

物 理

第1問 以下の文章を読み、解答番号 **1** ~ **12** 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1に示すように、滑らかな水平面 AB と滑らかな曲面 BC が滑らかにつながっている。BC 間は半径 r の円弧で、その中心 O と点 B, C は鉛直線上にある。空気抵抗を無視し、重力加速度の大きさを g 、重力による位置エネルギーの基準を AB 面とする。

点 A から B に向けて質量 m の小球を速さ v_0 で打ち出したとき、小球の運動エネルギーは **1** である。小球が BC 間の点 P を速さ v で通過するとき、 $\angle BOP = \theta$ ($0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$) とすると、小球の重力による位置エネルギーは **2** であり、 $v =$ **3** となる。また、小球にはたらく重力の \overrightarrow{PO} 方向の成分 (P から O に向かう向きを正とする) は **4** である。小球が曲面から受ける垂直抗力の大きさを N とすると、 \overrightarrow{PO} 方向の運動方程式から、 $N =$ **5** となる。小球が $\theta = 120^\circ$ の点で曲面から離れたとき、 $v_0 =$ **6** である。また、小球が点 C まで達するためには、 N が最小となる $\theta =$ **7** のときに $N \geq 0$ である必要があり、その条件は $v_0 \geq$ **8** となる。

点 A から $v_0 =$ **8** で打ち出した小球は、点 C から速さ **9** で飛び出し、AB 間にある点 D に達した。小球が点 C から D に達するのに要した時間は **10** となり、点 D に達する瞬間の速さは **11**、BD 間の距離は **12** となる。

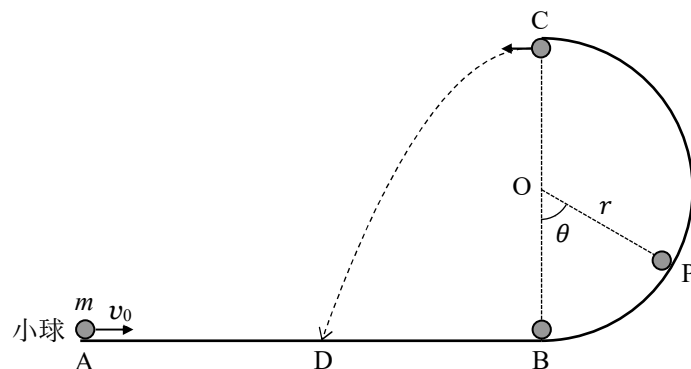


図1

解答群

解答番号 **1**

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

解答番号 **2**

$$\left[\begin{array}{ccc} \mathbf{a} & mgr & \mathbf{b} & mgr \sin \theta & \mathbf{c} & mgr \cos \theta \\ \mathbf{d} & mgr(1 - \sin \theta) & \mathbf{e} & mgr(1 - \cos \theta) \end{array} \right]$$

解答番号 **3**

$$\left[\begin{array}{cc} \mathbf{a} & \sqrt{v_0^2 - 2gr(1 - \sin \theta)} & \mathbf{b} & \sqrt{v_0^2 - 2gr(1 - \cos \theta)} \\ \mathbf{c} & \sqrt{v_0^2 + 2gr(1 - \sin \theta)} & \mathbf{d} & \sqrt{v_0^2 + 2gr(1 - \cos \theta)} \\ \mathbf{e} & \sqrt{2gr \tan \theta} \end{array} \right]$$

解答番号 **4**

$$\left[\begin{array}{ccc} \mathbf{a} & 0 & \mathbf{b} & -mg \sin \theta & \mathbf{c} & -mg \cos \theta \\ \mathbf{d} & mg \sin \theta & \mathbf{e} & mg \cos \theta \end{array} \right]$$

解答番号 **5**

$$\left[\begin{array}{cc} \mathbf{a} & \frac{mv_0^2}{r} - mg(1 - 2\sin \theta) & \mathbf{b} & \frac{mv_0^2}{r} - mg(1 - 2\cos \theta) \\ \mathbf{c} & \frac{mv_0^2}{r} - mg(2 - 3\sin \theta) & \mathbf{d} & \frac{mv_0^2}{r} - mg(2 - 3\cos \theta) \\ \mathbf{e} & \frac{mv_0^2}{r} - 2mg \tan \theta \end{array} \right]$$

解答番号 **6**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & \sqrt{\frac{gr}{2}} & \mathbf{b} & \sqrt{2gr} & \mathbf{c} & \sqrt{\frac{5gr}{2}} & \mathbf{d} & \sqrt{3gr} & \mathbf{e} & \sqrt{\frac{7gr}{2}} \end{array} \right]$$

解答番号 **7**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & 0^\circ & \mathbf{b} & 45^\circ & \mathbf{c} & 90^\circ & \mathbf{d} & 135^\circ & \mathbf{e} & 180^\circ \end{array} \right]$$

解答番号 **8**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & \sqrt{gr} & \mathbf{b} & \sqrt{2gr} & \mathbf{c} & \sqrt{3gr} & \mathbf{d} & 2\sqrt{gr} & \mathbf{e} & \sqrt{5gr} \end{array} \right]$$

解答番号 **9**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & \sqrt{gr} & \mathbf{b} & \sqrt{2gr} & \mathbf{c} & \sqrt{3gr} & \mathbf{d} & 2\sqrt{gr} & \mathbf{e} & \sqrt{5gr} \end{array} \right]$$

解答番号 **10**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & \sqrt{\frac{r}{2g}} & \mathbf{b} & \sqrt{\frac{r}{g}} & \mathbf{c} & \sqrt{\frac{2r}{g}} & \mathbf{d} & 2\sqrt{\frac{r}{g}} & \mathbf{e} & 4\sqrt{\frac{r}{g}} \end{array} \right]$$

解答番号 **11**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & \sqrt{2gr} & \mathbf{b} & 2\sqrt{gr} & \mathbf{c} & \sqrt{5gr} & \mathbf{d} & \sqrt{7gr} & \mathbf{e} & 3\sqrt{gr} \end{array} \right]$$

解答番号 **12**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & r & \mathbf{b} & \sqrt{2}r & \mathbf{c} & \sqrt{3}r & \mathbf{d} & 2r & \mathbf{e} & 4r \end{array} \right]$$

第2問 以下の文章を読み、解答番号 **13** ~ **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に示すように、 xy 平面上の原点 O を通り z 軸に平行に静置された十分に長い直線状の導線に、 I [A] の電流が z 軸正の向きに流れている。このとき、 $x > 0$ とする座標 $(x, 0)$ における電流がつくる磁場（磁界）の強さは **13** [A/m] で、磁場の向きは、図3に示すように、 z 軸正の向きから xy 平面を見て x 軸正の向きからなす角度で表すと、**14**°となる。一方、 $x > 0$ とする座標 $(-x, 0)$ における電流がつくる磁場の強さは **13** [A/m] の **15** 倍で、その向きは **16**°となる。

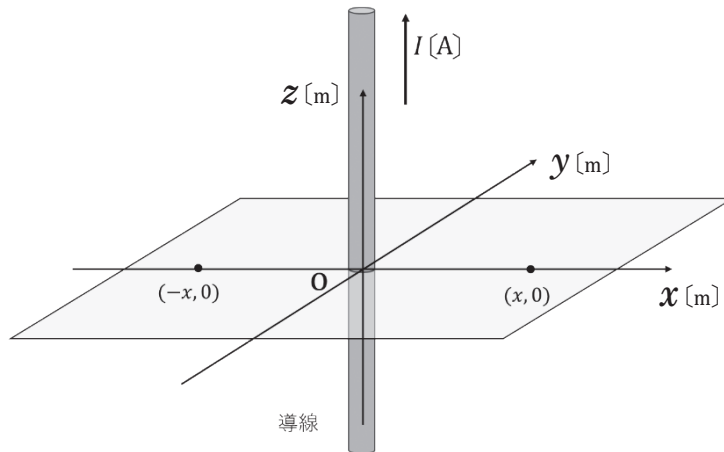
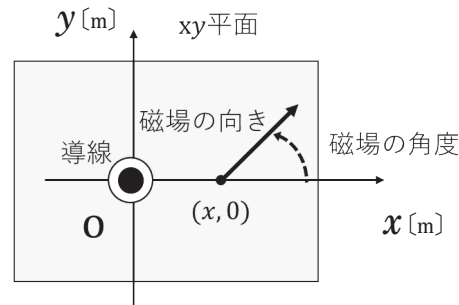


図2



z 軸正の向きから見た図

図3

図4に示すように、2本の直線状の導線A、Bが z 軸に平行に静置されている場合を考える。導線Aは原点Oを通り、3Aの電流が z 軸正の向きに、導線Bは座標(8, 0)を通り、5Aの電流が z 軸正の向きに流れている。

2本の導線の間座標(4, 0)における磁場を求める。まず、座標(4, 0)における導線Aの電流がつくる磁場の強さは **17** [A/m] で、その向きは **18**°となる。

また、座標(4, 0)における導線Bの電流がつくる磁場の強さは **19** [A/m] で、その向きは **20**°となり、2本の導線の電流が中間座標(4, 0)につくる合成磁場の強さは **21** [A/m] で、その向きは **22**°となる。

次に、 x 軸上において2本の導線の電流がつくる合成磁場の強さが0 A/mとなる点を求める。2本の導線に挟まれた x 軸上の点において、2本の導線の電流がつくる磁場の向きは **23**°の差なので、合成磁場の強さが0 A/mとなる座標を $0 < x_0 < 8$ とする座標($x_0, 0$)としたとき、合成磁場の強さが0 A/mとなる条件式は **24** となる。したがって、求める点の座標は **25** となる。

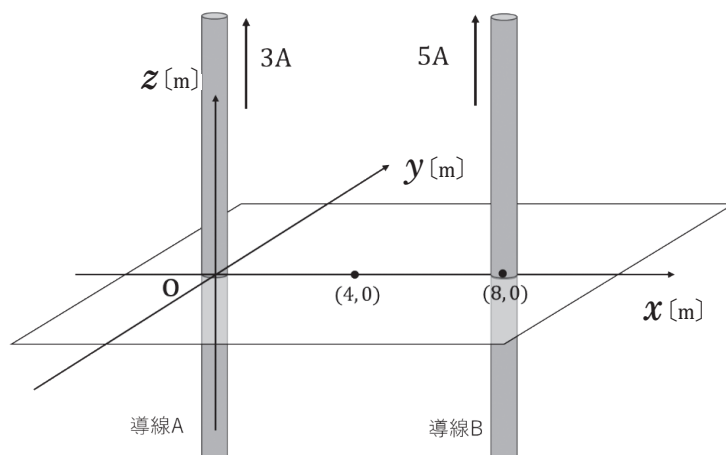


図4

解答群

解答番号 **13**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & \frac{I}{\pi x} & \mathbf{b} & \frac{I}{2\pi x} & \mathbf{c} & \frac{I}{2x} & \mathbf{d} & \frac{\pi x}{I} & \mathbf{e} & \frac{2\pi}{I} \end{array} \right]$$

解答番号 **14**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & 0 & \mathbf{b} & 45 & \mathbf{c} & 90 & \mathbf{d} & 180 & \mathbf{e} & 270 \end{array} \right]$$

解答番号 **15**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & \frac{1}{4} & \mathbf{b} & \frac{1}{2} & \mathbf{c} & 1 & \mathbf{d} & 2 & \mathbf{e} & 4 \end{array} \right]$$

解答番号 **16**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & 0 & \mathbf{b} & 45 & \mathbf{c} & 90 & \mathbf{d} & 180 & \mathbf{e} & 270 \end{array} \right]$$

解答番号 **17**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & \frac{3}{8\pi} & \mathbf{b} & \frac{3}{4\pi} & \mathbf{c} & \frac{3}{8} & \mathbf{d} & \frac{4\pi}{3} & \mathbf{e} & \frac{8\pi}{3} \end{array} \right]$$

解答番号 **18**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & 0 & \mathbf{b} & 45 & \mathbf{c} & 90 & \mathbf{d} & 180 & \mathbf{e} & 270 \end{array} \right]$$

解答番号 **19**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & \frac{5}{8\pi} & \mathbf{b} & \frac{5}{4\pi} & \mathbf{c} & \frac{5}{8} & \mathbf{d} & \frac{4\pi}{5} & \mathbf{e} & \frac{8\pi}{5} \end{array} \right]$$

解答番号 **20**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & 0 & \mathbf{b} & 45 & \mathbf{c} & 90 & \mathbf{d} & 180 & \mathbf{e} & 270 \end{array} \right]$$

解答番号 **21**

$$\left[\begin{array}{ccccc} \mathbf{a} & \frac{1}{4\pi} & \mathbf{b} & \frac{2}{\pi} & \mathbf{c} & 1 & \mathbf{d} & \frac{16\pi}{15} & \mathbf{e} & \frac{32\pi}{15} \end{array} \right]$$

解答番号 **22**

$$\left[\mathbf{a} \ 0 \quad \mathbf{b} \ 45 \quad \mathbf{c} \ 90 \quad \mathbf{d} \ 180 \quad \mathbf{e} \ 270 \right]$$

解答番号 **23**

$$\left[\mathbf{a} \ 0 \quad \mathbf{b} \ 45 \quad \mathbf{c} \ 90 \quad \mathbf{d} \ 180 \quad \mathbf{e} \ 270 \right]$$

解答番号 **24**

$$\left[\begin{array}{lll} \mathbf{a} \ \frac{3}{2\pi x_0} = \frac{5}{2\pi x_0} & \mathbf{b} \ \frac{3}{2\pi x_0} = \frac{5}{2\pi(8-x_0)} & \mathbf{c} \ \frac{3}{2\pi x_0} = \frac{5}{2\pi(8+x_0)} \\ \mathbf{d} \ \frac{3}{2\pi(8+x_0)} = \frac{5}{2\pi x_0} & \mathbf{e} \ \frac{3}{2\pi(x_0-8)} = \frac{5}{2\pi x_0} & \end{array} \right]$$

解答番号 **25**

$$\left[\mathbf{a} \ \left(\frac{1}{2}, 0\right) \quad \mathbf{b} \ (1, 0) \quad \mathbf{c} \ \left(\frac{3}{2}, 0\right) \quad \mathbf{d} \ (3, 0) \quad \mathbf{e} \ \left(\frac{7}{2}, 0\right) \right]$$