

物 理

第1問 以下の文章を読み、解答番号 **1** ~ **13** にあてはまる最も適当なものを、それぞれあとの **a** ~ **e** のうちから一つ選べ。ただし、**13** は **a**、**b** のうちから一つ選べ。

一直線上の衝突運動を考える。図1のように速度 v_0 で進む質量 m の小球 A が、静止している質量 M の小球 B と弾性衝突した。 v_0 の向きを正とし、衝突後の物体 A、B の速度をそれぞれ v 、 V とする。

運動量保存則から、 $mv_0 = \mathbf{1}$ が成立する。また、弾性衝突の場合、反発係数(はね返り係数)が **2** となるので、 $v_0 = \mathbf{3}$ となる。したがって、 $v = \mathbf{4} v_0$ 、 $V = \mathbf{5} v_0$ と表せる。

ここで、小球 A を中性子、小球 B を原子核として、中性子と原子核の弾性衝突を考える。衝突前の中性子の運動エネルギーを K_0 とすると、 $K_0 = \mathbf{6}$ である。小球 B が ^1H 原子核の場合、 $M = m$ として、 $v = \mathbf{7} v_0$ 、 $V = \mathbf{8} v_0$ となる。衝突後の中性子の運動エネルギーを K とすると、 $K = \mathbf{9} K_0$ となる。また、小球 B が ^{199}Hg 原子核(水銀 199)の場合、 $M = 199 m$ として、 $v = \mathbf{10} v_0$ 、 $V = \mathbf{11} v_0$ 、 $K = \mathbf{12} K_0$ となる。したがって、中性子の速度を 0 に近づけるには **13** 原子核と弾性衝突させるのが効果的である。

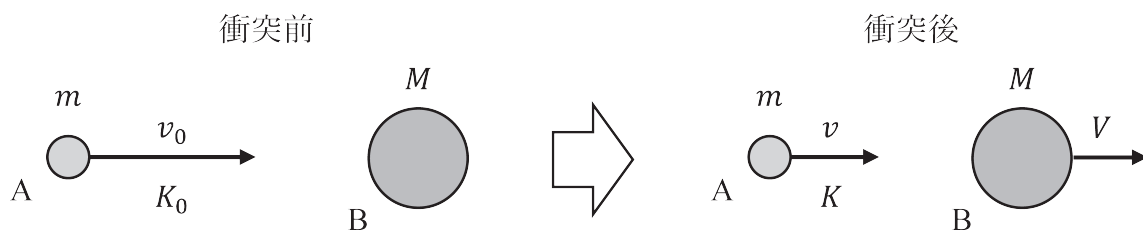


図1

解答群

解答番号 **1**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & 0 & \mathbf{b} & mv & \mathbf{c} & MV & \mathbf{d} & MV + mv & \mathbf{e} & MV - mv \end{array} \right]$$

解答番号 **2**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & 0 & \mathbf{b} & 0.25 & \mathbf{c} & 0.50 & \mathbf{d} & 0.75 & \mathbf{e} & 1.0 \end{array} \right]$$

解答番号 **3**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & V - v & \mathbf{b} & v - V & \mathbf{c} & V + v & \mathbf{d} & \frac{Vv}{V - v} & \mathbf{e} & \frac{Vv}{V + v} \end{array} \right]$$

解答番号 **4**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & \frac{M - m}{M + m} & \mathbf{b} & -\frac{M - m}{M + m} & \mathbf{c} & \frac{M + m}{M - m} & \mathbf{d} & -\frac{M + m}{M - m} & \mathbf{e} & \frac{m}{M} \end{array} \right]$$

解答番号 **5**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & \frac{m}{M + m} & \mathbf{b} & \frac{2m}{M + m} & \mathbf{c} & \frac{M}{M + m} & \mathbf{d} & \frac{2M}{M + m} & \mathbf{e} & \frac{M}{m} \end{array} \right]$$

解答番号 **6**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & \sqrt{mv_0} & \mathbf{b} & \frac{1}{2}mv_0 & \mathbf{c} & mv_0 & \mathbf{d} & \frac{1}{2}mv_0^2 & \mathbf{e} & mv_0^2 \end{array} \right]$$

解答番号 **7**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & 0 & \mathbf{b} & 0.25 & \mathbf{c} & 0.50 & \mathbf{d} & 1.0 & \mathbf{e} & 2.0 \end{array} \right]$$

解答番号 **8**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & 0 & \mathbf{b} & 0.25 & \mathbf{c} & 0.50 & \mathbf{d} & 1.0 & \mathbf{e} & 2.0 \end{array} \right]$$

解答番号 **9**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & 0 & \mathbf{b} & 0.25 & \mathbf{c} & 0.50 & \mathbf{d} & 0.75 & \mathbf{e} & 1.0 \end{array} \right]$$

解答番号 **10**

[**a** - 1.0 **b** - 0.99 **c** - 0.98 **d** - 0.020 **e** - 0.010]

解答番号 **11**

[**a** 0.010 **b** 0.020 **c** 0.98 **d** 0.99 **e** 1.0]

解答番号 **12**

[**a** 0.010 **b** 0.020 **c** 0.98 **d** 0.99 **e** 1.0]

解答番号 **13**

[**a** 重い **b** 軽い]

第2問 以下の文章を読み、解答番号 **14**～**25** にあてはまる最も適当なものを、それぞれあとの **a**～**e** のうちから一つ選べ。

図2のように、5つの抵抗1, 2, 3, 4, 5と電池およびスイッチSで構成される回路を考える。抵抗1の抵抗値は R_1 [Ω], 抵抗2の抵抗値は R_2 [Ω], 抵抗3の抵抗値は R_3 [Ω], 抵抗4の抵抗値は R_4 [Ω] および抵抗5の抵抗値は R_5 [Ω] とする。電池の起電力は E [V] で内部抵抗は無視できるものとする。

最初スイッチSが開いているとき、抵抗3に流れる電流は **14** [A], 抵抗4に流れる電流は **15** [A] である。また、電池の負極側(点Q)における電位を0Vとするとき、B点の電位は **16** [V], D点の電位は **17** [V] である。したがって、B点の電位を0VとしたときのD点の電位は **18** [V] となるので、**19** のときB点とD点の電位は同じになる。

次に図3のようにスイッチSを閉じる。このとき、各抵抗に流れる電流は、A点からB点に向かって電流 I_1 [A], A点からD点に向かって電流 I_2 [A], B点からC点に向かって電流 I_3 [A], D点からC点に向かって電流 I_4 [A], D点からB点に向かって電流 I_5 [A] がそれぞれ流れているとする。このときキルヒホッフの第一法則を用いて、抵抗3に流れる電流は $I_3 =$ **20** [A], 抵抗4に流れる電流は $I_4 =$ **21** [A] と表すことができる。よって、キルヒホッフの第二法則を用いて、点A, B, D, Aの閉回路について起電力と電圧降下の関係を表す式は **22**, 点B, C, D, Bの閉回路について起電力と電圧降下の関係を表す式は **23**, 点P, A, B, C, Q, Pの閉回路について起電力と電圧降下の関係を表す式は **24** と表すことができる。さらに、**22**, **23**, **24** 式より、抵抗5に流れる電流を抵抗値 R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 および起電力 E を用いて表すと $I_5 =$ **25** [A] となる。よって、抵抗5に流れる電流が0Aとなる条件は **19** となり、図2のスイッチSが開いているときB点とD点の電位差が0Vとなる条件と等価となる。

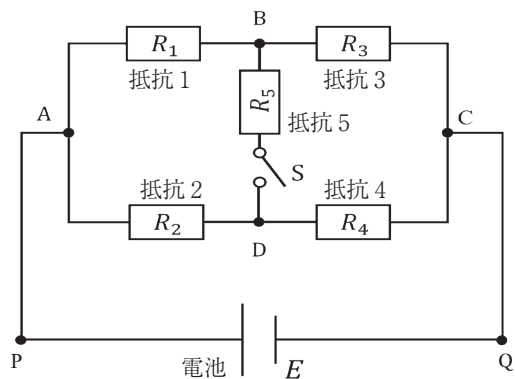


図2

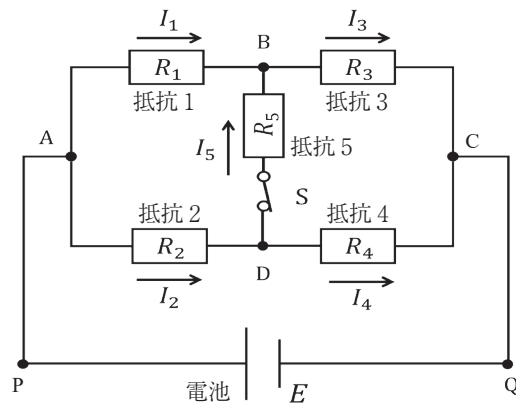


図3

解答群

解答番号 **14**

$$\left[\begin{array}{lll} \mathbf{a} & \frac{E}{R_3} & \mathbf{b} \quad \frac{E}{R_4} & \mathbf{c} \quad \frac{E}{R_1 + R_3} \\ \mathbf{d} & \frac{E}{R_2 + R_4} & \mathbf{e} \quad \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} & \end{array} \right]$$

解答番号 **15**

$$\left[\begin{array}{lll} \mathbf{a} & \frac{E}{R_3} & \mathbf{b} \quad \frac{E}{R_4} & \mathbf{c} \quad \frac{E}{R_1 + R_3} \\ \mathbf{d} & \frac{E}{R_2 + R_4} & \mathbf{e} \quad \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} & \end{array} \right]$$

解答番号 **16**

$$\left[\begin{array}{lll} \mathbf{a} & \frac{R_1 E}{R_3} & \mathbf{b} \quad \frac{R_3 E}{R_1} & \mathbf{c} \quad \frac{R_1 E}{R_1 + R_3} \\ \mathbf{d} & \frac{R_3 E}{R_1 + R_3} & \mathbf{e} \quad \frac{R_3 E}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} & \end{array} \right]$$

解答番号 **17**

$$\left[\begin{array}{lll} \mathbf{a} & \frac{R_2 E}{R_4} & \mathbf{b} \quad \frac{R_4 E}{R_2} & \mathbf{c} \quad \frac{R_1 E}{R_2 + R_4} \\ \mathbf{d} & \frac{R_4 E}{R_2 + R_4} & \mathbf{e} \quad \frac{R_4 E}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} & \end{array} \right]$$

解答番号 **18**

$$\left[\begin{array}{lll} \mathbf{a} & \frac{(R_1 R_2 + R_3 R_4) E}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} & \mathbf{b} \quad \frac{(R_1 R_2 + R_3 R_4) E}{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)} & \mathbf{c} \quad \frac{(R_1 R_4 + R_2 R_3) E}{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)} \\ \mathbf{d} & \frac{(R_1 R_2 - R_3 R_4) E}{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)} & \mathbf{e} \quad \frac{(R_1 R_4 - R_2 R_3) E}{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)} & \end{array} \right]$$

解答番号 **19**

$$\left[\begin{array}{lll} \mathbf{a} & R_1 R_2 = R_3 R_4 & \mathbf{b} & R_1 R_4 = R_2 R_3 & \mathbf{c} & R_1 R_2 = 2 R_3 R_4 \\ \mathbf{d} & 2 R_1 R_4 = R_2 R_3 & \mathbf{e} & R_1 R_4 = 2 R_2 R_3 & & \end{array} \right]$$

解答番号 **20**

$$\left[\begin{array}{lll} \mathbf{a} & I_1 + I_5 & \mathbf{b} & I_1 - I_5 & \mathbf{c} & I_1 + I_2 - I_5 \\ \mathbf{d} & I_1 + I_2 + I_5 & \mathbf{e} & I_1 - I_2 + I_5 & & \end{array} \right]$$

解答番号 **21**

$$\left[\begin{array}{lll} \mathbf{a} & I_2 + I_5 & \mathbf{b} & I_2 - I_5 & \mathbf{c} & I_1 + I_2 - I_5 \\ \mathbf{d} & I_1 + I_2 + I_5 & \mathbf{e} & I_1 - I_2 + I_5 & & \end{array} \right]$$

解答番号 **22**

$$\left[\begin{array}{ll} \mathbf{a} & R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_5 I_5 = 0 \\ \mathbf{b} & R_1 I_1 - R_2 I_2 - R_5 I_5 = 0 \\ \mathbf{c} & R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_5 I_5 = 0 \\ \mathbf{d} & R_1 I_1 - R_2 I_2 + R_5 I_5 = 0 \\ \mathbf{e} & R_1 I_1 - R_2 I_2 - 2 R_5 I_5 = 0 \end{array} \right]$$

解答番号 **23**

$$\left[\begin{array}{l} \mathbf{a} & R_3(I_1 + I_5) + R_4(I_2 - I_5) + R_5 I_5 = 0 \\ \mathbf{b} & R_3(I_1 + I_5) - R_4(I_2 - I_5) - R_5 I_5 = 0 \\ \mathbf{c} & R_3(I_1 + I_5) + R_4(I_2 + I_5) + R_5 I_5 = 0 \\ \mathbf{d} & R_3(I_1 + I_5) - R_4(I_2 + I_5) + R_5 I_5 = 0 \\ \mathbf{e} & R_3(I_1 + I_5) - R_4(I_2 - I_5) + R_5 I_5 = 0 \end{array} \right]$$

解答番号 **24**

$$\left[\begin{array}{ll} \mathbf{a} & E - R_1 I_1 - R_3(I_1 + I_5) = 0 \\ \mathbf{b} & E - R_1 I_1 + R_3(I_1 + I_5) = 0 \\ \mathbf{c} & E + R_1 I_1 - R_3(I_1 + I_5) = 0 \\ \mathbf{d} & E - R_1 I_1 - R_3(I_1 - I_5) = 0 \\ \mathbf{e} & E - R_1 I_1 + R_3(I_1 - I_5) = 0 \end{array} \right]$$

解答番号 **25**

$$\left[\begin{array}{l} \mathbf{a} \quad \frac{E(R_2 R_3 + R_1 R_4)}{R_3(R_2 R_3 + R_1 R_4) - (R_1 + R_3)(R_2 R_3 + R_2 R_4 + R_2 R_5 + R_4 R_5)} \\ \mathbf{b} \quad \frac{E(R_2 R_3 + R_1 R_4)}{R_3(R_2 R_3 - R_1 R_4) + (R_1 + R_3)(R_2 R_3 + R_2 R_4 + R_2 R_5 + R_4 R_5)} \\ \mathbf{c} \quad \frac{E(R_1 R_2 - R_3 R_4)}{R_3(R_1 R_2 - R_3 R_4) - (R_1 + R_3)(R_2 R_3 + R_2 R_4 + R_2 R_5 + R_4 R_5)} \\ \mathbf{d} \quad \frac{E(R_2 R_3 - R_1 R_4)}{R_3(R_2 R_3 - R_1 R_4) + (R_1 + R_3)(R_2 R_3 + R_2 R_4 + R_2 R_5 + R_4 R_5)} \\ \mathbf{e} \quad \frac{E(R_2 R_3 - R_1 R_4)}{R_3(R_2 R_3 - R_1 R_4) - (R_1 + R_3)(R_2 R_3 + R_2 R_4 + R_2 R_5 + R_4 R_5)} \end{array} \right]$$