

科目	物理	1枚目	受検 番号		総 得 点		小 計	
		5枚中						

※注意 解答は、解答欄に有効数字を考慮して記入すること。余白は計算に使って良い。
すべての問題について、解答欄に書かれた内容のみ採点対象とする。

1. 絶対温度 3.0×10^2 (K) の理想気体 (圧力 1.0×10^5 (Pa), 体積 6.0×10^{-2} (m^3)) について、圧力一定に保って、温度を 4.0×10^2 (K) に上げたときについての下記の値を求めよ。

- (1) (配点25点) 体積はいくらになるか。
(2) (配点25点) 気体が外部にした仕事はいくらか。

(1) 求める体積を V とすると、シャルルの法則より、

$$6.0 \times 10^{-2} / 3.0 \times 10^2 = V / 4.0 \times 10^2$$

であるから、 $V = 8.0 \times 10^{-2}$ (m^3)

(2) 気体が外部にした仕事を W とすると、

$$\begin{aligned} W &= p \Delta V \\ &= (1.0 \times 10^5) \times (8.0 \times 10^{-2} - 6.0 \times 10^{-2}) \\ &= 2.0 \times 10^3 \text{ (J)} \end{aligned}$$

- (1) の有効数字が違っていた場合5点減点とする。
(2) の有効数字が違っていた場合5点減点とする。

解答欄	(1) 8.0×10^{-2} (m^3)	(2) 2.0×10^3 (J)
-----	---	---------------------------

科目	物 理	2 枚目	受検 番号		総 得 点		小 計	
		5 枚中						

2. ドップラー効果について次の (1), (2), (3) の空欄に適する式を答えよ。

音の伝わる速さが V (m/s) の時に、振動数 f (Hz) の音を出す音源が、速さ V_s (m/s) で動きながら音を出した。音源の進行方向の先に観測者がいるとき、音源の進行方向前方では、1 波長分の音波を 1 個と数えると、時間 t (s) の間に出した (1) _____ 個 (配点 20 点) の音波が、 $(V - V_s)t$ (m) の距離の間に並ぶことになる。音源の進行方向の前方では、音波の波長は (2) _____ (m) (配点 20 点) であり、音速は V (m/s) で変わらないので、観測者が聞く音の振動数は (3) _____ (Hz) (配点 10 点) となる。

(1) 振動数 f (Hz) で t (s) 時間の間の音波の個数であるので $f t$ 個となる。

$$(2) \quad \lambda' = (V - V_s) t / (f t) \\ = (V - V_s) / f \quad (\text{m})$$

$$(3) \quad f' = V / \lambda' \\ = V / \{ (V - V_s) / f \} \\ = Vf / (V - V_s) \quad (\text{Hz})$$

解答欄	(1) $f t$ (個)	(2) $(V - V_s) / f$ (m)
	(3) $Vf / (V - V_s)$ (Hz)	

科目	物 理	3 枚目	受検 番号	総 得 点	小 計
		5 枚中			

3. (配点50点) 長さ $2L$ (m) の棒磁石を真空中に置いたとき、棒磁石のN極から L (m) だけ離れた点にN極がつくる界の強さを H_N (N/Wb) とし、S極から $\sqrt{3}L$ (m) 離れた点にS極がつくる磁界の強さを H_S (N/Wb) とする。磁気力のクーロンの法則の比例定数を k_m ($\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{Wb}^2$) とする。N極とS極は棒磁石の両端にあり、N磁極の磁気量は m (Wb)、S磁極の磁気量は $-m$ (Wb) とする。棒磁石のN極から L (m)、S極から $\sqrt{3}L$ (m) 離れた点に棒磁石がつくる磁界の強さ H (N/Wb) はいくらか。

$$H_N = m k_m / (L)^2 \quad (\text{N/Wb})$$

$$H_S = m k_m / (\sqrt{3}L)^2$$

$$= m k_m / (3L^2) \quad (\text{N/Wb})$$

\vec{H}_N と \vec{H}_S は、直交しているので、

$$\begin{aligned} H &= \sqrt{H_N^2 + H_S^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{m k_m}{L^2}\right)^2 + \left(\frac{m k_m}{3L^2}\right)^2} \\ &= \frac{\sqrt{10} (m k_m)}{3 L^2} \quad (\text{N/Wb}) \end{aligned}$$

解答欄

$$\frac{\sqrt{10} (m k_m)}{3 L^2} \quad (\text{N/Wb})$$

科目	物 理	4 枚目	受検 番号		総 得 点		小 計	
		5 枚中						

4. (配点50点) エレベータの天井から小球が糸で吊るされている。エレベータ全体が上向きに一定の大きさ $F(N)$ の力で引っ張られて上昇している。エレベータの質量を $M(kg)$ 、小球の質量を $m(kg)$ 、糸は伸縮せずに重さが無視できるとし、 $F(N)$ 、 $M(kg)$ 、 $m(kg)$ を用いて、糸の張力の大きさ $T(N)$ を示せ。

エレベータの加速度の大きさを $a(m/s^2)$ とし、
重力加速度の大きさを $g(m/s^2)$ とすると、
エレベータの運動方程式は、

$$M a = F - Mg - T$$

となる。小球の運動方程式は、

$$m a = T - m g$$

となる。これら2式から、

$$T = m F / (M + m)$$

となる。

解答欄

$$m F / (M + m) \quad (N)$$

科目	物 理	5 枚目	受検 番号	総 得 点	小 計
		5 枚中			

5. (配点50点) 物体と円板の静止摩擦係数を求めるために、水平であらい円板上の中心から 1.0×10^{-1} (m) の位置に物体を置き、少しずつ回転を速くする実験をした。実験により回転周期が1.0秒より小さくなると、物体は円板上を滑り出すことがわかった。このときの物体と円板の静止摩擦係数はいくらになるか。ただし、重力加速度の値として 9.8 (m/s^2)、円周率 π の値として 3.14 を用いて計算し、静止摩擦係数の値を有効数字2桁で求めよ。

静止摩擦係数を μ 、物体の質量を m (kg)、物体が円板から受ける垂直抗力の大きさを N (N)、重力加速度の大きさを g (m/s^2) とすると、物体が滑り出す直前に、物体には、円の中心に向かって最大摩擦力 $F = \mu N = \mu mg$ (N) の大きさの力が働いて等速円運動をしている。よって、円運動の運動方程式は、回転の周期を T (s)、物体と円板の中心との距離を r (m) とすると、

$$m r \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \mu m g$$

となる。よって、

$$\mu = \frac{4 r \pi^2}{g T^2} \doteq 4.0 \times 10^{-1}$$

となる。

有効数字が違っていた場合10点減点とする。

解答欄

$$4.0 \times 10^{-1}$$