

वस्तुनिष्ठ प्रश्न

1. The process in which a region is made free from any electric field is known as _____.

- Electrostatic forcing
- Electrostatic binding
- Electrostatic shielding
- None of the options

वह प्रक्रिया जिसमें एक क्षेत्र को किसी भी विद्युत क्षेत्र से मुक्त किया जाता है, _____ के रूप में जाना जाता है।

- स्थिरवैद्युत फोर्सिंग
- स्थिरवैद्युत बाइंडिंग
- स्थिरवैद्युत परिरक्षण
- कोई विकल्प नहीं

Ans. c.

2. Three capacitors each of capacity C are added in series connection. Then the equivalent capacitance will be _

क्षमता C के तीन संधारित्र (कैपेसिटर) श्रेणी क्रम श्रृंखला कनेक्शन में जोड़े जाते हैं। समकक्ष धारिता होगी

- a. $3C$ b. $3/C$
c. $C/3$ d. $1/3C$

Ans. c.

3. If a hollow spherical conductor be charged positively, then the electric potential inside it, will be---

- Zero
- Positive and uniform
- Positive and non- uniform
- Negative and uniform

यदि किसी खोखले गोलीय चालक को धनावेशित किया जाए, तो उसके भीतर विद्युत विभव, होगा---

- शून्य
- धनावेश और एक समान
- ऋणात्मक और गैर-समान
- ऋणात्मक और एक समान

Ans. b.

4. The formula for electrostatic potential is _____.

- Electrostatic potential = Work done $\times$ charge
- Electrostatic potential = Work done/charge
- Electrostatic potential = Work done $\div$ charge
- Electrostatic potential = Work done $\times$ charge

स्थिरवैद्युत विभव का सूत्र _____ है।

- स्थिरवैद्युत विभव = कार्य $\times$ चार्ज
- स्थिरवैद्युत विभव = कार्य / चार्ज
- स्थिरवैद्युत विभव = कार्य + आवेश
- स्थिरवैद्युत विभव = कार्य - आवेश

Ans.

5. The work done in moving a unit positive test charge over a closed path in an electric field is

- a. Always 1 b. Infinite
c. Zero d. Negative

एक विद्युत क्षेत्र में एक बंद पथ पर एक इकाई धनात्मक आवेश को स्थानांतरित करने में किया गया कार्य _____ है।

- a. हमेशा 1 होता है b. अनंत
c. शून्य d. ऋणात्मक

Ans.

6. The electrostatic potential on the perpendicular bisector due to an electric dipole is _____.

- a. Zero b. 1
c. Infinite d. Negative

विद्युत द्विध्रुव के कारण लम्ब समद्विभाजक पर स्थिर वैद्युत विभव _____ होता है।

- [illegible]

Ans.

7. A surface that has the same electrostatic potential at every point on it is known as _____.

- Equal-potential surface
- Same potential surface
- Equi-magnitude surface
- Equipotential surface

एक सतह जिसके प्रत्येक बिंदु पर समान स्थिरवैद्युत विभव होती है, उसे _____ के रूप में जाना जाता है।

- समान वैद्युत विभव पृष्ठ
- समान स्थिर वैद्युत विभव पृष्ठ
- सम-परिमाण पृष्ठ
- समविभव पृष्ठ

Ans.

8. Dielectrics are _____

- Conducting substances
- Non-conducting substances
- Semi-conducting substances
- None of the option

परवैधुत (डाइलेक्ट्रिक्स) _____ हैं

- a. सुचालक पदार्थ b. कुचालक पदार्थ
c. अर्धचालक पदार्थ d. कोई विकल्प नहीं

Ans. b.

9. The electric potential inside a conducting sphere

- a. is zero
b. increases from centre to the surface
c. decreases from centre to the surface
d. remains constant from centre to the surface

एक चालक क्षेत्र के अंदर स्थिर वैद्युत विभव _____

- a. शून्य होता है
b. केन्द्र से पृष्ठ की ओर बढ़ता है
c. केन्द्र से पृष्ठ की ओर घटता है
d. केन्द्र से पृष्ठ तक (नियतांक) स्थिर रहता है

Ans. d.

10. The capacity of the parallel plate capacitor increases when

- a. area of the plate is decreased
b. area of the plate is increased
c. distance between the plates increases
d. None of the option

समांतर पट्टीका संधारित्र की क्षमता तब बढ़ जाती है जब

- a. पट्टीका का क्षेत्रफल कम हो जाता है
b. पट्टीका का क्षेत्रफल बढ़ जाता है
c. पट्टीका के बीच की दूरी बढ़ जाती है
d. कोई विकल्प नहीं

Ans. b.

11. A positively charged particle is released from rest in an uniform electric field. The electric potential energy of the charge

- a. remains a constant because the electric field is uniform.
b. increases because the charge moves along the electric field.
c. decreases because the charge moves along the electric field.
d. decreases because the charge moves opposite to the electric field.

एक समान विद्युत क्षेत्र में एक घनात्मक रूप से आवेशित कण को विरामावास्था से छोड़ा जाता है। आवेश की स्थिरवैद्युत ऊर्जा

- a. स्थिर रहता है क्योंकि विद्युत क्षेत्र एक समान है।
b. बढ़ता है क्योंकि आवेश विद्युत क्षेत्र के साथ चलता है।
c. घट जाती है क्योंकि आवेश विद्युत क्षेत्र के साथ चलता है।
d. घट जाती है क्योंकि आवेश विद्युत क्षेत्र के विपरीत गति करता है।

Ans. c.

12. Equipotentials at a great distance from a collection of charges whose total sum is not zero are approximately

- a. spheres b. planes
c. paraboloids d. ellipsoids

आवेशों के संग्रह जिनका कुल योग शून्य नहीं है से बड़ी दूरी पर स्थित समविभव, लगभग होते हैं

- a. गोले b. समतल पृष्ठ
c. परवलयकार d. दीर्घवृत्त

Ans. a.

13. A conductor with a positive charge

- a. is always at +ve potential.
b. is always at zero potential.
c. is always at negative potential.
d. may be at +ve, zero or -ve potential

घनात्मक आवेश वाला एक सुचालक

- a. हमेशा घनात्मक वैद्युत विभव पर होता है।
b. हमेशा शून्य वैद्युत विभव पर है।
c. हमेशा नकारात्मक वैद्युत विभव पर है।
d. +ve, शून्य या -ve वैद्युत विभव पर हो सकता है

Ans. d.

14. Which of the following options is correct? In a region of constant potential

- a. the electric field is uniform.
b. the electric field is zero.
c. there can be charge inside the region.
d. the electric field shall necessarily change if a charge is placed outside the region

निम्नलिखित में से कौन सा विकल्प सही है? एक समान वैद्युत विभव के क्षेत्र में

- a. वैद्युत क्षेत्र एक समान है।
b. वैद्युत क्षेत्र शून्य है।
c. क्षेत्र के अंदर आवेश हो सकता है।
d. यदि आवेश क्षेत्र के बाहर रखा जाता है तो वैद्युत क्षेत्र आवश्यक रूप से बदल जाएगा

Ans. b.

15. 64 drops each having the capacity C and potential V are combined to form a big drop. If the charge on the small drop is q, then the charge on the big drop will be

धारिता C और वैद्युत विभव V की 64 बूंदों को मिलाकर एक बड़ी बूंद बनाई जाती है। यदि छोटी बूंद पर आवेश q है, तो बड़ी बूंद पर आवेश होगा

- a. 2q b. 4q
c. 16q d. 64q

Ans. d.

16. In a region of constant potential

- a. the electric field is uniform.
b. the electric field is zero.
c. there can be no charge inside the region.
d. both (b) and (c) are correct

निरंतर वैद्युत विभव के क्षेत्र में

- विद्युत क्षेत्र एक समान है।
- विद्युत क्षेत्र शून्य है।
- क्षेत्र के अंदर कोई आवेश नहीं हो सकता है।
- दोनों (b) और (c) सही हैं

Ans. d.

17. Dielectric constant for a metal is

- zero
- infinite
- 1
- 10

किसी धातु का परावैद्युतांक होता है

- शून्य
- अनंत
- 1
- 10

Ans. b.

18. A dielectric slab is introduced between the plates of a parallel plate charged capacitor. Which one of the following quantities will not change?

- the charge on the capacitor
- the electric field between the plates of the capacitor
- the energy stored in the capacitor
- the potential difference between the plates

समांतर पट्टीका संधारित्र की पट्टीका (प्लेटों) के बीच को परावैद्युत से भर दिया जाता है। तो निम्नलिखित में से कौन सी मात्रा नहीं बदलेगी?

- संधारित्र पर आवेश
- संधारित्र की पट्टीका (प्लेटों) के बीच विद्युत क्षेत्र
- संधारित्र में संग्रहीत ऊर्जा
- प्लेटों के बीच संभावित वैद्युत विभव

Ans. a.

19. The capacitance of a parallel plate capacitor depends upon_____

- thickness of the plate
- mass of the plate
- density of the plate
- area of the plate

समांतर पट्टीका की धारिता किस पर निर्भर करती है

- पट्टीका की मोटाई
- पट्टीका का द्रव्यमान
- पट्टीका का घनत्व
- पट्टीका का क्षेत्रफल

Ans. d.

20. The separation between the plates of a charged parallel plate capacitor is doubled by keeping the charge constant. In this case_____

- potential difference is halved
- the capacitance is doubled
- the p.d. between the plates is doubled
- the capacitance is halved but the energy of the capacitor is not changed

एक आवेशित समांतर पट्टीका संधारित्र की पट्टीका के बीच की दूरी आवेश को स्थिर रखते हुए दुगुनी कर दी जाती है। इस स्थिति में_____

- वैद्युत विभव आधा हो जायेगा
- धारिता दोगुनी हो जाती है
- पट्टीका के बीच वैद्युत विभव दोगुना हो जाता है
- धारिता आधा हो जाती है। लेकिन संधारित्र (कैपेसिटर) की ऊर्जा नहीं बदलती है

Ans. c.

21. Dielectric strength of a medium is 2 KV mm^{-1} . What is the maximum potential difference that can be set up across a $50 \mu\text{m}$ specimen without puncturing it.

किसी माध्यम का परावैद्युत सामर्थ्य 2 KV mm^{-1} है। अधिकतम वैद्युत विभव अंतर क्या होगा जिसे बिना परावैद्युत को भेजना किए $50 \mu\text{m}$ नमूने में स्थापित किया जा सकता है।

- 10 V
- 100 V
- 1000 V
- 10,000 V

Ans. b.

Subjective Question (विषयनिष्ठ प्रश्न)

Q.1. A $500 \mu\text{C}$ charge is at the center of a square of side 10 cm. Find the work done in moving a charge of $10 \mu\text{C}$ between two diagonally opposite points on the square.

Ans- The work done in moving a charge of $10 \mu\text{C}$ between two diagonally opposite points on the square will be zero because these two points will be at equipotential.

प्रश्न 1 एक $500 \mu\text{C}$ आवेश 10 सेमी भुजा वाले एक वर्ग के केंद्र में रखा गया है। वर्ग पर दो विकर्ण (तिरछे) विपरीत बिंदुओं के बीच $10 \mu\text{C}$ के आवेश को ले जाने में किया गया कार्य ज्ञात कीजिए।

उत्तर- वर्ग पर दो तिरछे विपरीत बिंदुओं के बीच $10 \mu\text{C}$ आवेश को ले जाने में किया गया कार्य शून्य होगा क्योंकि ये दोनों बिंदु समविभव पर होंगे।

Q.2. Define the term 'potential energy' of charge 'q' at a distance r in an external electric field.

Ans- It is defined as the amount of work done in bringing the charge from infinity to its position in the system in the electric field of another charge without acceleration.

प्रश्न 2. किसी बाह्य विद्युत क्षेत्र में r दूरी पर आवेश 'q' की 'स्थितिज ऊर्जा' शब्द को परिभाषित करें।

उत्तर- बिना त्वरण के किसी अन्य आवेश के विद्युत क्षेत्र में प्रणाली में आवेश को अनंत से उसकी स्थिति तक लाने में किए गए कार्य, उसकी 'स्थितिज ऊर्जा' होती है।

Q.3. A point charge q is placed at point O as shown in the figure.



Is the potential difference $V_A - V_B$ positive, negative or zero, if q is

(i) positive

(ii) negative?

Answer-

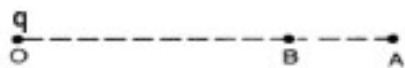
$$V_A - V_B = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{OA} \right) - \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{OB} \right) \\ = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left[\frac{1}{OA} - \frac{1}{OB} \right]$$

As $OA > OB$, so the quantity within the bracket is negative.

(i) If q is positive charge, $V_A - V_B =$ negative

(ii) If q is negative charge, $V_A - V_B =$ positive

प्रश्न 3 एक बिंदु आवेश q को बिंदु O पर रखा गया है जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।



यदि q है तो संभावित अंतर $V_A - V_B$ घनात्मक, ऋणात्मक या शून्य है

(i) घनात्मक

(ii) ऋणात्मक?

उत्तर-

$$V_A - V_B = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{OA} \right) - \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{OB} \right) \\ = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left[\frac{1}{OA} - \frac{1}{OB} \right]$$

चूंकि $OA > OB$, इसलिए कोष्ठक के भीतर की मात्रा ऋणात्मक है।

(i) यदि q धनात्मक आवेश है, $V_A - V_B =$ ऋणात्मक

(ii) यदि q ऋणात्मक आवेश है, $V_A - V_B =$ धनात्मक

Q.4. Why is electrostatic potential constant throughout the volume of the conductor and has the same value (as inside) on its surface?

Ans- Because Electric field inside the conductor = 0

$$E = - \frac{dV}{dr} \Rightarrow \frac{dV}{dr} = 0 \therefore V = \text{constant}$$

प्र 4. सुचालक (कंडक्टर) के पूरे आयतन में स्थिर वैद्युत विभव एक समान रूप (नियतांक) से क्यों होता है?

उत्तर- क्योंकि सुचालक (कंडक्टर) के भीतर विद्युत क्षेत्र = 0 होता है

$$E = - \frac{dV}{dr} \Rightarrow \frac{dV}{dr} = 0 \therefore V = \text{constant}$$

$V =$ नियतांक

Q 5 Distinguish between dielectric and a conductor .

Ans-

Dielectric	Conductor
Dielectrics are the insulating materials which transmit electric effects without conducting.	Conductors are the substances which can be used to carry or conduct electric charge from one place to the other.

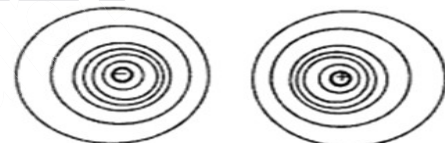
प्रश्न 5. परावैद्युत और सुचालक में भेद कीजिए।

उत्तर-

परावैद्युत	सुचालक
परावैद्युत (डाइलेक्ट्रिक्स) वे कुचालक (इंसुलेटिंग) पदार्थ हैं जो बिना संचालन के विद्युत प्रभाव संचारित करते हैं।	सुचालक (कंडक्टर) वे पदार्थ होते हैं जिनका उपयोग विद्युत आवेश को एक स्थान से दूसरे स्थान तक ले जाने या संचालित करने के लिए किया जा सकता है।

Q.6. Two charges $2\mu\text{C}$ and $-2\mu\text{C}$ are placed at points A and B 5 cm apart. Depict an equipotential surface of the system.

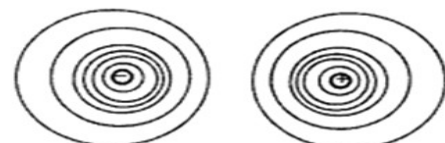
Ans-



Equipotential surfaces of the system

प्रश्न 6. दो आवेश $2\mu\text{C}$ और $-2\mu\text{C}$ बिंदुओं A और B पर 5 सेमी की दूरी पर रखे गए हैं। सिस्टम की एक समविभव सतह को चित्रित करें।

उत्तर-



समविभव (सतह) पृष्ठ

Q.7. What is the amount of work done in moving a point charge around a circular arc of radius r at the center of which another point charge is located?

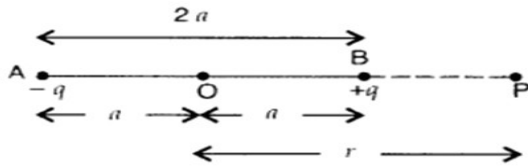
Ans- Being an equipotential surface, work done will be zero.

प्रश्न 7. त्रिज्या r के एक वृत्ताकार चाप के चारों ओर एक बिंदु आवेश को स्थानांतरित करने में कितना कार्य होता है, जिसके केंद्र में एक और बिंदु आवेश स्थित होता है?

उत्तर- समविभव पृष्ठ होने के कारण किया गया कार्य शून्य होगा

Q.8. Derive the expression for the electric potential at any point along the axial line of an electric dipole .

Ans- Consider an electric dipole consisting of two points charged $-q$ and $+q$ and separated by distance $2a$. Let P be a point on the axis of the dipole at a distance r from its center O.



Electric potential at point P due to dipole is,

$$V = V_1 + V_2$$

$$\text{or } V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{-q}{AP} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{BP}$$

$$\text{or } V = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r+a} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r-a}$$

$$\text{or } V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{r-a} - \frac{1}{r+a} \right]$$

$$\text{or } V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{(r+a) - (r-a)}{r^2 - a^2} \right]$$

$$\text{or } V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q \times 2a}{r^2 - a^2}$$

$$\text{or } V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{p}{r^2 - a^2}$$

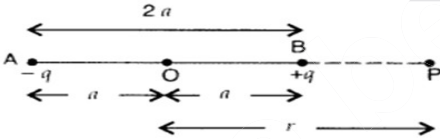
...where p is dipole moment $[p = q \times 2a]$

For ideal dipole : $a \ll r$

$$\text{So } a^2 \ll r^2 \quad \therefore V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{p}{r^2}$$

प्रश्न 8. विद्युत द्विध्रुव की अक्षीय रेखा के अनुदिश किसी बिन्दु पर वैद्युत विभव के लिए व्यंजक ज्ञात कीजिए।

उत्तर- मान लिया कि एक विद्युत द्विध्रुव है, जिसमें दो आवेशित बिंदु $-q$ और $+q$ हैं जो $2a$ दूरी से अलग हैं। मान लीजिए P द्विध्रुव के अक्ष पर इसके केंद्र O से r दूरी पर स्थित एक बिंदु है।



द्विध्रुव के कारण बिन्दु P पर विद्युत विभव है,

$$V = V_1 + V_2$$

$$\text{or } V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{-q}{AP} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{BP}$$

$$\text{or } V = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r+a} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r-a}$$

$$\text{or } V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{r-a} - \frac{1}{r+a} \right]$$

$$\text{or } V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{(r+a) - (r-a)}{r^2 - a^2} \right]$$

$$\text{or } V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q \times 2a}{r^2 - a^2}$$

$$\text{or } V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{p}{r^2 - a^2}$$

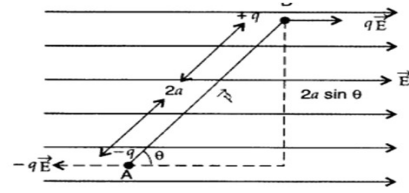
...where p is dipole moment $[p = q \times 2a]$

For ideal dipole : $a \ll r$

$$\text{So } a^2 \ll r^2 \quad \therefore V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{p}{r^2}$$

Q.9. Derive an expression for the potential energy of an electric dipole of dipole moment $\vec{P}$ in the electric field $\vec{E}$

Ans- Consider a dipole with charges $+q$ and $-q$ placed in a uniform electric field $\vec{E}$ such that $AB = 2a$ as shown in the figure



Since the dipole experiences no net force in a uniform electric field but experiences a torque (τ) is given by

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E} \quad \therefore \tau = pE \sin \theta$$

It tends to rotate the dipole in a clockwise direction. To rotate the dipole anticlockwise work has to be done on the dipole.

$$W = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \tau d\theta \quad \text{or } W = \int_{\theta_1}^{\theta_2} pE \sin \theta d\theta$$

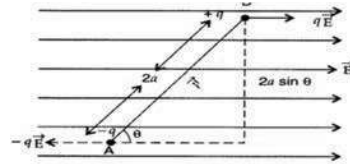
$$\text{or } W = pE [-\cos \theta]_{\theta_1}^{\theta_2}$$

$$\therefore W = -pE [\cos \theta_2 - \cos \theta_1]$$

$$U = -pE [\cos \theta_2 - \cos \theta_1]$$

प्रश्न 9. वैद्युत क्षेत्र $\vec{E}$ में द्विध्रुव आघूर्ण $\vec{P}$ वैद्युत द्विध्रुव की स्थिरवैद्युत स्थितिज ऊर्जा के लिए व्यंजक ज्ञात कीजिए।

उत्तर- मान लीजिये कि एक समान विद्युत क्षेत्र $\vec{E}$ में आवेश $+q$ और $-q$ के साथ एक द्विध्रुव $AB = 2a$ जैसा कि चित्र में दिखाया गया है



चूंकि द्विध्रुवीय एक समान विद्युत क्षेत्र में कोई शुद्ध बल का अनुभव नहीं करता है, लेकिन एक बलाघूर्ण (τ) का अनुभव करता है

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E} \quad \therefore \tau = pE \sin \theta$$

यह द्विध्रुव को दक्षिणावर्त दिशा में घुमाता है। द्विध्रुव को वामावर्त घुमाने के लिए द्विध्रुव पर कार्य करना पड़ता है।

$$W = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \tau d\theta \quad \text{or } W = \int_{\theta_1}^{\theta_2} pE \sin \theta d\theta$$

$$\text{or } W = pE [-\cos \theta]_{\theta_1}^{\theta_2}$$

$$\therefore W = -pE [\cos \theta_2 - \cos \theta_1]$$

$$U = -pE [\cos \theta_2 - \cos \theta_1]$$

Q.10. Two point charges, $q_1 = 10 \times 10^{-8} \text{C}$, $q_2 = -2 \times 10^{-8} \text{C}$ are separated by a distance of 60 cm in air.

(i) Find at what distance from the 1st charge, q_1 would the electric potential be zero.

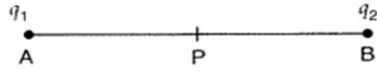
(ii) Also calculate the electrostatic potential energy of the system.

Ans- (i) Given : $q_1 = 10 \times 10^{-8}\text{C}$, $q_2 = -2 \times 10^{-8}\text{C}$

$AB = 60 \text{ cm} = 0.60 = 0.6\text{m}$

Let $AP = x$

Let $AP = x$ then $PB = 0.6 - x$



Potential P due to charge $q_1 = \frac{Kq_1}{AP}$

Potential P due to charge $q_2 = \frac{Kq_2}{BP}$

$\therefore$ Potential at $P = 0$

$$\Rightarrow \frac{Kq_1}{AP} + \frac{Kq_2}{BP} = 0 \Rightarrow \frac{q_1}{AP} = -\frac{q_2}{PB}$$

$$\therefore \frac{10 \times 10^{-8}}{x} = \frac{-(-2 \times 10^{-8})}{0.6 - x}$$

$$\Rightarrow 2x + 10x = 6 \Rightarrow 12x = 6$$

$$\therefore x = \frac{1}{2} = 0.5\text{m}$$

$\therefore$ Distance from first charge = $0.5 \text{ m} = 50 \text{ cm}$.

(ii) Electrostatic energy of the system is

$$\begin{aligned} E_n &= \frac{Kq_1q_2}{r} = \frac{-9 \times 10^9 \times 10^{-7} \times 2 \times 10^{-8}}{60 \times 10^{-2}} \\ &= \frac{-18 \times 10^{-6}}{60 \times 10^{-2}} \\ &= \frac{-3}{10} \times 10^{-4} = -3 \times 10^{-5} \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\therefore U \text{ or } E_n = -3 \times 10^{-5} \text{ Joule}$$

Q.10. दो बिंदु आवेश, $q_1 = 10 \times 10^{-8}\text{C}$, $q_2 = -2 \times 10^{-8}\text{C}$ हवा में 60 सेमी की दूरी से अलग होते हैं।

(i) ज्ञात कीजिए कि प्रथम आवेश (q_1) से कितनी दूरी पर वैद्युत विभव शून्य होगा।

(ii) व्यवस्था की स्थिरवैद्युत स्थितिज ऊर्जा की भी गणना करें।

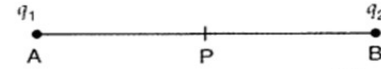
उत्तर- (i) दिया गया है: $q_1 = 10 \times 10^{-8}\text{C}$, $q_2 = -2 \times 10^{-8}\text{C}$

$AB = 60 \text{ सेमी} = 0.60 = 0.6 \text{ मी}$

माना $AP = x$

Let $AP = x$

then $PB = 0.6 - x$



Potential P due to charge $q_1 = \frac{Kq_1}{AP}$

Potential P due to charge $q_2 = \frac{Kq_2}{BP}$

$\therefore$ Potential at $P = 0$

$$\Rightarrow \frac{Kq_1}{AP} + \frac{Kq_2}{BP} = 0 \Rightarrow \frac{q_1}{AP} = -\frac{q_2}{PB}$$

$$\therefore \frac{10 \times 10^{-8}}{x} = \frac{-(-2 \times 10^{-8})}{0.6 - x}$$

$$\Rightarrow 2x + 10x = 6 \Rightarrow 12x = 6$$

$$\therefore x = \frac{1}{2} = 0.5\text{m}$$

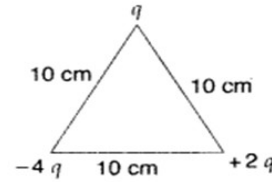
$\therefore$ प्रथम आवेश से दूरी = $0.5 \text{ मीटर} = 50 \text{ सेमी}$.

(ii) व्यवस्था की स्थिरवैद्युत स्थितिज ऊर्जा है

$$\begin{aligned} E_n &= \frac{Kq_1q_2}{r} = \frac{-9 \times 10^9 \times 10^{-7} \times 2 \times 10^{-8}}{60 \times 10^{-2}} \\ &= \frac{-18 \times 10^{-6}}{60 \times 10^{-2}} \\ &= \frac{-3}{10} \times 10^{-4} = -3 \times 10^{-5} \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\therefore U \text{ or } E_n = -3 \times 10^{-5} \text{ Joule}$$

Q.11. Calculate the work done to dissociate the system of three charges placed on the vertices of a triangle as shown.



Ans- Initial P.E. of the three charges

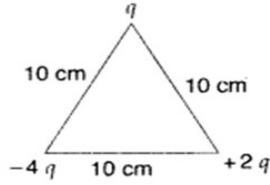
$$\begin{aligned} u_i &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{q_1q_2}{r} + \frac{q_2q_3}{r} + \frac{q_1q_3}{r} \right] \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{q(-4q)}{r} + \frac{(-4q) \times 2q}{r} + \frac{q \times 2q}{r} \right] \\ &= -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{10q^2}{r} = \frac{-9 \times 10^9 \times 10 \times (1.6 \times 10^{-10})^2 \text{ J}}{0.10} \\ &= \frac{-9 \times 10^9 \times 10 \times 2.56 \times 10^{-20} \times 100}{10} \\ &= -23.04 \times 10^{-9} = -2.304 \times 10^{-8} \text{ J} \end{aligned}$$

Final P.E, $u_f = 0$

$\therefore$ Work required to dissociate the system of three charges,

$$W = u_f - u_i = -2.304 \times 10^{-8} \text{ J}$$

प्रश्न 11. दर्शाए अनुसार त्रिभुज के शीर्षों पर स्थित तीन आवेशों के निकाय को वियोजित करने में किए गए कार्य की गणना कीजिए।



उत्तर- प्रारंभिक p. E. तीनों आवेशों का

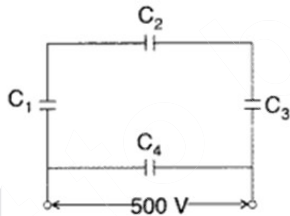
$$\begin{aligned}
 u_i &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{q_1 q_2}{r} + \frac{q_2 q_3}{r} + \frac{q_1 q_3}{r} \right] \\
 &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{q(-4q)}{r} + \frac{(-4q) \times 2q}{r} + \frac{q \times 2q}{r} \right] \\
 &= -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{10q^2}{r} = \frac{-9 \times 10^9 \times 10 \times (1.6 \times 10^{-10})^2}{0.10} \text{ J} \\
 &= \frac{-9 \times 10^9 \times 10 \times 2.56 \times 10^{-20} \times 100}{10} \\
 &= -23.04 \times 10^{-9} = -2.304 \times 10^{-8} \text{ J}
 \end{aligned}$$

अंतिम P.E, $u_f = 0$

∴ तीन आवेशों की प्रणाली को अलग करने के लिए आवश्यक कार्य,

$$W = u_f - u_i = -2.304 \times 10^{-8} \text{ J}$$

Q.12. A network of four capacitors each of $12\mu\text{F}$ capacitance is connected to a 500 V supply as shown in the figure.

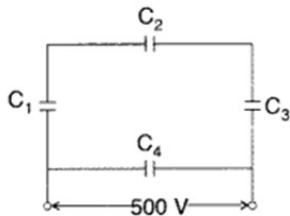


Determine

(a) equivalent capacitance of the network and

(b) charge on each capacitor.

प्रश्न. $12\mu\text{F}$ धारिता वाले चार संधारित्र (कैपेसिटर) का एक नेटवर्क 500 V आपूर्ति से जुड़ा है जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।



निर्धारित कीजिए

(a) नेटवर्क के समतुल्य(समकक्ष) धारिता और

(b) प्रत्येक संधारित्र पर चार्ज।

Ans- (a) Equivalent capacitance of the network,

(a) नेटवर्क की समतुल्य (समकक्ष) धारिता,

$$C_{123} = \frac{12\mu\text{F}}{3} = 4\mu\text{F} (\because \text{being in series}) \dots (i)$$

$$C_{eq} = C_{123} + C_4 = (4 + 12)\mu\text{F} = 16\mu\text{F} \dots [\text{From (i)}]$$

$$(b) (i) Q = CV, \quad Q_1 = C_4 V$$

$$\therefore Q_1 = 500 \times 12 \times 10^{-6} = 6000 \times 10^{-6} = 6 \times 10^{-3} \text{ C}$$

∴ Charge on capacitor,

$$C_4 = 6 \times 10^{-3} \text{ C}$$

$$(ii) Q_2 = C_{123} V$$

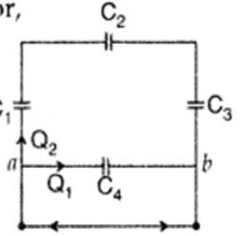
$$= (4 \times 10^{-6}) \times 500$$

$$= 2 \times 10^{-3} \text{ C}$$

∴ Charge on each of the capacitors

$$C_1, C_2 \text{ and } C_3$$

$$= 2 \times 10^{-3} \text{ C}$$



Q.13. Obtain the expression for the energy stored in a charged parallel plate capacitor.

Ans- Energy of a parallel plate capacitor.

$$\text{Potential of capacitor} = q/C$$

Small amount of work done in giving an additional charge dq to the capacitor,

$$dW = \frac{q}{C} \times dq$$

Total work done in giving a charge Q to the capacitor

$$W = \int_{q=0}^{q=Q} \frac{q}{C} = \frac{1}{2} \left[\frac{q^2}{C} \right]_{q=0}^{q=Q} \therefore W = \frac{Q^2}{2C}$$

As electrostatic force is conservative, this work is stored in the form of potential energy (U) of the capacitor.

प्रश्न 13 एक आवेशित समान्तर पट्टीका संधारित्र में संचित ऊर्जा के लिए व्यंजक ज्ञात कीजिए।

उत्तर- समान्तर पट्टीका संधारित्र (पैरेलल प्लेट कैपेसिटर) की ऊर्जा।

$$\text{संधारित्र की धारिता} = q/V$$

संधारित्र को अतिरिक्त आवेश dq देने में किया गया कार्य,

$$dW = \frac{q}{C} \times dq$$

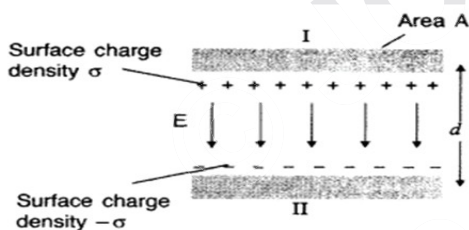
संधारित्र को आवेश q देने में किया गया कुल कार्य

$$W = \int_{q=0}^{q=Q} \frac{q}{C} = \frac{1}{2} \left[\frac{q^2}{C} \right]_{q=0}^{q=Q} \therefore W = \frac{Q^2}{2C}$$

जैसा कि स्थिरवैद्युत (इलेक्ट्रोस्टैटिक) बल संरक्षी होता है, यह कार्य संधारित्र की स्थितिज ऊर्जा (U) के रूप में संग्रहीत होता है।

Q.14. Derive the expression for the capacitance of a parallel plate capacitor having plate area A and plate separation d.

Ans- A parallel plate capacitor consists of two large plane parallel conducting plates separated by a small distance. We first take the intervening medium between the plates to be vacuum. Let A be the area of each plate and the separation between them is d. The two plates have charges Q and -Q. Since d is much smaller than the linear dimension of the plates ($d^2 \ll A$), we can use the result on the electric field by an infinite plane sheet of uniform surface charge density. Plate I has surface charge density $\sigma = Q/A$ and Plate II has a surface charge density $-\sigma$, the electric field in different region is:



Outer region I (region above the plate 1),

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = 0$$

Outer region II (region below the plate 2),

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = 0$$

In the inner region between the plates I and II, the electric fields due to the two charged plates add up, giving

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A} \text{ or } V = Ed = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{Qd}{A}$$

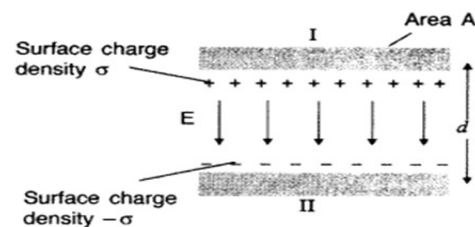
The capacitance C of the parallel plate capacitor is then

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

प्रश्न 14 पट्टीका क्षेत्रफल A तथा पट्टीका पृथक्करण d वाले समान्तर पट्टीका संधारित्र की धारिता के लिए व्यंजक ज्ञात कीजिए।

उत्तर- समान्तर पट्टीका संधारित्र में दो बड़े समान्तर पट्टीका सुचालक (कंडक्टिंग) पट्टीका होते हैं जो एक छोटी दूरी से अलग होते हैं। पहले हम पट्टीका के बीच के माध्यम को निर्वात लेते हैं। मान लीजिए A प्रत्येक पट्टीका का क्षेत्रफल है और उनके बीच की दूरी d है। दो पट्टीका पर आवेश Q और -Q हैं। चूंकि d प्लेटों के रेखिक आयाम ($d \ll A$) से बहुत छोटा है, हम विद्युत क्षेत्र पर परिणाम का उपयोग समान सतह आवेश घनत्व की अनंत समतल शीट द्वारा

कर सकते हैं। प्लेट I का पृष्ठीय आवेश घनत्व $\sigma = Q/A$ और प्लेट II का पृष्ठीय आवेश घनत्व $-\sigma$ है, विभिन्न क्षेत्रों में विद्युत क्षेत्र है:



Outer region I (region above the plate 1),

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = 0$$

Outer region II (region below the plate 2),

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = 0$$

प्लेट I और II के बीच के आंतरिक क्षेत्र में, दो आवेशित पट्टीको के कारण विद्युत क्षेत्र जुड़ते हैं, देते हैं

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A} \text{ or } V = Ed = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{Qd}{A}$$

समान्तर प्लेट संधारित्र की धारिता C होगा

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

Q.15. Define an equipotential surface.

(a) Draw equipotential surfaces :

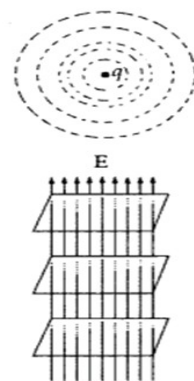
(i) in the case of a single point charge and

(ii) in a constant electric field in Z-direction.

(b) Write two properties of equipotential surfaces.

Ans- A surface with a constant value of potential at all points of the surface is defined as 'equipotential surface'

(a) (i) Equipotential surface for a single point charge.



(ii) Equipotential surface in a constant electric field as shown in the adjoining diagram.

(b) Properties of equipotential surfaces:

(i) No work is done in moving a test charge over an equipotential surface.

(ii) No two equipotential surfaces can intersect each other.

(iii) Equipotential surface due to an isolated point charge is spherical.

(iv) The electric field at every point is normal to the equipotential surface passing through that point. (any two)

प्रश्न 15 समविभव पृष्ठ को परिभाषित कीजिए।

(a) समविभव पृष्ठ खींचिए :

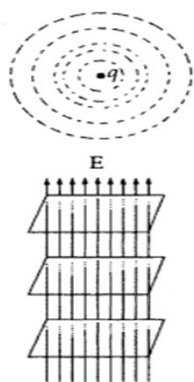
(i) सिंगल पॉइंट चार्ज के मामले में और

(ii) Z-दिशा में स्थिर विद्युत क्षेत्र में।

(b) समविभव पृष्ठों के दो गुण लिखिए।

उत्तर - सतह (पृष्ठ) के सभी बिंदुओं पर स्थिरवैद्युत विभव के समान मान वाली सतह (पृष्ठ) को 'समविभव सतह' (पृष्ठ) के रूप में परिभाषित किया जाता है।

(a) (i) एकल बिंदु आवेश के लिए समविभव पृष्ठ।



(ii) एक स्थिर विद्युत क्षेत्र में समविभव पृष्ठ जैसा कि संलग्न आरेख में दिखाया गया है।

(b) समविभव पृष्ठ के गुण:

(i) एक समविभव सतह पर एक परीक्षण आवेश को स्थानांतरित करने में कोई कार्य नहीं किया जाता है।

(ii) कोई भी दो समविभव पृष्ठ एक दूसरे को नहीं काट सकते।

(iii) पृथक बिंदु आवेश के कारण समविभव पृष्ठ गोलीय होता है।

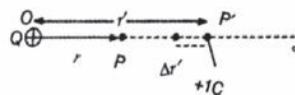
(iv) प्रत्येक बिंदु पर विद्युत क्षेत्र उस बिंदु से गुजरने वाले समविभव पृष्ठ के लम्बवत् होता है। (कोई दो)

Q.16. Obtain the expression for the potential due to a point charge.

Ans- Consider a point charge 'Q' kept at point O. Let P be the field point at distance r.

At some point p', the electrostatic force on the unit positive charge is

$$= \frac{Q \times 1}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$



Work done against this force r' to $r' + \Delta r'$ is

$$\Delta W = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r'^2} \Delta r'$$

Total Work done 'W' by the External Force from ∞ to r

$$W = -\int_{\infty}^r \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r'^2} \Delta r' = -\left[\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \right]_{\infty}^r$$

$$W = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Hence potential at this point

$$V = W = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

प्रश्न 16 बिंदु आवेश के कारण विभव के लिए व्यंजक ज्ञात कीजिए।

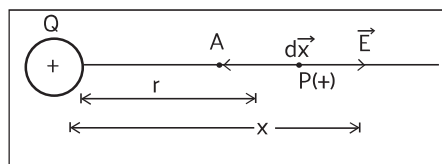
उत्तर - बिंदु O पर रखे बिंदु आवेश 'Q' पर विचार करें। मान लीजिए कि दूरी r पर क्षेत्र बिंदु P है।

किसी बिंदु पर p', एकांक धनावेश पर वैद्युत बल है

किसी बिंदु आवेश +Q के कारण वैद्युत क्षेत्र पर विचार करते हैं जिसे क्षेत्र रेखाओं से पर्दर्शित किया जाता है।

माना कि एक इकाई धनात्मक परीक्षण आवेश (+1) को बिंदु P पर रखा जाता है जिसकी +Q आवेश से दूरी x है।

माना बिंदु P पर विद्युत क्षेत्र तीव्रता, (आवेश Q के कारण) E है।



$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{x^2}$$

अतः इकाई धनात्मक आवेश (बिंदु P पर वैद्युत क्षेत्र के कारण बल F लगता है।

$$F = 1 \times E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{x^2}$$

यह बल बिंदु P के दायें ओर लगता है।

माना, इकाई धनात्मक आवेश को, आवेश Q की ओर dx तक विस्थापित किया जाता है, ऐसा करने के लिए किया गया कार्य,

$$dw = -Fdx (\because \cos 180^\circ = -1 \text{ and } F = E)$$

$$dw = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x^2} dx$$

माना, इकाई धनात्मक आवेश को अनंत से बिंदु A तक (जो वैद्युत क्षेत्र में स्थित है) लाया जाता है। ऐसा करने के लिए, कुल कार्य।

$$\int dw = \int_{x=\infty}^{x=r} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x^2} dx = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_{\infty}^r \frac{1}{x^2} dx$$

$$\begin{aligned} \text{या } w &= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{x^{-1}}{-1} \right]_{\infty}^r = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{x} \right]_{\infty}^r \\ &= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{r} - \frac{1}{\infty} \right] = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{1}{r} \quad (\because \frac{1}{\infty} = 0) \end{aligned}$$

यह कार्य (w) बिंदु A पर, आवेश Q के कारण वैद्युत विभव (V) होता है।

$$\text{अतः } v = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}$$

Q.17. (a) Define the SI unit of capacitance.

(b) Derive the expression for the effective capacitance of a series combination of n capacitors.

Ans- (a) When a charge of one coulomb produces a potential difference of one volt between the plates of capacitor, the capacitance is one farad.

(b) The expression for the effective capacitance of a series combination of n capacitors. In series combination, charge on each capacitor is the same.

Let it be Q.

$$V_1 = \frac{Q}{C_1}$$

...

$$V_n = \frac{Q}{C_n}$$

Total potential

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

$$V = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} + \dots + \frac{Q}{C_n}$$

$$\frac{V}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

प्रश्न 17 (a) धारिता की S.I मात्रक को परिभाषित करें।

(b) n संधारित्र (कैपेसिटर) के श्रृंखला संयोजन के प्रभावी धारिता के लिए अभिव्यक्ति ज्ञात करें।

उत्तर- (a) जब एक कूलॉम आवेश संधारित्र की (पट्टीका) प्लेटों के बीच एक वोल्ट का विभवान्तर उत्पन्न करता है, तो धारिता एक फैराड होती है।

(b) n कैपेसिटर के श्रृंखला संयोजन के प्रभावी धारिता के लिए अभिव्यक्ति श्रृंखला संयोजन में, प्रत्येक संधारित्र पर आवेश समान होता है।

Let it be Q.

$$V_1 = \frac{Q}{C_1}$$

...

$$V_n = \frac{Q}{C_n}$$

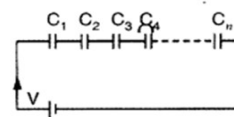
Total potential

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

$$V = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} + \dots + \frac{Q}{C_n}$$

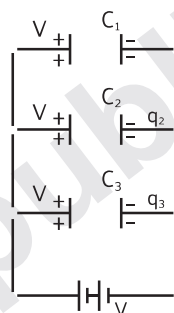
$$\frac{V}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$



Q.18. Derive the expression for the effective capacitance of a parallel combination of n capacitors.

Ans- The expression for the effective capacitance of a parallel combination of n capacitors



In parallel combinations, potential across each capacitor is the same.

Parallel Combination of Capacitors:

in parallel combination.

i) Potential is same across each capacitor

ii) Charge is distributed in direct proportion to capacitances

$$\text{i.e. } q = q_1 + q_2 + q_3$$

$$\text{But } q_1 = C_1 V, q_2 = C_2 V, q_3 = C_3 V \text{ and } q = CV$$

$$\therefore CV = C_1 V + C_2 V + C_3 V \quad (\text{Where } C \text{ is the equivalent capacitance})$$

$$\text{or } C = C_1 + C_2 + C_3 \quad \sum_{i=1}^n C_i$$

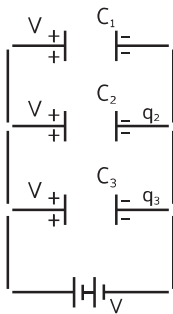
The effective capacitance is the sum of the individual capacitances.

This equation can be generalized for n capacitors. The equivalent capacitance will be,

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

प्रश्न 18 n संधारित्रों के समानांतर संयोजन की प्रभावी धारिता के लिए व्यंजक ज्ञात कीजिए।

उत्तर- n संधारित्रों के समानांतर संयोजन की प्रभावी धारिता के लिए व्यंजक समानांतर संयोजन में, प्रत्येक संधारित्र का विभव समान होता है।



$$q = q_1 + q_2 + q_3$$

अब, चूंकि हम जानते हैं कि उन सभी में विभव समान है, धारिता के सूत्र का उपयोग करके, $q = CV$ हम प्रत्येक संधारित्र के आवेश के लिए सूत्र लिख सकते हैं,

$$q_1 = C_1 V ; q_2 = C_2 V ; q_3 = C_3 V$$

कुल आवेश लिखा जा सकता है,

$$C_p V = C_1 V + C_2 V + C_3 V$$

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3$$

इस समीकरण को n संधारित्र के लिए सामान्यीकृत किया जा सकता है। समतुल्य धारिता होगी,

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3 \dots + C_n$$

यह समांतर संधारित्र सूत्र है