問２　次の文章は，帯電した導体球に関する記述である。

真空中で導体球 A 及び B が軽い絶縁体の糸で固定点 O からつり下げられている。真空の誘電率を ε_0 [F/m]，重力加速度を g [m/s^2] とする。A 及び B は同じ大きさと質量 m [kg] をもつ。糸の長さは各導体球の中心点が点 O から距離 l [m] となる長さである。

まず，導体球 A 及び B にそれぞれ電荷 Q [C]，$3Q$ [C] を与えて帯電させたところ，静電力による $\boxed{(ア)}$ が生じ，図のように A 及び B の中心点間が d [m] 離れた状態で釣り合った。ただし，導体球の直径は d に比べて十分に小さいとする。このとき，個々の導体球において，静電力 $F = \boxed{(イ)}$ [N]，重力 mg [N]，糸の張力 T [N]，の三つの力が釣り合っている。三平方の定理より ① $F^2 + (mg)^2 = T^2$ が成り立ち，張力の方向を考えると ② $\dfrac{F}{T}$ は $\dfrac{d}{2l}$ に等しい。これらより T を消去し整理すると，d が満たす式として，

$$k\left(\frac{d}{2l}\right)^3 = \sqrt{1-\left(\frac{d}{2l}\right)^2}$$

が導かれる。ただし，係数 $k = \boxed{(ウ)}$ である。

次に，A と B とを一旦接触させたところ AB 間で電荷が移動し，同電位となった。そして A と B とが力の釣合いの位置に戻った。接触前に比べ，距離 d は $\boxed{(エ)}$ した。

$\dfrac{F}{T} = \dfrac{d/2}{l}$　given　（力学 ベクトル）　同じ大きさ ＋　計算力

$F' = \dfrac{2Q\ 2Q}{4\pi\varepsilon_0 d'^2} = \dfrac{4Q^2}{4\pi\varepsilon_0 d'^2}$

$V_A = V_B$

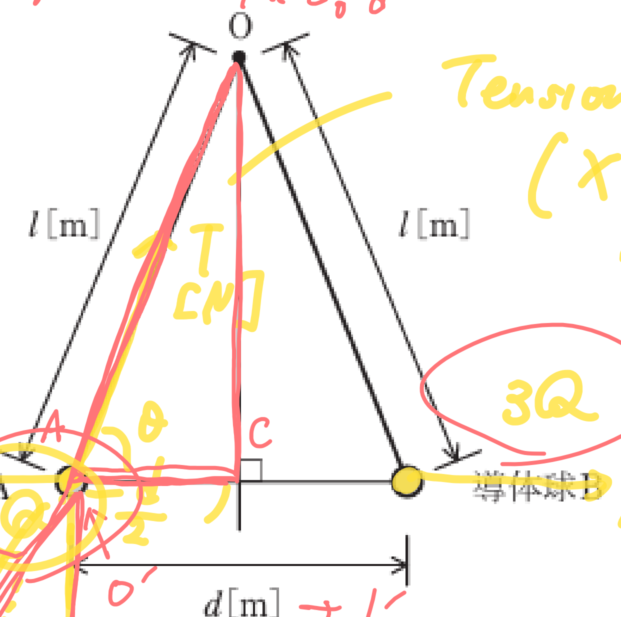
Q_A a　a Q_B

$\dfrac{Q_A}{4\pi\varepsilon_0 a^2} = \dfrac{Q_B}{4\pi\varepsilon_0 a^2}$

$Q_A = Q_B$

Tension 張力 [N]（× Torque N m）

合計 4Q → 2Q ＋ 2Q



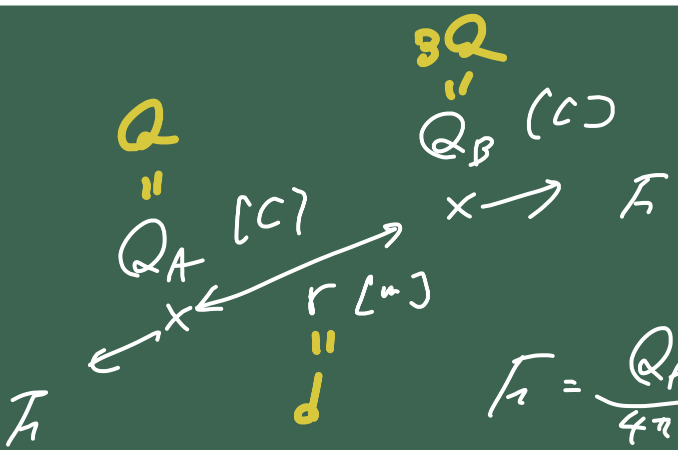
$F^2 + (mg)^2 = T^2$

$\triangle OAC \sim \triangle O'A'C'$

$\dfrac{F}{T} = \dfrac{\frac{d}{2}}{l}$

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	反発力	$\dfrac{3Q^2}{4\pi\varepsilon_0 d^2}$	$\dfrac{16\pi\varepsilon_0 l^2 mg}{3Q^2}$	増加
(2)	吸引力	$\dfrac{Q^2}{4\pi\varepsilon_0 d^2}$	$\dfrac{4\pi\varepsilon_0 l^2 mg}{Q^2}$	増加
(3)	反発力	$\dfrac{3Q^2}{4\pi\varepsilon_0 d^2}$	$\dfrac{4\pi\varepsilon_0 l^2 mg}{Q^2}$	増加
(4)	反発力	$\dfrac{Q^2}{4\pi\varepsilon_0 d^2}$	$\dfrac{16\pi\varepsilon_0 l^2 mg}{3Q^2}$	減少
(5)	吸引力	$\dfrac{Q^2}{4\pi\varepsilon_0 d^2}$	$\dfrac{4\pi\varepsilon_0 l^2 mg}{Q^2}$	減少

クーロン



MKSA有理単位系

$$F = \frac{Q_A Q_B}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{3Q^2}{4\pi\varepsilon_0 d^2} \quad (イ)$$

やること for (う)

条件式

- $F^2 + (mg)^2 = T^2$
- $\dfrac{F}{T} = \dfrac{d}{2l}$
- $F = \dfrac{3Q^2}{4\pi\varepsilon_0 d^2}$

$$\boxed{k\left(\frac{d}{2l}\right)^3 = \sqrt{1-\left(\frac{d}{2l}\right)^2}}$$

$k = ?$

$T \propto \left(\dfrac{2l}{d}\right)^3$

$\cancel{T \propto \left(\dfrac{d}{2l}\right)^3}$

$-T^2$

$$\left(\frac{F}{T}\right)^2 + \left(\frac{mg}{T}\right)^2 = 1$$

$$\left(\frac{d}{2l}\right)^2 + \left(\frac{mg\,16\pi\varepsilon_0}{3Q^2}\left(\frac{d}{2l}\right)^3\right)^2 = 1$$

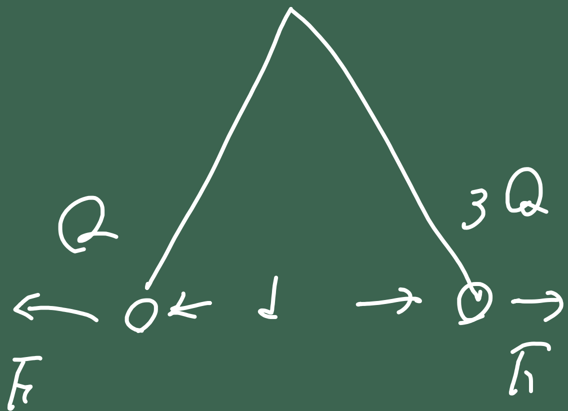
$$T = F\,\frac{2l}{d} = \frac{3Q^2}{4\pi\varepsilon_0 d^2}\cdot\frac{2l}{d}$$

$$= \frac{3Q^2}{16\pi\varepsilon_0}\left(\frac{2l}{d}\right)^3$$

$$\left(\quad\right)^2 = 1-\left(\frac{d}{2l}\right)^2 \quad < \sqrt{\ }$$

$$\frac{16\pi\varepsilon_0 mg}{3Q^2}\left(\frac{d}{2l}\right)^3 = \sqrt{1-\left(\frac{d}{2l}\right)^2}$$

- 文字式
- 方程式 (一次)
- $\sqrt{\ }$ 平方根



$F = \frac{3Q^2}{4\pi\varepsilon_0 d^2}$

途中

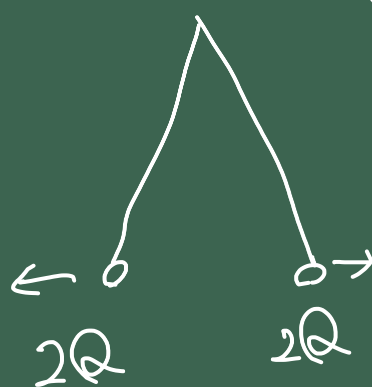
$F' = \frac{4Q^2}{4\pi\varepsilon_0 d^2}$

$F < F'$

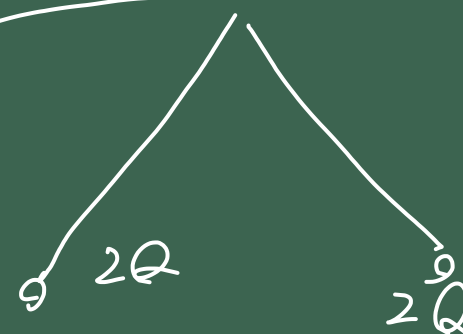
↓

まだ広こうとする

→



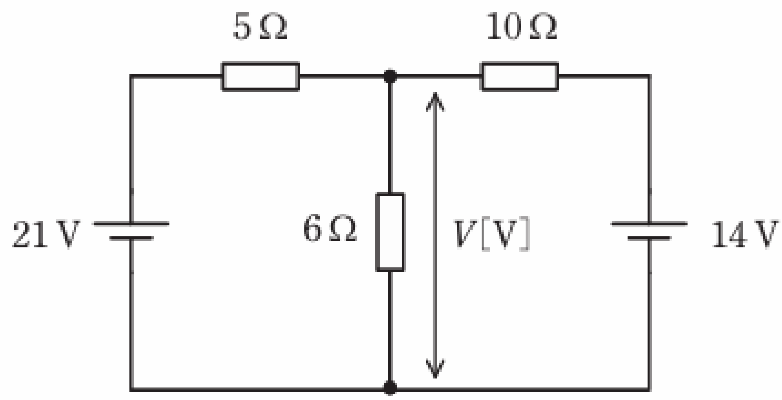
⇄



⇓ $t \to \infty$

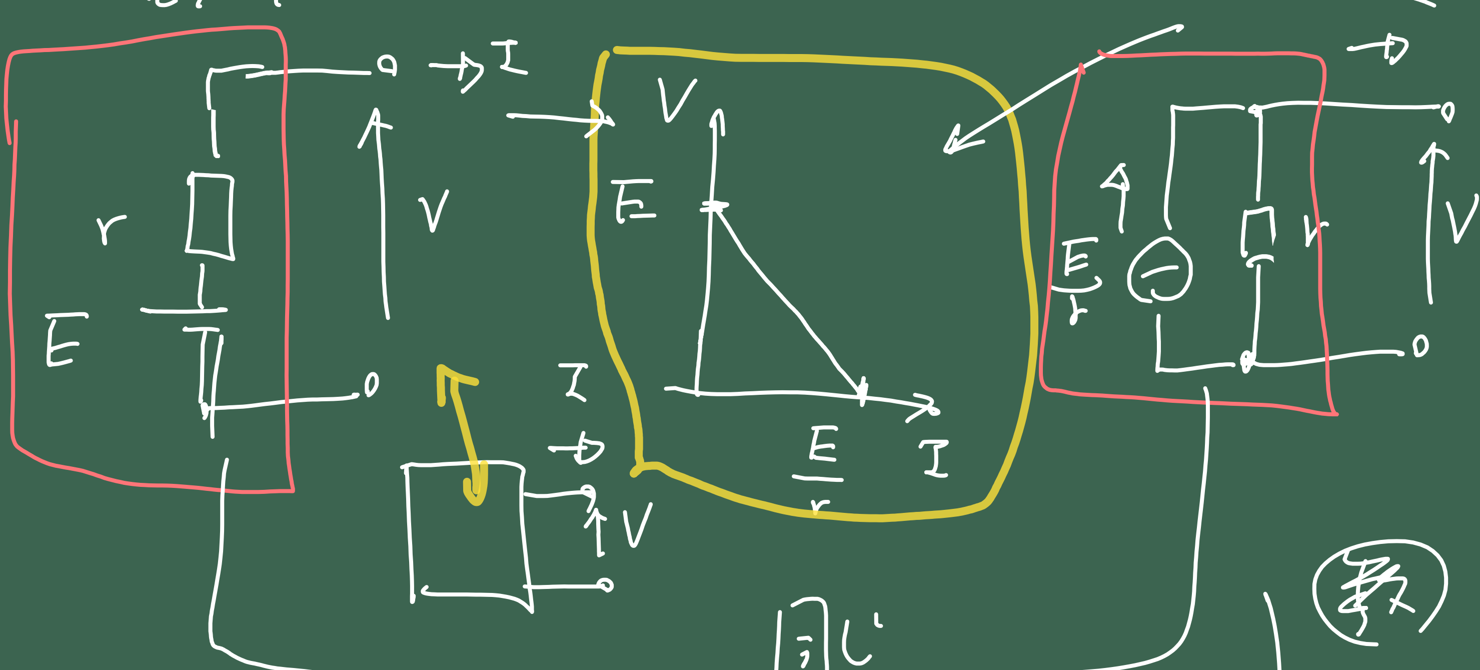
$d' > d$

問６　図のような直流回路において，抵抗 6 Ωの端子間電圧の大きさ V の値[V]として，正しいものを次の(1)〜(5)のうちから一つ選べ。



(1) 2　　(2) 5　　(3) 7　　(4) 12　　(5) 15

○電圧源 電流源の置き換え →(ミルマン)



⇓

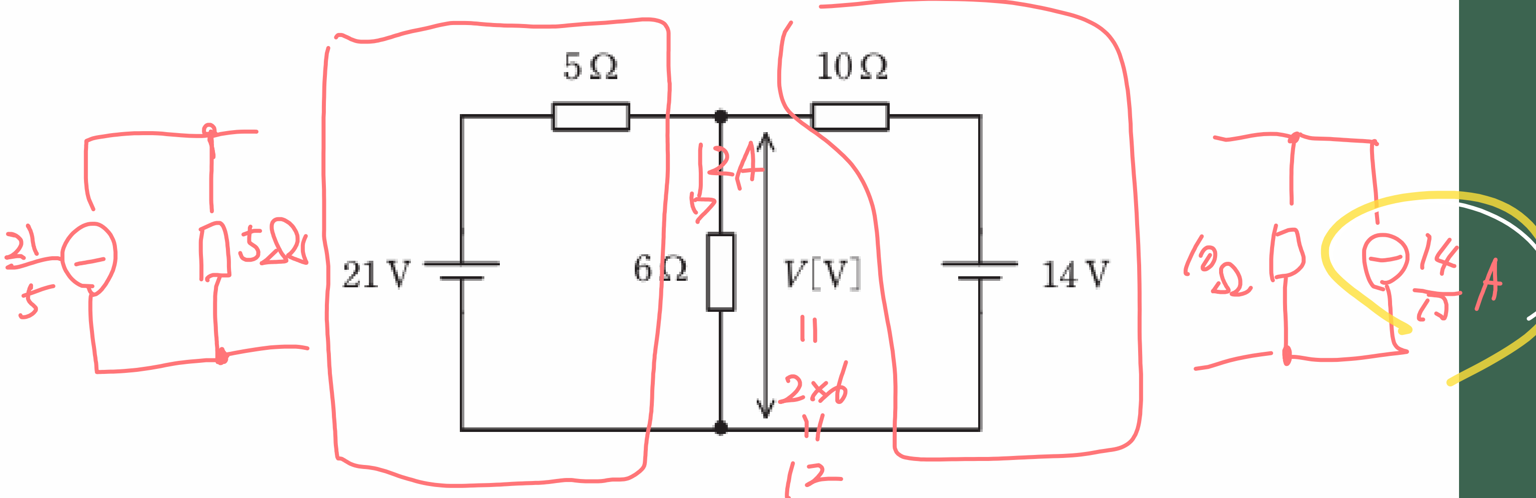
置き換えしより

数

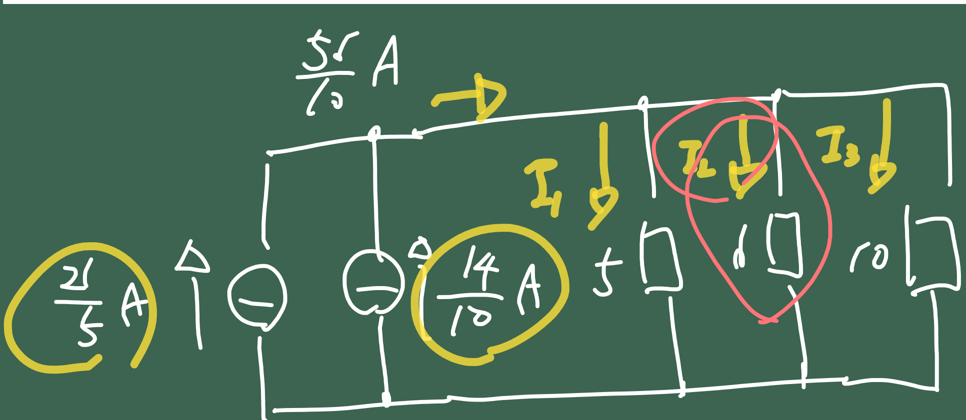
等価

$\boxed{A=B}$

問 6　図のような直流回路において，抵抗 6 Ωの端子間電圧の大きさ V の値[V]として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) 2　　(2) 5　　(3) 7　　(4) 12　　(5) 15



分流。

$$I_1 \quad I_2 \quad I_3 = \frac{1}{5} \quad \frac{1}{6} \quad \frac{1}{10}$$

×30 $= 6 \quad 5 \quad 3$

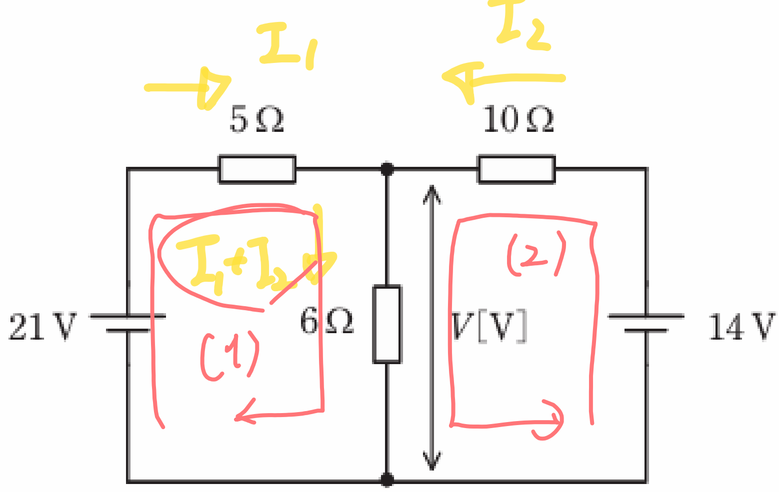
$$\frac{21}{5} + \frac{14}{10} = \frac{42+14}{10} = \frac{56}{10}\ A$$

$$I_2 = \frac{5}{6+5+3} \cdot \frac{56}{10}$$

$$= \frac{5}{\cancel{14}} \cdot \frac{\cancel{56}^{4}}{\cancel{10}_{2}} = 2\ A$$

キルヒホッフ

問６　図のような直流回路において，抵抗 6 Ω の端子間電圧の大きさ V の値[V]として，正しいものを次の(1)〜(5)のうちから一つ選べ。



(1) 2　　(2) 5　　(3) 7　　(4) 12　　(5) 15

電

$$(1)\quad 21 = +5I_1 + 6(I_1+I_2)$$

$$(2)\quad 14 = +10I_2 + 6(I_1+I_2)$$

連立1次方程式 (2元)

数

$$21 = 11I_1 + 6I_2 \xrightarrow{\times 8} 168 = 88I_1 + 48I_2$$

$$14 = 6I_1 + 16I_2 \xrightarrow{\times 3} 42 = 18I_1 + 48I_2$$

$$126 = 70I_1$$

$$I_1 = \frac{126}{70} = \frac{63}{35}$$

約分済 (既約分数)

$$= \frac{\cancel{21}^{\,42\;7}}{\cancel{6}\times 35} = \frac{7}{35}$$

$$I_2 = \frac{1}{6}(21 - 11I_1) = \frac{1}{6}\left(21 - \frac{693}{35}\right) = \frac{1}{6}\,\frac{\cancel{21}^{\,735} - 693}{35}$$

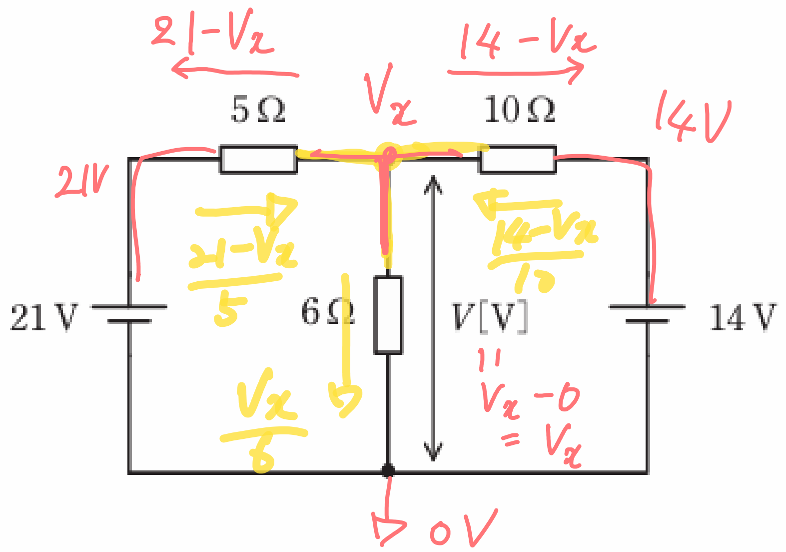
$21 \times 35 = 735$

$$I_1 + I_2 = \frac{63}{35} + \frac{7}{35} = \frac{70}{35} = 2 \ [A]$$

$$V = 2 \times 6 = 12 \ [V]$$

節点電位法

問 6　図のような直流回路において，抵抗 6 Ωの端子間電圧の大きさ V の値[V]として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) 2　　(2) 5　　(3) 7　　(4) 12　　(5) 15

$$\frac{21-V_x}{5}+\frac{14-V_x}{10}=\frac{V_x}{6}$$ ← V_xの1次方程式

数

$\times 30$

$$126-6V_x+42-3V_x=5V_x$$

$$168=14V_x$$

$$V_x=12\ [\mathrm{V}]$$