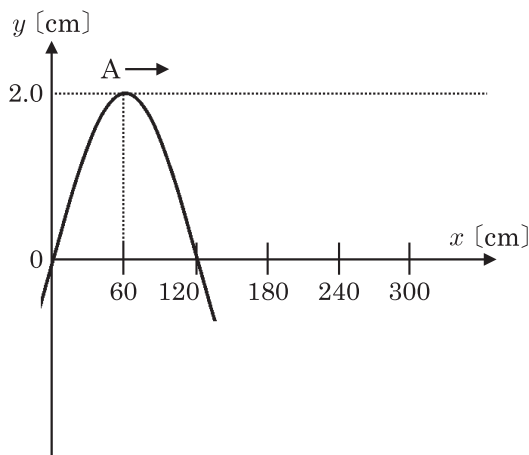


図 3-1

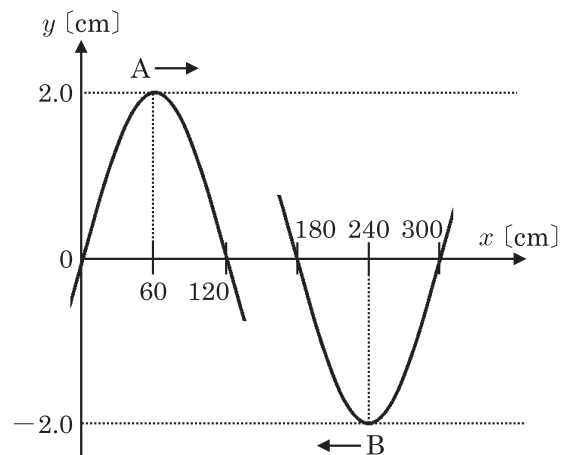


図 3-2

15 の選択肢

- ① 6.0×10^1 ② 1.2×10^2 ③ 1.8×10^2
④ 2.4×10^2 ⑤ 3.0×10^2 ⑥ 3.6×10^2

16 の選択肢

- ① 1.2×10^2 ② 3.0×10^2 ③ 6.0×10^2
④ 9.0×10^2 ⑤ 1.1×10^3 ⑥ 1.2×10^3

17 の選択肢

- ① 0.20 ② 0.40 ③ 0.80 ④ 2.5 ⑤ 5.0 ⑥ 8.0

18 の選択肢

- ① $-2.0 \sin 0.80 \pi t$ ② $2.0 \sin 0.80 \pi t$ ③ $-2.0 \sin 5.0 \pi t$
④ $2.0 \sin 5.0 \pi t$ ⑤ $-2.0 \sin 10 \pi t$ ⑥ $2.0 \sin 10 \pi t$

19 の選択肢

- ① 0 ② 1.4 ③ 2.0 ④ 2.8 ⑤ 3.4 ⑥ 4.0

20 の選択肢

- ① 0 ② 1.4 ③ 2.0 ④ 2.8 ⑤ 3.4 ⑥ 4.0

21 の選択肢

- ① 0 ② 1 ③ 2 ④ 3 ⑤ 4 ⑥ 5

第4問 次の文章中の **22** ～ **28** 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、真空の透磁率を μ_0 [N/A²] とし、電池および電流計の内部抵抗は無視する。【解答番号 **22** ～ **28**】

抵抗が無視できる細い導線を一様にすきまなく N 回巻いた、断面積 A [m²]、十分に長い長さ x [m] のソレノイドが真空中にある。図4-1に示すように、ソレノイドに抵抗値 R [Ω] の抵抗、起電力 E [V] の電池、電流計およびスイッチ S を接続した。

スイッチ S を閉じると、回路に流れる電流は **22**。この回路に流れる電流を I [A] とすると、ソレノイド内部で発生する磁界の強さは **23** [A/m] であり、ソレノイド内部を貫く磁束は **24** [Wb] である。ここで、時間 Δt [s] の間に、流れる電流が ΔI [A] だけ変化した。このとき、ソレノイド内部を貫く磁束は **25** [Wb] だけ変化するので、ソレノイド全体に生じる誘導起電力は **26** [V] である。したがって、このソレノイドの自己インダクタンスは **27** [H] と求まる。また、この回路に一定値 I_c [A] の電流が流れているとき、ソレノイドに蓄えられる磁界のエネルギーは **28** [J] である。

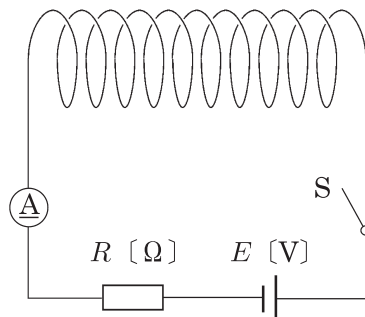


図4-1

22 の選択肢

- ① ホール効果によりスイッチを閉じた直後すぐに一定値に達する
- ② ホール効果により次第に増加し一定値に近づく
- ③ ホール効果によりスイッチを閉じた直後すぐに一定値を超え、次第に減少し一定値に近づく
- ④ 電磁誘導によりスイッチを閉じた直後すぐに一定値に達する
- ⑤ 電磁誘導により次第に増加し一定値に近づく
- ⑥ 電磁誘導によりスイッチを閉じた直後すぐに一定値を超え、次第に減少し一定値に近づく

23 の選択肢

- ① $\frac{NI}{2x}$ ② $\frac{NI}{x}$ ③ NI ④ $\frac{I}{2N}$ ⑤ $\frac{xI}{N}$ ⑥ xNI

24 の選択肢

- ① $\frac{NAI}{2x}$ ② $\frac{NAI}{x}$ ③ $\frac{\mu_0 NAI}{x}$
④ $\mu_0 NI$ ⑤ NAI ⑥ $\mu_0 NAI$

25 の選択肢

- ① $\frac{NAI\Delta I}{x}$ ② $\frac{NA}{x\Delta I}$ ③ $\frac{\mu_0 NA\Delta I}{x}$
④ $N\Delta I$ ⑤ $\mu_0 N\Delta I$ ⑥ $NA\Delta I$

26 の選択肢

- ① $N \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$ ② $\frac{NAI}{x} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$ ③ $-\frac{\mu_0 N^2 A \Delta I \Delta t}{x}$
④ $-\frac{N^2 A}{x} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$ ⑤ $-\frac{\mu_0 N^2 A}{x} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$ ⑥ $-\frac{\mu_0 NA}{x} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$

27 の選択肢

- ① $\frac{NA}{x}$ ② $\frac{2\mu_0}{NAx}$ ③ $\frac{\mu_0 NA\Delta I}{x}$
④ $\frac{\mu_0 N^2 A}{x}$ ⑤ $\frac{N^2 A}{2x}$ ⑥ $\frac{N^2 A \Delta I}{x}$

28 の選択肢

- ① $\frac{\mu_0}{NAx} I_c$ ② $\frac{\mu_0 NA}{x} I_c$ ③ $\frac{N^2 A}{2x} I_c$
④ $\frac{\mu_0 N^2 A}{2x} I_c^2$ ⑤ $\frac{N^2 A}{x} I_c^2$ ⑥ $\frac{4N^2 A}{x} I_c^2$

以上で問題は終わりです。