３学期
学年末試験
対策講習

高１甲陽物理化学①

本教材は

物理「熱量」「電流回路」

の範囲から重要度の高い問題を集めています。

間違った問題は、本番では必ずできるように何度も解き直しをしてください。

STUDY COLLABO.

【問題】

1

熱容量 126 J/K の水熱量計に，20.0 ℃ の水 150 g が入っている。この中に 80.0 ℃ に温められた質量100 g の鉄塊を入れたところ，温度は 23.4 ℃ で一定となった。鉄の比熱はいくらか。2 桁の数値で答えよ。ただし，水の比熱を 4.20 J/(g･K) とする。

2

質量 100 g，温度 −10 ℃ の氷を質量 200 g，温度 65 ℃ の湯の中に入れた。氷の比熱を 2.1 J/(g･K)，氷の融解熱を 336 J/g，水の比熱を 4.2 J/(g･K) とし，また，容器や外部との熱のやりとりはないものとする。十分に時間が経ったときの温度 t〔℃〕を求めよ。また同様に，質量 100 g，温度 −10 ℃ の氷を質量 200 g，温度 30 ℃ の水の中に入れた場合はどうなるか。

3

アフリカにあるビクトリア滝は，落差 110 m，水量は毎分 1.0×10^5 m^3 といわれる。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2，水の密度を 1.0×10^3 kg/m^3，水の比熱を 4.2 J/(g･K) とする。

(1) 落下した水の運動エネルギーがすべて熱に変わるとしたとき，ビクトリア滝で 1 秒間に発生する熱量 Q〔J〕を求めよ。

(2) (1) の熱量が水温の上昇に使われたとして，その温度の上昇 ΔT〔K〕を求めよ。

(3) この水を利用して水力発電を行うとして，得られる出力 (仕事率) P〔W〕を求めよ。ただし，水車の効率は 50 % とする。

4

0 ℃ で正しい長さを示すしんちゅう製の定規 (線膨張率 2.0×10^{-5} /K) で鉄の棒 (線膨張率 1.0×10^{-5} /K) の長さを 30 ℃ ではかったら，目盛りは 3400 mm を示した。この棒の 30 ℃ での正しい長さは何 mm か。また，0 ℃ での正しい長さは何 mm か。それぞれ小数点以下を四捨五入して答えよ。なお，1 に比べて正の数 a が十分小さいとき，

$\dfrac{1}{1+a} \fallingdotseq 1-a$ と近似してよい。

5

長さ 1.0 m，断面積 1.0 mm^2 のある金属線の抵抗を調べたら，0 ℃ で 5.0×10^{-2} Ω，100 ℃ で 7.5×10^{-2} Ω であった。ここでは，金属線の熱膨張は考えない。

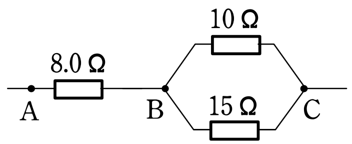
(1) 0 ℃ のとき，長さが 2.0 m のこの金属線の抵抗 R は何 Ω か。

(2) 0 ℃ のとき，この金属線の抵抗率 ρ_0 は何 Ω･m か。

(3) この金属線の抵抗率の温度係数 α〔/K〕を求めよ。

6

図のように抵抗を接続した。



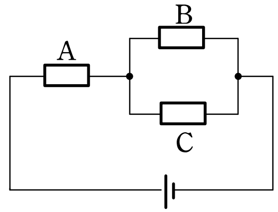
(1) BC 間の合成抵抗 R_{BC}〔Ω〕を求めよ。

(2) AC 間の合成抵抗 R_{AC}〔Ω〕を求めよ。

(3) A から C の向きに電流を流したところ，AB 間の電圧が 24 V になった。AC 間の電圧 V_{AC}〔V〕を求めよ。また，15 Ω の抵抗を流れる電流 I〔A〕を求めよ。

7

図のように，抵抗 A，B，C を電池に接続する。



(1) A，B，C が同じ抵抗値をもつ場合，同じ時間内に，A で発生するジュール熱は B で発生するジュール熱の何倍になるか。

(2) A と B が同じ抵抗値をもち，C が B の 2 倍の抵抗値をもつ場合，同じ時間内に，A で発生するジュール熱は C で発生するジュール熱の何倍になるか。

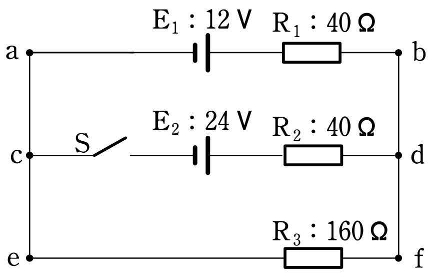
8

抵抗値 5.0 Ω のニクロム線を比熱 2.1 J/(g･K) の油 200 g にひたし，10 V の電圧を加えた。この油の温度が 20 K 上がるのには，何秒かかるか。ただし，ニクロム線から発生する熱はすべて油に吸収されるものとする。

9

　図の回路で，E_1，E_2 はそれぞれ 12 V，24 V の電池，R_1，R_2，R_3 はそれぞれ 40 Ω，40 Ω，160 Ω の抵抗，S はスイッチである。

　初め，スイッチ S は開いている。



(1)　このとき，抵抗 R_1 に流れる電流 I は何 A か。

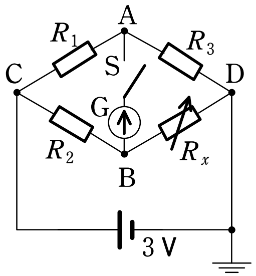
(2)　抵抗 R_1 と R_3 で消費される電力の和 P は何 W か。

　次に，スイッチ S を閉じた。

(3)　抵抗 R_1 に流れる電流 I_1 は何 A か。また，R_1，R_2，R_3 に流れる電流の向きはそれぞれどの向きか。

10

　図のように抵抗を組み合わせたブリッジ回路がある。抵抗値 R_1，R_2，R_3 はそれぞれ 2 kΩ，4 kΩ，4 kΩ である。G は検流計，S はスイッチ，R_x は可変抵抗器の抵抗値である。電池の起電力は 3 V で，内部抵抗は無視する。



(1)　S を閉じたとき，G の針が振れないように R_x を調節した。この抵抗値 R_x〔kΩ〕を求めよ。

(2)　S を開いたままにしたとき，次の (a)，(b) の値を求めよ。

　(a)　R_x の値を 2 kΩ としたときの点 B に対する点 A の電位 V〔V〕

　(b)　可変抵抗器の抵抗が断線したときの点 B に対する点 A の電位 V'〔V〕

【解答＆解説】

$\boxed{1}$

$\boxed{\text{解答}}$ 0.45 J/(g・K)

$\boxed{2}$

$\boxed{\text{解答}}$ 15 ℃，0 ℃ の氷 31 g と 0 ℃ の水 269 g の混合物となる

$\boxed{3}$

$\boxed{\text{解答}}$ (1) 1.8×10^9 J (2) 0.26 K (3) 9.0×10^8 W

$\boxed{4}$

$\boxed{\text{解答}}$ 30 ℃ : 3402 mm，0 ℃ : 3401 mm

$\boxed{5}$

$\boxed{\text{解答}}$ (1) 0.10 Ω (2) 5.0×10^{-8} Ω・m (3) 5.0×10^{-3} /K

$\boxed{6}$

$\boxed{\text{解答}}$ (1) 6.0 Ω (2) 14.0 Ω (3) V_{AC} : 42 V，I : 1.2 A

$\boxed{7}$

$\boxed{\text{解答}}$ (1) 4倍 (2) $\dfrac{9}{2}$ 倍

$\boxed{8}$

$\boxed{\text{解答}}$ 4.2×10^2 s

$\boxed{9}$

$\boxed{\text{解答}}$ (1) 6.0×10^{-2} A (2) 0.72 W
(3) 0.10 A，$\mathrm{R_1}$: b → a，$\mathrm{R_2}$: c → d，$\mathrm{R_3}$: f → e

$\boxed{10}$

$\boxed{\text{解答}}$ (1) 8 kΩ (2) (a) 1 V (b) −1 V

$\boxed{1}$

鉄の比熱を c〔J/(g・K)〕とすると，鉄塊の失った熱量は $100c(80.0-23.4)$

熱量計と水の得た熱量は $(126+150\times4.20)\times(23.4-20.0)$

したがって，熱量の保存から

$$100c(80.0-23.4)=(126+630)\times(23.4-20.0)$$

ゆえに $c=\dfrac{756\times3.4}{100\times56.6}=$ **0.45 J/(g・K)**

$\boxed{2}$

$\boxed{\text{考え方}}$ 氷がとけて t〔℃〕の水になるのに必要な熱量は「氷の温度上昇分」と「氷から水への状態変化分」と「水の温度上昇分」の合計である。

$\boxed{\text{解説}}$ 氷がすべて解けて水になっていると仮定すると，

熱量保存則より (氷が得た熱量)＝(湯が失った熱量) なので

$$Q_1+Q_2+Q_3=Q_4$$

$$2.1\times10^3+3.36\times10^4+4.2\times10^2\times t=8.4\times10^2\times(65-t)$$

よって $t=$ **15 ℃**

温度 30 ℃ の水に入れた場合も同様に計算すると t の値が負となり，氷が残っていることになる。m g の氷が融解して水になったとすると，熱量保存則より

$100\times2.1\times10+336\times m=4.2\times200\times30$ よって $m=$ **68.75**≒69

$\boxed{3}$

$\boxed{\text{指針}}$ mgh〔J〕の質量 m の単位に kg を用いるので，熱量の計算には $m\times10^3$〔g〕として用いる。落下した水の運動エネルギー＝はじめの位置エネルギー

$\boxed{\text{解説}}$ (1) 1 秒間に落下する水の質量 m〔kg〕は

$$m=\frac{(1.0\times10^5)\times(1.0\times10^3)}{60\text{ 秒}}=\frac{10^8}{60}\text{ kg}$$

1 秒間に発生する熱量は，1 秒間に失われる力学的エネルギーに等しいから

$$Q=mgh=\frac{10^8}{60}\times9.8\times110=1.79\cdots\times10^9 \fallingdotseq \mathbf{1.8\times10^9\ J}$$

(2) $Q=(m\times10^3)\times c\times\Delta T$ より

$$\Delta T=\frac{Q}{mc\times10^3}=\frac{mgh}{mc\times10^3}=\frac{gh}{10^3c}=\frac{9.8\times110}{10^3\times4.2}=0.256\cdots \fallingdotseq \mathbf{0.26\ K}$$

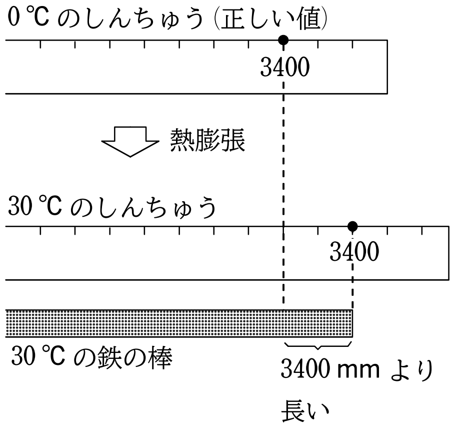
(3) 仕事率は 1 秒当たりにした仕事で (1) の Q に等しいから

$$P=Q\times\frac{50}{100}=(1.79\times10^9)\times\frac{50}{100}=8.95\times10^8 \fallingdotseq \mathbf{9.0\times10^8\ W}$$

4

指針　熱膨張の式「$l=l_0(1+\alpha t)$」より，t〔℃〕でのしんちゅう製定規の 1 目盛り当たりの長さは，0 ℃での 1 目盛り当たりの長さに比べて $(1+\alpha t)$ 倍になる，すなわち，目盛りの $(1+\alpha t)$ 倍が正しい長さになる。

解説　30 ℃における定規の 1 目盛り当たりの長さは，0 ℃における 1 目盛り当たりの長さの $\{1+(2.0\times10^{-5})\times30\}$ 倍になるので，棒の 30 ℃での正しい長さ l〔mm〕は



$l=3400\times\{1+(2.0\times10^{-5})\times30\}$
$=3402.04 \fallingdotseq \mathbf{3402\ mm}$

0 ℃での棒の長さを l_0〔mm〕とすると

$l_0\times\{1+(1.0\times10^{-5})\times30\}=l$

よって

$$l_0=\frac{3402.04}{1+(1.0\times10^{-5})\times30}$$
$$=\frac{3402.04}{1+3.0\times10^{-4}}$$

近似式を用いて[1]←

$l_0 \fallingdotseq 3402.04(1-3.0\times10^{-4})$
$\fallingdotseq 3402.04-1.02$
$\fallingdotseq \mathbf{3401\ mm}$

←〔1〕　$a \ll 1$ のとき　$\dfrac{1}{1+a} \fallingdotseq 1-a$

5

指針　抵抗率の式「$R=\rho\dfrac{l}{S}$」および「$\rho=\rho_0(1+\alpha t)$」を用いる。

解説　(1)　金属線の長さが 2 倍になるから，抵抗値も 2 倍になる。

よって　$R=2\times(5.0\times10^{-2})=\mathbf{0.10\ \Omega}$

(2)　「$R=\rho\dfrac{l}{S}$」より

$$\rho_0=\frac{RS}{l}=\frac{(5.0\times10^{-2})\times(1.0\times10^{-6})^{[1]\leftarrow}}{1.0}=\mathbf{5.0\times10^{-8}\ \Omega\cdot m}$$

(3)　100 ℃のときのこの金属線の抵抗率を ρ〔Ω·m〕とすると，(2) と同様に

$7.5\times10^{-2}=\rho\times\dfrac{1.0}{1.0\times10^{-6}}$　　よって　$\rho=7.5\times10^{-8}$ Ω·m

「$\rho=\rho_0(1+\alpha t)$」より

$7.5\times10^{-8}=(5.0\times10^{-8})\times(1+\alpha\times100)$

これを解いて　$\alpha=\mathbf{5.0\times10^{-3}\ /K}$

←〔1〕　断面積の単位は m^2 にして代入することに注意。

$1.0\ \text{mm}=\dfrac{1}{1000}\ \text{m}=10^{-3}\ \text{m}$

だから

$1.0\ \text{mm}^2=1.0\ \text{mm}\times1.0\ \text{mm}$
$=10^{-3}\ \text{m}\times10^{-3}\ \text{m}$
$=1.0\times10^{-6}\ \text{m}^2$

6

指針　R_{BC} は並列接続の合成抵抗の式「$\dfrac{1}{R}=\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}$」で求める。$R_{AC}$ は，8.0 Ω と R_{BC} の抵抗が直列接続されていると考え，直列接続の合成抵抗の式「$R=R_1+R_2$」で求める。

解説　(1)　BC 間は 2 つの抵抗が並列接続されているので，「$\dfrac{1}{R}=\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}$」より

$\dfrac{1}{R_{BC}}=\dfrac{1}{10}+\dfrac{1}{15}$　　よって　$R_{BC}=\mathbf{6.0\ \Omega}$

(2)　「$R=R_1+R_2$」より　$R_{AC}=8.0+6.0=\mathbf{14.0\ \Omega}$

(3)　8.0 Ω の抵抗を流れる電流を I'〔A〕とすると，オームの法則より

$24=8.0\times I'$　　よって　$I'=3.0$ A

BC 間の合成抵抗は 6.0 Ω であるから，BC 間の電圧を V_{BC}〔V〕とすると

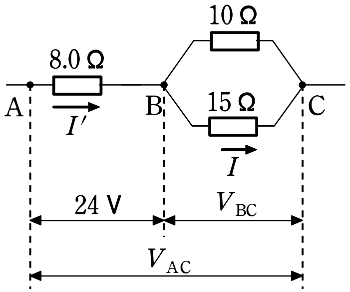
$V_{BC}=6.0\times3.0=18$ V

したがって

$V_{AC}=24+18=$ **42 V**

また，15 Ω の抵抗についてオームの法則より

$18=15\times I$　　よって　$I=$ **1.2 A**[1]←



←〔1〕 別解　並列接続では，電流は抵抗値の逆比に分配されるから，10 Ω と 15 Ω の抵抗に流れる電流の比は 15：10 となる。

よって　$I=\dfrac{10}{15+10}I'=\dfrac{10}{25}\times3.0=$ **1.2 A**

7

指針　各抵抗を流れる電流 I の比を調べ，ジュール熱の式「$Q=I^2Rt$」より比べる。

解説　(1)　抵抗 A，B，C の抵抗値を R とし，抵抗 A を流れる電流を I とすると，B，C の抵抗値は等しいので，B，C を流れる電流は $\dfrac{I}{2}$ となる (図 a)。

A で発生するジュール熱　$Q_A=I^2Rt$

B で発生するジュール熱　$Q_B=\left(\dfrac{I}{2}\right)^2Rt=\dfrac{1}{4}I^2Rt$

$$\frac{Q_A}{Q_B}=\frac{I^2Rt}{\frac{1}{4}I^2Rt}=4$$

よって，Q_A は Q_B の **4 倍**である。

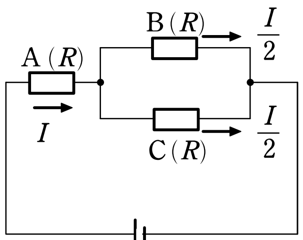


図 a

(2)　抵抗 A，B の抵抗値を R，抵抗 C の抵抗値を $2R$ とし，抵抗 A を流れる電流を I とすると，抵抗 B と抵抗 C の抵抗値の比が 1：2 なので，B を流れる電流は $\dfrac{2}{3}I$，C を流れる電流は $\dfrac{1}{3}I$ となる[1]←。

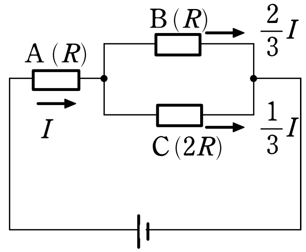


図 b

A で発生するジュール熱　$Q_A=I^2Rt$

C で発生するジュール熱　$Q_C=\left(\dfrac{1}{3}I\right)^2\times2Rt=\dfrac{2}{9}I^2Rt$

$$\frac{Q_A}{Q_C}=\frac{I^2Rt}{\frac{2}{9}I^2Rt}=\frac{9}{2}$$

よって，Q_A は Q_C の $\dfrac{9}{2}$ **倍**である。

←〔1〕　並列部分では，電圧が等しくなるので，その電圧を V とし，B，C を流れる電流を I_B，I_C とすると，オームの法則より

$V=RI_B$

$V=2R\times I_C$

$RI_B=2RI_C$

$I_B：I_C=2：1$

すなわち，並列部分では電流は，抵抗の逆比に分割される。

8

指針　ニクロム線から発生するジュール熱「$Q=\dfrac{V^2}{R}t$」を，油がすべて吸収すると考える。油の吸収する熱量 Q は，「$Q=mc\Delta T$」で求める。

解説　ニクロム線から発生するジュール熱「$Q=\dfrac{V^2}{R}t$」と，油が吸収する熱量「$Q=mc\Delta T$」が等しい。

t〔s〕かかるとすると　$\dfrac{10^2}{5.0}\times t=200\times2.1\times20$

よって　$t=\dfrac{200\times2.1\times20\times5.0}{10^2}=\mathbf{4.2\times10^2\ s}$

9

指針　(3)　抵抗 R_1，R_2，R_3 を流れる電流が未知量となるので，次の3つの方程式をつくる。

① 点 d について　流れこむ電流の和＝流れ出る電流の和 (キルヒホッフの法則Ⅰ)

② 経路 E_1 b f e a E_1 について　電池の電圧の和＝抵抗の両端の電圧の和 (キルヒホッフの法則Ⅱ)

③ 経路 E_2 d f e c E_2 について　電池の電圧の和＝抵抗の両端の電圧の和 (キルヒホッフの法則Ⅱ)

解説　(1)　このときの回路は図 a のように考えられる。

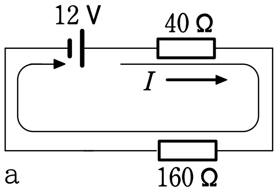


図 a

この回路の合成抵抗を R とすると，直列接続の合成抵抗の式「$R=R_1+R_2$」より

$R=40+160=200\ \Omega$

オームの法則「$V=RI$」より

$12=200I$

よって　$I=\mathbf{6.0\times10^{-2}\ A}$ [1]←

(2)　電力の式「$P=I^2R$」より

$P=(6.0\times10^{-2})^2\times200=\mathbf{0.72\ W}$

(3)　各抵抗に流れる電流の向きと大きさを図 b のように仮定する。

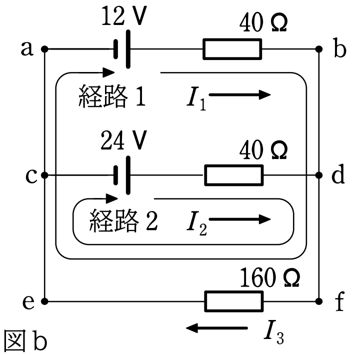


図 b

キルヒホッフの法則Ⅰより

点 d について

$I_1+I_2=I_3$　……①

キルヒホッフの法則Ⅱより

経路 1 について

$12=40I_1+160I_3$　……②

経路 2 について

$24=40I_2+160I_3$　……③

①～③式より　$I_1=-0.10\ \text{A}$，$I_2=0.20\ \text{A}$，$I_3=0.10\ \text{A}$

よって，R_1 に流れる電流の大きさは　**0.10 A**

また，$I_1<0$，$I_2>0$，$I_3>0$ であるから，電流の向きは

R_1：b → a の向き[2]←，**R_2：c → d の向き**，**R_3：f → e の向き**

←[1]　別解　キルヒホッフの法則Ⅱより

$12=40I+160I$

よって　$I=\mathbf{6.0\times10^{-2}\ A}$

←[2]　電流 I_1 は負であるから，図 b で仮定した矢印 I_1 の向きと逆の向きに流れる。

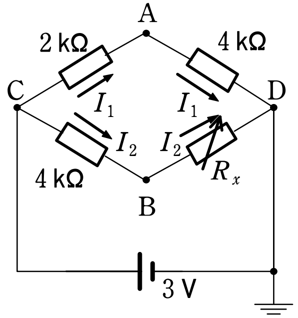
10

指針　(1)　ホイートストンブリッジの式 $\dfrac{R_1}{R_2}=\dfrac{R_3}{R_x}$ が成立。

(2)　点 B に対する点 A の電位＝(点 A の電位 V_A)－(点 B の電位 V_B)

解説　(1)　ホイートストンブリッジの式より　$R_x=\dfrac{R_2R_3}{R_1}=\dfrac{4\times4}{2}=\mathbf{8\ k\Omega}$

(2)　R_1，R_3 を流れる電流を I_1，R_2，R_x を流れる電流を I_2 とする (右図)。



$I_1=\dfrac{3}{2\times10^3+4\times10^3}=0.5\times10^{-3}\ \text{A}=0.5\ \text{mA}$

$I_2=\dfrac{3}{4\times10^3+R_x\times10^3}\ [\text{A}]=\dfrac{3}{4+R_x}\ [\text{mA}]$　…①

(a)　$V_A=R_3I_1=(4\times10^3)\times(0.5\times10^{-3})=2\ \text{V}$

$R_x=2\ \text{k}\Omega$ のとき，①式より　$I_2=0.5\ \text{mA}$

よって　$V_B=R_xI_2=1\ \text{V}$

ゆえに　$V=V_A-V_B=\mathbf{1\ V}$

(b)　このとき，断線 ($R_x\to\infty$) により　$I_2=0$

よって，R_2 による電圧降下は 0 となり，点 B と点 C の電位 (＝電池の正極の電位) は等しい。

$V_B=V_C=3\ \text{V}$

よって　$V'=V_A-V_B=2-3=\mathbf{-1\ V}$