

SETUP DRILL 10

静電気力・電場・電位 設定別ドリル

電気の設定を6つに分けた。

この分野の 9 割は「点電荷がつくるもの」か「一様な電場」かの二択。

そして電場はベクトル（向きがある）、電位はスカラー（符号つきの数）。合成のとき、前者は矢印で足し、後者はただの足し算になる。ここを6回確かめる。

使い方

1周目 設定の見出しと公式を読んだから5問続けて解く。

2周目 式を書く前に「これはベクトルか、ただの数か」を言ってから始める。

3周目 見出しを隠して、点電荷か一様電場かを言い当ててから解く。

クーロンの法則の比例定数を k とする。

1章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

2章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

3章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

4章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

5章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

6章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

問題編

解説は後半にまとめてある。先に見ないこと。

ベクトルかスカラーかを先に決めること。

2つの点電荷にはたらく力

記号の約束

k クーロンの法則の比例定数 q_1, q_2 電荷（符号を含む） r 2つの電荷の距離 F 静電気力

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「2つの点電荷」「距離 r 離して」
2. → クーロンの法則に代入するだけ
3. → 向きは同符号なら反発、異符号なら引き合うと別に判断する

この設定で使う公式

- $F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$
- 距離の2乗に反比例（万有引力と同じ形）
- 作用・反作用：大きい電荷にも小さい電荷にも同じ大きさ

1-1 基本 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

電気量 q と $2q$ （ともに正）の点電荷を距離 r 離して置いた。

1. はたらく力の大きさを求めよ。
2. 力の向きを答えよ。
3. $2q$ が受ける力は q が受ける力の何倍か。

1-2 距離を変える ★3周チェック ☐ ☐ ☐

2つの点電荷にはたらく力について答えよ。

1. 距離を2倍にすると力は何倍か。
2. 一方の電気量を3倍にすると何倍か。
3. 距離を半分、電気量を両方2倍にすると何倍か。

1-3 つり合い ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

長さ L の軽い糸2本の上端を同じ点に結び、下端にそれぞれ質量 m 、電気量 q （同符号）の小球を吊るしたところ、2本の糸がそれぞれ鉛直と角 θ をなして静止した。

1. 2球の間の距離を求めよ。
2. 小球にはたらく力を3つ挙げよ。
3. 水平・鉛直のつり合いから q を求めよ。

1-4 3つ目を置く ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

x 軸上の原点に電気量 q 、 $x = a$ に電気量 $4q$ （ともに正）の点電荷を固定した。この2つから受ける力が 0 になる点に、正の点電荷を置きたい。

1. その点はどの範囲にあるか。
2. 位置を求めよ。

1-5 異符号 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

x 軸上の原点に電気量 $-q$ 、 $x = a$ に電気量 $4q$ の点電荷を固定した。

1. 受ける力が 0 になる点はどの範囲にあるか。
2. 位置を求めよ。

SETUP 02

点電荷がつくる電場

記号の約束

E 電場（1 C あたりの力） q 置いた電荷

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「点 P の電場の強さ」「合成電場」
2. → 電場はベクトル。向きをそろえて足す
3. → 正電荷は外向き、負電荷は内向き

この設定で使う公式

- 点電荷から距離 r : $E = k \frac{|q|}{r^2}$
- 電場の中の電荷が受ける力 : $F = qE$
- 合成は矢印の足し算（垂直なら三平方、同一線上なら符号つき和）

2-1 1つの電荷 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

電気量 q （正）の点電荷から距離 r の点 P を考える。

1. P での電場の強さと向きを答えよ。
2. P に電気量 $-q_0$ の電荷を置くと受ける力は。

2-2 一直線上 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

x 軸上の $x = -a$ に $+q$ 、 $x = +a$ に $+q$ の点電荷を置いた。

1. 原点での電場を求めよ。
2. $x = 2a$ での電場の強さを求めよ。

2-3 異符号 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

$x = -a$ に $+q$ 、 $x = +a$ に $-q$ の点電荷を置いた。

1. 原点での電場の強さと向きを求めよ。
2. なぜ打ち消さないのか説明せよ。

2-4 直角 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

直角三角形の頂点を考える。 x 軸上の原点に $+q$ 、 y 軸上の $y = a$ に $+q$ を置く。点 P を $x = a$ 、 $y = 0$ (原点から x 方向に a) とする。

1. 原点の電荷が P につくる電場を求めよ。
2. もう一方の電荷が P につくる電場の強さを求めよ。
3. 合成電場の強さを求めよ。

2-5 力と電場 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

ある点の電場の強さが E であった。

1. 電気量 $2q$ (正) を置いたときに受ける力を求めよ。
2. 質量 m 、電気量 q の粒子を静かに置いたときの加速度を求めよ。(重力は無視)

SETUP 03

点電荷がつくる電位

記号の約束

V 電位 (1 C あたりの位置エネルギー) U 静電気力による位置エネルギー

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「電位」「電位差」「無限遠を基準」
2. → 電位はただの数。向きを考えず符号つきで足すだけ
3. → 負電荷は負の電位をつくる

この設定で使う公式

- 点電荷から距離 r : $V = k\frac{q}{r}$ (符号そのまま、 r の1乗)
- 合成 : $V = V_1 + V_2 + \dots$ (ただの足し算)
- 位置エネルギー : $U = qV$

3-1 式の違い ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

電気量 q の点電荷から距離 r の点について答えよ。

1. 電場の強さを書け。
2. 電位を書け。
3. 2つの式の違いを2つ挙げよ。

3-2 合成 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

$x = -a$ に $+q$ 、 $x = +a$ に $+q$ の点電荷を置いた。

1. 原点での電位を求めよ。
2. 原点での電場と比べて何が違うか。

3-3 異符号 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

$x = -a$ に $+q$ 、 $x = +a$ に $-q$ の点電荷を置いた。

1. 原点での電位を求めよ。
2. 原点での電場はどうだったか。
3. 2つを合わせて何が言えるか。

3-4 位置エネルギー ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

電気量 Q (正) の点電荷から距離 r の点に、電気量 q の点電荷を置く。

1. その点の電位を求めよ。
2. 2つの電荷がもつ位置エネルギーを求めよ。
3. q が負のときエネルギーの符号はどうなるか。

3-5 運んでくる仕事 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

電気量 Q (正) の点電荷から距離 r_1 の点 A と、距離 r_2 ($> r_1$) の点 B がある。

1. A と B の電位差 $V_A - V_B$ を求めよ。
2. 電気量 q (正) を A から B までゆっくり運ぶのに外力がする仕事を求めよ。

SETUP 04

一様な電場（平行板）

記号の約束

d 極板の間隔 V 極板間の電位差 E 一様な電場の強さ

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「平行に置いた2枚の極板」「間隔 d 」「電圧 V 」
2. → 電場はどこでも同じ強さ・同じ向き
3. → $E = \frac{V}{d}$ の1本で全部つながる

この設定で使う公式

- $E = \frac{V}{d}$
- 電荷が受ける力： $F = qE = \frac{qV}{d}$ （場所によらず一定）
- だから力学の等加速度運動と同じ扱いができる

4-1 基本 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

間隔 d の2枚の平行な極板に電圧 V をかけた。

1. 極板間の電場の強さを求めよ。
2. 電気量 q の電荷が受ける力を求めよ。
3. 極板の中央と、片方の極板の近くで、力は違うか。

4-2 浮かせる ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

間隔 d の水平な平行板の間に、質量 m 、電気量 q （正）の帯電した油滴を入れたところ、静止して浮かんた。

1. 油滴にはたらく力を2つ挙げよ。
2. 必要な電圧を求めよ。
3. 上の極板と下の極板のどちらが正か。

4-3 加速する ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

電圧 V で加速された、質量 m 、電気量 q （正）の粒子を考える。初速は 0 とする。

1. 静電気力がした仕事を求めよ。
2. 加速後の速さを求めよ。
3. 電圧を4倍にすると速さは何倍か。

4-4 横から入れる ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

長さ L 、間隔 d の平行板に電圧 V をかけ、極板に平行に速さ v_0 で質量 m 、電気量 q の粒子を打ち込む。重力は無視する。

1. 極板の間を通過する時間を求めよ。
2. 電場の向きの加速度を求めよ。
3. 極板を出るときの横向きのずれを求めよ。

4-5 電位の傾き ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

一様な電場の中で、電場の向きに測った距離を x 、電位を V とする。

1. V - x グラフはどんな形か。
2. そのグラフの傾きは何を表すか。
3. 点電荷のまわりではどう変わるか。

SETUP 05

電場の中の運動（力学とつなぐ）

記号の約束

W 静電気力がした仕事 v 速さ m 質量

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「速さを求めよ」「到達する」+電荷
2. → 力学とまったく同じ手順で解く
3. → 一様なら等加速度、点電荷のまわりならエネルギー保存

この設定で使う公式

- $\frac{1}{2}mv^2 + qV = \text{一定}$
- 一様な電場： $F = qE$ 一定 → 等加速度
- 点電荷のまわり： $U = k\frac{Qq}{r}$ → 万有引力と同じ形

5-1 エネルギー保存 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

電位 V_A の点 A から電位 V_B の点 B へ、質量 m 、電気量 q の粒子が初速 0 で移動した。

1. エネルギー保存の式を書け。
2. B での速さを求めよ。

5-2 点電荷に近づく ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

固定された電気量 Q （正）の点電荷に向かって、無限遠から質量 m 、電気量 q （正）の粒子が速さ v_0 で近づいてくる。

1. 無限遠での位置エネルギーはいくらか。
2. 最も近づく距離を求めよ。

5-3 重力と比べる ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

質量 m 、電気量 q の粒子が、鉛直下向きの一様な電場 E の中にある。電場は下向き、粒子の電荷は正とする。

1. 粒子にはたらく合力を求めよ。
2. 加速度を求めよ。
3. この運動は投げ上げ・落下と何が違うか。

5-4 往復 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

間隔 d 、電圧 V の平行板の負極板から、質量 m 、電気量 $-q$ ($q > 0$) の粒子を正極板に向かって速さ v_0 で打ち出した。(重力は無視)

1. 粒子は加速されるか減速されるか。
2. 正極板に到達する条件を求めよ。

5-5 使い分け ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

次の場面でどの位置エネルギーの式を使うか答えよ。

1. 平行板の間を動く電子。
2. 点電荷に近づいていく粒子。
3. 電位が V と分かっている点にある電荷。

SETUP 06

導体・電気力線・等電位面

記号の約束

N 電気力線の本数 S 面積

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「導体」「金属球」「静電誘導」「等電位面」
2. → 導体の内部は電場0・全体が同じ電位
3. → 電荷は表面にだけ分布する

この設定で使う公式

- 導体内部： $E = 0$ 、 V 一定
- 導体表面は等電位面、電気力線は表面に垂直
- 電気力線は正から出て負に入る、途中で交わらない

6-1 導体の性質 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

帯電した中空の金属球について答えよ。

1. 球の内部の電場はいくらか。
2. 球の内部の電位はどうなっているか。
3. 電荷はどこに分布しているか。

6-2 静電誘導 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

帯電していない金属球に、正に帯電した棒を近づけた（触れてはいない）。

1. 棒に近い側にはどんな電荷が現れるか。
2. 遠い側はどうか。
3. 球全体の電気量はどうなっているか。

6-3 電気力線 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

電気力線について答えよ。

1. 向きは何を表すか。
2. 密度（混み具合）は何を表すか。
3. 2本の電気力線が交わることはあるか。

6-4 等電位面 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

等電位面（電位が等しい点を結んだ面）について答えよ。

1. 電気力線と等電位面の関係を答えよ。
2. 理由を述べよ。
3. 点電荷のまわりの等電位面はどんな形か。

6-5 接地 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

導体を接地（アース）することについて答えよ。

1. 接地すると導体の電位はどうなるか。
2. 接地した導体の電気量は 0 か。
3. 帯電した棒を近づけたまま接地し、そのあと接地を外して棒を遠ざけると導体はどうなるか。

解説編

各問の冒頭にベクトルとして扱ったか、数として扱ったかを書いてある。

設定 1 2つの点電荷にはたらく力

1-1 代入するだけ

■(1) $F = k \frac{q \cdot 2q}{r^2} = \frac{2kq^2}{r^2}$

■(2) 同符号なので反発（互いに遠ざかる向き）。

■(3) 1倍（同じ）。作用・反作用の法則。

電気量が違って、受ける力の大きさは同じ。

答 (1) $\frac{2kq^2}{r^2}$ (2) 反発 (3) 同じ

1-2 2乗で効く

■(1) $\frac{1}{r^2}$ に比例するので $\frac{1}{4}$ 倍

■(2) q_1 に比例するので 3倍

■(3) 電荷で $2 \times 2 = 4$ 倍、距離で $\frac{1}{(1/2)^2} = 4$ 倍

合わせて 16倍

答 (1) 1/4 倍 (2) 3倍 (3) 16倍

1-3 力のつり合いへ

■(1) $2L \sin \theta$

■(2) 重力 mg 、糸の張力 S 、静電気力 F (水平外向き)

■(3) 鉛直: $S \cos \theta = mg$ 水平: $S \sin \theta = F$

割って $F = mg \tan \theta$

$$k \frac{q^2}{(2L \sin \theta)^2} = mg \tan \theta$$

$$q = 2L \sin \theta \sqrt{\frac{mg \tan \theta}{k}}$$

力学のつり合いに静電気力を1つ足すだけ。

答 (1) $2L \sin \theta$ (3) $2L \sin \theta \sqrt{\frac{mg \tan \theta}{k}}$

1-4 力が0になる点

■(1) 2つの電荷の間 ($0 < x < a$)。

外側では2つの力が同じ向きになり、打ち消せないから。

■(2) $k \frac{q}{x^2} = k \frac{4q}{(a-x)^2}$

$$(a-x)^2 = 4x^2 \rightarrow a-x = 2x \quad (0 < x < a \text{ より正の側})$$

$$x = \frac{a}{3}$$

小さいほうの電荷に近いところで釣り合う。

答 (1) 2つの間 (2) $x = \frac{a}{3}$

1-5 外側になる

■(1) 間では2つの力が同じ向きになるので打ち消せない。

小さいほうの電荷の外側 ($x < 0$)。

■(2) $x < 0$ で、原点からの距離を $|x|$ とすると

$$k \frac{q}{x^2} = k \frac{4q}{(a-x)^2} \quad (x < 0 \text{ なので } a-x = a+|x|)$$

$$a+|x| = 2|x| \rightarrow |x| = a \rightarrow x = -a$$

同符号なら間、異符号なら小さいほうの外側と覚えられる。

答 (1) 小さいほうの外側 (2) $x = -a$

設定 2 点電荷がつくる電場

2-1 公式のまま

■(1) $E = k \frac{q}{r^2}$ 、向きは電荷から遠ざかる向き。

■(2) $F = q_0 E = \frac{kqq_0}{r^2}$ 、

負電荷なので電場と逆向き＝電荷に引き寄せられる向き。

電場の向きは正電荷が受ける力の向きと決められている。

答 (1) $k \frac{q}{r^2}$ 、外向き (2) $\frac{kqq_0}{r^2}$ 、電荷に向かう向き

2-2 符号つきで足す

■(1) 左の電荷は右向きに $k \frac{q}{a^2}$ 、右の電荷は左向きに同じ大きさ。

打ち消して 0。

■(2) どちらも右向き。距離は $3a$ と a

$$E = k \frac{q}{(3a)^2} + k \frac{q}{a^2} = \frac{10kq}{9a^2}$$

同じ向きなら足し、逆向きなら引く。

答 (1) 0 (2) $\frac{10kq}{9a^2}$

2-3 間で強め合う

■(1) 左の $+q$ は右向きに $k \frac{q}{a^2}$ 。

右の $-q$ はそこへ引き込む向き＝右向きに $k \frac{q}{a^2}$ 。

$$E = \frac{2kq}{a^2}、右向き（正から負へ）$$

■(2) 正電荷は外向き、負電荷は内向きの電場をつくるので、

2つの間では向きがそろうから。

同符号のときと逆になる。

答 (1) $\frac{2kq}{a^2}$ 、正電荷から負電荷へ向かう向き (2) 間では向きがそろうから

2-4 三平方で合成

■(1) 距離 a 、向きは $+x$ 方向 $E_1 = k \frac{q}{a^2}$

■(2) $(0, a)$ から $(a, 0)$ までの距離は $\sqrt{2}a$

$E_2 = k \frac{q}{2a^2}$ 、向きは $(1, -1)/\sqrt{2}$ の方向

■(3) 成分に分けて足す

$$E_x = k \frac{q}{a^2} + \frac{kq}{2a^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}, \quad E_y = -\frac{kq}{2a^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

向きがそろっていないければ、必ず成分に分ける。

答 (1) $k \frac{q}{a^2}$ ($+x$ 向き) (2) $\frac{kq}{2a^2}$ (3) 成分に分けて合成

2-5 $F = qE$ でつなぐ

■(1) $F = 2qE$ (電場と同じ向き)

■(2) $ma = qE \rightarrow a = \frac{qE}{m}$

電場は「1 C あたりの力」という意味なので、

電荷をかければ力になる。あとは運動方程式に入れるだけ。

答 (1) $2qE$ (2) $\frac{qE}{m}$

設定 3 点電荷がつくる電位

3-1 r か r^2 か

■(1) $E = k \frac{|q|}{r^2}$

■(2) $V = k \frac{q}{r}$

■(3) ① r の何乗か (2乗と1乗)

② ベクトルか数か (電場は向きあり、電位は符号つきの数)

この2つを取り違えるのが最頻出のミス。

答 (1) $k \frac{|q|}{r^2}$ (2) $k \frac{q}{r}$ (3) 2乗と1乗/ベクトルとスカラー

3-2 ただ足す

■(1) $V = k\frac{q}{a} + k\frac{q}{a} = \frac{2kq}{a}$

■(2) 電場は打ち消して 0 だったが、電位は足し合わさって最大。

電位には向きがないので、打ち消し合うことがない（同符号なら）。

「電場が0でも電位は0でない」は必ず問われる。

答 (1) $\frac{2kq}{a}$ (2) 電場は0だが電位は0でない

3-3 符号で消える

■(1) $V = k\frac{q}{a} + k\frac{-q}{a} = 0$

■(2) 設定2(3) より $\frac{2kq}{a}$ で0でない。

■(3) 電位が0でも電場は0でない。

前問とちょうど逆の組み合わせ。

この2つは独立に判断しなければならない。

答 (1) 0 (2) $\frac{2kq}{a}$ (3) 電位0でも電場は0でない

3-4 $U = qV$

■(1) $V = k\frac{Q}{r}$

■(2) $U = qV = k\frac{Qq}{r}$

■(3) 負。

引き合う組み合わせでは、無限遠より低いエネルギー状態にある。

万有引力の $-\frac{GMm}{r}$ がつねに引力だから必ず負だったのと同じ理屈。

答 (1) $k\frac{Q}{r}$ (2) $k\frac{Qq}{r}$ (3) 負

3-5 電位差×電気量

■(1) $V_A - V_B = kQ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) > 0$

■(2) 位置エネルギーの変化に等しい

$$W = qV_B - qV_A = -q(V_A - V_B) = -kQq \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

負。反発する向きに離すので、外力は逆にブレーキをかけている。

電位差が分かれば経路は関係ない（力学のエネルギーと同じ）。

答 (1) $kQ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$ (2) $-kQq \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$

設定 4 一様な電場（平行板）

4-1 $E = V/d$

■(1) $E = \frac{V}{d}$

■(2) $F = \frac{qV}{d}$

■(3) 同じ。一様な電場なので場所によらない。

点電荷のときは距離で変わったが、平行板では一定。

答 (1) $\frac{V}{d}$ (2) $\frac{qV}{d}$ (3) 同じ

4-2 つり合い

■(1) 重力 mg （下向き）と静電気力 qE （上向き）

■(2) $\frac{qV}{d} = mg \rightarrow V = \frac{mgd}{q}$

■(3) 正電荷が上向きの力を受けるには電場が上向き。

電場は正から負に向かうので、下の極板が正。

ミリカンの実験がまさにこの設定。

答 (1) 重力と静電気力 (2) $\frac{mgd}{q}$ (3) 下の極板

4-3 エネルギーで

■(1) $W = qV$

$W = qV$ は電位差だけで決まり、極板間隔によらない。

■(2) $\frac{1}{2}mv^2 = qV \rightarrow v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$

■(3) $\sqrt{4} = 2$ 倍

答 (1) qV (2) $\sqrt{\frac{2qV}{m}}$ (3) 2倍

4-4 水平投射と同じ

■(1) 電場の向きには力が働くが、進行方向は等速

$$t = \frac{L}{v_0}$$

■(2) $a = \frac{qE}{m} = \frac{qV}{md}$

■(3) $y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{qVL^2}{2mdv_0^2}$

水平投射とまったく同じ構造 (g が $\frac{qE}{m}$ に変わっただけ)。

ブラウン管テレビの電子の曲げ方がこれ。

答 (1) $\frac{L}{v_0}$ (2) $\frac{qV}{md}$ (3) $\frac{qVL^2}{2mdv_0^2}$

4-5 V - x グラフ

■(1) 一直線 (1次関数)。電場が一定なので電位は一定の割合で下がる。

■(2) 傾きの大きさが電場の強さ。

正確には $E = -\frac{\Delta V}{\Delta x}$ (電位が下がる向きが電場の向き)。

■(3) $V = k\frac{q}{r}$ なので反比例のグラフになり、

近いほど急な坂＝電場が強い。

電場は電位のグラフの傾きと覚えると2つがつながる。

答 (1) 直線 (2) 電場の強さ (3) 反比例のグラフになり、近いほど急

設定 5 電場の中の運動 (力学とつなぐ)

5-1 qV を足す

$$\blacksquare(1) 0 + qV_A = \frac{1}{2}mv^2 + qV_B$$

$$\blacksquare(2) v = \sqrt{\frac{2q(V_A - V_B)}{m}}$$

$q > 0$ なら電位が下がる向きに、 $q < 0$ なら上がる向きに動く。

(根号の中が正になるほうへ動く。)

$$\text{答 (2)} \sqrt{\frac{2q(V_A - V_B)}{m}}$$

5-2 万有引力と同じ形

$$\blacksquare(1) V = k \frac{Q}{r} \rightarrow 0 \text{ なので } 0$$

$\blacksquare(2)$ 最接近点では速さ 0

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = k \frac{Qq}{r_{\min}}$$

$$r_{\min} = \frac{2kQq}{mv_0^2}$$

速く撃ち込むほど近づける。

ラザフォードの散乱実験で原子核の大きさを見積もった方法。

$$\text{答 (1)} 0 \quad (2) \frac{2kQq}{mv_0^2}$$

5-3 どちらが効くか

$\blacksquare(1)$ 重力 mg と静電気力 qE がどちらも下向き

$$F = mg + qE$$

$$\blacksquare(2) a = g + \frac{qE}{m}$$

$\blacksquare(3)$ g の代わりに $g + \frac{qE}{m}$ になっただけで、

運動の形（放物線・等加速度）はまったく同じ。

電磁気の問題の多くは力学の使い回し。

$$\text{答 (1)} mg + qE \quad (2) g + \frac{qE}{m} \quad (3) g \text{ が置き換わるだけで形は同じ}$$

5-4 戻ってくる

■(1) 負電荷は電場と逆向き＝正極板に向かう向きに力を受ける。

→ 加速される。

■(2) 加速されるので、打ち出しさえすれば必ず到達する。

(減速される向き、つまり正極板から打ち出した場合は

$$\frac{1}{2}mv_0^2 \geq qV \text{ が条件になる。})$$

符号を取り違えると加速と減速が逆になるので、

力の向きを最初に確定させること。

答 (1) 加速される (2) 条件なしで到達する

5-5 一様か点電荷か

■(1) $U = qEx$ (または qV)。一様なので mgh と同じ形。

■(2) $U = k\frac{Qq}{r}$ 。距離で変わる。

■(3) $U = qV$ 。

実は(1)(2)はどちらも $U = qV$ の特別な場合で、

V に何を入れるかが違うだけ。 $U = qV$ が本体。

答 (1) qEx (2) $k\frac{Qq}{r}$ (3) qV (すべて $U = qV$ の形)

設定 6 導体・電気力線・等電位面

6-1 内部は0

■(1) 0。もし0でなければ内部の自由電子が動き続けてしまう。

■(2) どこでも同じ (表面と等しい)。

電場が0ということは、電位の傾きが0＝一定ということ。

■(3) 表面だけ。同符号の電荷どうしが反発して外へ逃げるため。

静電遮蔽 (金属の箱の中は外の電場の影響を受けない) の理由。

答 (1) 0 (2) どこでも同じ (3) 表面だけ

6-2 近い側に逆符号

■(1) 負電荷（自由電子が引き寄せられる）。

■(2) 正電荷（電子が減った分）。

■(3) 0 のまま。

電荷が移動してかたよっただけで、増減はしていない。

この状態で遠い側を接地すると、正電荷が逃げて球全体が負に帯電する。

答 (1) 負電荷 (2) 正電荷 (3) 0 のまま

6-3 読み方の約束

■(1) その点に正電荷を置いたときに受ける力の向き＝電場の向き。

■(2) 電場の強さ。混んでいるほど強い。

■(3) ない。

交わると、その点で電場の向きが2つあることになって矛盾する。

電場は各点で1つに決まる。

答 (1) 電場の向き (2) 電場の強さ (3) 交わらない

6-4 直交する

■(1) つねに直交する。

■(2) 等電位面に沿って電荷を動かしても仕事は0。

仕事が0ということは力と変位が垂直ということなので、

電場（＝力の向き）は面に垂直になる。

■(3) 電荷を中心とする同心球面。

$V = k \frac{q}{r}$ が r だけで決まるため。

地図の等高線と斜面の関係とまったく同じ構造。

答 (1) 直交する (2) 面に沿った移動で仕事が0だから (3) 同心球面

6-5 $V = 0$ にする

■(1) 0 になる（地面の電位を 0 と決めているため）。

■(2) 0 とは限らない。

電位が0でも電荷はありうる（設定3(3) と同じ考え方）。

■(3) 正の棒を近づけると近い側に負電荷が集まり、

接地すると遠い側の正電荷が地面へ逃げる。

接地を外してから棒を遠ざけると、負に帯電した導体が残る。

棒と逆の符号に帯電するのがこの操作の要点。

答 (1) 0 になる (2) 0 とは限らない (3) 棒と逆符号 (負) に帯電する
