2017 年度入学試験問題　　206

情報科学部Ａ方式

3　限　物　　理　(60 分)

〈注意事項〉

1. 試験開始の合図があるまで，問題冊子を開かないこと。
2. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
3. 問題文は２ページから９ページまでとなっている。

解答上の注意

1. 問題文中のア，イ，ウ，… のそれぞれに当てはまるものを問題ごとの解答群から選び，マークシートの解答用紙の対応する欄にマークをして解答しなさい。なお，以下に示す例の通りマークしなさい。分数は，既約分数の形にして解答すること。例の通りになっていない場合は適切な採点ができないので注意すること。

例	解答欄	解答	記入の仕方
1.	$\boxed{ア}$ km/h	3 km/h	$\boxed{3}$ km/h
2.	$\boxed{ア} \times 10^{\boxed{イ}}$ kg	30 kg	$\boxed{3} \times 10^{\boxed{1}}$ kg
3.		3 kg	$\boxed{3} \times 10^{\boxed{0}}$ kg
4.		0	$\boxed{0} \times 10^{\boxed{0}}$ kg
5.	$\boxed{ア} \times 10^{\boxed{イ}}$ kg$^{\boxed{ウ}}$ m$^{\boxed{エ}}$ s$^{\boxed{オ}}$	0.3 m/s	$\boxed{3} \times 10^{\boxed{-1}}$ kg$^{\boxed{0}}$ m$^{\boxed{1}}$ s$^{\boxed{-1}}$
6.	$\boxed{ア}\sin\theta + \boxed{イ}\cos\theta$	$\sin\theta$	$\boxed{1}\sin\theta + \boxed{0}\cos\theta$
7.		$-\cos\theta$	$\boxed{0}\sin\theta + \boxed{-1}\cos\theta$
8.		0	$\boxed{0}\sin\theta + \boxed{0}\cos\theta$
9.	$\dfrac{\boxed{ア}}{\boxed{イ}}$	0	$\dfrac{\boxed{0}}{\boxed{1}}$
10.		$-\dfrac{1}{2}$	$\dfrac{\boxed{-1}}{\boxed{2}}$
11.	既約分数の形にして解答すること	$\sin\theta$	$\dfrac{\boxed{\sin\theta}}{\boxed{1}}$

2. マークシート記入上の注意については，問題冊子の裏表紙に記載してあるので，この問題冊子を裏返して読みなさい。ただし，問題冊子を開かないこと。

すべての設問において次の概略値を用いてよい。

$\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\sqrt{7} = 2.65$,
$\pi = 3.14$, $e = 2.72$, $\log_e 10 = 2.30$

〔Ⅰ〕 以下の空欄に最も適切な値を解答群から選んで答えよ。解答は有効数字1桁とし，必要に応じて四捨五入せよ。

x 軸上を一定の速度で対向して進む2個の小さな球1と2が，ある時刻に正面衝突して跳ね返り，それぞれ向きを反転して再び一定の速度で x 軸上を運動する。球1と2の質量は衝突の前後で変化せず，それぞれ $m_1 = 1.0\,\mathrm{kg}$, $m_2 = 4.0\,\mathrm{kg}$ である。また衝突前の時刻 t における座標をそれぞれ

$$x_1(t) = u_1 t + c_1,\quad x_2(t) = u_2 t + c_2$$

とする。ただし，時間の単位は s (秒)，長さの単位は m (メートル)とし

$$u_1 = 13\,\mathrm{m/s},\quad u_2 = -12\,\mathrm{m/s},\quad c_1 = -36\,\mathrm{m},\quad c_2 = 14\,\mathrm{m}$$

である。

(1) 2個の球の運動量の和 P は

$$P = \boxed{ア} \times 10^{\boxed{イ}}\ \mathrm{kg\cdot m/s}$$

である。また，運動エネルギーの和 E は

$$E = \boxed{ウ} \times 10^{\boxed{エ}}\ \mathrm{J}$$

である。

(2) 衝突が起きる時刻 t_c は

$$t_c = \boxed{オ} \times 10^{\boxed{カ}}\ \mathrm{s}$$

である。また，衝突が起きる点の座標 x_c は

$$x_c = \boxed{キ} \times 10^{\boxed{ク}}\ \mathrm{m}$$

である。

これら2個の球の間には衝突のとき以外は力が働かないとする。衝突のとき球1と2の間に作用反作用の法則に従って力が働くが，その力は一瞬しか作用しない。

(3)　$t = t_c$ で衝突した後，時刻 t における球1と2の座標をそれぞれ

$$\tilde{x}_1(t) = v_1 t + d_1,\ \tilde{x}_2(t) = v_2 t + d_2$$

とする。球1の速度を測定したところ $v_1 = -15\,\mathrm{m/s}$ であった。これより

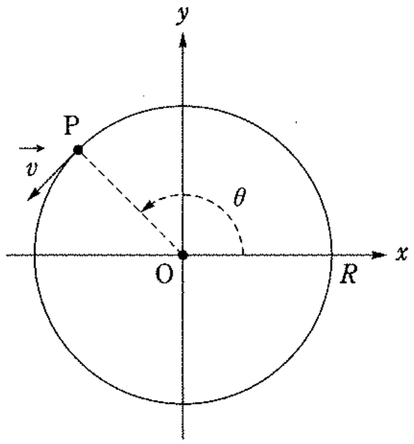
$$v_2 = \boxed{ケ} \times 10^{\boxed{コ}}\ \mathrm{m/s}$$
$$d_1 = \boxed{サ} \times 10^{\boxed{シ}}\ \mathrm{m}$$
$$d_2 = \boxed{ス} \times 10^{\boxed{セ}}\ \mathrm{m}$$

となる。

$\boxed{ア}$ ～ $\boxed{セ}$ の解答群

① 1	② 2	③ 3	④ 4	⑤ 5
⑥ 6	⑦ 7	⑧ 8	⑨ 9	⑩ 0
⑪ −1	⑫ −2	⑬ −3	⑭ −4	⑮ −5
⑯ −6	⑰ −7	⑱ −8	⑲ −9	

〔Ⅱ〕 以下の空欄に最も適切な値を解答群から選んで答えよ。解答は有効数字１桁とし，必要に応じて四捨五入せよ。



図Ⅱ－１

(1) 図Ⅱ－１のように，半径 $R = 1.0\,\mathrm{m}$ の円板が円の中心Ｏのまわりに一定の速さで回転する。回転の向きは反時計方向である。回転の周期が $T = 3.1\,\mathrm{s}$ のとき，角速度の大きさ ω は

$$\omega = \boxed{ア} \times 10^{\boxed{イ}}\ \mathrm{rad/s}\ (\text{ラジアン毎秒})$$

である。

Ｏの位置を原点とし，水平方向に x 軸，鉛直方向に y 軸をとる。この円周上の点Ｐの位置を図のように x 軸から反時計回りに測り角 θ（ラジアン）で表す。$\theta = \dfrac{2}{3}\pi$ のときＰの座標を $(x,\ y)$ とすると

$$x = \boxed{ウ} \times 10^{\boxed{エ}}\ \mathrm{m},\quad y = \boxed{オ} \times 10^{\boxed{カ}}\ \mathrm{m}$$

このときのＰの速度ベクトルを $\vec{v} = (v_x,\ v_y)$ とし，その大きさを v とすると

$$v = \boxed{キ} \times 10^{\boxed{ク}}\ \mathrm{m/s},\quad v_x = \boxed{ケ} \times 10^{\boxed{コ}}\ \mathrm{m/s}$$

である。Ｐの加速度ベクトルを $\vec{a} = (a_x,\ a_y)$ とし，その大きさを a とすると

$$a = \boxed{サ} \times 10^{\boxed{シ}}\ \mathrm{m/s^2},\quad a_x = \boxed{ス} \times 10^{\boxed{セ}}\ \mathrm{m/s^2}$$

である。

(2)　小問(1)の円板のPの位置に質量 $m = 5.0\,\mathrm{kg}$ の小さな物体を固定して円板とともに回転させる。円板の回転運動が(1)と全く同じであり，重力の影響を無視できるとき，この物体が円板から受ける力の大きさ F は

$$F = \boxed{ソ} \times 10^{\boxed{タ}}\ \mathrm{N}$$

である。また，Pが $\theta = 0$ から $\frac{\pi}{2}$ まで移動する間に，力 F がこの物体にする仕事の大きさ W は

$$W = \boxed{チ} \times 10^{\boxed{ツ}}\ \mathrm{J}$$

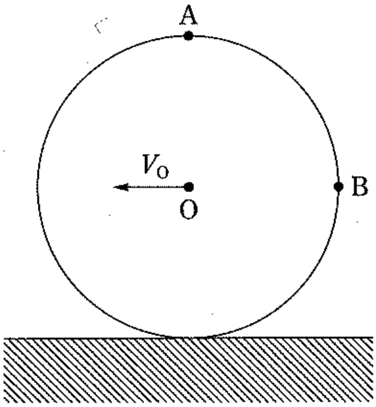
である。

(3)　力の単位Nおよびエネルギーの単位Jを kg，m，s で表すと

$$1\,\mathrm{N} = 1\,\mathrm{kg}^{\boxed{テ}}\,\mathrm{m}^{\boxed{ト}}\,\mathrm{s}^{\boxed{ナ}}$$

$$1\,\mathrm{J} = 1\,\mathrm{kg}^{\boxed{ニ}}\,\mathrm{m}^{\boxed{ヌ}}\,\mathrm{s}^{\boxed{ネ}}$$

である。



図Ⅱ－2

(4) 図Ⅱ－2のように，小問(2)の円板が水平な床面の直線にそってすべらないように回転しながら移動する。円板は常に鉛直面内にあり，その回転の周期は(2)の場合と全く同じである。床面で静止している人から見たとき，Oが移動する速度の大きさ V_O は

$$V_O = \boxed{ノ} \times 10^{\boxed{ハ}} \text{ m/s}$$

である。同じ人から見て，円周上のPが床面から最も遠い位置Aにあるとき，Pの速度の大きさ V_A は

$$V_A = \boxed{ヒ} \times 10^{\boxed{フ}} \text{ m/s}$$

であり，PがOと同じ高さの位置BにあるときPの速度の大きさ V_B は

$$V_B = \boxed{ヘ} \times 10^{\boxed{ホ}} \text{ m/s}$$

である。

ア ～ ホ の解答群

① 1	② 2	③ 3	④ 4	⑤ 5
⑥ 6	⑦ 7	⑧ 8	⑨ 9	⑩ 0
⑪ －1	⑫ －2	⑬ －3	⑭ －4	⑮ －5
⑯ －6	⑰ －7	⑱ －8	⑲ －9	

〔Ⅲ〕 以下の説明を読み，各問の空欄に最も適切な値を解答群から選んで答えよ。

関数$f(x)$の導関数を$f'(x)$，第2次導関数を$f''(x)$と記す。$y=f(x)$のグラフの$x=x_0$における接線の式は

$$y=f(x_0)+f'(x_0)\cdot(x-x_0)$$

である。これにもとづき，$x \fallingdotseq x_0$ すなわちxがx_0に非常に近い値のとき，$f(x)$の値を

$$f(x) \fallingdotseq f(x_0)+f'(x_0)\cdot(x-x_0) \tag{I}$$

と近似することができる。精度をさらに高くして近似するには

$$f(x) \fallingdotseq f(x_0)+f'(x_0)\cdot(x-x_0)+f''(x_0)\cdot\frac{(x-x_0)^2}{2} \tag{II}$$

とする。

(1) xが0に非常に近い値のとき，式(I)を用いると

$$(1+x)^{\frac{3}{2}} \fallingdotseq \frac{\boxed{ア}}{\boxed{イ}}+\frac{\boxed{ウ}}{\boxed{エ}}x$$

$$e^{-x} \fallingdotseq \frac{\boxed{オ}}{\boxed{カ}}+\frac{\boxed{キ}}{\boxed{ク}}x$$

$$\log_e(1+x) \fallingdotseq \frac{\boxed{ケ}}{\boxed{コ}}+\frac{\boxed{サ}}{\boxed{シ}}x$$

である。

(2) xが0に非常に近い値のとき，式(II)を用いると

$$\cos x \fallingdotseq \frac{\boxed{ス}}{\boxed{セ}}+\frac{\boxed{ソ}}{\boxed{タ}}x+\frac{\boxed{チ}}{\boxed{ツ}}x^2$$

である。

(3)　t が 0 に非常に近い値のとき，式(II)を用いると

$$e^{-t^2} \fallingdotseq \frac{\boxed{テ}}{\boxed{ト}} + \frac{\boxed{ナ}}{\boxed{ニ}} t + \frac{\boxed{ヌ}}{\boxed{ネ}} t^2$$

となる。この式の右辺を t で定積分することにより，x が 0 に非常に近い値のとき

$$\int_0^x e^{-t^2}\,dt \fallingdotseq \frac{\boxed{ノ}}{\boxed{ハ}} + \frac{\boxed{ヒ}}{\boxed{フ}} x + \frac{\boxed{ヘ}}{\boxed{ホ}} x^2 + \frac{\boxed{マ}}{\boxed{ミ}} x^3$$

という近似式が成り立つ。

$\boxed{ア}$ ～ $\boxed{ミ}$ の解答群

① 1	② 2	③ 3	④ 4	⑤ 5
⑥ 6	⑦ 7	⑧ 8	⑨ 9	⑩ 0
⑪ −1	⑫ −2	⑬ −3	⑭ −4	⑮ −5
⑯ −6	⑰ −7	⑱ −8	⑲ −9	

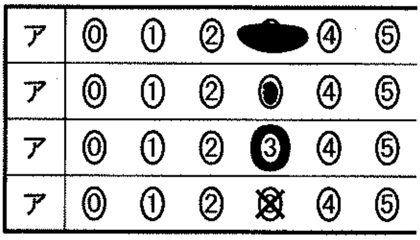
記入上の注意

マークシート解答は，鉛筆でマークしたものを機械が直接読みとって採点する。したがって解答はHBの黒鉛筆でマークすること(万年筆，ボールペン，シャープペンシルなどを使用しないこと)。

① 記入例 **ア**の解答を3にマークする場合。

正しいマークの例

悪いマークの例



枠外にはみ出してマークしないこと。

枠全体をマークするようにしなさい。

○でかこんでマークしないこと。

×を書いてマークしないこと。

② 解答を訂正する場合は，消しゴムでよく消してから，あらためてマークすること。

③ 解答用紙をよごしたり，折りまげたりしないこと。

④ 問題に指定された数よりも多くマークしないこと。