

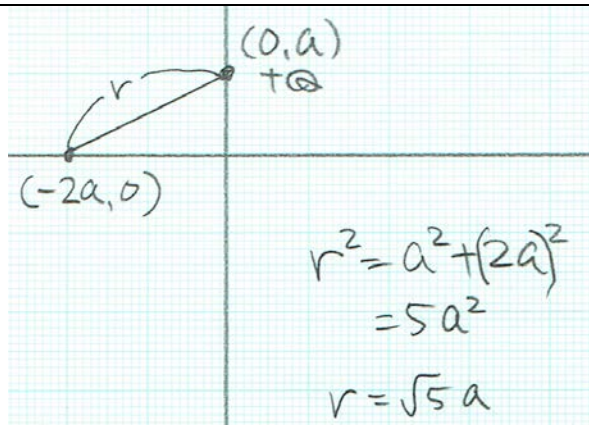
一般選抜（後期日程）「理科（物理）」
（食産業学群 B 区分）

第 1 問

問 1	力学的エネルギー＝位置エネルギー＋運動エネルギーだから、 地点 1 $MgH + \frac{1}{2} \times M \times v_1^2 = M(gH + \frac{v_1^2}{2})$ 地点 2 $Mgh + \frac{1}{2} \times M \times v_2^2 = M(gh + \frac{v_2^2}{2})$
問 2	地点 1 と 2 の力学的エネルギーが等しいので、 $v_2 = \sqrt{\frac{2}{M} \left\{ Mg(H - h) + \frac{1}{2} M v_1^2 \right\}}$ $= \sqrt{2g(H - h) + v_1^2}$
問 3	地点 1 と 2 の力学的エネルギーの差が、動摩擦力がした仕事である。 $\begin{aligned} \text{動摩擦力がした仕事} &= \left(\frac{1}{2} M v_2'^2 + Mgh \right) - \left(\frac{1}{2} M v_1'^2 + MgH \right) \\ &= M \left\{ \frac{1}{2} (v_2'^2 - v_1'^2) + g(h - H) \right\} \end{aligned}$
問 4	$2000 \times \left\{ \frac{144 - 25}{2} + 9.8 \times (10 - 30) \right\} = -2.7 \times 10^5 \text{J}$
問 5	温度上昇を t とすると、 $0.4 \times 2.7 \times 10^5 = 5000 \times 4.2 \times t$ $t = \frac{0.4 \times 2.7 \times 10^5}{5000 \times 4.2} = 5.1$ $20 + 5.1 = 25.1$ （有効数字 2 桁なので）水の温度は 25℃になる。

第2問

問1



図はなくてもよい

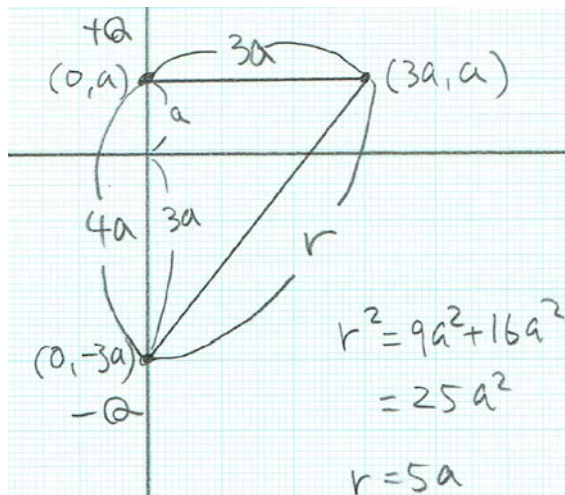
$(0, a)$ と $(-2a, 0)$ の距離を r とすると

$$r^2 = a^2 + 4a^2 = 5a^2$$

$$r = \sqrt{5}a$$

公式 $V = \frac{kQ}{r}$ より, 求める値は $\frac{kQ}{\sqrt{5}a}$

問2



図はなくてもよい

$(0, a)$ と $(3a, a)$ の距離は $3a$

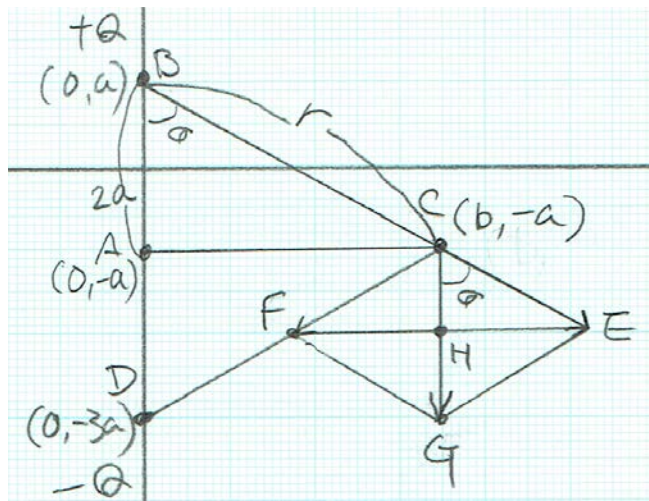
$(3a, a)$ における $(0, a)$ の電荷による電位は $\frac{kQ}{3a}$... (i)

$(0, -3a)$ と $(3a, a)$ の距離を r とすると

$$r^2 = 9a^2 + 16a^2 = 25a^2$$

$r = 5a$ だから, $(3a, a)$ における $(0, -3a)$ の電荷による電位は $-\frac{kQ}{5a}$... (ii)

求める値は (i) + (ii) = $\frac{2kQ}{15a}$



図はなくてもよい

問 3

図のとおり， $(0, -a)$ を A ， $(0, a)$ を B ， $(b, -a)$ を C ， $(0, -3a)$ を D とする。 BC の距離を r とする。 C において B の電荷がつくる電場を $\vec{CE}$ とする。 C において D の電荷がつくる電場を $\vec{CF}$ とする。 C において重ね合わされた電場を $\vec{CG}$ とする。題意より， AD と CG は平行であるから，角 $CBA =$ 角 $ECG = \theta$ とする。 $\vec{CE}$ と $\vec{CF}$ の大きさは等しいから， E と F を結ぶ直線は CG の中点 H で交わる。すると

$$CH = CE \cos \theta = \frac{CG}{2}$$

$\vec{CE}$ の大きさは公式より $\frac{kQ}{r^2}$ である。 $\vec{CG}$ の大きさが $\frac{kQ}{16a^2}$ であるから，

$$\frac{kQ}{16a^2} = \frac{2 \cos \theta kQ}{r^2}$$

$\cos \theta = \frac{2a}{r}$ であるから

$$\frac{kQ}{16a^2} = \frac{4akQ}{r^3}$$

$$\frac{1}{16a^2} = \frac{4a}{r^3}$$

$$r^3 = 16a^2 \times 4a$$

$$r = 4a$$

($r = a = 0$ は題意により無視できる)

三平方の定理より

$$4a^2 + b^2 = 16a^2$$

$$b^2 = 12a^2$$

$$b = \sqrt{12}a$$

$$= 2\sqrt{3}a$$

問 4

$$(0, 0) \text{ の電位は } \frac{kQ}{a} - \frac{kQ}{3a} = \frac{2kQ}{3a}$$

$(0, 0)$ と $(3a, a)$ の電位差は

$$\frac{2kQ}{3a} - \frac{2kQ}{15a} = \frac{(10-2)kQ}{15a} = \frac{8kQ}{15a}$$

公式 $W = q\Delta V$ より，求める値は $\frac{8kQq}{15a}$

第3問

問 1	波の速さは波源の前方でも後方でも等しい。従って波源が動く場合、波源の前方では波長が短くなり振動数が大きくなる。同様に波源の後方では波長が長くなり振動数が小さくなる。 観測者が動く場合、波源に近づくときは静止している場合に比べて1秒あたりに受け取る波の数が多くなり振動数が大きく観測される。同様に波源から遠ざかるときは振動数が少なく観測される。 波源と観測者の双方が移動する場合はこの二つの変化が同時に起こる。
問 2	ドップラー効果を応用した装置として、野球で投手が投げるボールの速さを測定する装置がある。この装置は、固定した装置から、投げられたボールに一定の振動数の電波又は超音波を照射する。ボールはこの波を反射するとき、あたかも移動する波源のように振る舞う。反射した波は戻ってきたときに、ドップラー効果により振動数が変化する。この変化を観測することにより、ボールの速さを計算する。
問 3	音源から観測者への向きを速度の正の向きとすると、すれ違う前は $f_b = \frac{(V - w) + v_o}{(V - w) - v_s} f$
問 4	音源から観測者への向きを速度の正の向きとすると、すれ違った後は $f_a = \frac{(V + w) - v_o}{(V + w) + v_s} f$ となるから $f = \frac{(V + w) + v_s}{(V + w) - v_o} f_a$ $= \frac{340+2+18}{340+2-12} \times 605$ $= 660 \text{ Hz}$

第4問

問 1	静電気力 F は点電荷の距離 2 乗に反比例して、2 つの点電荷の大きさの積に比例する。 したがって、$F = \frac{ke^2}{r^2}$
問 2	等速円運動を行う電子が持っている遠心力は $F = \frac{mv^2}{r}$ これと釣り合う向心力が問 1 で求めた静電気力であるから、$\frac{ke^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$
問 3	質量 m、速さ v で大きさ mv の運動量を持つ粒子について成り立つ、ド・ブロイ波長に基づいて 電子波の波長 $\lambda = \frac{h}{mv}$
問 4	電子の軌道は半径 r の円であり、この軌道の一周の長さが電子波の波長の正の整数倍であるときに電子が存在できる。 したがって、 $2\pi r = n\lambda = \frac{nh}{mv}$
問 5	電子の軌道半径は問 4 の式より $r = \frac{nh}{2\pi mv}$ 問 2 の解より $\frac{ke^2}{r} = mv^2$ したがって $r = \frac{ke^2}{mv^2}$ 二式より $\frac{nh}{2\pi mv} = \frac{ke^2}{mv^2}$, $\frac{nh}{2\pi} = \frac{ke^2}{v}$ 電子の速さ v についてとくと、$v = \frac{2\pi ke^2}{nh}$