2026 年度　　前期日程　　理科（物理基礎・物理）

出題意図

$\boxed{1}$

静力学，特に重力，ばねの弾性力，および浮力が関係する「力のつり合い」の理解度を見る。また，式の組み立てや変形を通じて物理に必要な数学的基礎学力を問う。

$\boxed{2}$

光の伝わり方，位相のずれ，干渉条件など，光の波としての性質の理解度を見る。また，式の組み立てや変形を通じて物理に必要な数学的基礎学力を問う。

$\boxed{3}$

抵抗率や電流の分岐を含む電気回路の基本的事項の理解度を見る。また，電荷によって生じる電場と電位，更に荷電粒子の力学的エネルギーの理解度を見る。また，式の組み立てや変形を通じて物理に必要な数学的基礎学力を問う。

1

問 1. ［計算過程］

おもり A の質量Mは，断面積S，高さ h，及び密度ρ_0を用いて，$M = \rho_0 Sh$と表される。したがって，重力は$F_g = Mg = \rho_0 Shg$となる。

［答え］A に働く重力

$\rho_0 Shg$ [N]

問 2. ［計算過程］

重力とばねの伸びによる弾性力がつり合っているので，ばね定数を k とおけば，

$F_g = \rho_0 Shg = k\ell$，したがって，$k = \frac{\rho_0 Shg}{\ell}$ となる。

［答え］ばね定数

$\frac{\rho_0 Shg}{\ell}$ [N/m]

問 3. ［計算過程］

ばねの伸びが$\frac{5}{7}\ell$になったので，図２の場合の弾性力F_eは，

$F_e = -\frac{5}{7}k\ell = -\frac{5}{7}\ell\left(\frac{\rho_0 Shg}{\ell}\right) = -\frac{5}{7}\rho_0 Shg$となる。ばねは自然長より伸びているので，縮む方向に働いている。

［答え］ばねの弾性力

$-\frac{5}{7}\rho_0 Shg$ [N]

1

問４.［計算過程］

おもり A は $\frac{h}{3}$ だけ液面の上にあるので液体を押しのけている部分の高さは $\frac{2}{3}h$となる。
浮力F_bは押しのけた体積，液体の密度，および重力の積として表されるため，

$$F_b = -\rho S\left(\frac{2h}{3}\right)g = -\frac{2}{3}\rho Shg$$ となる。

［答え］液体からの浮力

$-\frac{2}{3}\rho Shg$ [N]

問５.［計算過程］

重力，弾性力，浮力がつり合うため，$F_g + F_e + F_b = 0$ となる。
これにより，$\rho_0 Shg - \frac{5}{7}\rho_0 Shg - \frac{2}{3}\rho Shg = 0 \rightarrow \frac{2}{7}\rho_0 = \frac{2}{3}\rho$ となって，比が求まる。

［答え］ρ / ρ_0

$\frac{3}{7}$

問６.［計算過程］

押す力をFとすれば，力のつり合いから以下のように求まる：

$$F + \rho_0 Shg - \left(\frac{5}{7}\ell + \frac{1}{3}h\right)k - \left(\frac{2}{3}h + \frac{1}{3}h\right)\rho Sg = 0$$
$$\rightarrow F + \rho_0 Shg - \left(\frac{5}{7}\ell + \frac{1}{3}h\right)\frac{\rho_0 Shg}{\ell} - h\rho Sg = 0$$
$$\rightarrow F = \left(-\frac{2}{7}\rho_0 + \frac{1}{3}\frac{h}{\ell}\rho_0 + \rho\right)Shg = \left(\frac{1}{7} + \frac{1}{3}\frac{h}{\ell}\right)\rho_0 Shg \quad *$$

［答え］A を下向きに押す力

$\rho_0 Shg\left(\frac{1}{7} + \frac{h}{3\ell}\right)$ [N]

*ρを用いた解答も正答とする。

2

問 1. ［計算過程］

距離 S_1 P は，

$$S_1P=\sqrt{L^2+\left(a-\frac{d}{2}\right)^2}=L\left[1+\frac{\left(a-\frac{d}{2}\right)^2}{L^2}\right]^{\frac{1}{2}}\fallingdotseq L\left[1+\frac{\left(a-\frac{d}{2}\right)^2}{2L^2}\right]=L+\frac{\left(a-\frac{d}{2}\right)^2}{2L}$$

となる。同様に，距離 S_2 P は，

$$S_2P=\sqrt{L^2+\left(a+\frac{d}{2}\right)^2}=L\left[1+\frac{\left(a+\frac{d}{2}\right)^2}{L^2}\right]^{\frac{1}{2}}\fallingdotseq L\left[1+\frac{\left(a+\frac{d}{2}\right)^2}{2L^2}\right]=L+\frac{\left(a+\frac{d}{2}\right)^2}{2L}$$

となるので，距離 S_2 P と距離 S_1 P の差は，

$$S_2P-S_1P=\left[L+\frac{\left(a+\frac{d}{2}\right)^2}{2L}\right]-\left[L+\frac{\left(a-\frac{d}{2}\right)^2}{2L}\right]=\frac{ad}{L}$$

となる。

［答え］距離の差

$$\frac{ad}{L}\ \ [\mathrm{m}]$$

問 2. ［計算過程］

スクリーン上で明線となる条件は，問 1 と同様に，経路差が波長の整数倍となるときなので，mを整数とすると，$\frac{xd}{L}=m\lambda$となる。つまり，$x=\frac{L\lambda}{d}m$の位置に明線が現れる。mは整数であることを考えると，明線の間隔は $\frac{L\lambda}{d}$ となる。

［答え］隣り合う明線の間隔

$$\frac{L\lambda}{d}\ \ [\mathrm{m}]$$

2

問 3.［計算過程］

距離 S_0S_1 は,

$$S_0S_1=\sqrt{\ell^2+\left(\frac{d}{2}-b\right)^2}=\ell\left[1+\frac{\left(\frac{d}{2}-b\right)^2}{\ell^2}\right]^{\frac{1}{2}}\fallingdotseq\ell\left[1+\frac{\left(\frac{d}{2}-b\right)^2}{2\ell^2}\right]=\ell+\frac{\left(\frac{d}{2}-b\right)^2}{2\ell}$$

となる。同様に，距離 S_0S_2 は,

$$S_0S_2=\sqrt{\ell^2+\left(\frac{d}{2}+b\right)^2}=\ell\left[1+\frac{\left(\frac{d}{2}+b\right)^2}{\ell^2}\right]^{\frac{1}{2}}\fallingdotseq\ell\left[1+\frac{\left(\frac{d}{2}+b\right)^2}{2\ell^2}\right]=\ell+\frac{\left(\frac{d}{2}+b\right)^2}{2\ell}$$

となるので，距離 S_0S_2 と距離 S_0S_1 の差は,

$$S_0S_2-S_0S_1=\left[\ell+\frac{\left(\frac{d}{2}+b\right)^2}{2\ell}\right]-\left[\ell+\frac{\left(\frac{d}{2}-b\right)^2}{2\ell}\right]=\frac{bd}{\ell}$$

となる。

［答え］距離の差

$\frac{bd}{\ell}$ [m]

問 4.

補足：図２では，S_0S_2 よりも S_0S_1 の距離が短くなったので，スクリーン上において S_1 を通る経路と S_2 を通る経路の距離が等しくなる位置は，もとの点 O よりも下に移動する。

［答え］

下向き

2

問 5.［計算過程］

図 2 のときに明線となる条件は，$S_0S_2 - S_0S_1$の経路差を考慮して問２における明線の関係式 $\frac{xd}{L} = m\lambda$ を変更すれば，以下のようになる：

$$\frac{bd}{\ell} + \frac{xd}{L} = m\lambda$$

図 1 で点 O にあった明線は$m = 0$に対応していたので，$x = -\frac{Lb}{\ell}$を得る。つまり，図 1 で点 O にあった明線は，図 2 のようにスリットS_0を移動したことにより，点 O から下に距離$\frac{Lb}{\ell}$だけ移動したことになる。

［答え］明線の移動した距離

$\frac{Lb}{\ell}$ [m]

3

問１．

補足：キルヒホッフの第１法則より，$I = I_1 + I_2$となる。

［答え］電流I, I_1, I_2の関係

$I = I_1 + I_2$

問２．［計算過程］

各区分の長さにρを乗じた量がその区分の抵抗になるから，
それぞれ$R_1 = \rho L\left(2 - \frac{1}{\tan\theta}\right), R_2 = \rho L, R_3 = \frac{\rho L}{\sin\theta}$ となる。

［答え］抵抗R_1

$\rho L\left(2 - \frac{1}{\tan\theta}\right)$　[Ω]

［答え］抵抗R_2

ρL　[Ω]

［答え］抵抗R_3

$\frac{\rho L}{\sin\theta}$　[Ω]

3

問３．［計算過程］

閉経路 ABPOA に関してキルヒホッフの第２法則を適用すると，$R_1I_1+R_3I_1-R_2I_2=0$となる。これに問１の結果を用いると，$R_1I_1+R_3I_1-R_2(I-I_1)=0 \to I_1=\frac{IR_2}{R_1+R_2+R_3}$となる。更に問２の結果を用いると，$I_1=I/\left(3-\frac{1}{tan\,\theta}+\frac{1}{sin\,\theta}\right)$を得る。*

また，電流I_1が最も大きくなるのは，区間 ABPO の抵抗が最も小さくなる場合，つまり，電流I_1が流れる経路が最も短くなる場合であり，幾何学的に$\theta=50^\circ$のときである。実際，ABPO の長さは$\left(2-\frac{1}{tan\,\theta}+\frac{1}{sin\,\theta}\right)L=\left(2+tan\frac{\theta}{2}\right)L$となるから，$50^\circ \leqq \theta \leqq 80^\circ$に対して，$\theta=50^\circ$のとき最小となる。 また，$\theta$を弧度法の表示として$I_1$の微分を計算すると，$\frac{dI_1}{d\theta}=\frac{I(\cos\theta-1)}{(3\sin\theta-\cos\theta+1)^2}<0$となり，単調減少を示すことからも，同様の結果を得る。

［答え］電流I_1

$$\frac{I}{3-\frac{1}{\tan\theta}+\frac{1}{\sin\theta}}$$ [A]

［答え］角度θ

50°

*　$I_1=\frac{I\sin\theta}{(3\sin\theta-\cos\theta+1)}$, 或いは $I_1=\frac{I}{3+\tan\frac{\theta}{2}}$ などと表現しても正答とする。

問４．　［計算過程］

電場はそれぞれの電荷からの寄与の和で与えられるから，電場の向きを考慮すれば，

電場のx成分は$E_x = k\frac{3Q}{a^2+x^2}\frac{x}{\sqrt{a^2+x^2}} + k\frac{-Q}{a^2+x^2}\frac{x}{\sqrt{a^2+x^2}} = k\frac{Q}{a^2+x^2}\frac{2x}{\sqrt{a^2+x^2}}$となり，

y成分は$E_y = -k\frac{3Q}{a^2+x^2}\frac{a}{\sqrt{a^2+x^2}} + k\frac{-Q}{a^2+x^2}\frac{a}{\sqrt{a^2+x^2}} = -k\frac{Q}{a^2+x^2}\frac{4a}{\sqrt{a^2+x^2}}$となる。

$E_x = E_y$より，$x = -2a$と求まる。

［答え］x座標

$-2a$

問５．　［計算過程］

座標　$(0, b)$における電位は$k\frac{3Q}{b-a} + k\frac{-Q}{b+a} = kQ\frac{3(b+a)-(b-a)}{(b+a)(b-a)} = 2kQ\frac{b+2a}{(b+a)(b-a)}$であるから，

質点の位置エネルギーは$-4kQ^2\frac{b+2a}{(b+a)(b-a)}$となる。これを質点の運動エネルギーが凌げばよいから，$\frac{mv^2}{2} - 4kQ^2\frac{b+2a}{(b+a)(b-a)} \geqq 0$より，　$v \geqq \sqrt{8kQ^2\frac{b+2a}{m(b+a)(b-a)}}$を得る。

［答え］vに対する条件

$$v \geqq \sqrt{8kQ^2\frac{b+2a}{m(b+a)(b-a)}}$$