

# 物理基礎

## ▼2025年度入試大問別出題分野

入試区分	番号	出題分野	出題内容	設問	難易度	頻出度
特別 奨学生	I A	力学	2物体の運動方程式、水平方向・鉛直方向の運動	マーク6問	標準	○
	I B	力学	自由落下と鉛直投げ下げ運動	マーク4問	基本	○
	II A	熱	物体の融解熱、熱容量、熱平衡と熱量保存の法則	マーク3問	標準	○
	II B	波動	気柱の共鳴、疎密波の性質	マーク5問	基本	○
	II C	電磁気	電気抵抗と抵抗率、合成抵抗	マーク2問	基本	○
一般入試 前期	I A	力学	斜面上の物体の運動方程式、動摩擦力、力学的エネルギー保存の法則	マーク6問	標準	○
	I B	力学	$v-t$ 図による物体の加速度、速度、変位	マーク3問	標準	○
	II A	電磁気	直列、並列につながれた抵抗の合成抵抗、それぞれを流れる電流、電力の計算	マーク4問	基本	○
	II B	波動	正弦波の速さ、波長、周期の関係、自由端反射、固定端反射、定常波	マーク5問	標準	○
	II C	原子	放射線の性質、電磁波の性質	マーク2問	基本	
一般入試 後期	I A	力学	自由落下、鉛直投げ上げ、鉛直投げ下げ運動	マーク5問	基本	○
	I B	力学	運動方程式、動摩擦力、等加速度運動	マーク5問	基本	○
	II A	波動	弦を伝わる振動と定常波の腹と節、うなり	マーク4問	標準	○
	II B	電磁気	変圧器の性質と送電線での電力損失	マーク3問	標準	○
		原子	原子力発電	マーク1問	基本	
	II C	熱	物体の熱容量、融解熱、熱平衡と熱量保存の法則	マーク2問	標準	○

# 物理基礎

## ▼全体的構成

- ① 出題形式：全問マークシート方式
- ② 出題内容：大問Ⅰは力学、大問Ⅱは波動、電磁気、熱となっており、前期・後期、特別奨学生試験について、ほぼ同様の問題構成である。
- ③ 難易度：理科では基礎を付した科目3科目から2科目を選択し1科目とする方式となっており、標準的、基本的な問題が出題されている。難解な問題はないが、力学では等加速度運動の公式、運動方程式、摩擦力、弾性力などの概念を十分に理解しておく必要がある。

## ▼傾向分析

標準的で素直な問題である。各試験ともに力学が小問ほぼ10題、波動、電磁気から小問7～9題が出題されている。また、前期では原子から小問2題が出題されているが、後期および特別奨学生試験では熱から小問2～3題が出題されている。このように、力学を中心に物理基礎の主要な5分野から出題されている。

① 力学：特別奨学生試験では中間Aが2物体の運動方程式、中間Bが落下運動となっている。前期では中間Aで運動方程式、力学的エネルギー保存の法則、中間Bでv-t図を用いた運動の基本的な性質を問うている。また、後期は中間Aが落下運動、中間Bが動摩擦力、運動方程式の問題である。いずれも、物理法則の基本的な理解と共に計算力も試される内容となっている。

② 波動：特別奨学生試験では気柱の共鳴と疎密波の性質について問われている。前期では正弦波の波長、振動数、反射波の性質について、後期では弦の振動と定常波に関する問題となっている。3回の試験において、波動の基本的な事項が一通り出題されている。

③ 電磁気：特別奨学生試験では電気抵抗と抵抗率、合成抵抗の出題である。前期は合成抵抗、電圧、電流、消費電力を計算する問題である。後期は変圧器の性質と送電線による電力損失について出題されている。3回の試験において、オームの法則、ジュール熱の理解が問われている。

④ 热：特別奨学生試験では氷の融解熱など熱量を計算する問題が出題されている。前期は熱分野からの出題がなく原子分野から出題されている。後期も特別奨学生試験と同様に氷の融解熱などの計算問題である。いずれも熱平衡や熱量保存の法則に対する理解が問われている。

⑤ 原子：前期では放射線・放射能について、後期では原子力発電について問われている。

## ▼学習対策

力学を中心に、主要な分野から基本事項がバランスよく出題されている。学習方法としては、標準的な問題集をやりながら、教科書を読み直し物理的概念をつかんでいくのがよいだろう。

力学などの大問では、公式を暗記するだけでは解けない。しかし、物理的概念が理解できていれば、難しい問題ではない。物理現象のイメージをつかむことを心がけよう。歴史的に重要な実験や測定方法に興味を持って教科書を読み返すことが役に立つだろう。

今年度は前期のみ出題されているが、原子力発電、放射線など原子に関する問題は過去にもよく出題されている。これらの分野も含めて、物理の全体像を理解することを心がけよう。

## ▼重要ポイント

- ① 力学：相対速度、速度の合成、等加速度運動、力のつり合い、摩擦力、浮力、運動方程式、力学的エネルギー保存の法則
- ② 波動：波長、振動数、速度の関係、気柱の共鳴、波の干渉・合成、反射、定常波
- ③ 热：温度、熱量、熱容量、比熱、熱平衡、潜熱、熱力学の第一法則
- ④ 電磁気：オームの法則、消費電力、交流、変圧器の性質
- ⑤ エネルギー：いろいろな発電、原子の構造、放射性崩壊などの用語
- ⑥ 物理一般：エネルギーの意味、いろいろな物理量の単位

## 特別奨学生試験

A.

1. A, B 合計の質量は 0.5 kg であるから, A, B の加速度を  $a[m/s^2]$  とすると, 運動方程式は,  $0.5a = 6$  より,  $a = 12 \text{ m/s}^2$  となる。  $1 \cdots ②$

2. 糸が B を引く力を  $T[N]$  とすると, B の運動方程式は,  $0.30 \times 12 = T$  より,  $T = 3.6 \text{ N}$  となる。  $2 \cdots ③$

3. A, B および C の質量の合計は 0.6 kg であるから, 物体の加速度を  $a[m/s^2]$  として, 運動方程式は,  $0.60a = 6.0$  より,  $a = 10 \text{ m/s}^2$  となる。  $3 \cdots ①$

4. A が C を引く力を  $T[N]$  とすると, A の運動方程式は,

$$0.20 \times 10 = 6.0 - T$$

であるから,  $T = 4.0 \text{ N}$  となる。  $4 \cdots ③$

5. A, B および C を質量 0.60kg の一体として見たとき, 運動方程式は,

$$0.60a = 6.0 - 0.60 \times 9.8$$

であるから,  $a = 0.20 \text{ m/s}^2$  となる。  $5 \cdots ②$

6. A を引く力を  $F$  とし, 図 2, 図 3 それぞれの場合の加速度を  $a, a'$  とする。

図 2 の場合, 運動方程式は

$$A \text{ について, } 0.20a = F - T_1$$

$$B, C \text{ について, } 0.40a = T_1$$

であるから,  $a$  を消去して  $T_1$  を求めると,  $T_1 = \frac{2}{3}F$

図 3 の場合, 運動方程式は

$$A \text{ について, } 0.20a' = F - 0.20 \times 9.8 - T_2$$

$$B, C \text{ について, } 0.40a' = T_2 - 0.4 \times 9.8$$

であるから,  $a'$  を消去して  $T_2$  を求めると,  $T_2 = \frac{2}{3}F$

したがって,  $T_1 = T_2$  である。  $6 \cdots ①$

B.

1. Pについて、自由落下の公式  $y = \frac{1}{2}gt^2$  より、 $2.5 = \frac{1}{2} \times 9.8t^2$   
から、 $t = \frac{5.0}{7.0} \approx 0.71 \text{ s}$  7…①

2. 1. の答えを使って、自由落下の公式は、 $v = gt = 9.8 \times \frac{5.0}{7.0} = 7.0 \text{ m/s}$   
8…②

3. 初速度を  $v_0$  とすると、自由落下の公式  $y = v_0t + \frac{1}{2}gt^2$  より、  
 $2.5 = v_0 \times \frac{5}{7} + \frac{1}{2} \times 9.8 \times \frac{25}{49}$   
上式を  $v_0$  について解くと、 $v_0 = 3.5 \text{ m/s}$  9…①

4. P, Qの速度を  $v_P, v_Q$  とすると、 $v_P = gt, v_Q = v_0 + gt$  であるから、相対速度は  $v_Q - v_P = v_0$  である。したがって、時間によらず一定である。 10…④

II

A.

1. お湯が失った熱量  $Q_1$  は、

$$Q_1 = 4.2 \times 800 \times (90 - 60) = 4.2 \times 800 \times 30 \text{ [J]}$$

他方、 $m \text{ g}$  の水が得た熱量  $Q_2$  は、

$$Q_2 = 4.2 \times m \times (60 - 20) = 4.2 \times m \times 40 \text{ [J]}$$

である。 $Q_1 = Q_2$  より、 $m = 600 \text{ g}$  11…③

2. 必要な熱量は、氷の温度を  $-10^\circ\text{C}$  から  $0^\circ\text{C}$  に上げる熱量、 $0^\circ\text{C}$  の水を  $0^\circ\text{C}$  の水に融解す

る熱量、 $0^\circ\text{C}$  の水の温度を  $60^\circ\text{C}$  に上げる熱量の和である。

$$2.1 \times 10 + 3.3 \times 10^2 + 4.2 \times 60 = 603 \approx 6.0 \times 10^2 \text{ [J]} \quad 12…③$$

3.  $-10^\circ\text{C}$  の氷の質量を  $m \text{ g}$  とすると、2. の結果を用いて、

$$m \times 600 = 4.2 \times 800 \times (90 - 60)$$

より、

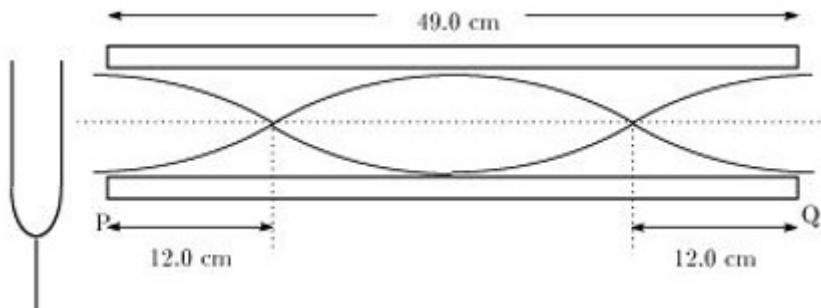
$$m = \frac{4.2 \times 800 \times 30}{600} = 168 \approx 1.7 \times 10^2 \text{ g}$$

13…②

B.

1. 最初の共鳴が閉管の基本振動で、再び起こった共鳴が第一共鳴で、ピストンを引き抜いたとき、図のように腹が1個の開管の第一共鳴となっている。

14…①



2. 図より、右端の開口の部分も12.0cmとなるので、中央部の半波長の長さが

$$49.0 - 12.0 \times 2 = 25.0 \text{ cm} \text{ であるから、波長は } 25.0 \times 2 = 50.0 \text{ cm} \quad 15\cdots③$$

3. 音の速さ 340m と音の波長 0.50 m を用いると、おんきの振動数は、

$$f = \frac{340}{0.50} = 6.80 \times 10^2 \text{ Hz} \quad 16\cdots③$$

4. 1波長の 50.0 cm と管の長さ 49.0cm の差 1.0 cm が両側の開口端補正であるから、開口端補正是  $1.0/2 = 0.5 \text{ cm}$

17…②

5. 空気の密度変化が最も大きいのは節の位置であり、2か所ある。

18…②

C.

1. ニクロム線の電気抵抗  $R[\Omega]$  はニクロム線の長さ  $l[m]$  に比例し、断面積  $S[m^2]$  に反比例するので、抵抗率を  $\rho [\Omega \cdot m]$  として、 $R = \frac{\rho l}{S}$  と表される。したがって、

$$S = \frac{\rho l}{R} = \frac{1.1 \times 10^{-6} \times 1.0}{2.0} = 5.5 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \quad 19\cdots①$$

2. 2つの正方形は  $2.0 + 2.0 = 4.0 \Omega$  の並列つなぎになっており、その合成抵抗は  $2.0 \Omega$  である。全体は2つの正方形の直列つなぎであるから、 $2.0 + 2.0 = 4.0 \Omega$  となる。

20…③

## 一般入試前期 物理基礎 解説

I

A.

1. 物体にはたらく動摩擦力 $F$ は斜面が物体に及ぼす垂直抗力に比例する。垂直効力は $N =$

$$mg \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}mg \text{ であるから, } F = \mu N = \frac{\sqrt{3}}{2}\mu mg \quad 1 \cdots ④$$

2. 小物体は AB 間で距離 $x = 2h$  移動し, 動摩擦力は運動と逆方向に負の仕事をするので, 動摩擦力がする仕事は

$$W = -Fx = -\frac{\sqrt{3}}{2}\mu mg \times 2h = -\sqrt{3}\mu mgh \quad 2 \cdots ②$$

3. 小物体が距離 $2h$  移動する間, 重力の斜面方向の成分 $mg \sin 30^\circ = \frac{1}{2}mg$  がはたらく。これらの積が重力のした仕事である。

$$\frac{1}{2}mg \times 2h = mgh \quad 3 \cdots ②$$

4. 垂直抗力は小物体の運動方向と常に垂直であるから, 仕事は 0 である。  $4 \cdots ①$

5. 力学的エネルギー保存の法則により, B 点における小物体の運動エネルギー  $\frac{1}{2}mv^2$  は, AB 間で重力がした仕事と動摩擦力がした仕事の和であるから,

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh - \sqrt{3}\mu mgh = mgh(1 - \sqrt{3})$$

が成り立つ。これより,

$$v^2 = 2(1 - \sqrt{3}\mu)gh$$

したがって,  $v = \sqrt{2(1 - \sqrt{3}\mu)gh} \quad 5 \cdots ③$

6. 小物体が失った力学的エネルギーは, B 点を基準とした A 点での位置エネルギーと B 点における小物体の運動エネルギーとの差であるから, 5. の力学的エネルギー保存の法則によって,

$$mgh - \frac{1}{2}mv^2 = \sqrt{3}\mu mgh \quad 6 \cdots ③$$

B.

1. 速度は変位xの時刻tに関する接線の傾きであるから,  $t=1.0\text{ s}$  での物体の速度は図2の点Pにおける傾きに等しい。したがって,

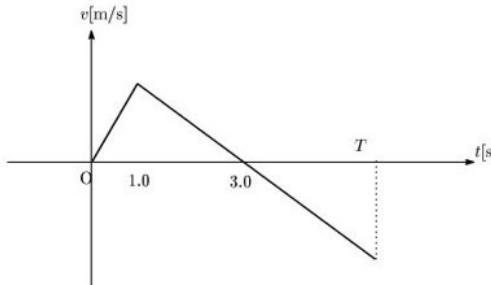
$$v = \frac{3.0 - (-1.0)}{2.0 - 0} = 2.0\text{ m/s} \quad 7 \cdots (2)$$

2. 図2より, 物体の速度は  $t=1.0\text{ s}$  では  $2.0\text{ m/s}$ ,  $t=3.0\text{ s}$  では  $0.0\text{ m/s}$  であるから, 一定の加速度は

$$a = \frac{0.0 - 2.0}{3.0 - 1.0} = -1.0\text{ m/s}^2 \quad 8 \cdots (3)$$

3. 図2から, 初速度0で出発した物体は点Pまで加速度  $2.0\text{ m/s}^2$  で速度を増し, 点Pを過ぎると加速度  $-1.0\text{ m/s}^2$  で減速して移動している。この様子を表しているのは①と②である。また,  $v-t$  図で変位はグラフとt軸で囲まれた部分の(正負の)面積によって表され, 原点にもどるとき,  $t=T$ までの面積の和が0にならなければならない。したがって, 適するのは①のグラフである。

9 … (1)



II

A.

1. 抵抗Aを流れる電流は点Pを流れる電流と等しく  $3.0\text{ A}$  であるので, 抵抗Aに加わる電圧は  $V_A = 3.0 \times 1.0 = 3.0\text{ V}$

10 … (2)

2.  $15\text{ V}$  の電圧をかけられた回路に  $3.0\text{ A}$  の電流が流れているので, 回路の合成抵抗は

$$R = \frac{15}{3.0} = 5.0\Omega \quad 11 \cdots (3)$$

3. 抵抗 C, D の合成抵抗を  $R_{CD}$  とすると, 直列の公式から,

$$1.0 + R_{CD} + 2.0 = 5.0$$

より,  $R_{CD} = 2.0$  である。D の抵抗値を  $R_D$  とすると, 抵抗 C と D について, 並列の公式から,

$$\frac{1}{3.0} + \frac{1}{R_D} = \frac{1}{2.0}$$

よって,  $R_D = 6.0\Omega$  が得られる。

12…④

4. 各抵抗の消費電力は以下のとおりである。

$$P_A = IV_A = 3.0 \times 3.0 = 9.0$$

$$P_B = I^2 R_B = 3.0^2 \times 2.0 = 18$$

$$P_C = \frac{V_{CD}^2}{R_C} = \frac{6.0^2}{3.0} = 12$$

$$P_D = \frac{V_{CD}^2}{R_D} = \frac{6.0^2}{6.0} = 6.0$$

したがって, 抵抗 B の消費電力が最も大きい。

13…②

B.

1. 図 4 より, 正弦波の波長  $\lambda$  は 4.0m であるから, この波の周期は

$$T = \frac{1}{f} = \frac{\lambda}{v} = \frac{4.0}{1.0} = 4.0 \text{ s} \quad 14…④$$

2.  $x = 6.0\text{m}$  の自由端での反射では入射波と反射波の変位 0.20m が重なり, 合成波の変位は 0.40m となる。その様子を表すグラフは③である。 15…③

3. 図 4 より,  $x = 5.0\text{m}$  での入射波の変位は  $y = 0$  から負に変化する。この様子を表すグラフは②である。 16…②

4. 反射波の波形は  $t = 0\text{s}$  における図 4 の波型から左へ移動していくので,  $x = 5.0\text{m}$  の位置での変位は  $y = 0$  から正に変化する。その様子を表すグラフは①である。 17…①

5.  $x=6.0m$  で固定端反射するとき,  $x=6.0m$  は節である。そこから半波長  $2.0m$  おきに節

となる。腹は節と節の中間にがあるので,  $x=5.0, 3.0, 1.0m$  の 3 個である。 18…③

C.

1. 放射線が物質中の電子を引き剥がしてイオンを作る性質（電離作用）と物質中を透過する性質（透過力）とは異なる性質である。 19…①

2. X 線は紫外線より波長の短い電磁波である。 20…④

### 一般入試後期 物理基礎 解説

I

A.

1. 自由落下の公式  $y = \frac{1}{2}gt^2$  に代入して,  
 $19.6 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$

から  $t^2 = 4.0$  より,  $t = 2.0$  s 1…②

2. 投げ上げた物体の速度が 0 になった時が最高点に達したときであるから,

$$19.6 - 9.8t = 0$$

より,  $t = 2.0$  s 2…②

3. 最高点の高さは,  $y = v_0t - \frac{1}{2}gt^2 + y_0$  より,  
 $y = 19.6t - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 2.0^2 + 19.6 \approx 4.0 \times 10$  m 3…②

4. (b)の場合と (c) の場合に小球が床に達するまでの時間をそれぞれ  $t_1, t_2$  とすると, それぞれは

$$(b) の場合, \quad 19.6t_1 - 4.9t_1^2 + 19.6 = 0 \quad つまり, \quad t_1^2 - 4.0t_1 - 4.0 = 0$$

$$(c) の場合, \quad -19.6t_2 - 4.9t_2^2 + 19.6 = 0 \quad つまり, \quad t_2^2 + 4.0t_2 - 4.0 = 0$$

をみたす。両式の辺々を引くと,  $t_1^2 - t_2^2 - 4.0(t_1 + t_2) = 0$

$$(t_1 - t_2)(t_1 + t_2) = 0$$

$t_1 + t_2 > 0$  より,  $t_1 - t_2 = 4.0$  s 4…④

5. 力学的エネルギー保存の法則により,  $v_a, v_b, v_c$  はそれぞれ次の関係を満たす。

$$\frac{1}{2}mv_a^2 = mgh_0$$

$$\frac{1}{2}mv_b^2 = mgh_0 + \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\frac{1}{2}mv_c^2 = mgh_0 + \frac{1}{2}m(-v_0)^2$$

これらを比べると,

$$\frac{1}{2}mv_b^2 = \frac{1}{2}mv_c^2 > \frac{1}{2}mv_a^2$$

より,

$$v_c = v_b > v_a \quad 5 \cdots (2)$$

B.

1. 運動方程式  $ma = F$  に代入し,  $0.2a = 1.8$  より,  $a = 9.0$  が得られる。等加速度運動の公式  $v^2 - v_0^2 = 2ax$  に  $v_0 = 0, a = 9.0$  を代入すると,  $v^2 = 2 \times 9.0 \times 2.0 = 36$  したがって,  $v = 6.0 \text{ m/s}$   $6 \cdots (4)$

2. 動摩擦力のする仕事は

$$W = -\mu mgx = -0.5 \times 0.2 \times 9.8 \times 2.0 = -1.96 \approx -2.0 \text{ J} \quad 7 \cdots (3)$$

3. 運動方程式  $ma = F - \mu mg$  に代入すると,  $0.2a = 1.8 - 0.5 \times 2.0 \times 9.8 = -8.0$  より,  $a = 4.0$  が得られる。さらに, 等加速度運動の公式  $v^2 - v_0^2 = 2ax$  に  $v_0 = 0, a = 4.0$  を代入すると,  $v^2 = 2 \times 4.0 \times 2.0 = 16$  より,  $v = 4.0 \text{ m/s}$   $8 \cdots (3)$

4. ひもを引くのをやめた後の運動方程式は,  $ma = -\mu mg$  であるから,  $a = -\mu g$  である。等加速度運動の公式  $v^2 - v_0^2 = 2ax$  に  $v = 0, v_0 = v$  および  $a = -\mu g$  を代入すると,  $v^2 = 2\mu x$  を得る。したがって,

$$x = \frac{v^2}{2\mu} \quad 9 \cdots (1)$$

5. 静止するまでに失った力学的エネルギーは最初にもっていた運動エネルギー  $\frac{1}{2}mv^2$  である。

$$10 \cdots (3)$$

II

A.

1. A, B, C が節となる定在波ができるとき, AB, BC 間を伝わる波動の振動数は等しい。振動数が等しいとき, 波長は  $\lambda = \frac{v}{f}$  より, 弦を伝わる波の速さに比例するので, それぞれの弦にできる定在波の波長の比は  $\lambda_{BC} : \lambda_{AB} = 300 : 200 = 1.5 : 1$

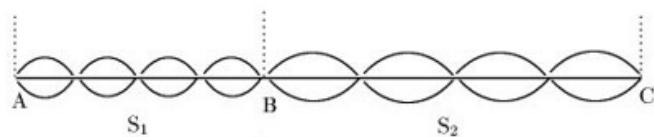
11…②

2. 振動数が 1000 Hz であるとき, AB, BC 間を伝わる波の波長は, それぞれ

$$\lambda_{AB} = \frac{200}{1000} = 0.20 \text{ [m]}, \lambda_{BC} = \frac{300}{1000} = 0.30 \text{ [m]}$$

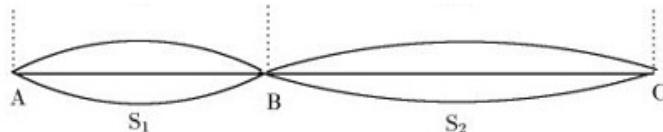
そこで弦にできる定在波は図のようになり, 腹は 8 個できる。

12…④



3. 共振が起こる最小の振動数のとき, AB 間の長さが半波長に等しくなるので,  $\lambda_{AB} = 0.80 \text{ m}$  であるから, 振動数は  $f = \frac{200}{0.8} = 250 \text{ Hz}$  となる。

13…①



4. AC 間の腹の数が, 1000Hz の振動を加えたときの腹の数の  $\frac{1}{2}$  となるとき, 振動数は 500Hz である。したがって, おんさ X の振動数は  $f_X = 500 \pm 4 = 496,504 \text{ Hz}$ , おんさ Y の振動数は  $f_Y = 500 \pm 1 = 499,501 \text{ Hz}$  である。

ここで,  $f_X - f_Y = 5$  をみたすのは,  $f_X = 504 \text{ Hz}$ ,  $f_Y = 499 \text{ Hz}$  であることがわかる。

14…②

B.

1. 電力  $P$  [W], 電圧  $V$  [V] で流れる電流の大きさは  $I = \frac{P}{V}$  [A] であるが, この電流が  $r$  [\(\Omega\)] の抵抗を流れるとき, そこで電圧降下は  $V' = I r$  であり, 電力損失は

$$P' = V' r = I^2 r = \frac{r P^2}{V^2} \text{ [W]} \quad 15 \cdots (4)$$

2. 1で見たように, 電力が等しいとき, 消費電力は電圧の2乗に反比例するので, 電圧を100倍にすると, 消費電力は  $1/(100)^2 = 1/10000$  となる。 16 \cdots (4)

3. 変圧器の発電機側と送電線側の電圧の比はそれぞれの側のコイルの巻き数の比に等しいので, 送電線側の電圧を100倍にするにはコイルの巻き数を100倍にすればよい。

17 \cdots (4)

4. 原子力発電では, 核エネルギーを用いる。また, タービンを回すのは力学的エネルギーである。 18 \cdots (3)

C.

1. 熱量の式に代入すると,  $Q = mc\Delta T = 1000 \times 4.2 \times 40 = 1.7 \times 10^5$  J 19 \cdots (3)

2. 0 °C, 1kg の氷を 0 °C の水にするための熱量は,  $1000 \times 3.3 \times 10^2 = 3.3 \times 10^5$  J であるから, 0 °C, 1kg の氷を 40 °C の水にするための熱量は,  $1.7 \times 10^5 + 3.3 \times 10^5 = 5.0 \times 10^5$  J となる。これは1の答えの約3倍である。したがって, 冷水よりも氷水の方が冷却効果が高い。 20 \cdots (3)