

物 理

(問 題)

2023年度

〈2023 R05170015 (物理)〉

注 意 事 項

1. 試験開始の指示があるまで、問題冊子および解答用紙には手を触れないこと。
2. 問題は2～8ページに記載されている。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督員に知らせること。
3. 解答はすべて、HBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで記入すること。
4. 記述解答用紙記入上の注意
 - (1) 記述解答用紙の所定欄（2カ所）に、氏名および受験番号を正確に丁寧に記入すること。
 - (2) 所定欄以外に受験番号・氏名を記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
 - (3) 受験番号の記入にあたっては、次の数字見本にしたがい、読みやすいように、正確に丁寧に記入すること。

数字見本	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- (4) 受験番号は右詰めで記入し、余白が生じる場合でも受験番号の前に「0」を記入しないこと。

	万	千	百	十	一
(例) 3825番⇒		3	8	2	5

5. 解答はすべて所定の解答欄に記入すること。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
6. 試験終了の指示が出たら、すぐに解答をやめ、筆記用具を置き解答用紙を裏返しにすること。
7. いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出すること。
8. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

[I] 図 I - 1 のように、水平な地面上で、質量 m_A の物体 A が大きさ v_A の初速度で地面から打ち出された。物体 A の初速度ベクトルと地面とのなす角（仰角）を α ($\alpha < 90^\circ$) とする。その瞬間に、物体 A から水平に l_B 離れた地面の真上の高さ h の場所から、質量 m_B の物体 B が初速度 0 で自由落下を始めるとする。重力加速度の大きさ g をとし、物体 A と物体 B の大きさおよび空気抵抗は無視する。必要に応じて、 $1 + \tan^2 \theta = \frac{1}{\cos^2 \theta}$ および $2 \sin \theta \cos \theta = \sin 2\theta$ の公式を用いること。

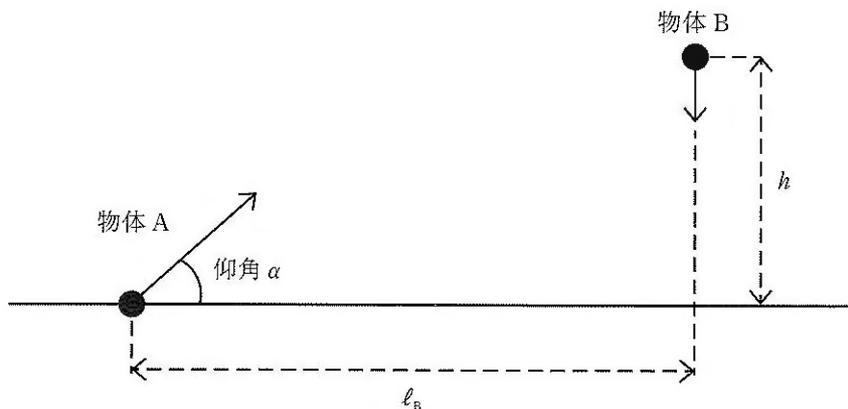


図 I - 1

- 問 1 2 物体 A と B が衝突するときの $\tan \alpha$ の値を、 m_A , m_B , g , h , l_B の中から必要な記号を用いて表せ。
- 問 2 地面からの高さ $\frac{h}{2}$ で物体 A と物体 B が衝突するような v_A を、 m_A , m_B , g , h , l_B の中から必要な記号を用いて表せ。
- 問 3 ちょうど地面で物体 A と物体 B が衝突するような v_A を、 m_A , m_B , g , h , l_B の中から必要な記号を用いて表せ。

次に、図 I - 2 のように十分に広い平面上で、質量 m_c の物体 C が、初速度の大きさが v_c で、ある仰角で発射されるとする。物体 C の大きさおよび空気抵抗は無視する。

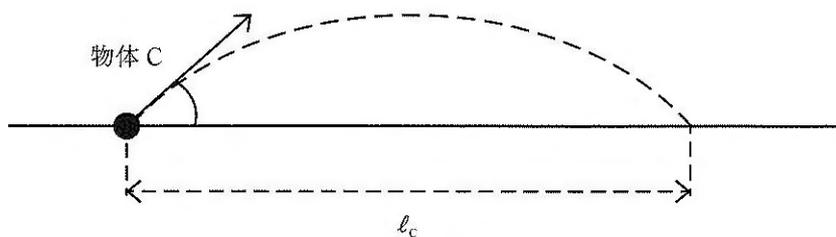


図 I - 2

問 4 物体 C の着地点が最も遠くなるような仰角を β ($\beta < 90^\circ$) とする。物体 C が仰角 β で発射される時、発射点と着地点の距離 l_c を、 m_c , v_c , g の中から必要な記号を用いて表せ。

問 5 水平、垂直方向のどちらかに等速直線運動する装置に物体 C を載せる。はじめに、装置が地面に対して水平方向に v_x の大きさの速度をもった状態で運動する。物体 C を地面と同じ高さから進行方向に向かって仰角 β で発射したとき、物体 C の着地点は発射点から l_x 離れた距離にあるものとする。

次に、装置が地面に対して鉛直上向きに v_y の大きさの速度をもった状態で運動する。物体 C を地面と同じ高さから仰角 β で発射したとき、物体 C の着地点は発射点から l_y 離れた距離にあるものとする。いずれの場合も装置に対する物体 C の初速度の大きさは v_c である。ここで $l_x = \frac{1}{2} l_y$ の関係が成り立つとき、 v_y の大きさを v_x と v_c を用いて表せ。

問6 質量500 kgの物体が地球の周りを等速円運動する場合を考える。なお、地球を質量 5.97×10^{24} kg、半径6400 kmの球とし、万有引力定数は $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ とする。また、空気抵抗は無視できるものとする。この物体が地表に沿って周回するための最小の速度（第一宇宙速度）の大きさはいくらか。最も近いものを次の中から選び記号で答えよ。

(あ) 時速7.9 km (い) 秒速11.2 km (う) 分速473 km (え) 秒速28,400 m

問7 宇宙ロケットは人工衛星を効率よく地球周回軌道に投入するため、赤道になるべく近い低緯度の発射地点から打ち上げられ、地球自転方向である東向きに飛ばすことが多い。地球の自転周期が24時間であるとき、赤道上の地表面の自転速度の大きさは第一宇宙速度の大きさの何%か。最も近いものを次の中から選び記号で答えよ。

(あ) 1% (い) 5% (う) 10% (え) 25%

問8 静止衛星の軌道を静止軌道とよぶ。半径 R_m の火星の自転周期を、半径 R_e の地球と同じ24時間とする。地球の静止軌道（円軌道）の地表面からの高度を r_e 、地球の質量を M_e 、火星の質量を M_m とすると、火星の静止軌道（円軌道）の地表面からの高度 r_m を、 R_m 、 R_e 、 M_e 、 M_m 、 r_e の中から必要な記号を用いて表せ。

問9 近年、探査車を使った火星地表面の探査が活発になってきている。大気が存在する惑星に探査車を着陸させるときには、パラシュート（落下傘）の空気抵抗（火星大気による抵抗）を利用して減速させることが多い。パラシュートを1つ開いた探査車S1の速さが v のとき、空気抵抗の大きさを $f = kv$ （ k は定数）とする。探査車の質量が m_s 、火星の重力加速度が g_m のとき、速さ v で降下中の探査車に生じる加速度の大きさを、 v 、 k 、 m_s 、 g_m の中から必要な記号を用いて表せ。なお探査車の降下方向（鉛直下向き）を正とする。降下中の大気圧は高度によらず一定と仮定する。

問10 問9の問題について、パラシュートを2つ開いた探査車S2（質量はS1と同じ）の速さが v のとき、空気抵抗の大きさを $f = 2kv$ （ k は定数）とする。探査車S2のパラシュートを使った降下について、地球大気の場合の終端速度 v_e を、 R_e 、 R_m 、 M_e 、 M_m 、 k 、 m_s 、 g_m の中から必要な記号を用いて表せ。なお、火星の大気圧は地球の $\frac{1}{200}$ とし、空気抵抗の大きさは大気圧に比例するものとする。それぞれの惑星において、降下中の大気圧は高度によらず一定と仮定する。

問11 次の文中の記号【A】から【H】に対して最も適切な語句または記号を、選択肢から選び、番号で答えよ。ただし、異なる記号には異なる番号が当てはまる。

宇宙の誕生やその後の進化や構造に関連するさまざまな知見を得るため、探査機が到達できない太陽系外の天体について望遠鏡などでの観測が進められてきた。エドウィン・ハッブルは電磁波の波長が本来の波長よりも【A】く観測される【B】とよばれる現象により、宇宙が膨張していることを示した。このことは基本的には音波のドップラー効果と同じ考え方で理解できる。

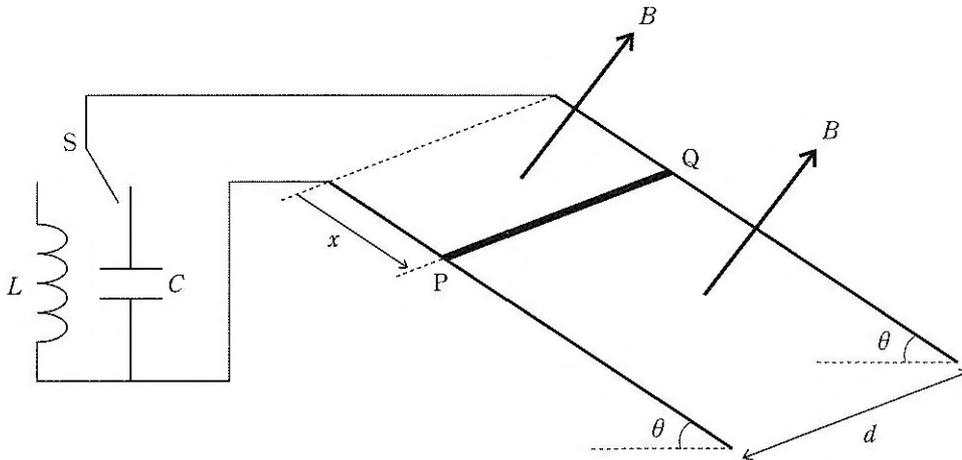
一方、原子核を構成する陽子や中性子などを総称して【C】とよび、それらは【D】とよばれる素粒子で構成される。今から【E】億年前のビッグバン後、素粒子はごく短い時間の間に誕生し、数分後には原子核が形成された。このような宇宙誕生の名残として現在でも観測可能な2.7 Kの黒体に似た放射を【F】とよぶ。

ある天体を観測するとき、観測者との間に質量の大きな別の天体があると、ある天体は複数の位置に同時に観測されることがある。この現象を【G】効果とよぶ。大きな質量をもつ天体が周辺の空間を歪めることが原因である。さらに渦巻銀河において観測可能な天体質量によって生じる引力は、この銀河の回転によって生じる遠心力とつり合いが取れないことが知られている。このようなことから考えられる、観測できない未知の物質を【H】とよぶ。

下記がこの問11における語句または記号の選択肢である。番号で答えること。

(1) 干渉作用	(2) プリズム効果	(3) 赤方偏移	(4) 長
(5) 短	(6) 強	(7) 弱	(8) 核子
(9) クォーク	(10) ニュートリノ	(11) タウ粒子	(12) X線
(13) 電子	(14) プロトン	(15) 35	(16) 46
(17) 138	(18) 1360	(19) 6500	(20) 宇宙マイクロ波背景放射
(21) COBE	(22) 黒体放射	(23) インフレーション	(24) パルサー
(25) 中性子星	(26) ガンマ線バースト	(27) 重力レンズ	(28) 相対性理論
(29) トンネル	(30) ワームホール	(31) ダークマター	(32) ダークサイド
(33) ブラックホール			

[II] 図II-1のように、電気容量 C のコンデンサー、自己インダクタンス L のコイルとスイッチ S からなる回路が、十分に長い2本の平行な導体のレールに接続されている。レールは間隔が d で、水平面に対して角度 θ だけ傾いていて、質量 m の導体棒 PQ が2本のレールに対して直交するように置かれている。2本のレールによって作られた平面に対して垂直方向に磁束密度 B の一様な磁場がかけられている。導体棒 PQ はレールに対して直交したまま摩擦なく動き、レールに沿って下向きを正の向きとしてその運動を表すことにする。電気抵抗は全て無視でき、重力加速度の大きさを g とする。



図II-1

はじめ、 S を帯電していないコンデンサーに接続して、導体棒 PQ をレールの上端から静かにはなした。レール上を運動する導体棒 PQ に発生する起電力は、コンデンサーの耐電圧を超えないものとする。

問1 導体棒 PQ がレールを滑り落ち、速度が v になったときにコンデンサーに蓄えられる電気量を、 C 、 v 、 B 、 d 、 m の中から必要な記号を用いて表せ。

問2 このとき、導体棒 PQ を流れる電流を I とすると、導体棒 PQ にはたらく合力はいくらになるか。 I 、 B 、 d 、 m 、 g 、 θ の中から必要な記号を用いて表せ。

ここから、短い時間 Δt の間に導体棒 PQ の速度が Δv だけ増え、コンデンサーに蓄えられる電気量が ΔQ だけ増えたとする。

問3 このとき、 $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ であることを用いて、 I を $C, B, d, m, \Delta v, \Delta t$ の中から必要な記号を用いて表せ。

問4 $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ を導体棒 PQ の加速度とみなして、問2の結果を用いて導体棒 PQ に関する運動方程式を立てることができる。問3の結果も用いてこの運動方程式を解き、導体棒 PQ を流れる電流を、 C, B, d, m, g, θ の中から必要な記号を用いて表せ。

問5 導体棒 PQ がレールの上端から x だけレール上を滑り落ちたときの、導体棒 PQ の速さを、 C, B, d, m, g, x, θ の中から必要な記号を用いて表せ。

次に、導体棒 PQ をレールの上端に戻し、S をコイルに接続した後に導体棒 PQ を静かにはなす。導体棒 PQ がレールの上端から x だけ滑り落ちたときの速度を v 、コイルに流れている電流を I とする。そこからさらに、導体棒 PQ は短い時間 Δt の間に $\Delta x = v\Delta t$ だけ移動した。

問6 Δt の間の電流の増加量を ΔI とするとき、 $\frac{\Delta I}{\Delta x}$ を B, d, m, L の中から必要な記号を用いて表せ。

問7 導体棒 PQ をはなした瞬間に、コイルに電流は流れていないことをふまえて、導体棒 PQ が x だけ滑り落ちたときの電流を、 B, d, m, L, x の中から必要な記号を用いて表せ。

問8 問7の結果を用いて導体棒 PQ にはたらく力を考えることにより、導体棒 PQ は単振動することがわかる。この単振動の振幅と周期はいくらか。それぞれ、 B, d, L, m, g, θ の中から必要な記号を用いて表せ。

[以下余白]

<2023 R05170015 (物理)>

受験番号	万	千	百	十	一
氏名					

(注意) 所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

問	[I]				
	1	2	3	4	5
採点欄					
問	[II]				
	1	2	3	4	
採点欄					

<2023 R05170015 (物理)>

受験番号	万	千	百	十	一
氏名					

(注意) 所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

- 注 意
1. 受験番号(算用数字)・氏名は指示に従ってただちに所定欄に記入し、それ以外に記入してはならない。
 2. 解答はすべて所定の解答欄に記入すること。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
 3. 解答は黒鉛筆またはシャープペンシル (HB) で書くこと。
 4. 試験終了時にこの解答用紙を裏返して机の上に置き、指示を待つこと。
 5. 計算器は一切使用してはならない。

問	[I]				
	1	2	3	4	5
採点欄					
問	[II]				
	1	2	3	4	
採点欄					

物 理 (解 答 用 紙)

I	問1 $\tan \alpha =$ <input style="width: 100%;" type="text"/>								
	問2 $v_A =$ <input style="width: 100%;" type="text"/>								
	問3 $v_A =$ <input style="width: 100%;" type="text"/>								
	問4 $\ell_C =$ <input style="width: 100%;" type="text"/>								
	問5 $v_y =$ <input style="width: 20%;" type="text"/> $\times v_x +$ <input style="width: 20%;" type="text"/> $\times v_z$								
	問6 <input style="width: 100%;" type="text"/>								
	問7 <input style="width: 100%;" type="text"/>								
	問8 $r_m =$ <input style="width: 100%;" type="text"/>								
	問9 加速度の大きさ = <input style="width: 100%;" type="text"/>								
	問10 $v_c =$ <input style="width: 100%;" type="text"/>								
	問11 <table border="1" style="width: 100%; height: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">[A]</td> <td style="width: 50%;">[B]</td> </tr> <tr> <td>[C]</td> <td>[D]</td> </tr> <tr> <td>[E]</td> <td>[F]</td> </tr> <tr> <td>[G]</td> <td>[H]</td> </tr> </table>	[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]	[G]	[H]
[A]	[B]								
[C]	[D]								
[E]	[F]								
[G]	[H]								

II	問1 電気量 = <input style="width: 100%;" type="text"/>
	問2 合力 = <input style="width: 100%;" type="text"/>
	問3 $I =$ <input style="width: 100%;" type="text"/>
	問4 電流 = <input style="width: 100%;" type="text"/>
	問5 速度 = <input style="width: 100%;" type="text"/>
	問6 $\frac{\Delta I}{\Delta x} =$ <input style="width: 100%;" type="text"/>
	問7 電流 = <input style="width: 100%;" type="text"/>
	問8 振幅 = <input style="width: 100%;" type="text"/>
	周期 = <input style="width: 100%;" type="text"/>