

物理基礎・物理

(全問必答)

第1問 次の各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

問1 静止している1.0kgの水を鉛直方向の落差にして 3.0×10^3 mだけ落下させて得られる運動エネルギーを使うと、同じ質量(=1.0kg)の水の温度を何K上昇させられるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、水の比熱は 4.2×10^3 J/(kg・K)、重力加速度の大きさは 9.8 m/s²であるとする。また、空気抵抗や風の影響は無視し、運動エネルギーの全てを熱に変換できるものとする。

K

① 0.14

② 1.3

③ 7.0

④ 14

問2 図1のように水平の平面内に五つの点電荷が配置されており、真ん中の点電荷(○で表示。電気量は $+q$)は自由に動け、それ以外の四つ(●で表示。電気量は $-q$, $+q$, $+4q$, $-2q$)は固定されている。このとき真ん中の点電荷はどの方向へ動くか。最も適当なものを、図の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、真ん中の点電荷は図の位置に静止した状態から動き始めるとする。

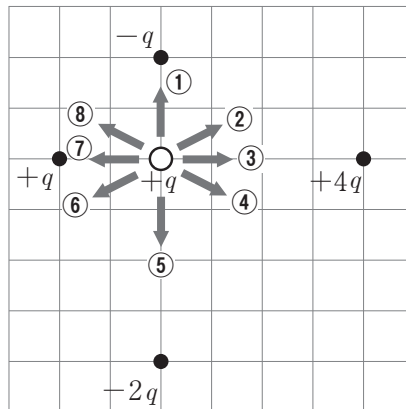


図 1

問3 次の文章中の **3** に入る数値として最も適当なものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。

図2のように、交流電源に抵抗 R がつながれた回路がある。交流電源の電圧は $V = V_0 \sin \omega t$ (ω : 角周波数) で表され、抵抗 R は $100 \text{ k}\Omega$ である。

この回路に流れる電流の実効値が 1.414 mA であるとする、この交流電源より供給される平均電力は **3** W である。

必要なら次の数値を用いよ。

$$\sqrt{2} = 1.414, \quad \sqrt{3} = 1.732, \quad \sqrt{5} = 2.236$$

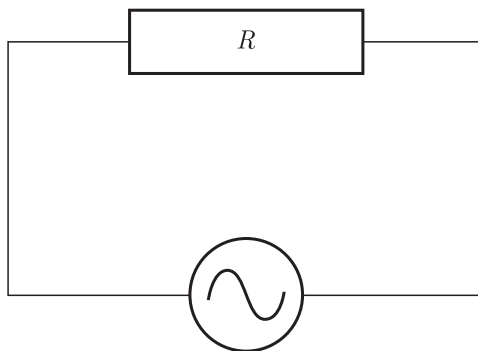


図 2

- ① 0.126 ② 0.163 ③ 0.200 ④ 0.283 ⑤ 0.400

物理基礎・物理

問 4 次の文章中の 4 に入る最も適当なものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。

屈折率が未知の液体 A がある。この液体の屈折率 n_A を求めるため、次の実験を行った。図 3 のように液体 A に、半径 R の円盤を浮かべ、その中心から大きさが無視できるおもりを垂らした。おもりの深さが h までの時は、空気と液体 A の界面より上のどの地点からもおもりは見えなかった。おもりの深さが h より深くなると見え始めた。液体 A の屈折率は 4 である。ただし、空気の屈折率は 1 とする。

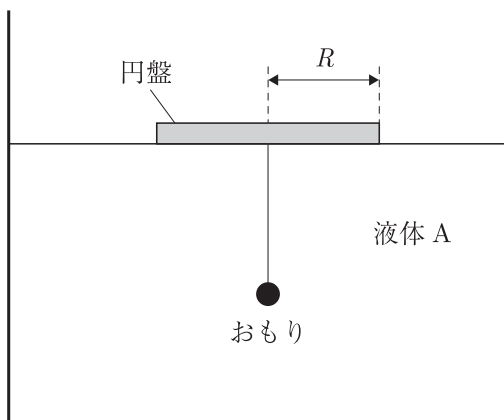


図 3

- ① $\frac{R}{h}$ ② $\frac{h}{R}$ ③ $\frac{R}{R+h}$ ④ $\frac{R}{\sqrt{R^2+h^2}}$ ⑤ $\frac{\sqrt{R^2+h^2}}{R}$

問5 一定の速度で一直線上を動いている音源(振動数は一定であるとする)が発する音を、音源が動く経路上の一点で静止している人が観測している。音源が観測地点を通過した瞬間、観測された振動数が f_1' から f_2' へ変化した。音源の速さ v はいくらか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、音速を V とし、風は吹いていないものとする。 $v = \boxed{5}$

① $\frac{V(f_1' - f_2')}{f_1' + f_2'}$

② $\frac{V(f_1' + f_2')}{f_1' - f_2'}$

③ $\frac{2V(f_1' - f_2')}{f_1' + f_2'}$

④ $\frac{2V(f_1' + f_2')}{f_1' - f_2'}$

第2問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

ある星の地表で物体の自由落下の実験を行い、図1のようなストロボ写真を得た。ストロボの発光間隔は $\frac{1}{15}$ 秒であり、その瞬間ごとの物体の像が1枚の写真に記録されている。写真の一番上の像は自由落下の開始時の像であり、そこから各像までの距離(写真上の距離を実際の距離に換算したものは表1のようになった。

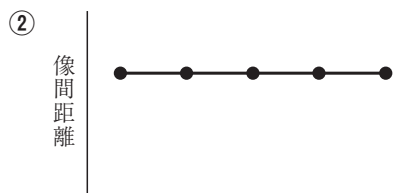


表 1

像の順番	落下開始点からの距離 [cm]
1	0
2	1.4
3	5.5
4	12.4
5	22.0
6	34.4

図 1

問1 ストロボ写真上で隣り合う像の間の距離を順番にプロットするとどんなグラフになるか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。



問2 この実験からこの星の重力加速度を求めるといくらになるか。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。 2 m/s²

- ① 1.0 ② 2.8 ③ 4.2 ④ 6.2

問3 図1のストロボ写真データが部分的にしか取得できなかった場合を考える。つまり、図2のような落下途中のストロボ写真のみ得られた場合、重力加速度はどのように求められるか。最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。ただし、図2の像間距離(写真上の距離を実際の距離に換算したもの)を上から順番に Δx_1 、 Δx_2 とし、ストロボの発光間隔を Δt とする。 3

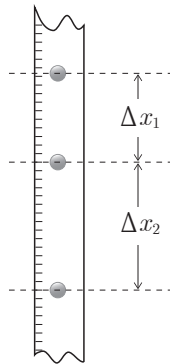


図 2

- ① $\frac{\Delta x_2 - \Delta x_1}{(\Delta t)^2}$ ② $\frac{\Delta x_2 - \Delta x_1}{2(\Delta t)^2}$ ③ $\frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{(\Delta t)^2}$ ④ $\frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{2(\Delta t)^2}$

問4 問3のとき、図2の一番上の像の位置での物体の速さはいくらか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

- ① $\frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{2\Delta t}$ ② $\frac{\Delta x_2 - \Delta x_1}{\Delta t}$ ③ $\frac{2\Delta x_1 - \Delta x_2}{2\Delta t}$ ④ $\frac{3\Delta x_1 - \Delta x_2}{2\Delta t}$

物理基礎・物理

問 5 自由落下を開始する高さをこの星の半径の数倍の距離にして，そこから地表に到達するまでの軌跡(図 1 のストロボ写真と同等のもの)を取得した場合を考える。この軌跡の範囲で物体にはたらく重力は地表から遠いほど弱い。この場合，**問 1**と同様のグラフを作るとどんな形のグラフになるか。最も適当なものを，**問 1**の選択肢①～④のうちから一つ選べ。ただし，この星に大気は存在しないとする。

5

(下書き用紙)

物理基礎・物理の試験問題は次に続く。

第3問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

質量 m で正の電荷 $(+e)$ を持つ陽イオンを、図1のように、加速電圧 V_0 で初速度 0 の状態から加速し、磁束密度 B_0 の一様な磁場中に点Aより、紙面に平行な矢印 s の方向に入射した。陽イオンは磁場中を図のように半径 R の半円の軌道を描き、点Cより紙面に平行な矢印 u の方向で外に出ていった。

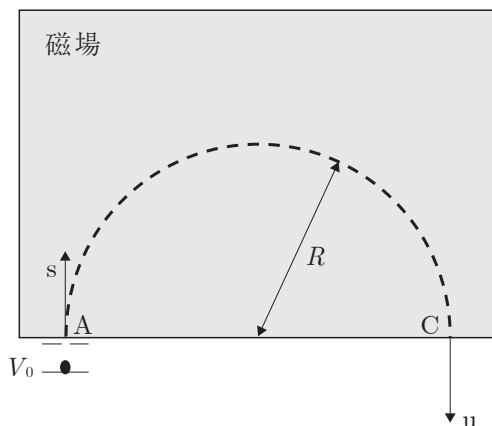


図 1

問1 図1のような軌道で陽イオンを運動させるためには、磁場をどの方向に掛ける必要があるか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ① 紙面に垂直に表から裏に向かう方向
- ② 紙面に垂直に裏から表に向かう方向
- ③ 紙面に平行で点Aから点Cに向かう方向
- ④ 紙面に平行で点Cから点Aに向かう方向
- ⑤ 紙面に平行で矢印 s と同じ方向
- ⑥ 紙面に平行で矢印 u と同じ方向

問2 次の文章中の 2 に入る最も適当なものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。

陽イオンの軌道半径が R となるためには、磁束密度 B_0 は 2 でなければならない。

① $\sqrt{\frac{mV_0}{eR}}$ ② $\sqrt{\frac{2mV_0}{eR}}$ ③ $\sqrt{\frac{mV_0}{eR^2}}$ ④ $\sqrt{\frac{2mV_0}{eR^2}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{2mV_0}{e^2R^2}}$

問3 次の文章中の 3 に入る最も適当なものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。

陽イオンが点Aから磁場中に入り、点Cから外に出ていくまでの時間 t_0 は 3 である。

① $\sqrt{\frac{m\pi}{2eB_0}}$ ② $\frac{m\pi}{2eB_0}$ ③ $\frac{m\pi}{eB_0}$ ④ $\sqrt{\frac{m\pi}{eB_0}}$ ⑤ $\frac{2m\pi}{eB_0}$

問4 次の文章中の ア と イ に入るものの組合せとして正しいものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 4

陽イオンの質量が変化すると、磁場中で陽イオンが描く軌道半径も変化する。もし、軌道半径を R に保つとすると、磁束密度、もしくは、加速電圧を変化させる必要がある。陽イオンの質量が n 倍になると、磁束密度を ア 倍にするか、加速電圧を イ 倍にするかしなければならない。

	ア	イ
①	n	n
②	n	$\frac{1}{n}$
③	$\frac{1}{n}$	n
④	\sqrt{n}	n
⑤	\sqrt{n}	$\frac{1}{n}$

物理基礎・物理

問5 次の文章中の 5 に入る最も適当なものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。

正の電荷(+ e)を持つ質量 $2m$ の陽イオンを、先と同じく加速電圧 V_0 で初速度0の状態から加速し磁場中に入射する。軌道半径を R にするために磁場の強さを調整した。このとき、この陽イオンが点Aから点Cに達するのに時間 5 を要した。

① $\sqrt{2} t_0$

② $2t_0$

③ $\sqrt{2t_0}$

④ $\frac{t_0}{2}$

⑤ $\frac{t_0}{\sqrt{2}}$

(下書き用紙)

物理基礎・物理の試験問題は次に続く。

第4問

次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

薄い断熱材で覆われている容器に理想気体を入れ断熱的なピストンで閉じ込めた(図1)。容器は二つの異なる温度の物体A, Bに接している。接している部分だけは断熱材をスライドさせ取り外すことができ、そうした時だけ容器内の気体と物体A, Bとの間で熱のやりとりが可能になる。物体A, Bの熱容量は十分に大きく、物体A, Bの温度(それぞれ T_A , T_B とする)は一定に保たれているものとする。また、断熱材は熱を全く通さないものとする。最初、容器と物体Aを隔てる断熱材が取り外されており容器内の気体の温度は T_A となっている。

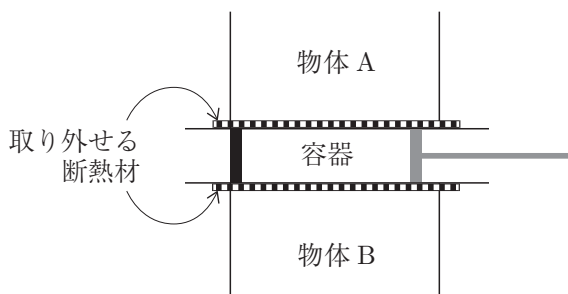


図 1

問1 容器と物体Aを隔てる断熱材を取り外したままでピストンをゆっくり動かし、容器の容積を小さくした。この過程を過程1とする。このとき、容器内の気体と物体Aの間の熱の移動はどうなるか。最も適当なものを、次の①～③のうちから一つ選べ。

- ① 気体から物体Aへ移動する ② 物体Aから気体へ移動する
③ 移動しない

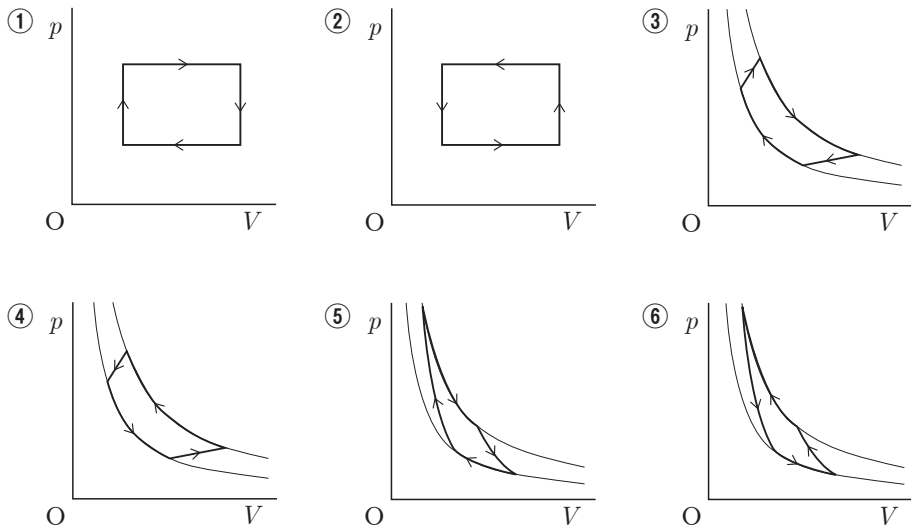
問2 過程1の後、容器と物体Aを隔てる断熱材を取り付けてからピストンをゆっくり動かし、容器の容積を大きくしたところ、容器内の気体の温度が T_B になった。この過程を過程2とする。 T_A と T_B の関係を表す式として正しいものを、次の①～③のうちから一つ選べ。

- ① $T_A < T_B$ ② $T_A = T_B$ ③ $T_A > T_B$

問3 過程2の後、容器と物体Bを隔てる断熱材を取り外してからピストンをゆっくり動かし、容器の容積をさらに大きくした。この過程を過程3とする。過程3において、容器内の気体と物体Bの間の熱の移動はどうか。最も適当なものを、次の①～③のうちから一つ選べ。 3

- ① 気体から物体Bへ移動する ② 物体Bから気体へ移動する
 ③ 移動しない

問4 過程3の後、容器と物体Bを隔てる断熱材を取り付けてからピストンをゆっくり動かすことにより最初の状態(過程1を行う前の状態)へ戻した。この過程を過程4とする。過程1から過程4までを縦軸=圧力(p)、横軸=体積(V)として図示するとどうなるか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、③～⑥の細い曲線は $pV = \text{一定}$ のグラフである。 4



問5 過程1～4を通してピストンにより容器内の気体にした正味の仕事 W の符号はどうか。正しいものを、次の①～③のうちから一つ選べ。 5

- ① $W < 0$ ② $W = 0$ ③ $W > 0$