受験番号	学部　　　番

A ― 1

物 理 解 答 用 紙

1

問１[説明と計算式]

運動は単振動の４分の１周期分と考えることができる。角振動数ωは

$\omega = \sqrt{k/m}$〔rad/s〕であるから，振動の周期Tは$T = 2\pi/\omega = 2\pi\sqrt{m/k}$〔s〕

である。これより，物体が点Ｂに到達するまでの時間t_0は，以下の通りである。

$$t_0 = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}$$

答　$t_0 = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}$〔s〕

評点	

問２[説明と計算式]

点Ｂ到達時の物体の速度v_0は，エネルギー保存則より以下のようになる。

$$\frac{1}{2}kd^2 = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$v_0 = d\sqrt{\frac{k}{m}}$$

答　$v_0 = d\sqrt{\frac{k}{m}}$〔m/s〕

問３[説明と計算式]

エネルギー保存則より，v_1は以下のようになる。

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = mgH + \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 - 2gH}$$

答　$v_1 = \sqrt{v_0^2 - 2gH}$〔m/s〕

問４[説明と計算式]

物体には，重力加速度の斜面方向成分と摩擦力が斜面の下向きに作用するから，運動方程式は

$$ma = -mg\sin\theta - \mu' mg\cos\theta$$

と表される。これより，物体の加速度は以下のようになる。

$$a = -g\sin\theta - \mu' g\cos\theta = -g(\sin\theta + \mu'\cos\theta)$$

答　$a = -g(\sin\theta + \mu'\cos\theta)$〔m/s²〕

問５[説明と計算式]

点Ｃを速度v_1で通過してから速度がゼロになるまでの時間tは，

$0 = v_1 + at \quad \therefore t = -v_1/a$

であるから，距離Lは以下のようになる。

$$L = v_1 t + \frac{1}{2}at^2 = -\frac{v_1^2}{a} + \frac{1}{2}a\left(\frac{v_1}{a}\right)^2 = -\frac{v_1^2}{2a}$$

答　$L = -\frac{v_1^2}{2a}$〔m〕

問６[説明と計算式]

すべり下りない条件は，重力の斜面方向成分が最大静止摩擦力を超えない場合である。したがって，求める条件は以下の通りである。

$$mg\sin\theta \leq \mu mg\cos\theta$$

$\mu \geq \tan\theta$　　以上より，最小値は$\tan\theta$となる。　答　$\tan\theta$

小計	

受験番号	学部　　番

A ― 2

物　理　解　答　用　紙

2

問１ [答]

$\lambda_1 = V_0/f$ 〔m〕

問２ [説明と計算式]

三平方の定理を用いると，

$\mathrm{AM} = \{L^2 + (d/2 - y_1)^2\}^{1/2} = L\{1 + (d/2 - y_1)^2/L^2\}^{1/2} \fallingdotseq L + (d/2 - y_1)^2/(2L)$

答 $\mathrm{AM} \fallingdotseq L + (d/2 - y_1)^2/(2L)$ 〔m〕

問３ [説明と計算式]

三平方の定理を用いると，

$\mathrm{BM} = \{L^2 + (d/2 + y_1)^2\}^{1/2} = L\{1 + (d/2 + y_1)^2/L^2\}^{1/2} \fallingdotseq L + (d/2 + y_1)^2/(2L)$

答 $\mathrm{BM} \fallingdotseq L + (d/2 + y_1)^2/(2L)$ 〔m〕

問４ [説明と計算式]

問３の答えから問２の答えを引くことにより，

$\mathrm{BM} - \mathrm{AM} = (d/2 + y_1)^2/(2L) - (d/2 - y_1)^2/(2L) = d\,y_1/L$

答 $\mathrm{BM} - \mathrm{AM} = d\,y_1/L$ 〔m〕

問５ [説明と計算式]

最初に干渉波の強め合いが起こる条件は、経路差が波長と一致する，すなわち $\mathrm{BM} - \mathrm{AM} = \lambda_1$ となることなので，$y_1 = L\lambda_1/d$

答 $y_1 = L\lambda_1/d$ 〔m〕

問６ [説明と計算式]

平面波の１周期あたり発生器Ｓは v/f だけ進むので，波長はその分変化する。
よって，$\lambda' = \lambda_1 + v/f$ 。これから振動数は $f' = V_0/\lambda' = V_0 f/(V_0 + v)$

答 $\lambda' = \lambda_1 + v/f$ 〔m〕，$f' = V_0 f/(V_0 + v)$ 〔Hz〕

問７

※出題の誤りがあったため，受験者全員を正解とした。

小計	

受験番号	学部　　　番

A — 3

物 理 解 答 用 紙

3

問1 [答]

ア	$\Delta U = Q + W$

問2 [答]

イ	正	ウ	位置	エ	運動	オ	モル比熱

問3

(1) [説明と計算式]

ボイル・シャルルの法則から $2p_0V_0/T_A = 4p_0 \cdot V_0/T_B = 4p_0 \cdot 2V_0/T_C = 2p_0 \cdot 4V_0/T_D$ となり，それぞれの温度と T_A の関係が求まる。

答　$T_B = 2T_A$〔K〕　$T_C = 4T_A$〔K〕　$T_D = 4T_A$〔K〕

(2) [答]

区間	BC, CD
理由	気体の体積が増加しているため

(3) [説明と計算式]

単原子分子の理想気体なので $\Delta U = (3/2)nR\Delta T$, 等温変化なので $\Delta U_{CD} = 0$
また，$\Delta U_{DA} = (3/2)nR(T_A - T_D)$，A，D 点での状態方程式より
$2p_0 \cdot V_0 = nRT_A$，$2p_0 \cdot 4V_0 = nRT_D$ なので，$\Delta U_{DA} = (3/2)(2p_0V_0 - 2p_0 \cdot 4V_0) = -9p_0V_0$

答　$\Delta U_{CD} = 0$〔J〕　$\Delta U_{DA} = -9p_0V_0$〔J〕

(4) [説明と計算式]

A,B,C,D 点での状態方程式より
$2p_0V_0 = nRT_A$，$4p_0V_0 = nRT_B$，$4p_0 \cdot 2V_0 = nRT_C$，$2p_0 \cdot 2V_0 = nRT_E$
AB 間，CE 間は定積変化なので
$Q_{AB} = (3/2)nR(T_B - T_A) = (3/2)(4p_0V - 2p_0V_0) = 3p_0V_0$,　$Q_{CE} = (3/2)nR(T_E - T_C) = (3/2)(4p_0V - 8p_0V_0) = -6p_0V_0$
BC 間，EA 間は定圧変化なので
$Q_{BC} = (5/2)nR(T_C - T_B) = (5/2)(4p_0 \cdot 2V_0 - 4p_0V_0) = 10p_0V_0$
$Q_{EA} = (5/2)nR(T_A - T_E) = (5/2)(2p_0V_0 - 4p_0V_0) = -5p_0V$

答　$Q_{AB} = 3p_0V_0$〔J〕　$Q_{BC} = 10p_0V_0$〔J〕　$Q_{CE} = -6p_0V_0$〔J〕　$Q_{EA} = -5p_0V_0$〔J〕

(5) [説明と計算式]

吸収する熱量が $Q_{IN} = Q_{AB} + Q_{BC} = 13\,p_0V_0$
放出する熱量が $Q_{OUT} = -(Q_{CE} + Q_{EA}) = 11p_0V_0$ となり
熱効率 $e = (Q_{IN} - Q_{OUT})/\,Q_{IN} = (13p_0V_0 - 11p_0V_0)/(13\,p_0V_0) = 2/13 \fallingdotseq 0.15$

答　熱効率 $e =$　0.15

小計	

受験番号	学部　　　　番

A ― 4

物　理　解　答　用　紙

4

問1 (1) [答]

並列接続

問1 (2) [説明と計算式]

電流計の内部抵抗をr_0とする。測定範囲をn倍にするには，電流計の電流に対して，並列の抵抗$\mathrm{R_A}$に$n-1$倍の電流が流れるようにすればよい。したがって電流を$n-1$倍にするには，R_Aの値をr_0の$1/(n-1)$にすればよい。ここで，$n=5$，$r_0=10$を代入すると，$R_\mathrm{A}=\frac{r_0}{n-1}=\frac{10}{5-1}=2.5$

答　2.5〔Ω〕

問2 [答]

オームの法則

問3 [説明と計算式]

電流計$\mathrm{A_1}$の内部抵抗は，もとの電流計の内部抵抗10 Ωと抵抗$R_\mathrm{A}=2.5$ Ωの並列回路から2 Ωとなる。ここで，電圧計$\mathrm{V_1}$の読み値をV_1〔V〕とすると，電流計$\mathrm{A_1}$の読み値は，抵抗$\mathrm{R_0}$と電流計$\mathrm{A_1}$の内部抵抗2 Ωの合成抵抗R_0+2 Ωに流れる電流値であるので，オームの法則より　$V_1/(R_0+2)$〔A〕

よってオームの法則より，R_1の値は次の通りとなる。

$$R_1=V_1\div\frac{V_1}{R_0+2}=R_0+2$$

答　R_0+2〔Ω〕

問4 [説明と計算式]

電圧計$\mathrm{V_1}$の内部抵抗は500 Ωである。したがって，電圧計$\mathrm{V_1}$と抵抗$\mathrm{R_0}$の合成抵抗の値は$\frac{500R_0}{500+R_0}$〔Ω〕である。ここで，電流計$\mathrm{A_1}$の読み値をI_1〔A〕とすると，オームの法則より電圧計$\mathrm{V_1}$の読み値は，$\frac{500R_0}{500+R_0}I_1$〔V〕となる。よってオームの法則より，$R_2$の値は次の通りとなる。

$$R_2=\frac{500R_0}{500+R_0}I_1\div I_1=\frac{500R_0}{500+R_0}$$

答　$\frac{500R_0}{500+R_0}$〔Ω〕

問5 [説明と計算式]

問 3 より，図 1 の回路の測定値の誤差は$|R_1-R_0|=2$ Ωである。一方，問 4 より，図 2 の回路の測定値の誤差は$|R_2-R_0|=R_0-\frac{500R_0}{500+R_0}$〔Ω〕である。これらから，両方の誤差が等しい条件は

$$R_0-\frac{500R_0}{500+R_0}=2$$

となる。この式を整理すると次の2次方程式　$R_0{}^2-2R_0-1000=0$

が得られる。この方程式の解は，$R_0=1\pm\sqrt{1001}$ となるが，抵抗値は正値となること，および$\sqrt{1001}\fallingdotseq 31.63$を用いて，$R_0=1+\sqrt{1001}\fallingdotseq 32.6$ が得られる。

答　32.6〔Ω〕

小計	