H22年度実施（H23年1月13日）学習到達度試験（物理）の解答　　H23. 02. 16

領域１；速度・加速度・変位

1

（1）自転車の初速度 $v_0 = 10$ m/s で，時間 $t = 5.0$ 秒後の速度 $v = 0.0$m/s ある。従って，自転車の平均の加速度 a は次のように求められる。

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{0 - 10}{5.0} = -2.0 \text{ m/s}^2$$

→ ア －，イ 2，ウ 0

（2）鉛直下向きを+y 方向とすると，初速 v_0=4.0m/s で投げ下ろしたので，投げてからの時間 t=0.06s の落下距離 y は次のように求められる。

$$y = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 = 4.0 \times 0.06 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times 0.06^2 = 4.236 \fallingdotseq 4.2 \text{ m}$$

→ ウ 4，エ 2

（3）投げてから時刻 t での水平方向の移動距離 x, 鉛直下向きの移動距離 y は次のように表される。

$$x = v_0 t \quad ① \qquad y = \frac{1}{2} g t^2 \quad ②$$

①式より，$t = \dfrac{x}{v_0}$ を②式に代入すると，$y = \dfrac{1}{2} g \left(\dfrac{x}{v_0}\right)^2 = \dfrac{9.8}{2 \times 1.4^2} x^2 = 2.5 x^2$

→ ④

2

自動車 A と B が並んだ時，時刻 $t = 0$ とし，位置 $x = 0$ とする。時刻 t での自動車 A，B の速度 v_A，v_B と位置 x_A，x_B は次のように表される。

$$v_A = v_{0A} + a_A t = 22 - 4t \quad ① \qquad v_B = v_{0B} = 12 \quad ②$$

$$x_A = v_{0A} t + a_A t^2/2 = 22t - 2t^2 \quad ③ \qquad x_B = v_{0B} t = 12t \quad ④$$

（1）③式より，自動車 A の x-t グラフは上に凸の放物線，④式より，自動車 B の x-t グラフは傾きが正で原点を通る直線となる。

→ ③

（2）自動車 A と B の速度が同じになる時は，①式=②式 → $22 - 4t = 12$ → $t = 10/4 = 2.5$ s

従って，同じ速度になるのは，2.5 秒後となる。

→ ア 2，イ 5

（3）自動車 B が再び自動車 A に追いつく時，A と B は同じ位置となるので，③式 = ④式 →

$22t - 2t^2 = 12t$ → $t(10-2t) = 0$ → $t = 10/2 = 5.0$ s　再び同じ位置になるのは 5.0 秒後である。

→ ウ 5，エ 0

領域２；　力のつり合いと運動方程式

$\boxed{1}$

（1）　３つの力はつりあっているので，力 $\vec{F}_3$ の大きさ F_3 は次のように求められる。

$$F_3 = \sqrt{{F_1}^2 + {F_2}^2} = \sqrt{24^2 + 12^2} = 12\sqrt{2^2 + 1^2} = 12\sqrt{5} = 26.832 \fallingdotseq 27\ \mathrm{N}$$

→　$\boxed{ア}$　2　，　$\boxed{イ}$　7

（2）　また, 角度 θ を用いて, そのタンジェントの値は,　　$\tan\theta = F_1/F_3 = 12/24 = 0.5$

→　②

$\boxed{2}$

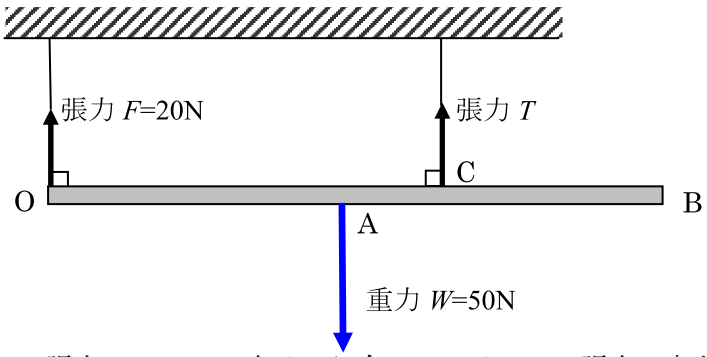
（1）　フックの法則($F = kx$)より，ばね定数 $k = F/x = 3.0/0.06 = 50$ N/m

→　$\boxed{ア}$　5　，　$\boxed{イ}$　0

（2）　運動方程式(F=ma)より, 加速度の大きさ $a = F/m = 3.0/1.5 = 2.0$ m/s^2

→　$\boxed{ウ}$　2　，　$\boxed{エ}$　0

$\boxed{3}$　　棒の重心は OB の中点 A にあるので，点 A に重力 W が働いていると考える。



（1）　重力 W, 張力 T, 張力 F の 3 つの力はつり合っているので，張力の大きさ $T = W - F = 50 - 20 = 30$ N

→　$\boxed{ア}$　3　，　$\boxed{イ}$　0

（2）　棒は回転しないので，力のモーメントはつり合っている。重力は重心 A(OA=OB=1.5m)に作用しており，点 O を原点にとり，OC$=x$ とすると，力のモーメントの総和は 0 となる。

力のモーメントの総和= 0 = T×OC−W×OA = $Tx - W$×1.5　→　$x = W$×1.5/T = 50×1.5/30 = 2.5 m

→　$\boxed{ウ}$　2　，　$\boxed{エ}$　5

領域３．　力学的エネルギー・衝突

1

（１）　重力の向きは鉛直下向きなので，重力のした仕事 W は，

W = (重力の大きさ)×(鉛直下向きに移動した距離)=mg×(A の高さ–G の高さ)

$= mg\,(h_1 - h_2)$

→　⑤

（２）　力学的エネルギー保存則より，　A での力学的エネルギー = 床での力学的エネルギー　→

$mgh_1 = mv^2/2$，　(床での小球の速さを v とした)　→　$v = \sqrt{2gh_1}$

→　②

（３）問(１)と同様に，重力のした仕事 W は，

W = (重力の大きさ)×(鉛直下向きに移動した距離)=mg×(A の高さ– G の高さ)

$= mg\,(h_1 - h_2)$

→　⑤

2

（１）　質量 m，速さ v_0 のボールが持つ運動量の大きさ p_0 は，

$p_0 = mv_0 = 0.14×30 = 4.2$ kg m/s

→　ア　4，　イ　2，　ウ　⑥

（２）　力積の大きさは F-t グラフの面積となるので，

力積の大きさ= F-t グラフの三角形の面積= (0.15–0.05)×200/2 = 10 Ns

→　エ　1，　オ　0，　カ　①

（３）　「運動量の変化=力積」（ここで右向きを正とすると，ボールに加えられた力の向きはボールを跳ね返した向きと同じなので負となる）なので，$p–p_0$ =力積　→

衝突後のボールの運動量 $p = mv = p_0$+力積 $= mv_0$+力積 = 4.2+(–10) = –5.8 kg m/s,

従って，衝突後のボールの速度 $v = p/m$ = –5.8/0.14 = –41.43≒–41 m/s

→　キ　4，　ク　1

領域４；円運動・万有引力・単振動

$\boxed{1}$

（1） ばねに物体をつけて変位$-A$からAまで単振動させた時，変位$-A$とAでは物体の速さは**0**になる。速度が最大となるのは変位$x = 0$となる時である。

→ ④

（2） 物体は変位$-A$となる時，速度が負から正に変わり，加速度が正で最大となる。

→ ①

（3） 振動数fと角振動数ωの間に，$\omega = 2\pi f$の関係が成り立つので，

振動数$f = \omega/2\pi = 2.0$ Hz

→ $\boxed{ア}$ 2 ， $\boxed{イ}$ 0

（4） 時刻t=0で，物体の変位$x = -A$となるので，時刻tでの物体の変位xは次のように表される。

$x(t) = \ -A\ \cos(\omega t)$

→ ⑤

$\boxed{2}$

（1） 周期Tと角振動数ωの間に，$\omega = 2\pi/T$の関係が成り立つので，周期$T = 2\pi/\omega = 2\pi/2 = \pi \fallingdotseq 3.1415$ s.
従って，3 周する時間は， $3\pi = 9.425 \fallingdotseq 9.4$ s

→ $\boxed{ア}$ 9 ， $\boxed{イ}$ 4

（2） 糸が切れる時は，糸の張力の大きさTと遠心力の大きさ($F = mr\omega^2 = mv^2/r$)が等しい。

$$T = mv^2/r \quad \rightarrow \quad v^2 = Tr/m \quad \rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{Tr}{m}} = \sqrt{\frac{50 \times 1.5}{3}} = \sqrt{25} = 5.0 \text{ m/s}$$

→ $\boxed{ウ}$ 5 ， $\boxed{エ}$ 0

領域５．　熱

$\boxed{1}$

（1）　絶対温度 T，分子の数 N，ボルツマン定数 k とし，分子の 1 個の平均の運動エネルギー $\overline{\frac{1}{2}mv^2}$ を用いて，理想気体の内部エネルギー U は次のように与えられる。

$$U=\frac{3}{2}NkT=N\ \overline{\frac{1}{2}mv^2}$$

これより，分子 1 個の平均の運動エネルギー $\overline{\frac{1}{2}mv^2}=\frac{U}{N}=\frac{4.2\times10^3}{6.0\times10^{23}}=7.0\times10^{-21}$ J

→ $\boxed{ア}$ 7 ，$\boxed{イ}$ 0

（2）　気体に加える熱量を Q，外部から気体にした仕事を W とすると，気体の内部エネルギーの変化量 $\varDelta U$ は熱力学第 1 法則を用いて次のように与えられる。

$$\varDelta U=Q+W$$

ここで，熱の出入りがないとしているので，熱量 Q=0 となる。従って，気体にした仕事 W は，　$W=\varDelta U=U-U_0=6.3\times10^3-4.2\times10^3=2.1\times10^3$ J

→ $\boxed{ウ}$ 2 ，$\boxed{エ}$ 1

（3）　始めの温度を T，圧縮後の温度を T_1 とすると，温度の比は内部エネルギーの比と等しい。

$$\frac{T_1}{T}=\frac{3NkT_1/2}{3NkT/2}=\frac{U_1}{U}=\frac{6.3\times10^3}{4.2\times10^3}=1.5\text{ 倍}$$

→ $\boxed{オ}$ 1 ，$\boxed{カ}$ 5

$\boxed{2}$

（1）　鉄の塊の質量を $m_{鉄}$，鉄の比熱を $c_{鉄}$ とし，鉄の始めの温度を $T_{鉄}$，下がって平衡になった温度を T' とすると，鉄が失った熱量を $Q_{鉄}$ は次のように求められる。

$$Q_{鉄}=m_{鉄}c_{鉄}(T_{鉄}-T')=100\times0.44\times(90-31)=2596\ \fallingdotseq 2.6\times10^3\text{ J}$$

→ $\boxed{ア}$ 2 ，$\boxed{イ}$ 6

（2）　水の質量を $m_{水}$，水の比熱を $c_{水}$，水の始めの温度を $T_{水}$，上がって平衡になった温度を T' とすると，水が得た熱量を $Q_{水}=m_{水}c_{水}(T'-T_{水})$ と表される。熱量保存則より，$Q_{鉄}=Q_{水}$ が成り立つので，水の質量 $m_{水}=Q_{鉄}/(c_{水}(T'-T_{水}))=2596/(4.2\times11)=56.19\fallingdotseq 56$ g

→ $\boxed{ウ}$ 5 ，$\boxed{エ}$ 6

領域６．波動

$\boxed{1}$　おんさ A の振動数を f_A，おんさ B の振動数を f_B，2 つのおんさを鳴らして発生するうなりの振動数を f とすると，これらの間の関係は，$|f_A - f_B| = f$ である。従って，おんさ B の振動数は 338 Hz か 442 Hz である。おんさ A に比べておんさ B の振動数は高い(理由は下の注意を見よ)。ゆえに，おんさ B の振動数 $f_B = 442$ Hz

→ $\boxed{ア}$ 4 , $\boxed{イ}$ 4 , $\boxed{ウ}$ 2

(注意;　正確ではないが，物体の振動数(ここでは音波が生じる)について次のように考えよう。質量 m，ばね定数 k，角振動数 ω の間には $m\omega^2 = k$ の関係が成立する。おんさの材質･形状はばね定数 k に関係する。ばね定数 k が一定なら，金属片をつけ質量 m を増やすと角振動数 ω, すなわち，振動数 f は減少する。金属片をつけたおんさ B の振動数は 440 Hz なので，金属片をとったおんさ B はこれよりも高い振動数となることが予想される。)

$\boxed{2}$

(１)　定常波の波長を λ とすると，AB 間の長さは 1.5λ に相当する。→　$1.5\lambda = 1.2$ m

$\lambda = 1.2/1.5 = 0.80$ m

→ $\boxed{ア}$ 8 , $\boxed{イ}$ 0

(２)　波の速さ v，振動数 f，波長 λ との間の関係より，次のように求められる。

$v = f\lambda = 1.5\times10^2\times0.80 = 1.2\times10^2$ m/s

→ $\boxed{ウ}$ 1 , $\boxed{エ}$ 2

(３)　AB 間の長さを ℓ として，定常波の波長 λ と ℓ の間の関係は(整数 n を用いて),

$n\lambda/2 = \ell$　　が成り立つ。これ以外の条件では定常波ができない。

→　⑤

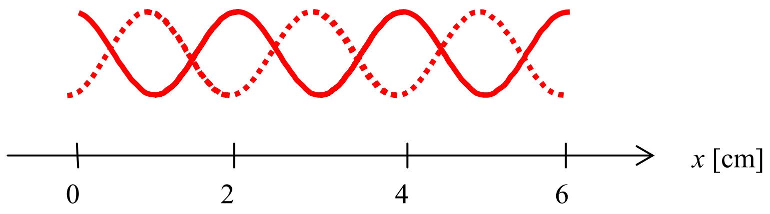
$\boxed{3}$

(１)　同位相なら AB 間の垂直 2 等分線上の位置では波は強め合う。

→　③

(２)　AB 間の長さ= 6.0 cm，波長=2.0 cm なので，節は図のように 6 ヶできる。

→　⑥



領域７．電気

1

（1） 電界の大きさ E の中に電荷 q が置かれた時，この電荷が受ける力の大きさ F は，$F=qE$ と与えられる。従って，電界の大きさ E は次の式のように求められる。

$E = F/q = (5.0\times10^{-4})/(2.0\times10^{8}) = 2.5\times10^{4}$ N/C

→ ア 2 ， イ 5 ， ウ ⑤

（2） 点電荷 q から距離 r だけ離れた位置での電位 φ は次の式のように求められる。

$$\varphi = k_e \frac{q}{r} = 9.0\times10^{9}\times\frac{8.0\times10^{-7}}{0.2} = 3.6\times10^{4}\ \mathrm{V}$$

→ エ 3 ， オ 6

（3） 幅 d，面積 S の 2 枚の平行板でできたコンデンサーの容量 C は次の式で与えられる。(平行板の間にはさまれた物質の誘電率を ε とする。) この式より，下記のようになる。

$$C=\varepsilon\frac{S}{d}$$

→ カ ③ ， キ ② ， ク ① ， ケ ①

(コンデンサーに加える電圧 V を増加させると，たくわえられる電荷 q も比例して増加する)

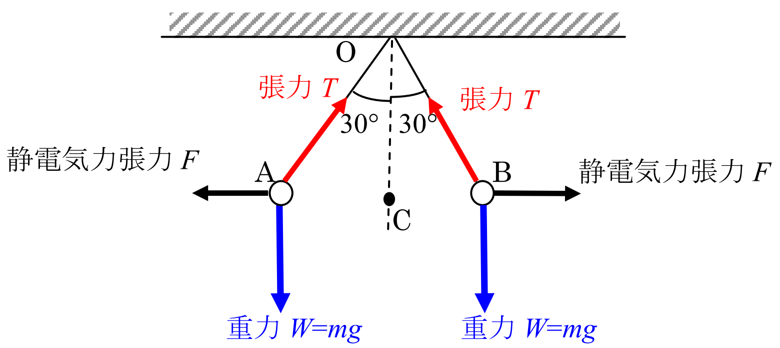
（4） 時間 t の間の発熱量 W は，電力量 $P=IV=I^2R$ と時間 t との積なので次のように求められる。

$W = Pt = I^2Rt = 2.0^2\times100\times(10\times60) = 2.4\times10^{5}$ J

→ コ 2 ， サ 4

2

2 つの小球に働く力は下の図のようになる。



（1） AB 間の距離 $r_{AB}=2\times$AC 間の距離 r_{AC} となる。また，$r_{AC}=r_{OA}\times\sin30°$ より，

$r_{AB}=2\,r_{OA}\times\sin30° = r_{OA} = 0.3$ m

A に働く静電気量の大きさ $F=k_0\dfrac{q_A\,q_B}{(r_{AB})^2} = 9.0\times10^{9}\times\dfrac{(9.0\times10^{-8})^2}{0.3^2} = 8.1\times10^{-4}$ N

→ ア 8 ， イ 1

（2） 図のように，静電気力，重力，張力の 3 つの力はつり合っているので，$\tan 30° = F/(mg)$ →

$m = F/(g\tan 30°) = 8.1\times10^{-4}\times\sqrt{3}/9.8 = 1.43\times10^{-4}$ kg

→ ④

領域８． 磁気

$\boxed{1}$

（１） 交流電圧の実効値 V_e と電圧の最大値 V_0 の関係より，次のように求められる。

$$V_e = V_0/\sqrt{2} = 100/\sqrt{2} = 70.72 \fallingdotseq 71\ \mathrm{V}$$

→ $\boxed{ア}$ 7 ， $\boxed{イ}$ 1

（２） 平均の消費電力 P_e は交流電圧の実効値 V_e と交流電流の実効値 I_e を用いて次のように求められる。

$$P_e = V_e I_e = (V_e)^2/R = (V_0)^2/(2R) = 100^2/(2\times200) = 25\ \mathrm{W}$$

→ $\boxed{ウ}$ 2 ， $\boxed{エ}$ 5

$\boxed{2}$

（１） 電流がつくる磁界の向きは「右ネジの法則」を適用させる。2 つの電流はともに裏から表に流れるので，磁界の向きは電流を囲むようにして「反時計回り」となる。

→ ①

（２） 電流 I が作る磁界の大きさ H は，電流の中心からの距離 r を用いて次のように求められる。

$$H = \frac{I}{2\pi r} = \frac{2.0}{2\pi\times1.0} = 0.3183 \fallingdotseq 0.32\ \mathrm{A/m}$$

→ $\boxed{ア}$ 3 ， $\boxed{イ}$ 2

（３） 磁束密度の大きさ B の中に置かれた電流 I が受ける単位長さ(1m)あたりに受ける力の大きさ f は f=IB となる。電流が真空中に置かれた場合，真空の透磁率を μ_0 として，磁束密度と磁界の関係は, B=μ_0H なので，長さ 1m あたりの電流が受ける力は次のように求められる。

$$f = IB = \mu_0 HI = 4\pi\times10^{-7}\times(1.0/\pi)\times2.0 = 8.0\times10^{-7}\ \mathrm{N/m}$$

→ $\boxed{ウ}$ 8 ， $\boxed{イ}$ 0

$\boxed{3}$ コイルの自己インダクタンスを L，コイルに流れる電流を I，発生する誘導起電力を V，巻き数を n とすると，誘導起電力 V は，次の式で与えられる。また，中空部分に鉄心を入れると，コイル内に発生する磁界が増加する。

$$V = -n\,L\,\frac{dI}{dt}$$

→ $\boxed{ア}$ ① ， $\boxed{イ}$ ① ， $\boxed{ウ}$ ①