平成 15 年度技術士第一次試験　共通科目

物理学　解説と解答例

Ⅲ－１　高さ100mのところから１kgの質点を水平方向に10m/sの速さで投げ出した。この質点の１秒後の運動エネルギーは何Jか。ただし，空気抵抗は無視し，重力加速度を$9.8m/s^2$とせよ。

①　48　　②　50　　③　69　　④　96　　⑤　98

解答　⑤

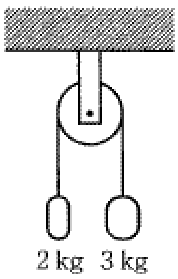
鉛直方向速度　$V_x = gt = 9.8 \times 1.0 = 9.8$

水平方向速度　V_y=10 で変化しない。この場合の合成速度は

$V^2 = V_x^2 + V_y^2 = 10^2 + 9.8^2 = 196$、従って運動エネルギーは

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 196 = 98J$$

Ⅲ－２　軽い滑車に糸をかけ，両端にそれぞれ２kgと３kgのおもりをつけ，手を離すとおもりは動き始めた。このときのおもりの加速度の大きさはいくらになるか。ただし，重力加速度をgとする。



①　$\frac{g}{5}$　　②　$\frac{2}{3}g$　　③　g

④　$\frac{3}{2}g$　　⑤　$5g$

解答　①

ｍ1：２ｋｇのおもりの質量

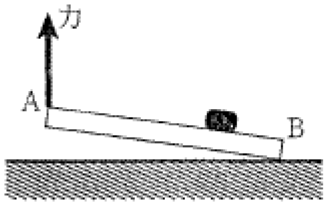
ｍ2：３ｋｇのおもりの質量

α　：おもりに作用する加速度（下向きを正)、重力加速度：ｇ

ダランベールの原理　Ｆ＋(－ｍα)＝０ により、力の釣合式は

$$m_1 g - (-m_1\alpha) = m_2 g + (-m_2\alpha)$$
$$m_1 g + m_1\alpha = m_2 g - m_2\alpha$$
$$\alpha = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g = \frac{3-2}{3+2} g = \frac{1}{5} g$$

Ⅲ－３　水平な床に置かれた質量0.8kg，長さ0.6ｍの一様な板の上に質量0.3kgのおもりを載せた。板の一端Ｂを床に接したまま他端Ａを垂直に持ち上げるのに必要な力が0.45kg重だったとすると，Ａ端からおもりまでの距離は何ｍか。



①　0.1　　②　0.2　　③　0.3　　④　0.4　　⑤　0.5

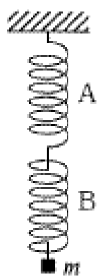
解答　⑤

力の単位として、重力単位を使用しているので、質量はそのまま重さとして読替える。

B 端の反力 R、A 端からの距離を x とし、A 端のモーメントを考えると、

$$R = 0.8 + 0.3 - 0.45 = 0.65$$
$$0.3x + 0.8 \times 0.6 \times \frac{1}{2} - 0.65 \times 0.6 = 0$$
$$x = \frac{0.65 \times 0.6 - 0.8 \times 0.3}{0.3} = 0.5m$$

Ⅲ－４　図のように，ばね定数が共に k の２つの軽いばねＡとＢをつなぎ，一端を天井に固定し，他端に質量 m のおもりを取り付ける。おもりの上下振動の周期はどうなるか。



①　$2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$　　②　$\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$　　③　$2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}$

④　$2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$　　⑤　$4\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

解答　④

質量 m　の点に仮想的力　P を作用させ、その場合の変位を x、等価ばね定数を K とする。
この場合の変位はばね A,B の変位の和となるので、等価ばね定数 K は

$$x=\frac{P}{K}=x_A+x_B=\frac{P}{k}+\frac{P}{k}=2\frac{P}{k}$$

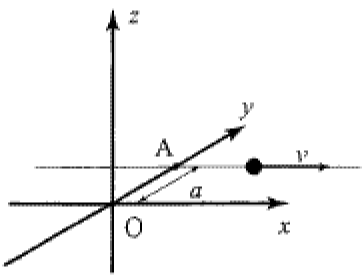
従って

$$\therefore K=\frac{1}{2}k$$

$$m\ddot{x}+Kx=m\ddot{x}+\frac{1}{2}kx=0$$

$$\omega=\sqrt{\frac{\frac{1}{2}k}{m}},T=\frac{2\pi}{\omega}=2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$$

Ⅲ－５　図のように質量 m の質点が xy 平面内で x 軸から距離 a のところを x 軸に沿って，x 軸の正の向きに速さ v で運動している。この質点の角運動量に関して誤った記述は次のどれか。



① A点に関する角運動量の大きさは０である。

② O点に関する角運動量の大きさは mav である。

③ O点に関する角運動量の z 成分は常に正である。

④ 図の状態のときに，y 軸負の向きに力を作用させるとO点に関する角運動量の大きさは増加する。

⑤ 図の状態のときに，z 軸正の向きに力を作用させるとO点に関する角運動量の z 成分の値は変化しない。

解答　③
図の場合の質点の運動量は mv である。このベクトルは A 点を通るので、A 点の角運動量はゼロ、O 点の Z 成分角運動量は(－mva)である。
また、y 軸負方向に力 P を作用させると、Z 方向角運動量は(－mva－Pa)　となり増大

する。さらに Z 方向正の向きに力を作用させても、O 点の角運動量 Z 成分は変化しない。

Ⅲ－6　球状導体の表面に電荷が一様に分布しているとき，球状導体の内外の電界の大きさはどうなるか。

① 電界の大きさは球の内側では 0 でない一定値となり，外側では中心からの距離の 2 乗に反比例する。

② 電界の大きさは球の内側では中心からの距離に比例し，外側では中心からの距離の 2 乗に反比例する。

③ 電界の大きさは球の内側でも外側でも中心からの距離の 2 乗に反比例する。

④ 電界の大きさは球の内側では 0 となり，外側では中心からの距離の 2 乗に反比例する。

⑤ 電界の大きさは球の内側では 0 となり，外側では中心からの距離に反比例する。

解答　④

導体の内部には電界は存在しない。もし電荷があれば、電荷は電界の方向に移動し、静止状態にある電気という静電荷の仮定に反する。

また、外側に対しては、

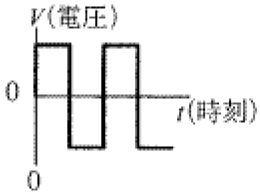
球導体に電荷 Q を与え、外部物質の誘電率を ε とすると、

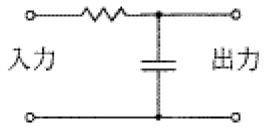
電気力線の数 N は、 $N = \dfrac{Q}{\varepsilon}$ 、電界強度 E は任意点における空間の面積を S とすれば、（球導体中心から外部任意点までの距離：ｒ）

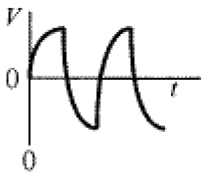
$$E = \frac{N}{S} = \frac{Q}{4\pi r^2 \varepsilon} \propto \frac{1}{r^2}$$

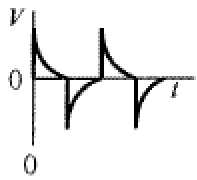
従って、距離の二乗に反比例する。

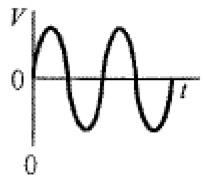
Ⅲ－7　次の右図のような回路に左図のような矩形波を入力した。出力波形はどのようになるか。ただし，矩形波を入力する以前において，コンデンサは充電されていなかったものとする。

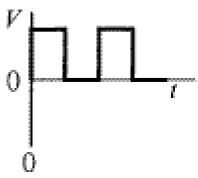


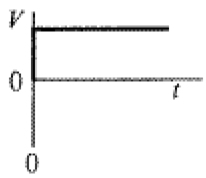


①


②


③


④


⑤


解答　①

コンデンサに電圧がかかる瞬間は（コンデンサは充電されていないので）電流は通となり、出力端の電圧はゼロとなる。しかし時間が経つにつれてコンデンサが充電され徐々に電圧が立ってくる。　　←　一次遅れ系である。

Ⅲ－8　電池に可変抵抗のみをつないで，可変抵抗を流れる電流と可変抵抗の両端の電圧を測定したところ，電流が0.20Aのとき電圧は1.5V，0.40Aのとき1.4Vとなった。この電池の内部抵抗は何Ωか。

①　0.020　　②　0.50　　③　2.0　　④　3.5　　⑤　7.5

解答　②

電池の内部抵抗を　　r

電流　$i_1 = 0.2$A の時　$R_1 \cdot i_1 = 1.5$V　　従って　$R_1 = 7.5$　Ω

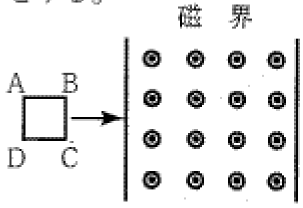
電流　$i_2 = 0.4$A の時　$R_2 \cdot i_2 = 1.4$V　　従って　$R_2 = 3.5$　Ω

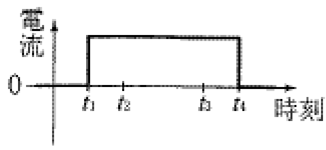
$$i_1 = \frac{E_0}{R_1 + r} = \frac{E_0}{7.5 + r} = 0.2A$$

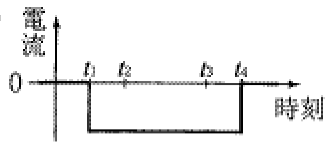
$$i_2 = \frac{E_0}{R_2 + r} = \frac{E_0}{3.5 + r} = 0.4$$

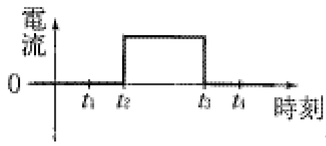
これより、r を求める。
$$\frac{\dfrac{E_0}{7.5 + r}}{\dfrac{E_0}{3.5 + r}} = \frac{0.2}{0.4} = \frac{1}{2},$$
$$2(3.5 + r) = 7.5 + r, r = 0.5\Omega$$

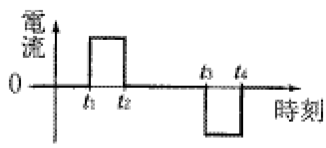
Ⅲ－９　図のような影をほどこした領域に一様な磁界が存在する。磁界の向きは紙面に垂直で裏から表に向かう向きである。この磁界の領域を正方形のコイルＡＢＣＤが一定の速さで横切るとき，コイルに生じる電流を示すグラフはどれか。ただし，辺ＢＣ，ＡＤが磁界の領域に入る時刻をそれぞれt_1，t_2，また，辺ＢＣ，ＡＤが磁界の領域を離れる時刻をそれぞれt_3，t_4とし，ＡからＢの向きを電流の正の向きとする。

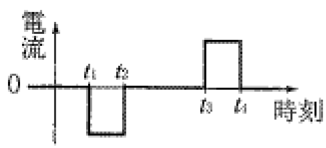


①


②


③


④


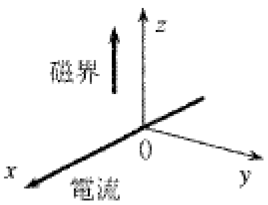
⑤


解答　　磁界の向きが文章通りの場合は④、磁界が図示の場合は⑤

電流はコイルの変化を妨げる（逆）方向に生ずる。

即ち、コイルが磁界領域に入る場合は、存在する磁界を打消す方向にコイルに電流が発生し、磁界領域から出る場合は、磁界が無くなるので、存在した磁界と同方向の磁界が発生するように電流が流れる。

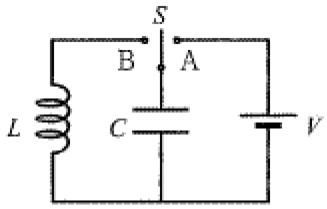
Ⅲ－１０　図のように，直交する x，y，z 軸があり，z 軸に沿って正の向きに磁界が加えられている。x 軸上に導線を置き，電流を x 軸正の向きに流すと，導線にはどのような力が働くか。



①　力は y 軸負の向きに働く。
②　力は y 軸正の向きに働く。
③　力は z 軸負の向きに働く。
④　力は z 軸正の向きに働く。
⑤　力は x 軸正の向きに働く。

解答　①
フレミングの左手の法則により、力はＹ軸の負の方向である。
（親指：力の方向、人差指：磁束線の方向　N→S、中指：電流の方向）

Ⅲ－１１　電圧 V の電池，容量 C のコンデンサ，自己インダクタンス L のコイルを図のようにつないだ回路がある。はじめスイッチ S をＡ側に入れてコンデンサを充電し，十分時間が経過した後，スイッチをＢ側に入れると，コイルには振動電流が流れる。このときコイルに流れる最大電流はどうなるか。



①　$\sqrt{\frac{LV}{C}}$　②　$\sqrt{\frac{CV}{L}}$　③　$\sqrt{\frac{C}{L}}V^2$　④　$\sqrt{\frac{L}{C}}V$　⑤　$\sqrt{\frac{C}{L}}V$

解答　　⑤
スイッチＳがＡの場合にコンデンサＣに十分充電されるので、この場合の電荷は
　Q＝ＣＶ　　となる。
次にスイッチがＢ側になる場合は回路の過渡応答として計算する。
ＬＣ回路では

$L\dfrac{di}{dt}+\dfrac{1}{C}\int idt=V$　　　これを電荷ｑで表すと　$i=\dfrac{dq}{dt}$　であるから

$L\dfrac{d^2q}{dt^2}+\dfrac{1}{C}q=V$　、過渡応答ではＶ=0、ｔ＝０、ｑ＝Ｑ，ｉ＝０とすると

$\omega=\dfrac{1}{\sqrt{LC}}$　、$q=A\cos\omega t+B\sin\omega t$　となり、初期条件より

Ａ=Q，Ｂ=0 となる。従って、電荷、電流はそれぞれ

$q=Q\cos\omega t, i=-Q\omega\sin\omega t$　となる。

最大電流は $I_{\max}=Q\omega=CV\dfrac{1}{\sqrt{LC}}=V\sqrt{\dfrac{C}{L}}$

Ⅲ－１２　n モルの理想気体を，温度を一定に保ったまま，体積をV_1からV_2にゆっくりと変化させたとき，この気体のエントロピーはどれだけ変化するか。ただし，気体定数はRとする。また，以下の対数は自然対数である。

①　$\dfrac{nR}{2}\log\dfrac{V_2}{V_1}$　②　$nR\log\dfrac{V_2}{V_1}$　③　$nR\dfrac{V_2}{V_1}$　④　$nR\sqrt{\dfrac{V_2}{V_1}}$　⑤　$nR(V_2-V_1)$

解答　②

エントロピーの定義　$\Delta S=\dfrac{\Delta Q}{T}$、ΔＱ：熱量変化、Ｔ：熱力学的温度（絶対温度）

理想気体の等温変化での受けた熱量変化　ΔＱ

$\Delta Q=n\int pdv, pv=RT, p=\dfrac{RT}{v}$　　従って

$\Delta Q=n\int\dfrac{RT}{v}dv=nRT\int\dfrac{dv}{v}=nRT\log\dfrac{V_2}{V_1}$

$\therefore \Delta S=\dfrac{\Delta Q}{T}=nR\log\dfrac{V_2}{V_1}$

Ⅲ－１３　２０℃のとき，自転車のタイヤの空気圧が３.０気圧であった。このタイヤが体積一定のまま４０℃に暖まると，空気圧は何気圧か。ただし，タイヤの空気圧は，タイヤ内の空気の圧力から大気圧を差し引いたもので，大気圧は１.０気圧で一定とする。

① 3.2　② 3.3　③ 4.3　④ 6.0　⑤ 7.0

解答　②

ボイル・シャールの法則　PV／T＝一定　より、体積Ｖが一定であるから

（この場合の圧力は大気圧を加えた絶対圧で考える）

$$\frac{p_1}{T_1}=\frac{p_2}{T_2},\, p_2=p_1\frac{T_2}{T_1}=(3+1)\frac{273.16+40}{273.16+20}=4.27$$

従って、空気圧は大気圧を差し引いた　4.27－1.0＝3.27　気圧

Ⅲ－１４　質量164ｇの金属を100℃に加熱し，２０℃の水300ｇが入った断熱容器に入れたところ，２３℃で熱平衡に達した。水の比熱を４.２J/g·Kとすると，この金属の比熱は何J/g·Kか。ただし，容器の熱容量は無視できるものとする。

① 0.070　② 0.29　③ 0.30　④ 1.5　⑤ 3.3

解答　③

金属の質量　m、比熱　C_m、温度　t_{m1}→　t_{m2}

水　の質量　M,　比熱　C_w,　温度　$t_{w,1}$→　t_{w2}とすると

熱量変化の条件より

$$m(t_{m1}-t_{m2})C_m=M(t_{w2}-t_{w1})C_w$$

$$164(100-23)C_m=300(23-20)\times 4.2$$

$$C_m=\frac{300\times 3\times 4.2}{164\times 77}=0.299$$

Ⅲ－１５　温度 T の気体の内部エネルギーを U，エントロピーを S とするとき，$F=U-TS$ で表される関数 F は何と呼ばれているか。

① ヘルムホルツの自由エネルギー　② マックスウェルの自由エネルギー

③ ギブスの自由エネルギー　④ 化学ポテンシャル

⑤ エンタルピー

解答　①

ある気体の体系の内部エネルギーに関して、ヘルムホルツの自由エネルギーは

F＝U－TS と表される。ここで、S：エントロピー、T：温度
ちなみに、エンタルピーH＝U+PV　　P：圧力、V：体積
ギブスの自由エネルギーG＝U－TS＋PV、化学ポテンシャル $\mu(T,P)=\dfrac{\partial G}{\partial N}$
等と表される。

Ⅲ－１６　直立した鏡に向かい，直立した身長 h の人が，全身を見るのに必要な鏡の最小の長さはいくらか。

①　$\frac{h}{4}$　　②　$\frac{h}{3}$　　③　$\frac{h}{2}$　　④　$\frac{2h}{3}$　　⑤　h

解答　③
鏡に対する光の入射角と反射角は等しいことより、鏡の高さは身長の 1/2 となる。

Ⅲ－１７　次の記述で誤っているものはどれか。

①　電磁波は横波である。
②　真空中の電磁波の速さは真空の誘電率と透磁率とで決まる。
③　大気中を伝わる音波の速さは気温が低いほど大きくなる。
④　音波は縦波である。
⑤　岩盤を伝わる弾性波は，縦波の方が横波よりも速い。

解答　③
電磁波は横波、音波は縦波（圧力波）である。
真空中の電磁波（光）の速度は　$c=\dfrac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}$ と表される。
岩盤などの固体中の波の速度は、地震波の P 波(縦波)、S 波（横波）に見られるように P 波（縦波）の方が早い。
大気中の音波（圧力波）の速さは密度の平方根に逆比例し、気温が低くなり、密度が大きくなると、小さくなる。一般に C=331.4＋0.6θ（C：m/ｓ、θ：℃）である。

Ⅲ－１８　光が粒子性をもたないとすると説明できない現象は次のどれか。

①　ドップラー効果　　②　光電効果　　③　反射
④　屈折　　⑤　回折

解答　②
光の干渉や回折は波動説で説明できるが、光による光電効果（金属表面に光をあてる

と電子が放出される現象）はアインシュタインによる光量子仮説でないと説明できない。これは振動数νの光が、ｈνのエネルギー光量子から構成されているとするものである。　　ｈ：プランク定数

光の振動数をν、放出される電子のエネルギーをＫとすると

　Ｋ＝ｈν―Ｗ　Ｗ：金属の仕事関数

Ⅲ－１９　次の粒子を質量が大きいものから順に並べたとき，はじめから３番目に位置する粒子はどれか。

・α粒子　・電子　・中性子　・パイ中間子　・ニュートリノ

①　α粒子　　②　電子　　③　中性子

④　パイ中間子　　⑤　ニュートリノ

解答　　④

α粒子はヘリウムの原子核であり、中性子の約 4 倍で質量が一番大きい。それ以外の質量については、中性子　約 940MeV、パイ中間子　約 140MeV、電子　約 0.5MeV ニュートリノはほぼゼロである。

Ⅲ－２０　波長が３cmの電波の振動数はいくらか。ただし，光速を3×10^8 m/sとする。また，１THzは1×10^{12} Hzである。

①　10 Hz　　②　10 kHz　　③　10 MHz

④　10 GHz　　⑤　10 THz

解答　④

電波（電磁波）の速さｃ、振動数ν、波長λの関係は、

　ｃ＝νλ　　である。

従って、振動数ν＝ｃ/ν＝3×10^8／0.03＝10^{10}＝10G　Hz