เฉลยชุดข้อสอบ : ไฟฟ้าสถิต ชุดที่ 1

ข้อที่ 1

ตอบ 6.3×10^{-8} C
ความหนาแน่นประจุเชิงผิว (σ) ก็คือ ประจุทั้งหมด (Q) ต่อพื้นที่ผิวของทรงกลมตัวนำ (A) สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

ซึ่งพื้นที่ผิวของทรงกลมคำนวณได้จาก

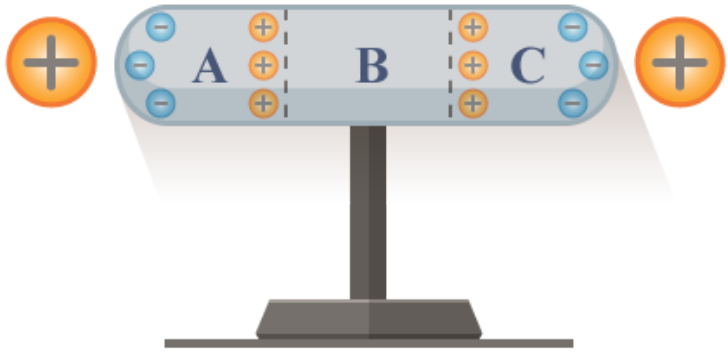
$$A = 4\pi r^2$$

จากโจทย์ ทรงกลมตัวนำมีรัศมี $r = 2.7 \text{ cm} = 0.027 \text{ m}$ มีความหนาแน่นประจุเชิงผิวเป็น $\sigma = 6.9 \times 10^{-6} \text{ C/m}^2$ ดังนั้นเราสามารถหาประจุทั้งหมดของทรงกลมตัวนำนี้ได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} Q &= \sigma A \\ &= (6.9 \times 10^{-6} \text{ C/m}^2)\left[4\pi(0.027 \text{ m})^2\right] \\ \therefore \quad Q &= 6.3 \times 10^{-8} \text{ C} \end{aligned}$$

ข้อที่ 2

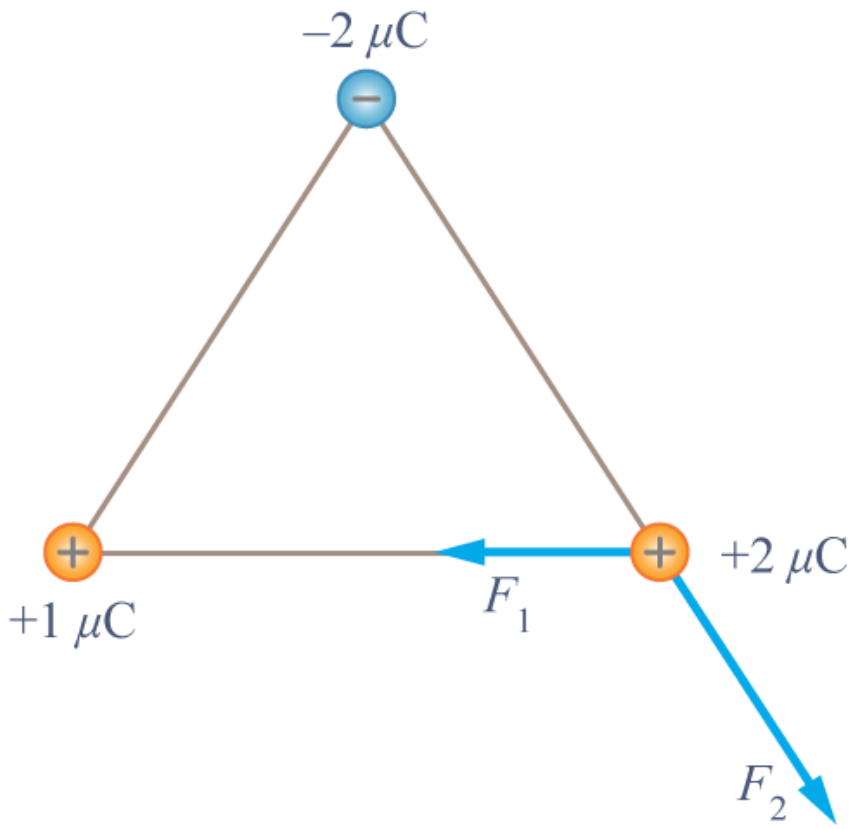
ตอบ A และ C เป็นลบ แต่ B เป็นบวก
เรื่อง ไฟฟ้าสถิต



เมื่อนำประจุบวกมาวางใกล้ตำแหน่ง A และ C ประจุบวกจะดึงดูดประจุลบมาอยู่บริเวณใกล้ และผลักประจุบวกให้อยู่ห่างจากตัวมัน ดังนั้นหากพิจารณาตำแหน่ง A และ C ประจุลบจะไปรวมตัวบริเวณด้านซ้ายและขวา ของตำแหน่ง A และ C และประจุบวกจะไปรวมตัวกันบริเวณตำแหน่ง B
ดังนั้นบริเวณตำแหน่ง A และ C จะเป็นลบ และบริเวณตำแหน่ง B จะเป็นบวก

ข้อที่ 3

ตอบ 3.12 N

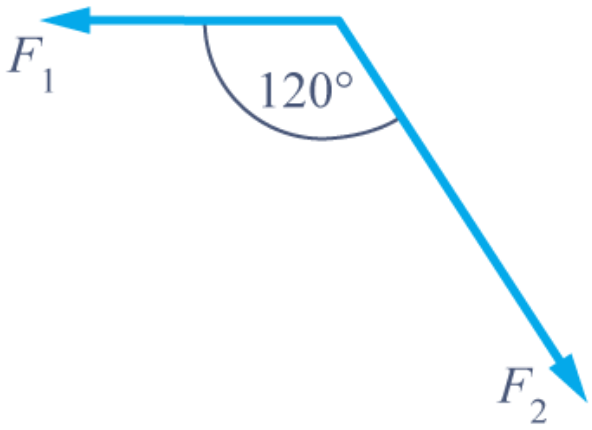


จากรูป สามารถหาแรงที่กระทำต่อประจุ $+2\ \mu\text{C}$ ได้ดังนี้

$$F_1 = \frac{kQ_1Q_3}{r^2}$$
$$= \frac{(9\times10^9)(1\times10^{-6})(2\times10^{-6})}{(10\times10^{-2})^2}$$
$$\therefore\ F_1 = 1.8\ \text{N}$$

$$F_2 = \frac{kQ_2Q_3}{r^2}$$
$$= \frac{(9\times10^9)(2\times10^{-6})(2\times10^{-6})}{(10\times10^{-2})^2}$$
$$\therefore\ F_1 = 3.6\ \text{N}$$

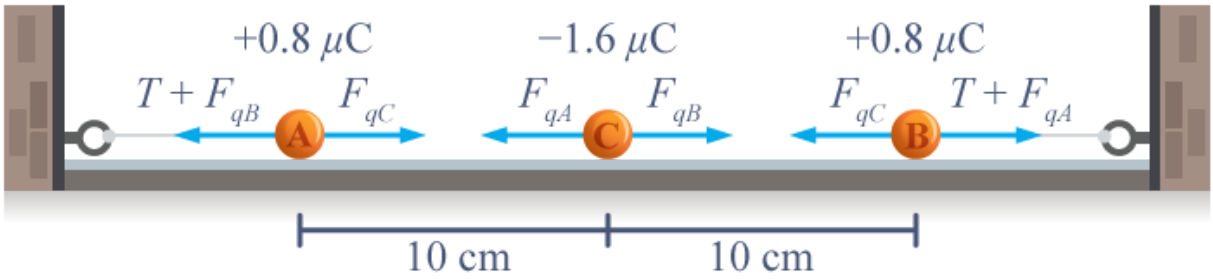
เมื่อได้แรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุ $+2\ \mu\text{C}$ แล้ว เราสามารถหาแรงลัพธ์ได้ดังนี้



$$
\begin{aligned}
F_{\text{ลัพธ์}} &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos 120^\circ} \\
&= \sqrt{(1.8)^2 + (3.6)^2 + 2(1.8)(3.6)(-0.5)} \\
\therefore \quad F_{\text{ลัพธ์}} &= 3.12 \ \text{N}
\end{aligned}
$$

ข้อที่ 4

ตอบ $1.01 \ \text{N}$

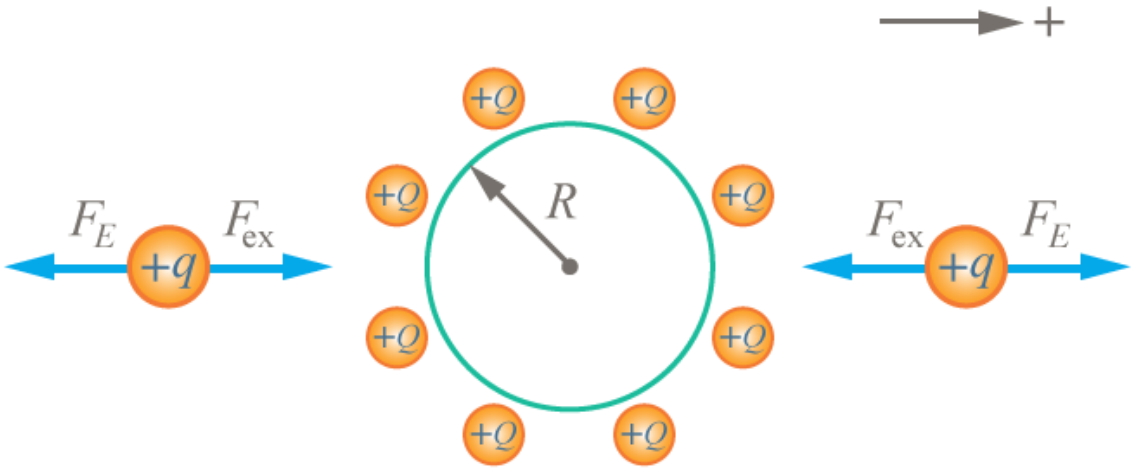


จากโจทย์ เมื่อวางลูกพิธ C ระหว่างลูกพิธ A และ B แล้วทำให้เชือกตึง แสดงว่าประจุของลูกพิธ C ต้องเป็นประจุลบ เนื่องจากทำให้เกิดแรงดูด และลูกพิธ C อยู่นิ่ง แสดงว่าแรงลัพธ์ที่กระทำกับลูกพิธ C ต้องเป็น 0 และขณะที่เชือกตึง ลูกพิธ A อยู่ในสมดุล เราสามารถหาแรงตึงเชือกของด้าย ได้ดังนี้

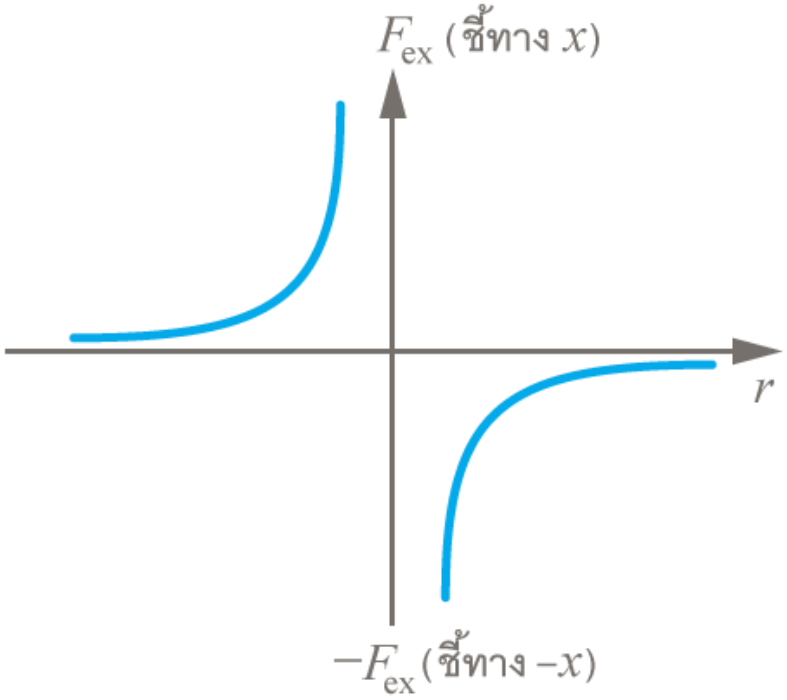
$$
\begin{aligned}
\Sigma F_{\text{C}} &= 0 \\
T &= F_{qC} - F_{qB} \\
&= \frac{kq_Aq_C}{r_C^2} - \frac{kq_Aq_B}{r_B^2} \\
&= \frac{(9\times10^9 \ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(0.8\times10^{-6} \ \text{C})(1.6\times10^{-6} \ \text{C})}{(10\times10^{-2} \ \text{m})^2} \\
&\quad - \frac{(9\times10^9 \ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(0.8\times10^{-6} \ \text{C})(0.8\times10^{-6} \ \text{C})}{(20\times10^{-2} \ \text{m})^2} \\
&= 1.15 \ \text{N} - 0.144 \ \text{N} \\
\therefore \quad T &= 1.006 \approx 1.01 \ \text{N}
\end{aligned}
$$

ข้อที่ 5

ตอบ
<u>เรื่อง</u> ไฟฟ้าสถิตย์ (แรงไฟฟ้า)



โจทย์กำหนดให้มีประจุขนาด $+q$ เคลื่อนที่เข้าหาทรงกลมซึ่งมีประจุกระจายสม่ำเสมอบนทรงกลม $+Q$ โดยให้แรงภายนอก F กระทำกับประจุเพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ไปทิศ $+x$ ด้วยความเร็วคงที่ สำหรับแรงไฟฟ้า F_E ระหว่างประจุประเภทเดียวกันจะเป็นแรงผลัก



เมื่อพิจารณาทิศทางของแรงไฟฟ้าที่ทรงกลมกระทำกับประจุ พบว่าเมื่อประจุเคลื่อนที่อยู่ทางซ้ายมือของทรงกลม แรงจะมีทิศไปทาง $-x$ และเมื่อประจุเคลื่อนที่อยู่ด้านขวามือของทรงกลม แรงไฟฟ้าระหว่างประจุดจะมีทิศไปทาง $+x$ หากต้องการให้ประจุเคลื่อนที่ด้วยความด้วยความเร็วคงที่ $a = 0$ ทิศทางของแรงที่กระทำต้องมีทิศตรงข้ามกับแรงไฟฟ้าเพื่อให้แรงทั้งสองหักล้าง กัน

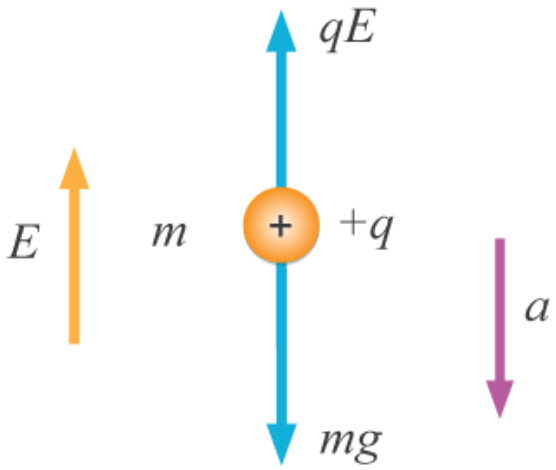
ดังนั้นเมื่อประจุเคลื่อนที่อยู่ด้านซ้ายมือของทรงกลม แรงภายนอกจะต้องมีทิศไปทาง $+x$ ในขณะที่ เมื่อประจุเคลื่อนที่อยู่ด้านขวามือของประจุแรงภายนอกที่กระทำจะต้องมีทิศไป ทาง $-x$ นอกจากนี้ขนาดของแรงภายนอกที่กระทำจะต้องมีขนาดเท่ากับขนาดของแรงไฟฟ้า โดยขนาดของแรงไฟฟ้าหาได้จาก

$$F_E = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

จะเห็นว่าแรงจะแปรผกผันกับระยะห่างกำลังสอง $F_E \propto \frac{1}{r^2}$ ดังนั้นกราฟที่ถูกต้องคือ ข้อ 4.

ข้อที่ 6

ตอบ $\frac{m}{E}(g-a)$



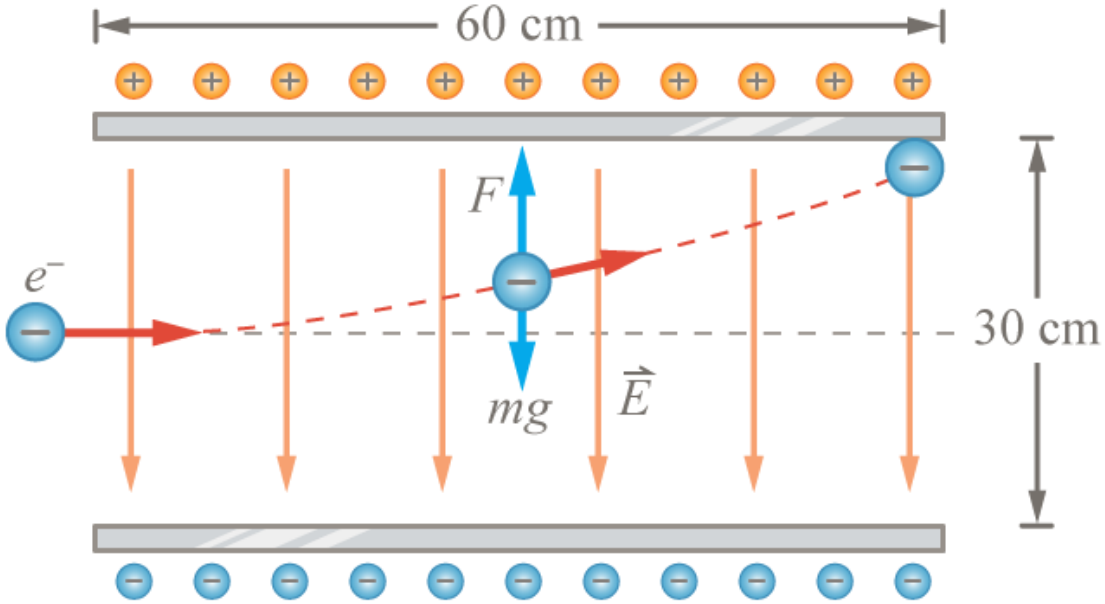
ในสนามไฟฟ้า E ประจุไฟฟ้า $+q$ จะได้รับแรงกระทำในทิศทางของสนามนั้น โดยกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน เราได้

$$\begin{aligned} \Sigma F &= ma \\ mg - qE &= ma \\ \therefore \quad q &= \frac{m}{E}(g-a) \end{aligned}$$

ข้อที่ 7

ตอบ $8\ \text{eV}$

เรื่อง ไฟฟ้าสถิต



โจทย์กำหนด แผ่นประจุไฟฟ้าคู่ขนานมีความต่างศักย์ (V) เท่ากับ 4 โวลต์ และทั้งสองแผ่นอยู่ห่างกันเป็นระยะ (d) $30\ \text{cm}$ จะสามารถคำนวณสนามไฟฟ้า (E) ได้จาก

$$E = \frac{V}{d} = \frac{4}{0.3} = \frac{40}{3}$$

อิเล็กตรอนกำลังเคลื่อนที่ขึ้นในแนวดิ่ง จากกฎของนิวตัน จะได้ว่า

$$\begin{aligned} \Sigma F &= ma \\ F_q - mg &= ma \quad \because (mg << F_q) \\ F &= ma \quad \because \ F_q = eE \\ eE &= ma \\ \therefore \ a &= \frac{eE}{m} \end{aligned}$$

จากรูป จะพบว่า อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ขึ้นแบบโพรเจคไทล์ จะได้ว่า ความเร็วตามแกน x (v_x) จะมีค่าคงที่ จะได้ว่า

$$v_x = \frac{s_x}{t} = \frac{0.6}{t}$$

ความเร็วตามแกน y (v_y) จะเพิ่มขึ้นด้วยความเร่ง a และสามารถคำนวณหาเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ตามแนวแกน y ได้จาก (จากภาพอิเล็กเคลื่อนที่ตามแกน y~ ได้ระยะทาง $15\ \text{cm}$

$$\begin{aligned} s_y &= u_y t + \frac{1}{2}at^2 \\ 0.15 &= 0 + \frac{1}{2}(\frac{eE}{m})t^2 \\ \therefore \ t^2 &= \frac{(0.15)(2m)}{eE} \end{aligned}$$

จากรูป จะพบว่า ตอนเริ่มต้นอิเล็กตรอนมีความเร็วตามแกน x (v_x) เท่านั้น ดังนั้นเราจึงจะคำนวณ พลังงานจลน์ (KE) จาก v_x ซึ่งจะต้องคำนวณหา v_x ก่อน โดยเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในแกน x และแกน y เท่ากัน จาก

$$
\begin{aligned}
v_x &= \frac{0.6}{t} \\
v_x^2 &= \frac{(0.6)^2}{t^2} \\
&= \frac{(0.6)^2}{\frac{(0.15)(2m)}{eE}} \\
\therefore \quad v_x^2 &= \frac{(0.6)^2(eE)}{(0.15)(2m)}
\end{aligned}
$$

จะได้พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน เท่ากับ

$$
\begin{aligned}
KE &= \frac{1}{2}mv_x^2 \\
&= \frac{1}{2}m\frac{(0.6)^2(eE)}{(0.15)(2m)} \\
&= \frac{1(0.6)^2(e)(40)}{2(0.15)(2)(3)} \\
\therefore \quad KE &= 8 \ \text{eV}
\end{aligned}
$$

ดังนั้น อิเล็กตรอนจะต้องมีพลังงานจลน์ $8 \ \text{eV}$

ข้อที่ 8

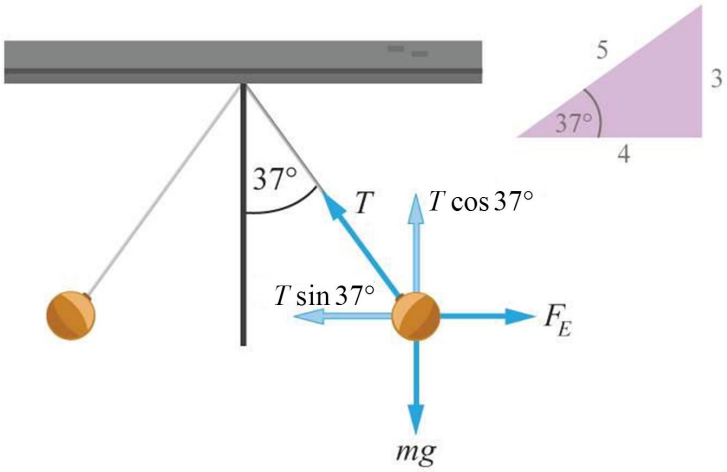
ตอบ รังสีแกมมา
<u>เรื่อง</u> อนุภาคเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก

เมื่ออนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก จะทำให้เกิดการเบนขึ้น แต่สำหรับอนุภาคที่ไม่มีประจุ หรือ เป็นกลางทางไฟฟ้า เมื่อเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก จะไม่เกิดการเบน

สำหรับอนุภาคแอลฟา (α) หรือ ${}_2^4\text{He}$ มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก ดังนั้นเมื่อเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดการเบน
อนุภาคบีตา (β) หรือ ${}_{-1}^{0}\text{e}$ มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ ดังนั้นเมื่อเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดการเบน
รังสีแกมมา (γ) มีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า ดังนั้นเมื่อเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจึงไม่เกิดการเบน

ข้อที่ 9

ตอบ $\dfrac{3}{4}$
<u>เรื่อง</u> แรงไฟฟ้า



จากรูป ลูกพิธ 2 ลูก มีมวลเท่ากัน และแต่ละลูกมีประจุไฟฟ้าเท่ากันทั้งคู่ แรงไฟฟ้าจะทำให้ลูกพิธทั้งสองแยกออกจากกันได้ แรงที่กระทำกับลูกพิธ เป็นดังรูป

จากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ขณะที่ลูกพิธกางออกทำมุม 37° กับแนวดิ่ง แรงลัพธ์ที่กระทำกับลูกพิธจะเป็นศูนย์ และเราสามารถหาอัตราส่วนของแรงระหว่างประจุไฟฟ้าที่กระทำต่อลูกพิธแต่ละลูก (F_q) ต่อแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อลูกพิธนั้น (W) ได้ดังนี้

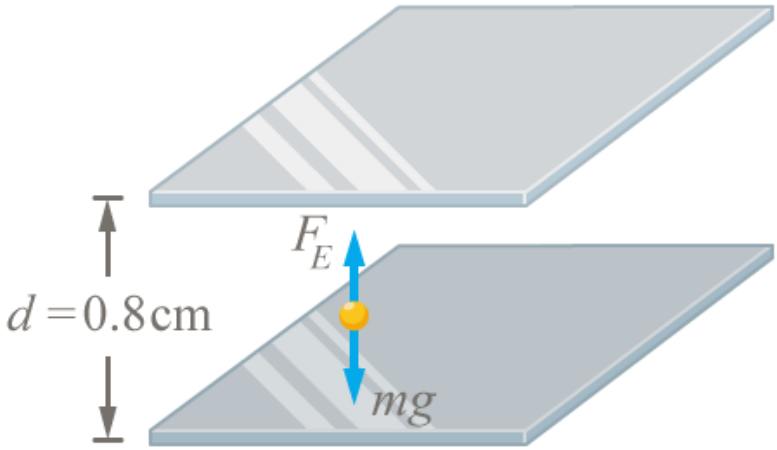
$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0 \\ T\cos 37^\circ - W &= 0 \\ W &= T\cos 37^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= 0 \\ F_q - T\sin 37^\circ &= 0 \\ F_q &= T\sin 37^\circ \end{aligned}$$

$$\therefore \quad \frac{F_q}{W} = \frac{T\sin 37^\circ}{T\sin 37^\circ} = \tan 37^\circ = \frac{3}{4}$$

ข้อที่ 10

ตอบ 4 ตัว
เรื่อง แรงไฟฟ้า



แผ่นขนานที่วางห่างกันเป็นระยะ $d = 0.8 \times 10^{-2}$ m มีความต่างศักย์ระหว่างแผ่น $V = 100$ Volts สนามไฟฟ้าภายในแผ่นตัวนำ E จะมีค่า

$$E = \frac{V}{d}$$
$$E = \frac{V}{d}$$
$$\therefore\ E = 1.25 \times 10^{4}\ \text{N/C}$$

หยดน้ำมันที่มีมวล $m = 8 \times 10^{-16}$ kg จะลอยนิ่งอยู่ได้เมื่อ แรงไฟฟ้าสามารถหักล้างกับแรงโน้มถ่วงโลกได้พอดี จากกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน

$$\sum F = 0$$
$$qE = mg$$
$$q(1.25 \times 10^{4}) = (8 \times 10^{-16})(10)$$
$$\therefore\ q = 6.4 \times 10^{-19}\ \text{C}$$

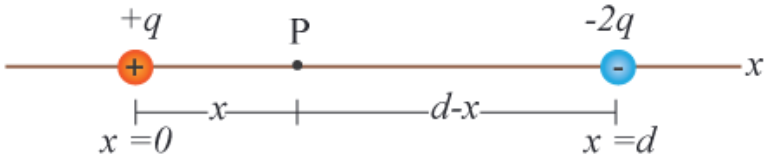
อิเล็กตรอน 1 ตัวมีประจุ $q_e = 1.6 \times 10^{-19}$ C ดังนั้นหยดน้ำมันจะมีจำนวนอิเล็กตรอน n ทั้งหมด

$$q = nq_e$$
$$(6.4 \times 10^{-19}) = n(1.6 \times 10^{-19})$$
$$\therefore\ n = 4$$

ข้อที่ 11

ตอบ $\frac{+d}{3}$

จุดที่จะมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ จะต้องมีศักย์ไฟฟ้าจากประจุบวกและลบเท่า ๆ กัน ให้จุดนี้เป็นจุด P ซึ่งอยู่ห่างจากจุด $x = 0$ เป็นระยะ x ดังรูป

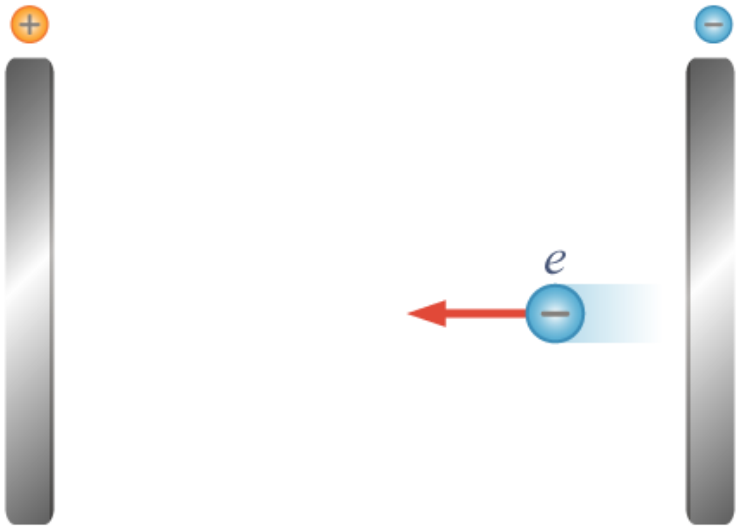


พิจารณาศักย์ไฟฟ้าที่จุด P เราสามารถหาระยะ x ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} V_p &= V_q + V_{2q} \\ 0 &= \frac{kq}{x} - \frac{2kq}{d-x} \\ 2kq(x) &= kq(d-x) \\ 2x &= d - x \\ x &= \frac{d}{3} \end{aligned}$$

ข้อที่ 12

ตอบ $\frac{mad}{e}$



สนามไฟฟ้าเนื่องจากแผ่นขนานที่มีความต่างศักย์ V และวางห่างกัน d มีค่า

$$E = \frac{V}{d}$$

ซึ่งแรงไฟฟ้า F_E ที่กระทำกับประจุ q จะเท่ากับแรงที่อิเล็กใช้ในการเคลื่อนที่ เราสามารถหาความต่างศักย์ของแผ่นโลหะทั้งสอง ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} F_E &= F_a \\ eE &= ma \\ e\left(\frac{V}{d}\right) &= ma \\ V &= \frac{mad}{e} \end{aligned}$$

ข้อที่ 13

ตอบ $\frac{V_o}{4R}$

มีประจุอยู่บนผิวโลหะเท่ากับ

$$Q = \frac{V_o R}{k}$$

ดังนั้นสนามไฟฟ้าที่ระยะ $2R$ เนื่องจากประจุ Q นี้มีค่าเท่ากับ

$$E = k\frac{(V_o R)}{k(2R)^2} = \frac{V_o}{4R}$$