

平成30年度入学試験問題（前期日程）

理 科
(医学部医学科)

物 理	1 ページから	7 ページまで
化 学	8 ページから	10 ページまで
生 物	11 ページから	14 ページまで

注 意 事 項

1. 受験番号を解答用紙の所定の欄(1か所)に記入すること。
2. 解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。
3. 解答時間は、100分である。

物 理

1 以下の文章中の ① ~ ⑪ に最も適切な数値、数式、語句、または選択肢の記号を記入せよ。(20点)

問1 図1-Iのように、水平面上のまっすぐな線路をなめらかに走れる質量 M_1 の貨車に、質量 M_2 の人が乗っている。人は貨車の上を滑らずに歩ける。

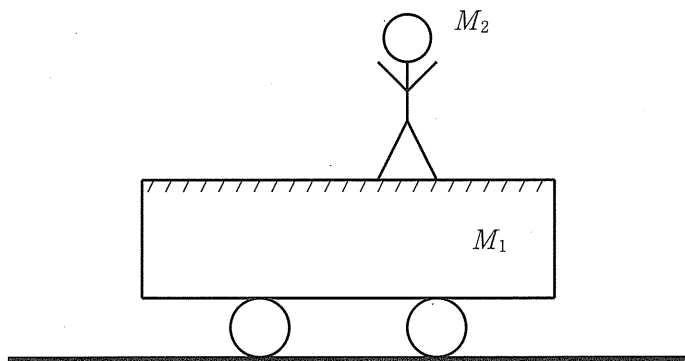


図1-I

- (1) 初めに、人と貨車は静止しているとする。人が線路と平行に、貨車に対して加速度 a で歩き始めると、貨車も水平面に対して加速度を持つ。このとき、人と貨車は互いに作用・反作用を及ぼし合うが、その力の大きさは ① となる。
- (2) 次に、貨車は一定の速さ V で線路上を走っているとする。貨車の上で立ち止まっている人が、貨車の進行方向と反対方向に質量 m のボールを水平に投げたところ、ボールは人から見て速さ v で遠ざかって行った。人がボールを投げた後の貨車の速さは ② となる。

問2 容器の中に1モルの単原子分子理想気体が入っている。この気体の圧力 p と体積 V を図1-IIのようにゆっくりと変化させる。以下では、気体定数を R とする。また、必要ならば、 $a \leq x \leq b$ の範囲で、関数 $\frac{1}{x}$ と x 軸との間で囲まれる面積は積分 $\int_a^b \frac{1}{x} dx = \log \frac{b}{a}$ (\log は自然対数) で求まることを利用して良い。

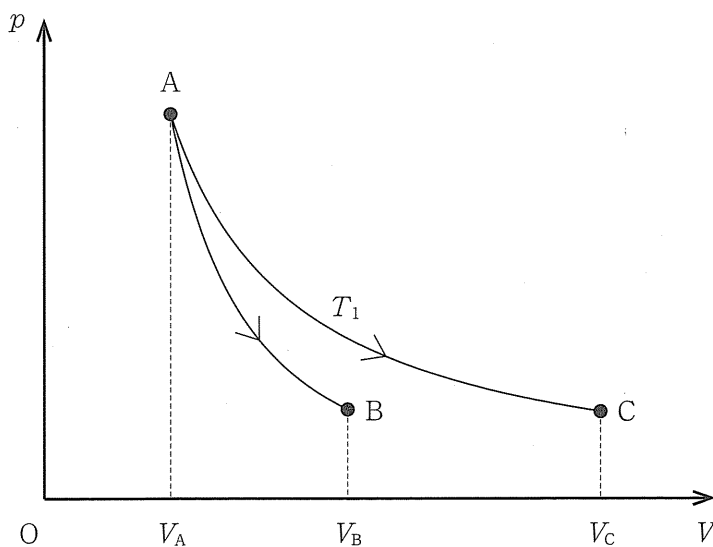


図1-II

- (1) 図1-IIの $A \rightarrow B$ の過程のように、気体を体積 V_A から V_B まで断熱膨張させると、気体の温度は T_1 から T_2 に下がった。このとき、気体が外部にした仕事は ③ となる。
- (2) 容器を熱源に接触させて、図1-IIの $A \rightarrow C$ の過程のように、気体の温度を T_1 に保ちながら、気体の体積を V_A から V_C に膨張させた。このとき、気体に外部から加えられる熱量は ④ となる。

問3 図1—Ⅲのように、単スリットS、複スリット S_1 、 S_2 と、さらに離れたところにスクリーンを平行に置く。複スリット S_1 、 S_2 は単スリットSから等距離にあるものとする。光源から出た単色光を左から単スリットSに垂直に入射させると、スクリーン上にはほぼ等間隔の明暗の縞模様ができる。

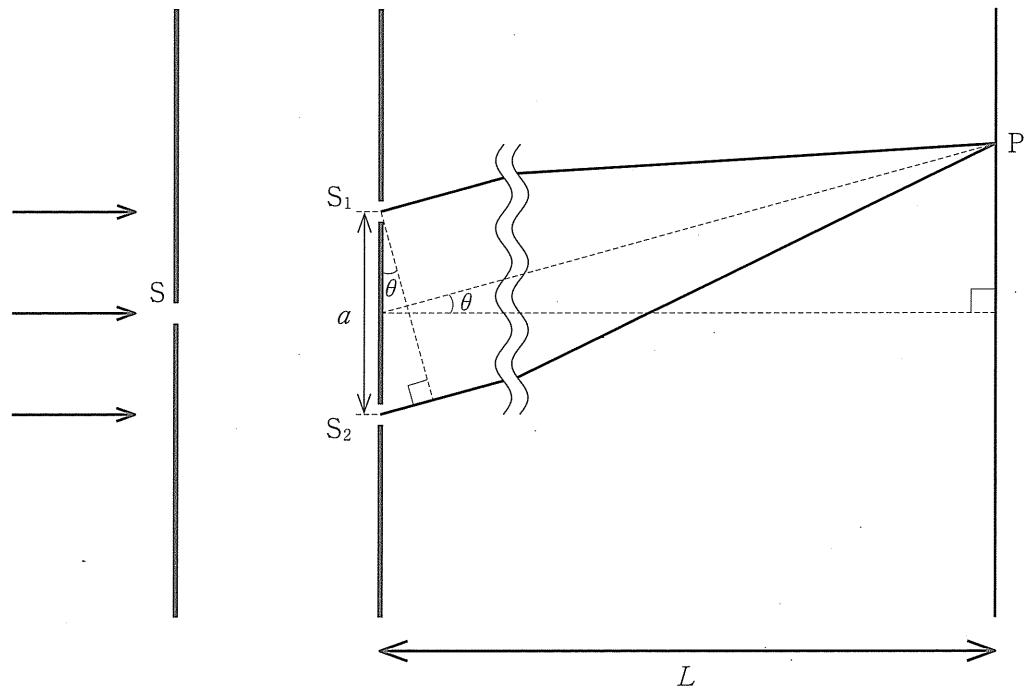


図1—Ⅲ

- (1) スクリーン上に明暗の縞模様ができるのは、複スリット S_1 、 S_2 を通過した光がスクリーンにおいて ⑤ するからである。
- (2) 複スリット S_1 、 S_2 とスクリーンの距離を L 、複スリット S_1 と S_2 の間隔を a 、スクリーン上での隣り合う明線(または暗線)の間隔を Δx とし、 a と Δx は L にくらべて十分小さいものとする。このとき、 S_1 と S_2 からスクリーン上の点Pまでの2本の光の経路はほぼ平行となる。図1—Ⅲに示したように、光の入射方向と点Pに向かう光の方向のなす角 θ が十分小さいことに注意すると、光の波長は a 、 Δx 、 L を用いて ⑥ と表すことができる。

問4 図1—IVのように、抵抗、コイル、コンデンサーを並列に交流電源に接続する。

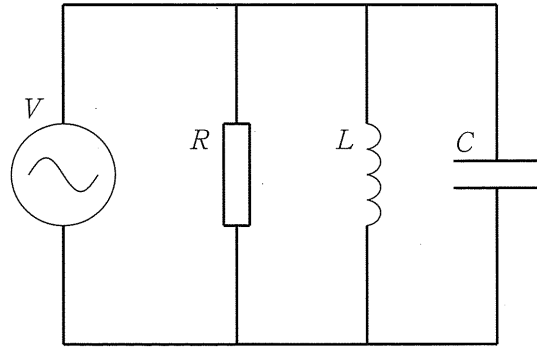


図1—IV

抵抗の抵抗値、コイルの自己インダクタンス、コンデンサーの電気容量をそれぞれ $R[\Omega]$ 、 $L[H]$ 、 $C[F]$ とし、時刻 t での交流電源の電圧を $V = V_0 \sin \omega t [V]$ とする。抵抗、コイル、コンデンサーに流れる電流の最大値が同じになるようにするには、 L の値を $R = \text{㉗}$ 、 C の値を $R = \text{㉘}$ をみたすようにそれぞれ取ればよい。また、抵抗、コイル、コンデンサーに流れる電流をそれぞれ I_R 、 I_L 、 I_C とする。このとき、これらの電流の時間変化の様子を交流の周期を $T = 2\pi/\omega$ としてグラフに表すと、図1—Vの I_1 、 I_2 、 I_3 は

- ㉙
- (ア) $I_1 = I_R$ 、 $I_2 = I_L$ 、 $I_3 = I_C$
 - (イ) $I_1 = I_R$ 、 $I_2 = I_C$ 、 $I_3 = I_L$
 - (ウ) $I_1 = I_L$ 、 $I_2 = I_R$ 、 $I_3 = I_C$
 - (エ) $I_1 = I_L$ 、 $I_2 = I_C$ 、 $I_3 = I_R$
 - (オ) $I_1 = I_C$ 、 $I_2 = I_R$ 、 $I_3 = I_L$
 - (カ) $I_1 = I_C$ 、 $I_2 = I_L$ 、 $I_3 = I_R$

である。

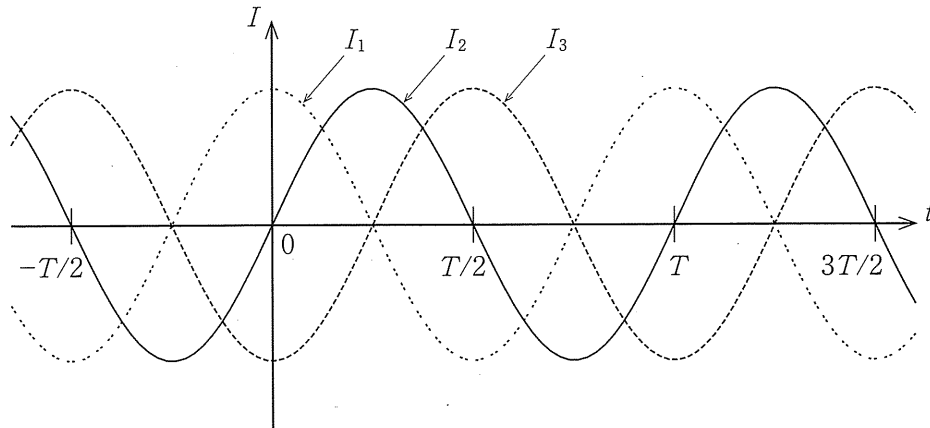


図1—V

問5 電場(電界)と磁場(磁界)が時間的に変化すると、相互に誘導しあって真空中や物質中を波として伝播して行く。この波を電磁波という。真空中を伝播する電磁波の速さは光速 $c (= 3 \times 10^8 \text{ m/s})$ に等しい。例えば、携帯電話が送受信する極超短波(マイクロ波)の周波数帯は、 $300 \text{ MHz} \sim 3 \text{ GHz}$ であるが、周波数 1 GHz の極超短波の波長はおよそ ㉚ m となる。また、物質を熱することでも電磁波が放出される。この熱放射の際の電磁波は様々な波長の混ざったものとなり、その波長ごとのエネルギー分布は物質の種類にはよらず、 ㉛ だけで決まる。

2 図2—Iのように、ばね定数 k の軽いばねの一端を空の水槽の底面に固定した。このばねの他の一端に、質量 M で断面積 S 、高さ L の柱状の物体 A を取り付けた。このとき、ばねの長さが自然長から l だけ縮み、水槽の底面から物体 A の上面までの高さが h になった。以下では、ばねの長さはばねの伸び縮みより十分に大きいとし、物体 A は鉛直方向にのみ変位するものとする。重力加速度を g として、以下の各問に答えよ。(15点)

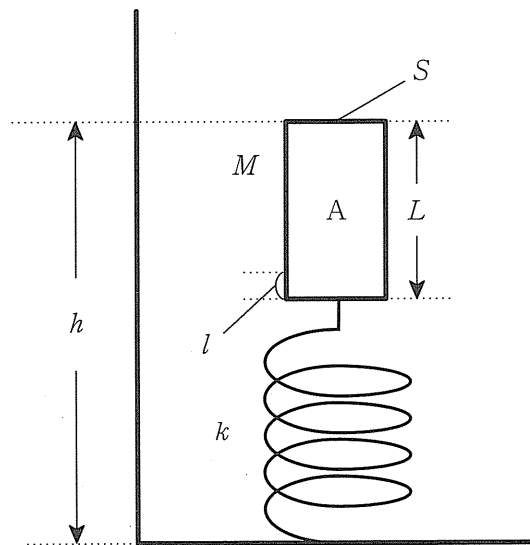


図2—I

問1 ばねの縮み l を k , M , g を用いて表せ。

質量 $\frac{M}{6}$ の小物体を、物体 A の上面に速さ v で鉛直に1回だけ衝突させた。衝突の反発係数は $\frac{3}{4}$ であった。衝突直後の物体 A の速さを V とする。

問2 V は v の何倍か。

図2—Iに示した高さ h まで密度 ρ の液体を注ぎ入れたところ、図2—IIのように、物体 A はその上部が液面から $\frac{L}{4}$ だけ出た状態で静止した。

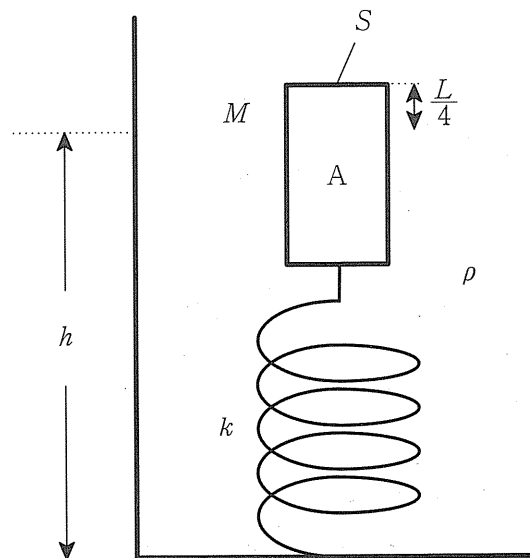


図2—II

問3 物体 A にはたらく浮力の大きさ f を ρ , S , L , g を用いて表せ。

問4 物体Aの上面を大きさ F の力でゆっくりと押ししたときに、物体Aが図2—IIの状態から沈む長さを x とする。 x と F の関係は図2—IIIのどれになるか、記号(a)~(e)で答えよ。ただし、物体Aを沈めたときの液面の高さの変化は無視できるものとする。

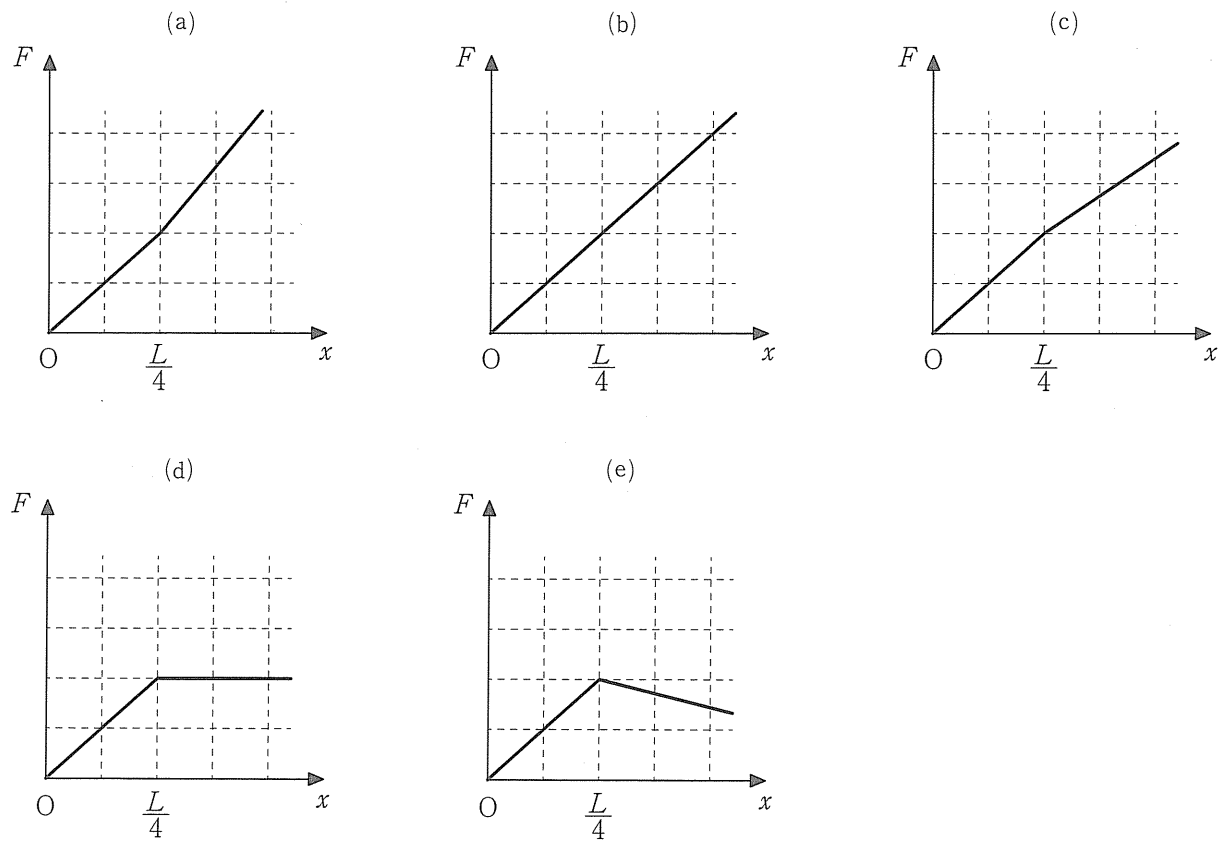


図2—III

3 以下のA, Bの各問に答えよ。(15点)

A 図3-Iのように, 起電力 V の電池, 抵抗値 R の抵抗, 極板間が真空のときの電気容量がそれぞれ C と $2C$ の2つのコンデンサー, そしてスイッチ S_1 と S_2 からなる回路を考える。電池の内部抵抗と導線の抵抗は無視できるとする。また, コンデンサーの極板間になめらかにすきまなく入る比誘電率 ϵ_r の誘電体を用意する。はじめに S_1 と S_2 は切っており, コンデンサーは真空中に置かれ, 電荷は蓄えられていないとする。

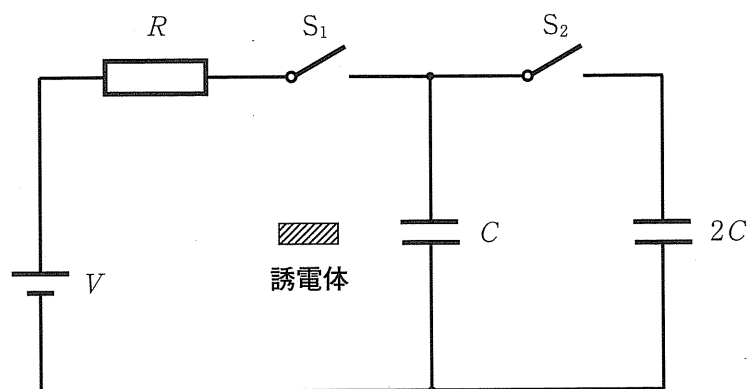


図3-I

問1 スイッチ S_1 を入れて十分に時間が経過した後に S_1 を切り, C のコンデンサーの極板間に誘電体を外力を加えながらゆっくり挿入した。挿入後のコンデンサーの静電エネルギーを求めよ。

問2 再びスイッチ S_1 を入れた。 S_1 を入れた直後に抵抗に流れる電流の大きさを求めよ。

問3 スイッチ S_1 を入れて十分に時間が経過したのち, S_1 を入れたまま誘電体を外力を加えながらゆっくり抜き出した。抜き出すのに必要な仕事を求めよ。ただし, ゆっくり抜き出すので, 回路に流れる電流は小さく, 抵抗で発生するジュール熱は無視できる。

問4 誘電体を抜き出した時点で C のコンデンサーに蓄えられている電気量を Q とする。スイッチ S_1 を切り, スイッチ S_2 を入れて十分に時間が経過した。このとき, 電気容量が $2C$ のコンデンサーに蓄えられている電気量を Q を用いて表せ。

B 図3—IIのように、 xy 平面上に一辺 l の正方形の閉回路 KLMN があり、辺 LM には起電力 E をもつ電池が挿入されている。電池の大きさは l に比べて十分に小さく、電池の内部抵抗を含む閉回路全体の電気抵抗は R である。電池を含む回路の各辺の質量は等しいものとする。 xy 平面は水平であり、辺 NK, ML が x 軸に、辺 KL, NM が y 軸に平行になる配置を保ったまま、回路は xy 平面上を x 軸方向になめらかに動くことができる。辺 KL の x 座標を x_K とする。 $x > 0$ の領域には、紙面に垂直で裏から表に向かう方向に、磁束密度 B の一様な磁場(磁界)がかかっている。回路を流れる電流がつくる磁場の影響は無視することができる、回路は変形しないものとする。

回路全体が磁場の外にあるとき ($x_K < 0$)、回路は一定の速さ v_0 で x 軸の正方向に動いていた。その後も回路は x 軸の正方向に進み、最初に辺 KL が、次に辺 NM が磁場の中に入った。

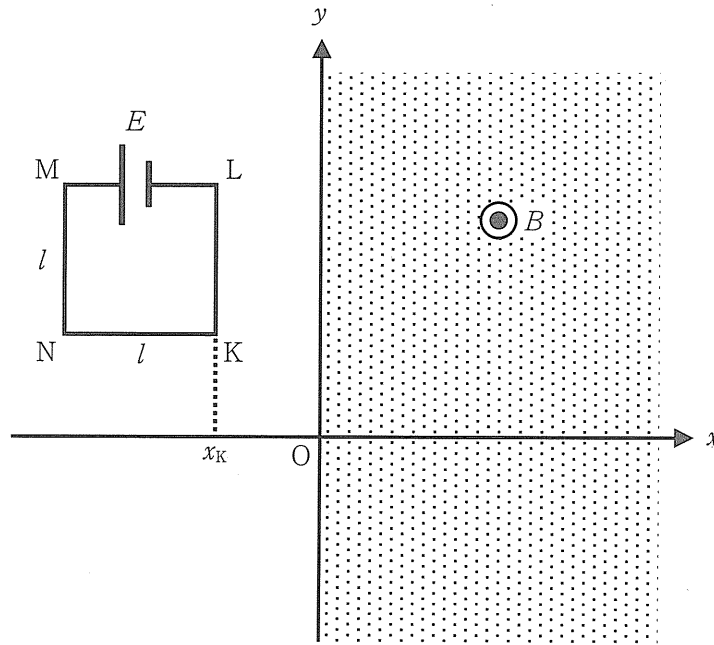


図3—II

まず、辺 KL が磁場の中に、辺 NM が磁場の外にあるとき ($0 < x_K < l$) を考える。ある時刻に回路が速さ v で x 軸の正方向に動いており、辺 KL を K から L に向かう向きに大きさ I の電流が流れていたとする。

問5 I を E, v, B, l, R を用いて表せ。

問6 辺 KL にはたらく x 軸方向の力 F を I, B, l を用いて表せ。 F の符号は、この力が x 軸の正方向を向く場合を正とせよ。

磁束密度 B と $x_K < 0$ のときの速さ v_0 を任意に選べるとすると、 $0 < x_K < l$ のとき回路が減速するか、加速するか、あるいは等速に進むかは、 B と v_0 に依存する。

問7 等速に進む場合、 B と v_0 はどのような条件を満たすか。この条件を E, B, v_0, l を含む等式の形で表せ。

次に、任意の B と v_0 を考え、回路全体が磁場の中に入ったとき ($x_K > l$) を考える。

問8 回路を流れる電流と回路の運動について、次の(ア)~(エ)の中から正しいものを一つ選び、その記号で答えよ。

- (ア) 回路に電流は流れず、回路には全く力がはたらかないので、回路は一定の速さで x 軸の正方向に進む。
- (イ) 回路に電流が流れ、回路の各辺にはたらく力の合力により、回路は加速しながら x 軸の正方向に進む。
- (ウ) 回路に電流が流れるが、回路の各辺にはたらく力があうので、回路は一定の速さで x 軸の正方向に進む。
- (エ) 回路に電流が流れ、回路の各辺にはたらく力の合力により、回路は減速しながら x 軸の正方向に進む。