

2020 年度入学試験問題

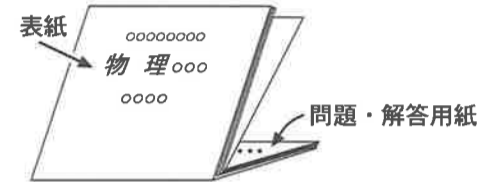
物 理 301

(前 期 日 程)

表紙も問題・解答用紙も全て
表面のみに印刷している。

(注意事項)

- 1 問題・解答用紙は、係員の指示があるまで開かないこと。
- 2 この表紙を除いて、問題・解答用紙は 3 枚である。
用紙の折り方は図のようになっているので注意すること。
- 3 解答は、問題・解答用紙の指定された〔式と説明〕の表示がある箇所と答の欄に書くこと。
表紙の余白と裏面を計算のために用いてもよいが、指定された解答箇所以外に書いたものは採点しない。
- 4 〔式と説明〕の表示がある箇所には、答えを導く過程で必要な式と説明を簡潔に書くこと。
- 5 解答開始後、各問題・解答用紙の「受験番号」欄に受験番号をはっきりと記入すること。
- 6 表紙を含め、配布した用紙はすべて回収する。



物 理 301 その1

第1問 図1のように、半径 R 、質量 M のなめらかな表面の半球が、なめらかで水平な床の上にある。半球の頂点 A の鉛直下方の床の上に原点 O と x 軸を、 OA に沿って y 軸をとる。いま頂点 A に質量 m の大きさの無視できる小物体を置き、半球上をすべらせる。重力加速度の大きさを g 、空気の影響は無視してよいとして、以下の問いに答えよ。

[1] 半球を床に固定し、小物体を頂点 A から x 軸の正方向に速さ v_0 ですべらせたところ、小物体は点 B で半球から離れた。

問1 AB 間の $\angle AOP = \theta$ となる点 P での小物体の速さ v を、 R, v_0, θ, g を用いて表せ。

[式と説明]

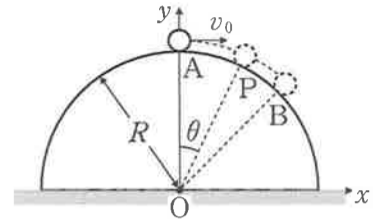


図1

答	
---	--

問2 点 P で小物体に働く垂直抗力の大きさ N を、 m, R, v_0, θ, g を用いて表せ。

[式と説明]

答	
---	--

問3 点 B の床からの高さを、 R, v_0, g を用いて表せ。

[式と説明]

答	
---	--

[2] 半球の固定をやめ、図2のように、静止している半球上の $\angle AOQ = \beta$ となる点 Q に小物体を置いて静かにはなしたところ、小物体と半球は同時に動き出した。

問4 小物体が半球上の点 Q にあるとき、この2物体の xy 座標上での重心の座標 (X_G, Y_G) を、 m, M, R, β を用いて表せ。半球の重心は $(0, \frac{3R}{8})$ にある。

[式と説明]

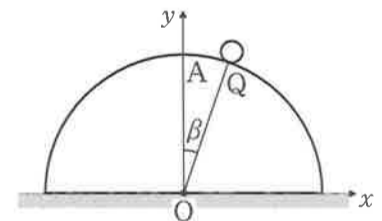


図2

答	X_G	
	Y_G	

問5 小物体が半球上を動くとき、小物体と半球の x 方向の運動はどのようになるか。2物体の重心の座標の変化と関係付けて述べよ。

答	
---	--

小計	点
----	---

物 理 301 その2

第2問 図1のように点Oを原点とする直角座標系 (x, y, z) をとり、平行電極 a, b を xz 面に平行に、 y 軸方向の長さが L の平行電極 c, d を xy 面に平行に、それぞれ配置する。c, d 間には強さ E の一様な電場が z 軸の正の向きに、 $y > 0$ の領域にはソレノイドコイルによる磁束密度の大きさ B の一様な磁場が y 軸の正の向きに、それぞれ加えられている。 y 軸上にある a の小さな穴に静かに置かれた質量 m 、電荷 q ($q > 0$) の荷電粒子 A が、a, b 間の電圧 V で加速され、速さ v_0 で b の小さな穴を通過する。その後、A は c, d 間を通過し、 $y = 0$ の点 P から y 軸の正の方向と θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) の角度をなしてソレノイドコイル中に速さ v で入射した。電場や磁場はそれぞれ平行電極やソレノイドコイルの外にはもれ出しておらず、地磁気、重力、空気の影響、および A の運動にともなう電場と磁場の変化は無視できるものとする。以下の問いに答えよ。

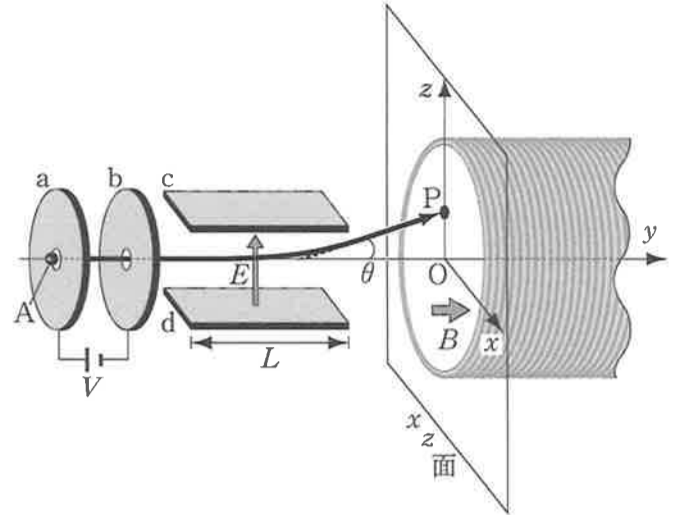


図1

問1 速さ v_0 を、 m, q, V のうちから必要なものを用いて表せ。

[式と説明]

答	
---	--

問2 点 P における A の速度の各成分 v_x, v_y, v_z を、 m, q, E, v_0, L のうちから必要なものを用いて表せ。

[式と説明]

答	v_x	
	v_y	
	v_z	

問3 A は点 P の位置を通過したあと、磁場から力 F を受けてソレノイドコイルにぶつかることなく、らせん運動をした。A が磁場から受ける力 F の名称を答えよ。また F の大きさを、 m, q, B, v, θ のうちから必要なものを用いて表せ。

答	F の名称		F の大きさ
---	---------	--	----------

問4 A のらせん運動の軌道を xz 面に垂直に投影すると、A の運動は円運動に見える。その円運動の半径 R と周期 T を、 m, q, B, v, θ のうちから必要なものを用いて表せ。また、投影された軌跡を、運動方向を示す矢印とともに、解答欄の図中に記入せよ。図中の●は点 P である。

[式と説明]

答	R		T
---	-----	--	-----

答	
---	--

小計		点
----	--	---

物 理 301 その3

第3問 天然に存在する放射性同位体の代表に $^{226}_{88}\text{Ra}$ がある。この放射性同位体の半減期は 1.6×10^3 年で α 崩壊によって α 線を放出する。以下の問いに答えよ。

問1 多数の $^{226}_{88}\text{Ra}$ の個数の変化と半減期について記述した次の文章のうち、正しいものの組み合わせを A ~ F のなかから1つ選べ。

- ① 1.6×10^3 年が経過すると、 $^{226}_{88}\text{Ra}$ の個数はもとの $\frac{1}{2}$ に減少する。
- ② 3.2×10^3 年が経過すると、 $^{226}_{88}\text{Ra}$ の個数は0になる。
- ③ 4.8×10^3 年が経過すると、 $^{226}_{88}\text{Ra}$ の個数はもとの $\frac{1}{8}$ に減少する。
- ④ $^{226}_{88}\text{Ra}$ の半減期は、 $^{226}_{88}\text{Ra}$ の個数が減ると長くなる。

【組み合わせの選択肢】

A ①のみ B ②のみ C ③のみ D ①, ③のみ E ①, ④のみ F ①, ③, ④のみ

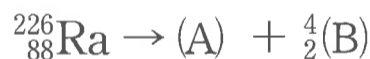
答	
---	--

問2 $^{226}_{88}\text{Ra}$ は $^{238}_{92}\text{U}$ を起点として $^{206}_{82}\text{Pb}$ の同位体に至る崩壊系列の途中にある。 $^{238}_{92}\text{U}$ が $^{226}_{88}\text{Ra}$ になるまでに、 α 崩壊および β 崩壊がそれぞれ何回起こるか。

〔式と説明〕

答	α 崩壊		回
	β 崩壊		回

問3 $^{226}_{88}\text{Ra}$ から放出される α 線は、質量数4、原子番号2の原子核である。下に記す α 崩壊の反応式の(A)にあてはまる同位体を選択肢①~⑤のなかから1つ選べ。また、(B)にあてはまる元素記号を書け。



【(A)の選択肢】

- ① $^{222}_{84}\text{Po}$ ② $^{222}_{86}\text{Rn}$ ③ $^{222}_{88}\text{Ra}$ ④ $^{226}_{84}\text{Po}$ ⑤ $^{226}_{86}\text{Rn}$

答	(A)	
	(B)	

問4 問3のように、 α 崩壊は1つの大きな原子核が2つの原子核に分裂する現象と考えることができる。静止している $^{226}_{88}\text{Ra}$ の α 崩壊によって放出される全エネルギーは 4.87 MeV (メガ電子ボルト) である。放出されるエネルギーがすべて崩壊後の各原子核の運動エネルギーになるとしたとき、崩壊前後の運動量が保存されることを用いて α 線の運動エネルギーを求めよ。ただし、 $^{226}_{88}\text{Ra}$ 原子核、原子核(A)、および α 線の質量はその質量数に比例するものとする。

〔式と説明〕

答		MeV
---	--	-----

小計		点
----	--	---