| 受験番号 | 学部　　　　番 |
|---|---|

A — 1

# 物　理　解　答　用　紙

| 1 | | 評点 |
|---|---|---|
| 問 1 | [説明と計算式]<br>力学的エネルギー保存則より，$mgH_1 = \frac{1}{2}mv_B^2$　　$\therefore v_B = \sqrt{2gH_1}$<br>答 $v_B = \sqrt{2gH_1}$ 〔m/s〕 | |
| 問 2 | 答 $F = mg\mu'$ 〔N〕 | |
| 問 3 | [説明と計算式]<br>BC 間で動摩擦力がする仕事が点 A における小物体の力学的エネルギーより大きい場合に，小物体は点 C に到達せず静止する。<br>$mg\mu' L_1 > mgH_1$　　$\therefore L_1 > \frac{H_1}{\mu'}$<br>答 $L_1 > \frac{H_1}{\mu'}$ | |
| 問 4 | [説明と計算式]<br>BC 間で動摩擦力がする仕事と点 D における位置エネルギーの総和が点 A における小物体の力学的エネルギーより大きい場合に，小物体は点 D に到達しない。<br>$mg\mu' L_1 + mgH_2 > mgH_1$　　$\therefore H_2 > H_1 - \mu' L_1$<br>答 $H_2 > H_1 - \mu' L_1$ | |
| 問 5 | [説明と計算式]<br>点 D における運動エネルギー，動摩擦力がする仕事及び点 D における位置エネルギーの総和が点 A における小物体の力学的エネルギーと等しくなるため，<br>$\frac{1}{2}mv_D^2 + mg\mu' L_1 + mgH_2 = mgH_1$　　$\therefore v_D = \sqrt{2g(H_1 - H_2 - \mu' L_1)}$<br>答 $v_D = \sqrt{2g(H_1 - H_2 - \mu' L_1)}$ 〔m/s〕 | |
| 問 6 | [説明と計算式]<br>$v_D$の水平成分を$v_x$，垂直成分を$v_y$とすると，<br>$v_x = v_D \cos\theta$<br>$v_y = v_D \sin\theta$<br>と表される。点 D を原点として考えた場合，点 E における垂直方向の移動は<br>$0 = v_y t - \frac{1}{2}gt^2$<br>として表される。ここで$t$は点 D で飛び出した小物体が点 E に到達するまでの時間である。点 E では$t \neq 0$は自明であるため<br>$0 = v_y - \frac{1}{2}gt$ゆえに<br>$t = \frac{2v_D \sin\theta}{g}$となる。水平方向への小物体の移動を考えると<br>$L_2 = v_x t = 4\sin\theta\cos\theta\,(H_1 - H_2 - \mu' L_1)$<br>答 $L_2 = 4\sin\theta\cos\theta\,(H_1 - H_2 - \mu' L_1)$ 〔m〕 | 小計 |

| 受験番号 | 学部　　　　番 |
|---|---|

A — 2

# 物　理　解　答　用　紙

## 2

### 問1

(1)

答　b

理由

$\lambda_1 < \lambda_2$より，$\lambda_1$の方が光子エネルギーは大きく，光電子の最大の運動エネルギーも大きくなる。そのため，阻止電圧も$\lambda_1$の方が大きくなる。$V_b > V_a$より阻止電圧が大きいのは$V_b$であり，$\lambda_1$の光を照射したときの様子を表すのはbである。

(2) [説明と計算式]

波長 $\lambda_1$，$\lambda_2$ のときの阻止電圧は $V_b$，$V_a$ であるため，仕事関数を $W$ とすると

$$\frac{hc}{\lambda_1} = W + eV_b \quad \cdot\cdot\cdot ①$$

$$\frac{hc}{\lambda_2} = W + eV_a \quad \cdot\cdot\cdot ②$$

が成り立つ。①−②より $hc\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right) = e(V_b - V_a)$，よって $h = \dfrac{e\lambda_1\lambda_2(V_b - V_a)}{c(\lambda_2 - \lambda_1)}$

答 $h = \dfrac{e\lambda_1\lambda_2(V_b - V_a)}{c(\lambda_2 - \lambda_1)}$　〔J·s〕

(3) [説明と計算式]

$h\nu_0 = W$ のときが限界振動数であるから $\nu_0 = \dfrac{W}{h}$

$W$は(2)の ($① \times \lambda_1 - ② \times \lambda_2$) より $0 = W(\lambda_1 - \lambda_2) + e(\lambda_1 V_b - \lambda_2 V_a)$，よって $W = \dfrac{e(\lambda_1 V_b - \lambda_2 V_a)}{\lambda_2 - \lambda_1}$

$h$，$W$ を $\nu_0 = \dfrac{W}{h}$ に代入し，$\nu_0 = \dfrac{c(\lambda_1 V_b - \lambda_2 V_a)}{\lambda_1\lambda_2(V_b - V_a)}$

答 $\nu_0 = \dfrac{c(\lambda_1 V_b - \lambda_2 V_a)}{\lambda_1\lambda_2(V_b - V_a)}$　〔Hz〕

### 問2

(1) [計算式]

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.6 \times 10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s} \times 3.0 \times 10^{8}\,\mathrm{m/s}}{2.0 \times 10^{-7}\,\mathrm{m}} = 9.9 \times 10^{-19}\,\mathrm{J}$$

答 $E =$ $9.9 \times 10^{-19}$ J

(2) [計算式]

$K_0 = 1.6 \times 10^{-19}\,\mathrm{J/eV} \times 1.6\,\mathrm{eV} = 2.56 \times 10^{-19}\,\mathrm{J} \fallingdotseq 2.6 \times 10^{-19}\,\mathrm{J}$

答 $K_0 =$ $2.6 \times 10^{-19}$ J

(3) [計算式]

$W = (9.9 - 2.6) \times 10^{-19}\,\mathrm{J} = 7.3 \times 10^{-19}\,\mathrm{J}$

答 $W =$ $7.3 \times 10^{-19}$ J

(4) [計算式]

$$\frac{1.0 \times 10^{-3}\,\mathrm{J}}{E\,〔\mathrm{J}〕} = \frac{1.0 \times 10^{-3}\,\mathrm{J}}{9.9 \times 10^{-19}\,\mathrm{J}} \fallingdotseq 1.0 \times 10^{15}個$$

答 $1.0 \times 10^{15}$ 個

(5) [計算式]

$I_0 = 1.0 \times 10^{15}個/\mathrm{s} \times 1.6 \times 10^{-19}\,\mathrm{C} = 1.6 \times 10^{-4}\,\mathrm{A}$

答 $I_0 =$ $1.6 \times 10^{-4}$ A

| 小計 | |
|---|---|

| 受験番号 | 学部　　　　番 |
|---|---|

A — 3

# 物　理　解　答　用　紙

## 3

**問1**

答　$R_1 = \rho L/D$　〔Ω〕

**問2**

(1) [説明と計算式]

磁場 $B$ 中で電流 $I$ に働く力は $IBL$ であり，流れる電流は $E/R_1$ なのでEBL/R₁

答　$F = EBL/R_1$　〔N〕

(2) [説明と計算式]

$v_0$ で棒がすべるとき，$v_0BL$ の誘導起電力が電池の起電力をキャンセルするように発生するので，回路全体の起電力は $E\text{-}v_0BL$。よって電流は，$(E\text{-}v_0BL)/R_1$。

答　$I_1 = (E\text{-}v_0BL)/R_1$　〔A〕

(3) [説明と計算式]

起電力 $v_0BL$ で全抵抗は $R_0+R_1$，よって電流は $v_0BL/(R_0+R_1)$。
棒の運動エネルギー $mv_0{}^2/2$ がジュール熱に変換される。そのうち抵抗Aのジュール熱の割合は $R_0/(R_0+R_1)$，よって $mv_0{}^2R_0/\{2(R_0+R_1)\}$。

答　$I_2 = v_0BL/(R_0+R_1)$　〔A〕　$Q = mv_0{}^2R_0/\{2(R_0+R_1)\}$　〔J〕

**問3**

(1) [説明と計算式]

重力のレール平行成分 $mg\sin\theta_0$ と棒に働く力のレール平行成分 $IBL\cos\theta_0$ が等しい。よって $\tan\theta_0=IBL/mg$。電流 $I$ は $E/R_1$，よって $\tan\theta_0=EBL/mgR_1$。
フレミングの左手の法則より，電流はYからXの向き。よって正極はイ。

答　$\tan\theta_0 = EBL/mgR_1$　　正極は　イ

(2) [説明と計算式]

$v_1$ で棒がすべるとき，$v_1BL\cos\theta_0$ の誘導起電力が発生し，電流 $v_1BL\cos\theta_0/(R_0+R_1)$ が流れ，よって水平方向に力 $v_1(BL)^2\cos\theta_0/(R_0+R_1)$ が働く。この力のレール平行成分と重力のレール平行成分が等しいので，$v_1(BL\cos\theta_0)^2/(R_0+R_1)=mg\sin\theta_0$。
よって $v_1=mg(R_0+R_1)\sin\theta_0/(BL\cos\theta_0)^2$。

答　$v_1 = mg(R_0+R_1)\sin\theta_0/(BL\cos\theta_0)^2$　〔m/s〕

(3) [説明と計算式]

回路の電流 $I$ は $v_1BL\cos\theta_0/(R_0+R_1)$，これに(2)で求めた $v_1$ を代入し，$I=mg\tan\theta_0/BL$。これに(1)で求めた $\tan\theta_0$ を代入し，$I=E/R_1$。1秒間あたりに抵抗Aで発生するジュール熱は $R_0I^2$ より $R_0(E/R_1)^2$。

答　$P = R_0(E/R_1)^2$　〔W〕

小計

| 受験番号 | 学部　　　　番 |
|---|---|

A — 4

# 物　理　解　答　用　紙

（標準的な正答例であり，この他にも正解となる解答はあります。）

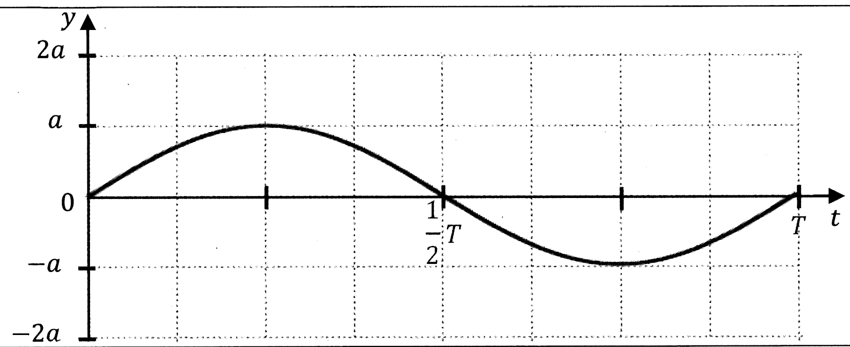
## 4

### 問 1

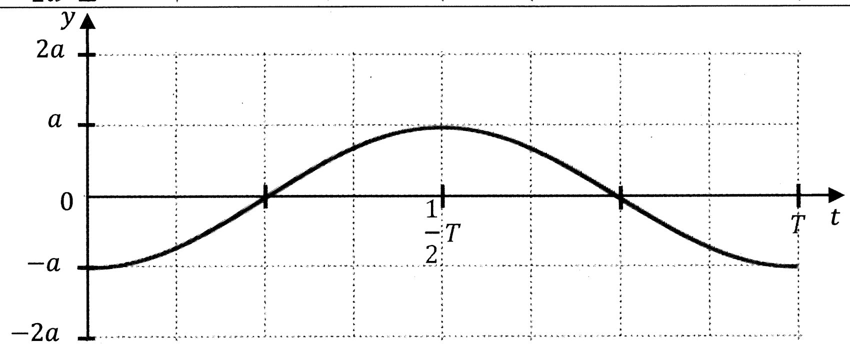
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ア | 媒質 | イ | $Tv$ | ウ | 振幅 | エ | rad/s |
| オ | 角振動数 | カ | $\dfrac{2\pi}{T}$ | キ | $\dfrac{x}{v}$ | ク | $\dfrac{2\pi}{\lambda}$ |

### 問 2

(1)




(2)




### 問 3

(1)

式　$y = a\sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \frac{2\pi}{\lambda}x\right)$　等

(2)

式　$y = a\sin\left\{\frac{2\pi}{T}t + \frac{2\pi}{\lambda}(x - x_{\mathrm{p}})\right\}$　等

(3) [説明と計算式]

点Oと点Pの波源から位置$x$までの距離を考える。この距離の差が半波長 $\frac{\lambda}{2}$の偶数倍のときに2つの波が強めあって腹となることから，　$m = 0,\ 1,\ 2,\ 3,\ \ldots$ として

$|x - (3\lambda - x)| = 2m\frac{\lambda}{2}$　である。

したがって　$2x - 3\lambda = \pm m\lambda$　から　$x = (3 \pm m)\frac{\lambda}{2}$ である。

$3 \pm m$は整数であり，$m' = 0,\ \pm 1,\ \pm 2,\ \pm 3,\ \ldots$ とすると，　$x = m'\frac{\lambda}{2}$ である。

ゆえに $0 < x < 3\lambda$ を満たす$x$は $\frac{\lambda}{2}$，$\lambda$，$\frac{3\lambda}{2}$，$2\lambda$，$\frac{5\lambda}{2}$　となる。

答　$x =$　$\frac{\lambda}{2}$，$\lambda$，$\frac{3\lambda}{2}$，$2\lambda$，$\frac{5\lambda}{2}$　〔m〕

| 小計 | |
|---|---|

問 3 (3) の別解

ＯＰ間の$x$軸上の定常波は，点Ｏの波源から伝わる $x$軸の正の方向に進む波の式と 問 3 (2) の波の式の和であることから，

$$a\sin\left(\frac{2\pi}{T}t-\frac{2\pi}{\lambda}x\right)+a\sin\left(\frac{2\pi}{T}t+\frac{2\pi}{\lambda}x\right)$$
$$=2a\sin\left\{\frac{\left(\frac{2\pi}{T}t-\frac{2\pi}{\lambda}x\right)+\left(\frac{2\pi}{T}t+\frac{2\pi}{\lambda}x\right)}{2}\right\}\cos\left\{\frac{\left(\frac{2\pi}{T}t-\frac{2\pi}{\lambda}x\right)-\left(\frac{2\pi}{T}t+\frac{2\pi}{\lambda}x\right)}{2}\right\}$$
$$=2a\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)$$

となる。腹の位置はもっとも大きく振動している位置であるので，$\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)=\pm 1$ である位置$x$である。

従って，$\frac{2\pi}{\lambda}x=\pi m$ (ここで$m=0$, $\pm 1$, $\pm 2$, $\pm 3$, ...) より， $x=m\frac{\lambda}{2}$ である。

ゆえに $0<x<3\lambda$ を満たす$x$は $\frac{\lambda}{2}$，$\lambda$，$\frac{3\lambda}{2}$，$2\lambda$，$\frac{5\lambda}{2}$ となる。