

※選抜は物理・化学・生物から2科目選択
学士は化学・生物必須

試験時間 100分

- 注意事項**
- この科目の問題用紙は11ページ、解答用紙はマークカード1枚である。
 - 問題用紙の表紙の注意事項をよく読み、解答は解答用紙(マークカード)の指定された箇所に記入すること。
 - 各問題の選択肢のうち質問に適した答を1つだけ選びマークすること。1問に2つ以上解答した場合は誤りとする。
 - 問題用紙は解答用紙(マークカード)とともに机上に置いて退出すること。持ち帰ってはいけない。

【1】 次の問い(問1~問5)の空所 に入る適語を解答群から選択せよ。(解答番号 1 ~ 27)

問1 図1のように、水平面上に高さ h [m] の固定された水平な台 A があり、A の端点 a に接するように、半径 r [m]、重さ W [N] の一様な薄い円板 B を水平面上に置いた。B のもっとも高い点 b につけた軽いひもを、大きさ F [N] の力で水平に引き、加える力を少しずつ大きくしていったところ、 F が 1 [N] より大きくなったときに、B はすべらずに点 a で A と接しながら水平面から離れた。また、 1 の力で B を引くとき、B が A から受ける力の大きさは 2 [N] である。ただし、B とひも、および A が B におよぼす力と F の向きは、同じ鉛直面内にあるものとする。

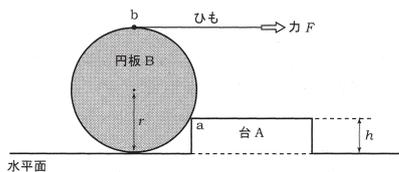


図1

解答群

- | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| ① $\frac{W\sqrt{2rh}}{h}$ | ② $\frac{W\sqrt{2rh-h^2}}{h}$ | ③ $\frac{W\sqrt{r^2-h^2}}{2r-h}$ | ④ $\frac{W\sqrt{r^2-2rh}}{2r-h}$ |
| ⑤ $\frac{W\sqrt{r^2-rh}}{2r-h}$ | ⑥ $\frac{W\sqrt{2r^2-h^2}}{2r-h}$ | ⑦ $\frac{W\sqrt{2r^2-2rh}}{2r-h}$ | ⑧ $\frac{W\sqrt{2r^2-rh}}{2r-h}$ |
| ⑨ $\frac{W\sqrt{2rh-h^2}}{2r-h}$ | ⑩ $\frac{W\sqrt{4r^2-h^2}}{2r-h}$ | ⑪ $\frac{W\sqrt{4r^2-2rh}}{2r-h}$ | ⑫ $\frac{W\sqrt{4r^2-rh}}{2r-h}$ |

問2 図2のように、なめらかな水平面と鉛直な壁があり、壁から L [m] 離れた位置に質量 M [kg] の小物体 A が置かれている。質量 m [kg] の小物体 B に矢印の向きに初速度 v_0 [m/s] を与えたところ、B は水平面上をすべり、A と弾性衝突した。初速度の向きを正とすると、衝突直後の A の速度は 3 [m/s] であり、B の速度は 4 [m/s] である。衝突後に、A は壁に向かって動き出し、壁と弾性衝突した後に、再び B と衝突した。このとき、壁から $3L$ の位置で A と B が2度目の衝突をするためには、 $M =$ 5 $\times m$ でなければならない。ただし、すべての運動は同じ鉛直面内で起こるものとする。

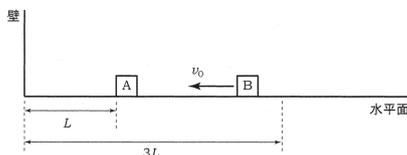


図2

【3】 と 【4】 の解答群

- | | | | |
|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| ① v_0 | ② $-v_0$ | ③ $\frac{1}{m+M}v_0$ | ④ $-\frac{1}{m+M}v_0$ |
| ⑤ $\frac{m}{m+M}v_0$ | ⑥ $-\frac{m}{m+M}v_0$ | ⑦ $\frac{M}{m+M}v_0$ | ⑧ $-\frac{M}{m+M}v_0$ |
| ⑨ $\frac{2m}{m+M}v_0$ | ⑩ $-\frac{2m}{m+M}v_0$ | ⑪ $\frac{2M}{m+M}v_0$ | ⑫ $-\frac{2M}{m+M}v_0$ |
| ⑬ $\frac{M-m}{m+M}v_0$ | ⑭ $\frac{m-M}{m+M}v_0$ | | |

【5】 の解答群

- | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ① 0 | ② $\frac{1}{3}$ | ③ $\frac{1}{2}$ | ④ $\frac{2}{3}$ | ⑤ 1 |
| ⑥ $\frac{4}{3}$ | ⑦ $\frac{3}{2}$ | ⑧ $\frac{5}{3}$ | ⑨ 2 | ⑩ $\frac{7}{3}$ |
| ⑪ $\frac{5}{2}$ | ⑫ $\frac{8}{3}$ | ⑬ 3 | | |

問3 図3のように、抵抗値がそれぞれ 2.0Ω 、 4.0Ω 、 7.0Ω 、 5.0Ω の電気抵抗 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、電気容量が 4.0×10^{-6} F のコンデンサー C、内部抵抗の無視できる起電力 12 V の直流電源 E を接続した回路がある。接続してからじゅうぶんに時間が経過したのち、C にたくわえられた電気量は 6、 7 $\times 10^{\text{input type="text"/> 8}$ 9 [C] である。また、 R_4 のみを抵抗値が 10、 11 $\times 10^{\text{input type="text"/> 12}$ 13 [Ω] の電気抵抗にかえてからじゅうぶんに時間が経過すると、C の極板間に電圧がからなくなる。ただし、有効数字は2桁とする。

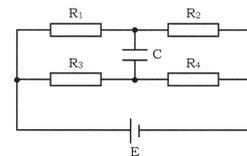


図3

【8】 と 【12】 の解答群

- ① + ② -

その他の解答群

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |

問 4 図 4(a)のように、1.0 cm 当たり 2.0 × 10² 本のスリットをもつ回折格子に、ある単色光を垂直に入射したところ、回折格子の後方 3.0 m にある回折格子と平行なスクリーン上に 3.6 cm の間隔で明線が並んだ。ここで、図 4(a)のスクリーン上でもっとも明るい明線の位置を原点 O とし、上向きに y 座標をとる。このとき、入射する単色光の波長は . × 10^{−7} (m) である。つぎに、図 4(b)のように、同じ単色光を回折格子の法線方向となす角 θ [rad] が sin θ = 6.0 × 10^{−3} となるような角度で入射したところ、ふたたびスクリーン上に等間隔で明線が並んだ。このとき、図 4(b)で一番明るい明線を 0 番目として 2 番目の明線の位置座標 y₁ [m] と y₂ [m] は、y₁ > y₂ となると、|y₁| = . × 10^{−2} (m) と |y₂| = . × 10^{−2} (m) になる。ただし、じゅうぶんに小さい角 φ [rad] に対しては、sin φ ≃ tan φ と近似できるものとする。また、有効数字は 2 桁とする。

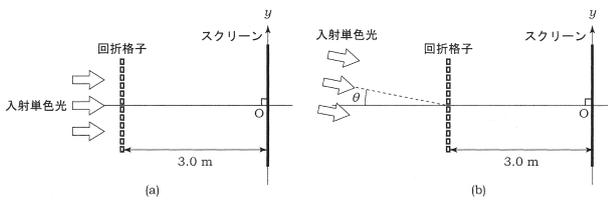


図 4

と と の解答群
① + ② −

その他の解答群

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0

問 5 図 5 のように、なめらかに動くピストンが付いた容器に理想気体を封入したところ、気体の温度は T [K] であった (状態 1)。状態 1 で気体の温度を一定に保ったままピストンの上に静かにおもりを載せ圧縮したところ、気体の体積は状態 1 の半分になった (状態 2)。ピストンの質量を m [kg]、断面積を S [m²] とすると、おもりの質量は (kg) である。つぎに、状態 2 の気体を加熱し、気体の体積を状態 1 と同じにした (状態 3)。状態 3 での気体の温度は (K) である。ただし、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、大気圧は P₀ [Pa] とする。

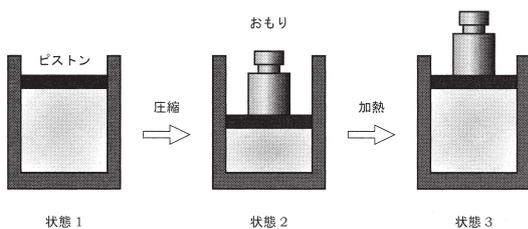


図 5

の解答群

- ① $m + \frac{P_0 S}{2g}$ ② $m - \frac{P_0 S}{2g}$ ③ $m + \frac{P_0 S}{g}$
④ $m - \frac{P_0 S}{g}$ ⑤ $m + \frac{2P_0 S}{g}$ ⑥ $m - \frac{2P_0 S}{g}$

の解答群

- ① $\frac{T}{4}$ ② $\frac{T}{2}$ ③ T ④ 2T
⑤ 4T ⑥ $\frac{mg}{2P_0 S} T$ ⑦ $\frac{P_0 S}{2mg} T$ ⑧ $\frac{mg}{P_0 S} T$
⑨ $\frac{P_0 S}{mg} T$ ⑩ $\frac{2mg}{P_0 S} T$ ⑪ $\frac{2P_0 S}{mg} T$

【II】 次の問い(問 1 ~ 問 7)の空所 に入る適語を解答群から選択せよ。(解答番号 ~)

図 6 のように、一部があらくなっているなめらかな水平面上で、長さ L [m] の軽い棒をつなぐれた質量がともに M [kg] の小物体 A と B が、速さ v₀ [m/s] で同じ直線上で運動している。A と B が運動する直線上で、なめらかな面からあらい面に入る位置を点 p、あらい面からなめらかな面に入る位置を点 q とすると、pq 間の距離は L [m] であった。また、B からは小球 C を投射できるようにしており、A が点 p を通過する直前に C を B から見て鉛直上向きにある初速度で投射した。その後、B が点 q を通過する瞬間に C は A と衝突した。ただし、はじめ A と B が運動していた向きを正の向きとし、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。また、A および B とあらい面との間の動摩擦係数は共に μ' とする。

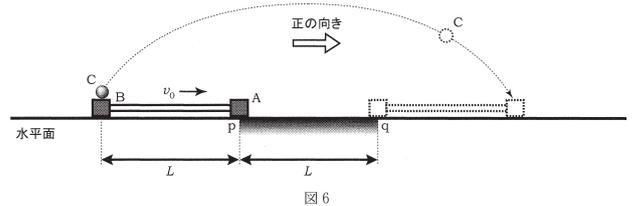


図 6

問 1 A が点 p を通過してから B が点 q を通過するまでの時間は × $\frac{L}{v_0}$ (s) である。

解答群

- ① 1 ② $\frac{4}{3}$ ③ $\frac{3}{2}$ ④ $\frac{5}{3}$ ⑤ $\frac{16}{9}$
⑥ 2 ⑦ $\frac{9}{4}$ ⑧ $\frac{5}{2}$ ⑨ $\frac{8}{3}$ ⑩ 3
⑪ $\frac{10}{3}$ ⑫ $\frac{7}{2}$ ⑬ $\frac{11}{3}$ ⑭ 4

問 2 A が pq 間を運動している間に、A に生じている加速度の大きさは × $\frac{v_0^2}{L}$ [m/s²] である。

解答群

- ① $\frac{1}{9}$ ② $\frac{2}{9}$ ③ $\frac{1}{4}$ ④ $\frac{1}{3}$ ⑤ $\frac{4}{9}$ ⑥ $\frac{1}{2}$
⑦ $\frac{2}{3}$ ⑧ $\frac{3}{4}$ ⑨ $\frac{8}{9}$ ⑩ 1 ⑪ $\frac{5}{4}$ ⑫ $\frac{4}{3}$
⑬ $\frac{3}{2}$ ⑭ $\frac{5}{3}$ ⑮ $\frac{16}{9}$ ⑯ 2

問 3 あらい面と A および B との間の動摩擦係数 μ' は × $\frac{v_0^2}{gL}$ である。

解答群

- ① $\frac{1}{9}$ ② $\frac{2}{9}$ ③ $\frac{1}{4}$ ④ $\frac{1}{3}$ ⑤ $\frac{4}{9}$ ⑥ $\frac{1}{2}$
⑦ $\frac{2}{3}$ ⑧ $\frac{3}{4}$ ⑨ $\frac{8}{9}$ ⑩ 1 ⑪ $\frac{5}{4}$ ⑫ $\frac{4}{3}$
⑬ $\frac{3}{2}$ ⑭ $\frac{5}{3}$ ⑮ $\frac{16}{9}$ ⑯ 2

問 4 B が点 q を通過する直前の B の速さは × v₀ [m/s] である。

解答群

- ① $\frac{1}{9}$ ② $\frac{2}{9}$ ③ $\frac{1}{4}$ ④ $\frac{1}{3}$ ⑤ $\frac{4}{9}$ ⑥ $\frac{1}{2}$
⑦ $\frac{2}{3}$ ⑧ $\frac{3}{4}$ ⑨ $\frac{8}{9}$ ⑩ 1 ⑪ $\frac{5}{4}$ ⑫ $\frac{4}{3}$
⑬ $\frac{3}{2}$ ⑭ $\frac{5}{3}$ ⑮ $\frac{16}{9}$ ⑯ 2

問 5 A が点 p を通過してから B が点 q を通過するまでに、A と B が失った運動エネルギーの和は × Mv₀² [J] である。

解答群

- ① $\frac{1}{9}$ ② $\frac{2}{9}$ ③ $\frac{1}{4}$ ④ $\frac{1}{3}$ ⑤ $\frac{4}{9}$ ⑥ $\frac{1}{2}$
⑦ $\frac{2}{3}$ ⑧ $\frac{3}{4}$ ⑨ $\frac{8}{9}$ ⑩ 1 ⑪ $\frac{5}{4}$ ⑫ $\frac{4}{3}$
⑬ $\frac{3}{2}$ ⑭ $\frac{5}{3}$ ⑮ $\frac{16}{9}$ ⑯ 2

問 6 C を投射してから C が最高点に達するまでの時間を v_0, g, μ' を用いて表すと $\boxed{33} \times \frac{v_0}{\mu'g}$ (s) であり, B からみた C の初速度を v_0, μ' を用いて表すと $\boxed{34} \times \frac{v_0}{\mu'}$ (m/s) である。また, C の最高点の水平面からの高さを v_0, g, μ' を用いて表すと $\boxed{35} \times \frac{v_0^2}{\mu'^2g}$ (m) である。

33 と 34 の解答群

- ① $\frac{1}{9}$ ② $\frac{2}{9}$ ③ $\frac{1}{4}$ ④ $\frac{1}{3}$ ⑤ $\frac{4}{9}$ ⑥ $\frac{1}{2}$
 ⑦ $\frac{2}{3}$ ⑧ $\frac{3}{4}$ ⑨ $\frac{8}{9}$ ⑩ 1 ⑪ $\frac{5}{4}$ ⑫ $\frac{4}{3}$
 ⑬ $\frac{3}{2}$ ⑭ $\frac{5}{3}$ ⑮ $\frac{16}{9}$ ⑯ 2

35 の解答群

- ① $\frac{1}{18}$ ② $\frac{1}{9}$ ③ $\frac{1}{6}$ ④ $\frac{2}{9}$ ⑤ $\frac{5}{18}$ ⑥ $\frac{1}{3}$
 ⑦ $\frac{7}{18}$ ⑧ $\frac{4}{9}$ ⑨ $\frac{1}{2}$ ⑩ $\frac{5}{9}$ ⑪ $\frac{2}{3}$ ⑫ $\frac{13}{18}$
 ⑬ $\frac{7}{9}$ ⑭ $\frac{5}{6}$ ⑮ $\frac{8}{9}$ ⑯ 1

問 7 $\mu' = \frac{1}{2}$ とすると, 水平面上の点から見て, C が A と衝突する直前の C の速さを v_0 を用いて表すと $\boxed{36} \times v_0$ (m/s) である。

解答群

- ① $\frac{1}{9}$ ② $\frac{2}{9}$ ③ $\frac{1}{4}$ ④ $\frac{1}{3}$ ⑤ $\frac{4}{9}$ ⑥ $\frac{1}{2}$
 ⑦ $\frac{2}{3}$ ⑧ $\frac{3}{4}$ ⑨ $\frac{8}{9}$ ⑩ 1 ⑪ $\frac{5}{4}$ ⑫ $\frac{4}{3}$
 ⑬ $\frac{3}{2}$ ⑭ $\frac{5}{3}$ ⑮ $\frac{16}{9}$ ⑯ 2

【Ⅲ】 次の問い(問 1～問 6)の空所 $\boxed{\quad}$ に入る適語を解答群から選択せよ。(解答番号 $\boxed{37}$ ～ $\boxed{45}$)

図 7 のように, 真空中に紙面の奥から手前に向かって大きさ B [T] の磁束密度をもつ一様な磁場の中に, 紙面に垂直になるように距離 d (m) の間隔で平行に置かれた極板 A と B がある。極板には小さな穴が開いており, A の穴の位置に, 負の電気量 $-q$ (C) をもつ質量 m (kg) の小球 P を極板にふれないように静かに置いた。A からみた B の電位 V (V) が, 最大値 V_0 (V), 角周波数 ω (rad/s) で時間 t (s) とともに $V(t) = V_0 \cos \omega t$ のように変化する交流電圧を極板間に加えたところ, 時刻 0 の瞬間から P は加速され B の穴を極板にふれずに通りぬけた。ただし, d はじゅうぶんに小さいため, AB 間の電場は一様で, P が AB 間を運動している間の AB 間の電位差は一定とみなせ, AB 間の磁場, P の運動による電磁波の放射, 極板間以外の電場, および重力の影響は考えないものとする。また, 図は断面を示している。

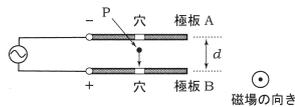


図 7

問 1 P が時刻 0 の瞬間から加速され, AB 間を運動しているときに, AB 間に生じている電場の強さは $\boxed{37}$ (V/m) であり, P に生じている加速度の大きさは $\boxed{38}$ (m/s²) である。

解答群

- ① $\frac{V_0}{d}$ ② $\frac{qV_0}{d}$ ③ $\frac{\omega qV_0}{d}$ ④ $\frac{qV_0}{m}$
 ⑤ $\frac{qV_0d}{m}$ ⑥ $\frac{\omega qV_0d}{m}$ ⑦ $\frac{qV_0}{md}$ ⑧ V_0d
 ⑨ qV_0d ⑩ ωV_0d ⑪ ωqV_0d

問 2 P が B の穴を通りぬけた瞬間の速さは $\boxed{39}$ (m/s) である。

解答群

- ① qV_0 ② $\frac{qV_0}{m}$ ③ $\frac{\omega qV_0}{m}$ ④ $2qV_0$
 ⑤ $\frac{2qV_0}{m}$ ⑥ $\frac{2\omega qV_0}{m}$ ⑦ $\sqrt{qV_0}$ ⑧ $\sqrt{\frac{qV_0}{m}}$
 ⑨ $\sqrt{\frac{\omega qV_0}{m}}$ ⑩ $\sqrt{2qV_0}$ ⑪ $\sqrt{\frac{2\omega qV_0}{m}}$ ⑫ $\sqrt{\frac{2\omega qV_0}{m}}$

問 3 P が B の穴を通りぬけた後, P は磁場で等速円運動した。P が B の穴を通りぬけた後に描く軌道のように正しく表しているのは, 図 8 の $\boxed{40}$ である。

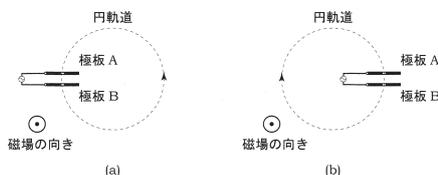


図 8

解答群

- ① (a) ② (b)

問 4 問 3 のとき, P にはたらいている力の大きさは $\boxed{41}$ (N) であり, 円運動の半径は $\boxed{42}$ (m) である。

41 の解答群

- ① qB ② mqB ③ $2qB$ ④ $2mqB$
 ⑤ $B\sqrt{\frac{qV_0}{m}}$ ⑥ $qB\sqrt{\frac{qV_0}{m}}$ ⑦ $B\sqrt{mqV_0}$ ⑧ $qB\sqrt{mqV_0}$
 ⑨ $B\sqrt{\frac{2qV_0}{m}}$ ⑩ $qB\sqrt{\frac{2qV_0}{m}}$ ⑪ $B\sqrt{2mqV_0}$ ⑫ $qB\sqrt{2mqV_0}$

42 の解答群

- ① $\frac{1}{2}V_0B$ ② V_0B ③ $2V_0B$ ④ $\frac{V_0}{2B}$
 ⑤ $\frac{V_0}{B}$ ⑥ $\frac{2V_0}{B}$ ⑦ $B\sqrt{\frac{q}{2mV_0}}$ ⑧ $B\sqrt{\frac{q}{mV_0}}$
 ⑨ $B\sqrt{\frac{2q}{mV_0}}$ ⑩ $\frac{1}{B}\sqrt{\frac{mV_0}{2q}}$ ⑪ $\frac{1}{B}\sqrt{\frac{mV_0}{q}}$ ⑫ $\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mV_0}{q}}$

問 5 P が AB 間をふくむ円軌道を描くとき, 円運動の周期は $\boxed{43}$ (s) なので, AB 間の電場が P をつねに同じ大きさの加速度で加速し続けるためには, ω の値は自然数を n として $\boxed{44}$ (rad/s) でなければならない。

43 の解答群

- ① $\frac{q}{mB}$ ② $\frac{m}{qB}$ ③ $\frac{qB}{m}$ ④ $\frac{mB}{q}$
 ⑤ $\frac{2\pi q}{mB}$ ⑥ $\frac{2\pi m}{qB}$ ⑦ $\frac{2\pi qB}{m}$ ⑧ $\frac{2\pi mB}{q}$
 ⑨ $\frac{q}{2\pi mB}$ ⑩ $\frac{m}{2\pi qB}$ ⑪ $\frac{qB}{2\pi m}$ ⑫ $\frac{mB}{2\pi q}$

44 の解答群

- ① $\frac{qn}{mB}$ ② $\frac{mn}{qB}$ ③ $\frac{qBn}{m}$ ④ $\frac{mBn}{q}$
 ⑤ $\frac{2\pi qn}{mB}$ ⑥ $\frac{2\pi mn}{qB}$ ⑦ $\frac{2\pi qBn}{m}$ ⑧ $\frac{2\pi mBn}{q}$
 ⑨ $\frac{qn}{2\pi mB}$ ⑩ $\frac{mn}{2\pi qB}$ ⑪ $\frac{qBn}{2\pi m}$ ⑫ $\frac{mBn}{2\pi q}$

問 6 P が運動を始めてから, AB 間の電場が P をつねに同じ大きさの加速度で加速し続けたとすると, AB 間を N 回通過した直後に P のもつ運動エネルギーは $\boxed{45}$ (J) である。

解答群

- ① $\frac{1}{2}mV_0N$ ② $\frac{1}{2}qV_0N$ ③ mV_0N ④ qV_0N
 ⑤ $2mV_0N$ ⑥ $2qV_0N$ ⑦ $\frac{1}{2}mV_0^2N$ ⑧ $\frac{1}{2}qV_0^2N$
 ⑨ mV_0^2N ⑩ qV_0^2N ⑪ $2mV_0^2N$ ⑫ $2qV_0^2N$