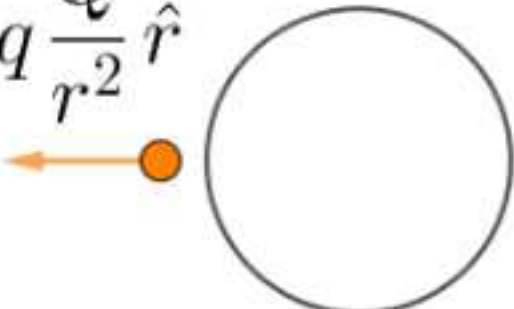


$$\vec{F}_Q = q \frac{Q}{r^2} \hat{r}$$


Q_{coulomb}

g_{gravity}

$$\vec{F}_Q = q \vec{E}_Q$$

$$\vec{F}_g = mg \hat{y}$$

$$\vec{E}_Q = \frac{Q}{r^2} \hat{r}$$

$$\vec{E}_g = g \hat{y}$$

$$\phi_Q = \frac{Q}{r}$$

$$\phi_g = gh$$

$$U_Q = \int_0^\infty E_{(r)}^2 dr = Q\phi$$

$$U_g = m \cdot gh$$

(4) נתונים 4 מטענים, כל אחד מטעם q ומסתו m , המחוברים לארבע פינות ריבוע שצלעו a . הריבוע מתלכד עם מישור xy ומרכזו בראשית. הריבוע הוא מבודד פיזרלי.

א. מה יהיה השדה החשמלי בנקודה כלשהי על ציר z ? (7 נק')

מסובבים את הריבוע במהירות זוויתית קבועה ω סביב ציר z , נגד כיוון השעון (ראו איור).

ב. מה יהיה השדה המגנטי בראשית? (7 נק')

ג. מה יהיה השדה המגנטי בנקודה כלשהי על ציר z ? (7 נק')

מפסיקים לסובב את הריבוע. משחררים את כל המטענים לנוע כאוות נפשם.

ד. מה תהיה מהירות כל אחד מהמטענים (גודל וכיוון) כאשר מרחקו מהראשית הוא $2D$? (7 נק')

$$U_{i(E+K)} = U_{f(E+K)}$$

$$U = Q\phi = Q^2 \frac{1}{C} = V^2 C = \int_0^\infty \vec{E} \cdot d\vec{v}$$

$$\phi = \frac{q_1}{r}$$



$$U_i = 4(q_1 \frac{q_2}{a}) + 2(q_1 \frac{q_2}{\sqrt{2}a}) = (4 + \sqrt{2}) \frac{q^2}{a} \quad U_f = (4 + \sqrt{2}) \frac{q^2}{2 \frac{d}{\sqrt{2}}}$$

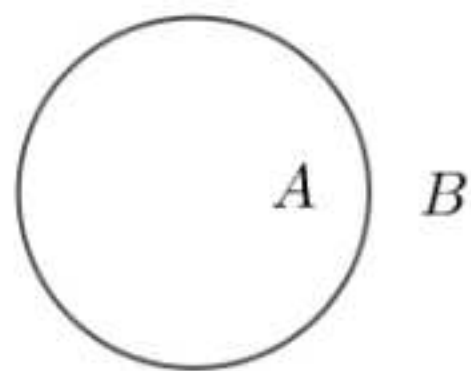
$$E_k = 4 \frac{1}{2} m v^2$$

$$(4 + \sqrt{2}) \frac{q^2}{a} = (4 + \sqrt{2}) \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{q^2}{d} + 4 \frac{1}{2} m v^2$$

$$[(4 + \sqrt{2})q^2] (\frac{1}{a} - \frac{1}{\sqrt{2}d}) = 2m v^2$$

$$\frac{q^2}{2m} [4 + \sqrt{2}] (\frac{1}{a} - \frac{1}{\sqrt{2}d}) = v^2$$

$$\phi_{(r)} = - \int \vec{E}_{(r)} \cdot d\vec{l}$$



$$\vec{E}_Q = \frac{Q}{r^2} \hat{r}$$

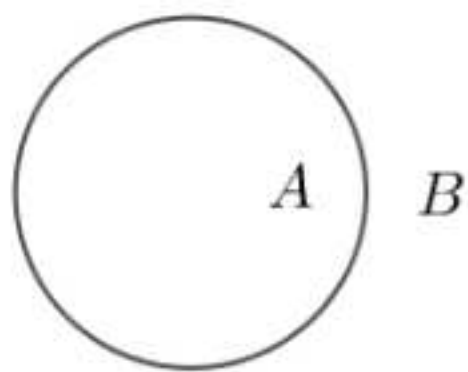
$$\phi_Q = \frac{Q}{r}$$

	$\vec{E}_{(r)}$	$\phi_{(r)}$	
$0 < r < R$ A	0	$-\int_R^r 0 \cdot dr = C$	$\xrightarrow{(r=R)} C = \left. \frac{Q}{r} \right _{r=R} \Rightarrow C = \frac{Q}{R}$
$R < r < \infty$ B	$\frac{Q}{r^2} \hat{r}$	$-\int_{\infty}^r \frac{Q}{r^2} \cdot dr = -Q \Big _{\infty}^r - \left(\frac{1}{r} \right) = Q \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{\infty} \right) = \frac{Q}{r}$	

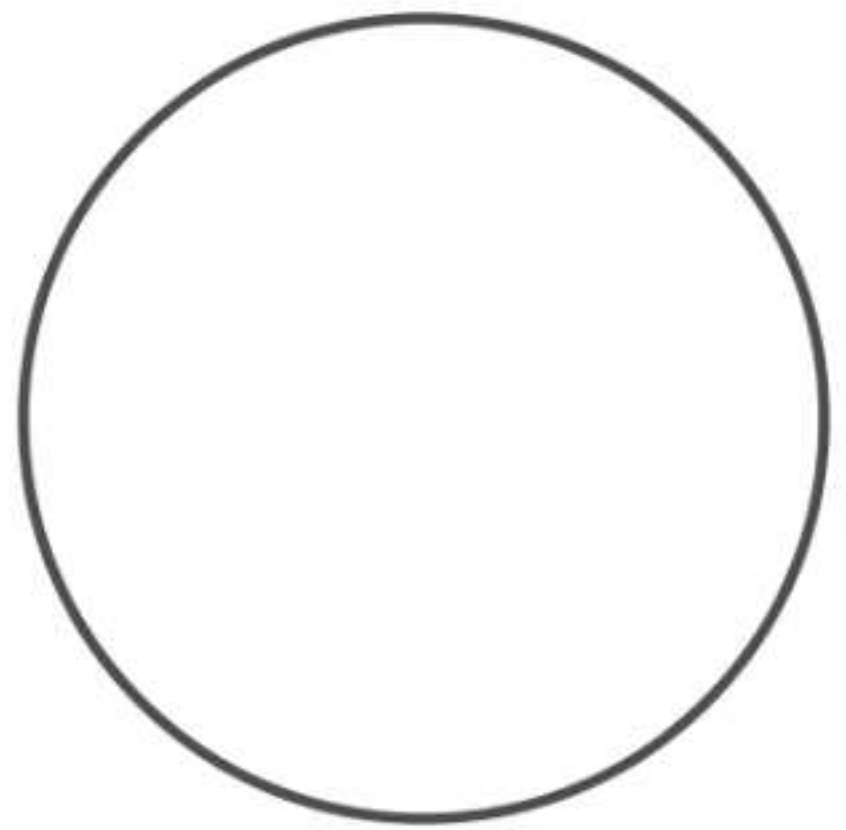
$$\phi_{(r)} = - \int \vec{E}_{(r)} \cdot d\vec{l}$$

$$\vec{E}_Q = \frac{Q}{r^2} \hat{r}$$

$$\phi_Q = \frac{Q}{r}$$



	$\vec{E}_{(r)}$	$\phi_{(r)}$
$0 < r < R$ A	0	$- \int_R^r 0 \cdot dr \quad C_A$ $C_A = \frac{Q}{R}$
$R < r < \infty$ B	$\frac{Q}{r^2} \hat{r}$	$- \int_\infty^r \frac{Q}{r^2} \cdot dr \quad \frac{Q}{r} + C_B$
		$\begin{aligned} & \xrightarrow{(r=R)} C_A \stackrel{\uparrow}{=} \frac{Q}{r} + C_B \\ & \xrightarrow{(r=\infty)} \frac{Q}{r} + C_B = 0 \end{aligned}$



$$\phi_{(r+\epsilon)} = \phi_{(r-\epsilon)}$$

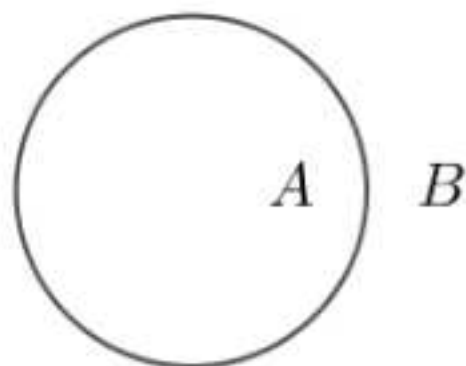
$$\phi_{(r \rightarrow \infty)} = 0$$

$$\phi_{ground} = 0$$

$$\phi_{(A)} = \phi_{(B)}$$

$$U_Q = \int_0^\infty E_{(r)}^2 dr = Q\phi$$

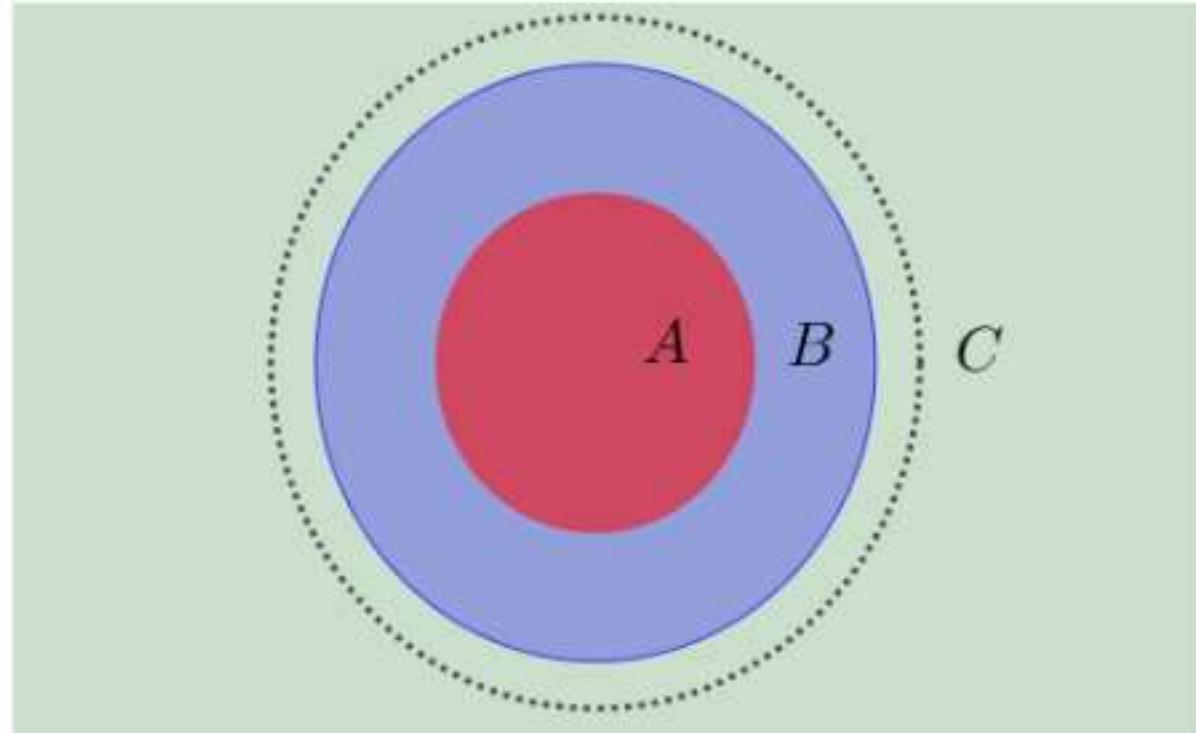
$$U = \frac{Q^2}{R}$$



	$\vec{E}_{(r)}$	$\phi_{(r)}$	
$0 < r < R$ A	0	$-\int_R^r 0 \cdot dr$	C_A $C_A = \frac{Q}{R}$ $(r=R) C_A \stackrel{\uparrow}{=} \frac{Q}{r} + C_B$
$R < r < \infty$ B	$\frac{Q}{r^2} \hat{r}$	$-\int_\infty^r \frac{Q}{r^2} \cdot dr$	$\frac{Q}{r} + C_B$ $(r=\infty) \frac{Q}{r} + C_B = 0$ \Downarrow $C_B = 0$

$$\frac{Q}{R} = V$$

$$\frac{Q}{r} = V \frac{R}{r}$$


 $E(r)$
 $\phi(r)$

A 0 C_A

B $\frac{Q_{AB}}{r^2}$ $\frac{Q_{AB}}{r} + \underline{C_B}$

C $\frac{Q_{AB} + Q_{BC}}{r^2}$ $\frac{Q_{AB} + Q_{BC}}{r} + \underline{C_C}$

$$\underline{C_A} = \frac{Q_{AB}}{R_{AB}} + \underline{C_B} \Rightarrow \underline{C_A} = \frac{Q_{AB}}{R_{AB}} + \frac{Q_{BC}}{R_{BC}}$$

$$\frac{Q_{AB}}{R_{BC}} + \underline{C_B} = \frac{Q_{AB} + Q_{BC}}{R_{BC}} + \underline{C_C} \Rightarrow \underline{C_B} = \frac{Q_{BC}}{R_{BC}}$$

$$\frac{Q_{AB} + Q_{BC}}{\infty} + \underline{C_C} = 0 \Rightarrow \underline{C_C} = 0$$

$$\frac{Q_{AB}}{R_{AB}} + \frac{Q_{BC}}{R_{BC}}$$

$$\frac{Q_{AB}}{r} + \frac{Q_{BC}}{R_{BC}}$$

$$\frac{Q_{AB} + Q_{BC}}{r}$$

לאיצנטופ תחת תוקזחומ, וותנ סוידר תולעב תוריפס יתש-0 ו-1.
והיניב תורבוחמ ווה חתמה רוקממ וקוטינ רחאל
תוריפסה לע שדחה לאיצנטופה ווהמו, רוביחה רחאל רבע ועטמ המכ?

$$q_2^* = \Delta \quad q_1^* = q_1 - \Delta$$

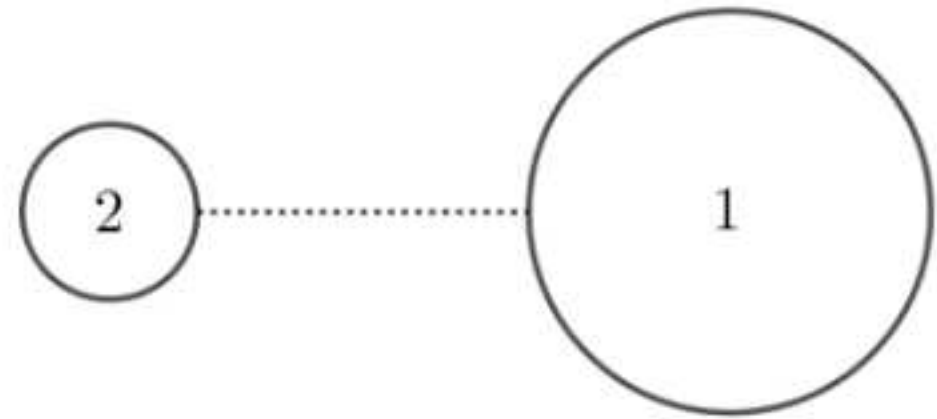
$$V_1^* = V_2^* \Rightarrow \frac{q_1^*}{R_1} = \frac{q_2^*}{R_2}$$

$$\frac{q_1 - \Delta}{R_1} = \frac{\Delta}{R_2}$$

$$q_1 R_2 - \Delta \cdot R_2 = \Delta \cdot R_1$$

$$\Delta = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot q_1 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_1$$

$$V^* = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V_1$$



$$q_2 = 0 \cdot R_2$$

$$q_1 = V_1 \cdot R_1$$

ועטם וותנq תא אצמ. תקראומ הפילק וביבסמו
לאיצנטופהו ילמשחה הדשה, הפילקה לע ועטמה

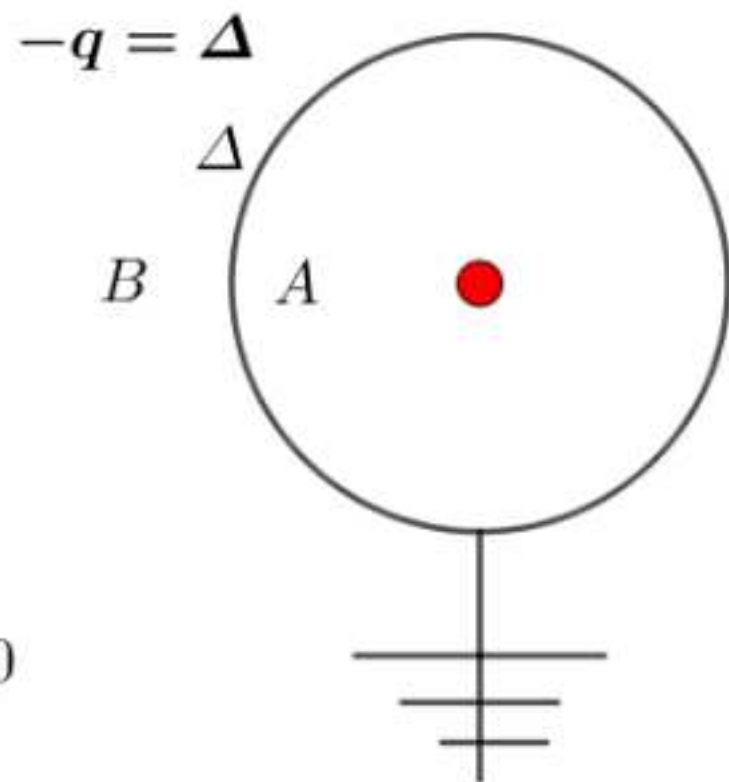
	$E(r)$	$\phi(r)$	
A	$\frac{q}{r^2}$	$\frac{q}{r} + C_A$	$\frac{q}{r} - \frac{q}{R_{AB}}$

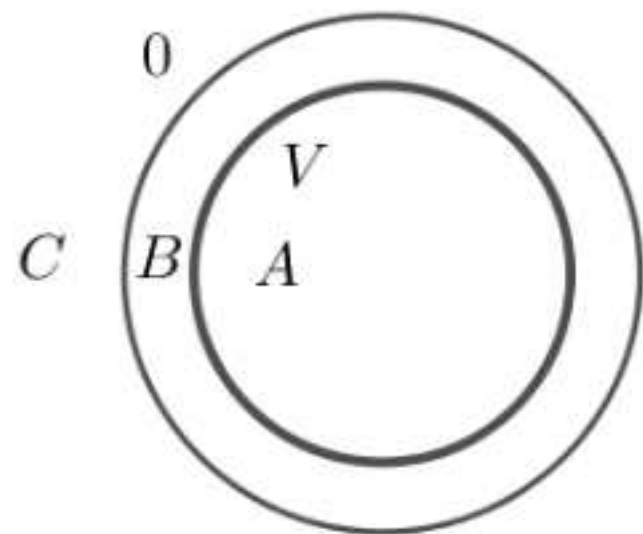
B	$\frac{q + \Delta}{r^2}$	$\frac{q + \Delta}{r} + C_B$	0
-----	--------------------------	------------------------------	-----

$$\frac{q}{R_{AB}} + C_A = 0$$

$$\frac{q + \Delta}{R_{AB}} + 0 = 0$$

$$\frac{q + \Delta}{\infty} + C_B = 0$$





		$\vec{E}_{(r)}\hat{r}$	$\phi_{(r)}$	
$0 < r < R_{AB}$	A	0	C_A	$q \frac{R_{BC} - R_{AB}}{R_{AB} \cdot R_{BC}} = V$
$R_{AB} < r < R_{BC}$	B	$\frac{q}{r^2}$	$\frac{q}{r} + C_B$	$\frac{q}{r} - \frac{q}{R_{BC}}$
$R_{BC} < r < \infty$	C	0	C_C	0

$$C_A = \frac{q}{R_{AB}} + C_B \Rightarrow C_A = q \left(\frac{1}{R_{AB}} - \frac{1}{R_{BC}} \right)$$

$$\frac{q}{R_{BC}} + C_B = C_C \Rightarrow C_B = -\frac{q}{R_{BC}}$$

$$C_C = 0$$

סידור תלעב תירודכ הפילק הנותנ R לאיצנטופ תחת תקזומה V
 יפ לדגי רדכה סוידר סא תכרעמה תייגרנא היהת המק
 סוידרה יוניש ךלהמב לאיצנטופה תחת תקזומה הפילקה סא א.
 סוידרה תנטקה ינפל חתמה רוקממ תקתונמ הפילקה סא ב.

	$\vec{E}_{(r)} \hat{r}$	$\phi_{(r)}$
A $0 < r < R$	0	$\frac{q}{R_{AB}} = V$
B $R < r < \infty$	$\frac{q}{r^2}$	$V_{(r)} = \frac{R_{AB}}{r} V$

$U = qV$ $U = R \cdot V^2 = \frac{q^2}{R}$

$V^* = V$

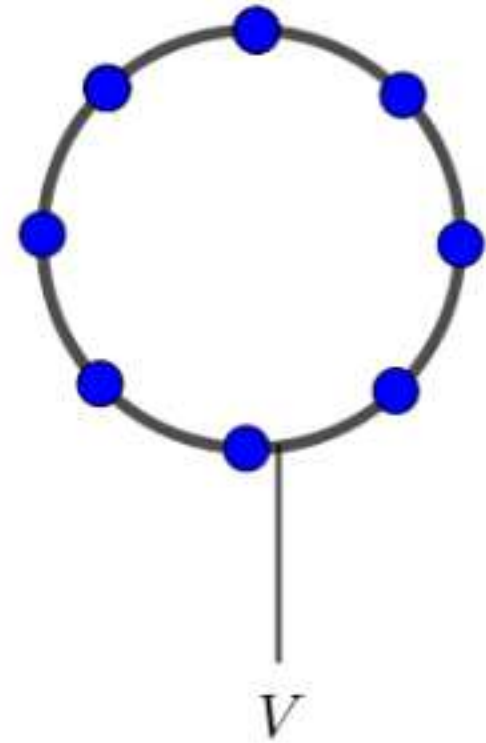
$q_* = q$

$U^* = R^* \cdot V^{*2}$

$U^* = \frac{q^{*2}}{R^*}$

$W = U^* - U = V^2(R^* - R)$

$W = U^* - U = \frac{q^2}{R^*} - \frac{q^2}{R} = q^2 \frac{R - R^*}{R \cdot R^*}$

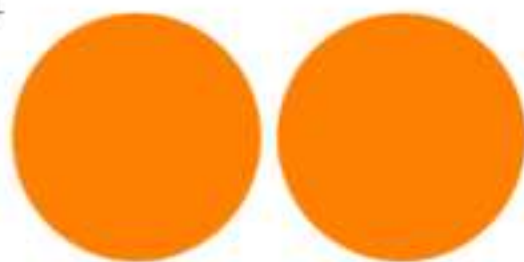


$$V = \frac{Q}{R}$$

$$Q_{10} = 10 \cdot Q_1$$

$$R_{10} = 10^{\frac{1}{3}} \cdot R_1$$

$$V_{vol} = \frac{4}{3} \pi R^3$$

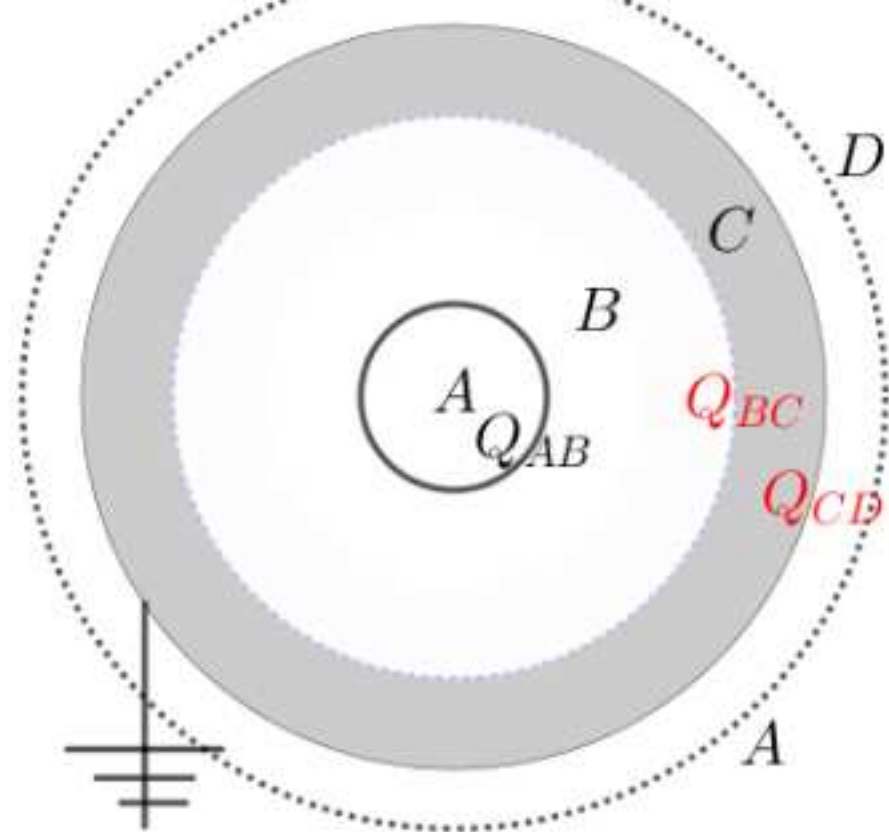


$$V_{10} = \frac{Q_{10}}{R_{10}} = \frac{10 \cdot Q_1}{10^{\frac{1}{3}} \cdot R_1} = \frac{10}{10^{\frac{1}{3}}} \cdot \frac{Q_1}{R_1} = \frac{10}{10^{\frac{1}{3}}} \cdot V_1 = 10^{\frac{2}{3}} \cdot V_1$$

$$V_{10} = 10^{\frac{2}{3}} \cdot V_1$$

$$V_{1000} = 1000^{\frac{2}{3}} \cdot V_1$$

$$V_{1000} = 100 \cdot V_1$$



$$Q_{BC} = -Q_{AB}$$

$$Q_{CD} = 0$$

$$\Delta_g = Q_{BC} + Q_{CD}$$

$$U = Q_{AB} \left(\frac{Q_{AB}}{R_{AB}} - \frac{Q_{AB}}{R_{BC}} \right)$$

	$E(r)$	$\phi(r)$
A	0	C_A
B	$\frac{Q_{AB}}{r^2}$	$\frac{Q_{AB}}{r} + C_B$
C	$\frac{Q_{AB} + Q_{BC}}{r^2} = 0$	$C_C = 0$
D	$\frac{Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CD}}{r^2}$	$\frac{Q_{CD}}{r} + C_D$

$$C_A = \frac{Q_{AB}}{R_{AB}} + C_B \Rightarrow C_A = \frac{Q_{AB}}{R_{AB}} - \frac{Q_{AB}}{R_{BC}}$$

$$\frac{Q_{AB}}{R_{BC}} + C_B = C_C \Rightarrow C_B = -\frac{Q_{AB}}{R_{BC}}$$

$$C_C = \frac{Q_{CD}}{R_{CD}} + C_D \Rightarrow Q_{CD} = 0$$

$$\frac{Q_{CD}}{\infty} + C_D = 0 \Rightarrow C_D = 0$$

	$E(r)$	$\phi(r)$
A	$? / \frac{Q}{r^2}$	$? / C_A$

B 0 $0 = C_B$

$$0 = \frac{Q_{BC}}{R_{BC}} - \frac{Q_{BC}}{R_{CD}} + V$$

C $\frac{Q_{BC}}{r^2}$

$$C_B = \frac{Q_{BC}}{R_{BC}} - \frac{Q_{BC}}{R_{CD}} + \frac{Q_{DE}}{R_{DE}}$$

D 0 $V = C_D$

$$\frac{Q_{BC}}{R_{CD}} + C_C = \frac{Q_{DE}}{R_{DE}}$$

E $\frac{Q_{DE}}{r^2}$

$$C_D = \frac{Q_{DE}}{R_{DE}}$$

$$\frac{Q_{DE}}{\infty} + C_E = 0$$

$$Q_{DE} = V \cdot R_{DE}$$

$$Q_{BC} = V \cdot \frac{R_{BC} \cdot R_{CD}}{R_{BC} - R_{CD}}$$

