

特別選抜 AO 入試 I

理工学部 物理学コース

出題の基本方針と採点方法について

一般入試では、物理に関する教科書レベルの知識とそれを踏まえた基本的な思考力・判断力を問うために物理・物理基礎の広い範囲から出題を行っています。

AO-I の適性検査では、入学後の専門分野の基礎となる物理・物理基礎に関する十分な知識と高度な思考力・判断力・表現力を確認するために、答えにたどり着くまでのプロセスや考え方も丁寧に評価できるような筆記試験を想定しています。また、試験時期も一般入試と比べ早いため、原子分野からの出題は考えていません。回答も記述に時間を要することを考慮して、大問2問程度を考えています。

問題は、物理の基本に重点を置きますが、暗記した公式を適用するというよりは、物理に関する基礎的なことがらを、どれだけ自分のものとして理解しているかを確認したいと思っています。例えば、グラフの意味を理解し、現象を読み解くこと、得られた結果をグラフに可視化することを求めています。また、習得した物理の内容を多角的に用いて解く問題も一部含めることを考えています。正解に辿りつかない場合でも、答案の記述から考え方が正しいと判断できる部分を評価します。

特別選抜

平成31年度入学試験（特別選抜AO入試Ⅰ）

物理学コース サンプル問題

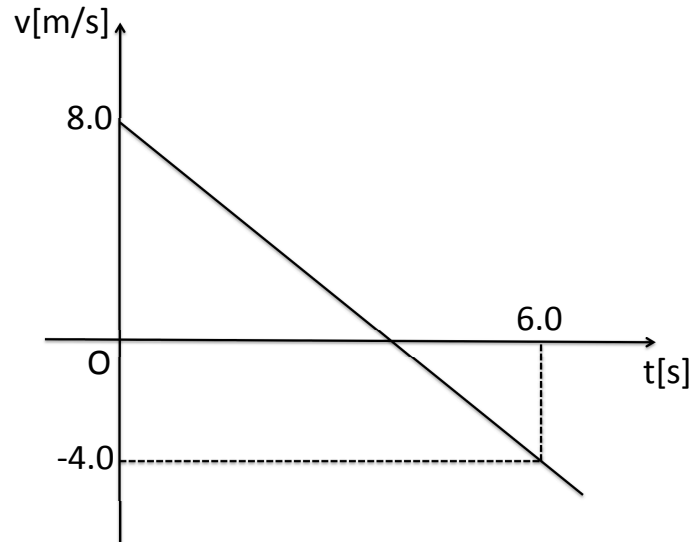
（理工学部）

解答上の注意事項

1. 「解答始め」の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は全部で？ページあります。落丁、乱丁又は印刷不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせなさい。
3. 解答紙と計算紙を配ります。
4. 解答は、問題ごとに別の解答紙に、問題番号を明記した上で記入しなさい。解答は、答えだけを記述するのではなく、途中過程もわかるように書きなさい。解答紙面が不足する場合は、裏面を使用しなさい。さらに不足する場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
5. 解答しない問題がある場合でも、解答紙はすべて提出しなさい。
6. 試験終了後、問題冊子と計算紙は持ち帰りなさい。

問題. 1

図は、 x 軸上を等加速度直線運動する物体が時刻 0 で原点を通過した後の、速度と時間の関係を表したもの (v - t 図) である。このとき以下の問いに答えよ。



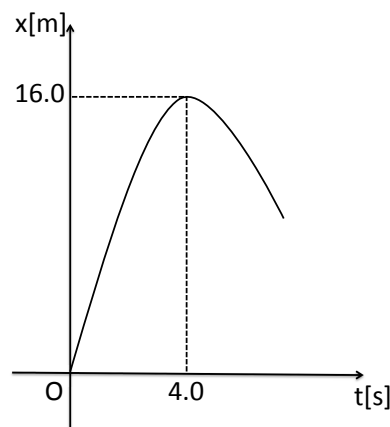
- (1) 物体の加速度を求めよ。
- (2) 物体が原点からもっとも遠ざかるときの時刻と、そのときの位置を求めよ。
- (3) 物体の位置と時間の関係 (x - t 図) をグラフに表せ。
- (4) 物体が再び原点を通過する時刻を求めよ。
- (5) 上の v - t 図のような運動を実現する例を一つ挙げ、それについて説明せよ。

問題. 1 解答例

(1) v - t 図の傾きが加速度を表す。グラフより加速度は、 $\frac{-4.0-8.0}{6.0-0} = -2.0[\text{m/s}^2]$ となる。

(2) 物体が等加速度直線運動するとき、時刻 t における速度 v は、加速度 a と初速度 v_0 を用いて、 $v = v_0 + at$ と表される。今 $v_0 = 8$ 、 $a = -2$ だから、 $v = 8 - 2t$ となる。一方、物体が原点からもっとも遠ざかるのは、速度が 0 になるときなので、 $0 = 8 - 2t$ が成り立つ。これより求める時刻は $t = 4[\text{s}]$ となる。また物体の時刻 t における位置 x は、初期位置を x_0 として $x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$ と表される。今の場合、 $x_0 = 0$ なので、 $x = 8t - t^2$ と表される。これに $t = 4$ を代入して、 $x = 16[\text{m}]$ が得られる。

(3) 前問より、物体の位置 x と時刻 t の関係は $x = 8t - t^2$ 。これを変形して $x = 8t - t^2 = -(t-4)^2 + 16$ が得られる。これは頂点の座標が $(4, 16)$ の上に凸の放物線を表す(下図)。



(4) 物体が原点を通過するのは、位置が 0 になるときなので、このとき、 $0 = 8t - t^2$ が成り立つ。これより $t = 0, 8$ 。 $t = 0$ は不適で、求める答えは $t = 8[\text{s}]$ となる。

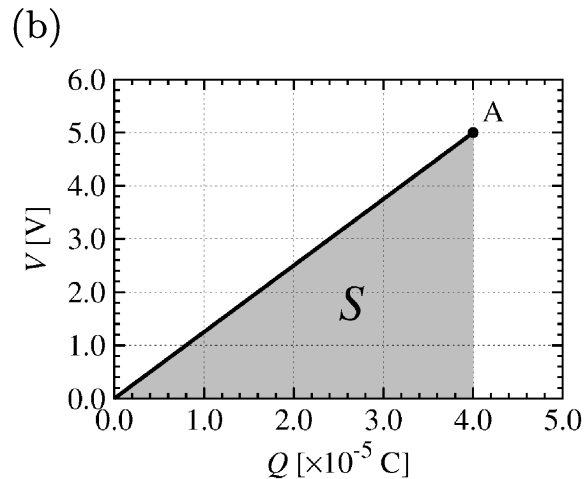
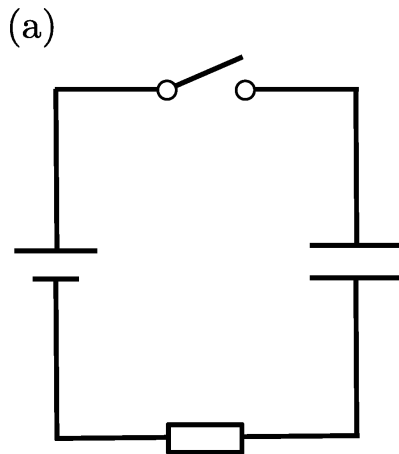
(5)

(例 1) この物体の加速度の大きさは、地上の加速度 $g = 9.8[\text{m/s}^2]$ にくらべて小さい。そこで角度 θ の滑らかな斜面を用意し、それにそって物体を運動させれば、物体は $-g \sin \theta$ の等加速度直線運動をおこなう。 $g \sin \theta = 2$ となるように角度 θ を選べば、図で示される運動が実現される。

(例 2) 一様な電場 E の中では、質量 m 、電荷 q の荷電粒子は、大きさ $\frac{qE}{m}$ の等加速度直線運動をおこなう。したがって荷電粒子に初速度を与え、 $\frac{qE}{m} = -2$ となるように選べば、図で示される運動が実現される。

問題. 2

電池、スイッチ、平行平板コンデンサー、抵抗を用いて図 (a) のような回路を作り、コンデンサーに充電した。充電中、極板に蓄えられた電気量 Q とコンデンサーの極板間に生じた電位差 V は、図 (b) の実線のように時間と共に増大し、点 A で充電が完了した。このとき以下の問いに答えよ。



- (1) 充電を行った時のコンデンサーの電気容量の値を求めよ。
- (2) 図 (b) の領域 S の面積は、ある物理量に対応する。その物理量を答えよ。
- (3) 充電後、スイッチを開けてコンデンサーの極板間の距離を変えたところ、極板間の電位差が 15.0 V になった。極板間の距離は元の距離の何倍になったか答えよ。
- (4) 充電後、および、(3) の操作の後のコンデンサーに蓄えられた静電エネルギーの値をそれぞれ求めよ。
- (5) (4) で求めた 2 つの静電エネルギーに変化があれば、その原因を説明せよ。
- (6) 極板に蓄えられた電荷を放電し、再び同様な充電を行った。充電後、スイッチを閉じたまま極板間の距離 d を変えたとき、コンデンサーの極板間に作られる一様な電場（電界） E は d の変化に伴いどのように変化するか。グラフや数式を用いて説明せよ。

問題. 2 解答例

(1) 図(b)より、充電後に極板に蓄えられた電気量 Q は $Q = 4.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ 。電池の起電力 V は $V = 5.0 \text{ V}$ 。コンデンサーの電気容量 C は、 $C = Q/V = 4.0 \times 10^{-5} \text{ C} / 5.0 \text{ V} = 8.0 \mu\text{F}$ 。

(2) 領域 S の面積は $\frac{1}{2}QV$ 。これは、コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーに対応する（極板間に生じた電位差に逆らって電荷を運ぶのに必要な仕事に対応する）。

(3) スイッチを開けているので、蓄えられる電気量は変わらず $Q = 4.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ 。コンデンサーの電気容量 C は、極板間の距離 d に反比例するので、 $C = a(1/d)$ (a は比例係数)。極板間の距離を x 倍にした後のコンデンサーの電気容量 C' は、 $C' = a(1/xd) = C/x$ 、もとの電気容量 C の $1/x$ になる。したがって、極板間の電位差は $V' = \frac{Q}{C'} = \frac{xQ}{C} = xV$ 。図(b)から、充電後の電位差は $V = 5.0 \text{ V}$ 。極板間の距離を変えた後の電位差が $V' = 15.0 \text{ V}$ なので、 $x = V'/V = 15.0 \text{ V} / 5.0 \text{ V} = 3$ 。極板間の距離は元の距離の3倍になる。

(4) 充電後の静電エネルギーは、 $U = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2} \times (4.0 \times 10^{-5} \text{ C}) \times (5.0 \text{ V}) = 1.0 \times 10^{-4} \text{ J}$ 。
(3)の操作ではスイッチは開いているので Q は変わらないが、 $V = 15.0 \text{ V}$ になったので、静電エネルギー U' は $U' = \frac{1}{2} \times (4.0 \times 10^{-5} \text{ C}) \times (15.0 \text{ V}) = 3.0 \times 10^{-4} \text{ J}$ 。

(5) コンデンサーの極板間の距離を増やすために、力を加えて行った仕事によりもたらされた。

(6) スイッチを閉じているので極板間の電位差 V は変わらないが、極板間の距離 d は増加する。電場 E は $E = V/d$ より $1/d$ に比例する。

極板間に作られる一様な電場 E は、クーロンの法則の比例係数を k 、極板の面積を S とすると、 $E = (4\pi kQ)/S$ 。電気量 Q は、 $Q = CV$ と表せるが、電池と接続しているので V は d に依らず一定。一方、 C は $1/d$ に比例するので、 Q も $1/d$ に比例し、 E も $1/d$ に比例する。

図は E を $1/d$ に対してプロットしたもので、原点 O を通る傾き一定の直線になっている。

