Γενική Φυσική

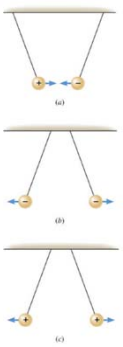
Κωνσταντίνος Χ. Παύλου
Φυσικός – Ραδιοηλεκτρολόγος (MSc)
Καστοριά, Σεπτέμβριος 14

Ο νόμος του Coulomb

1. Ο νόμος του Coulomb
2. Η σταθερά του νόμου του Coulomb
3. Η αρχή της επαλληλίας

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Δυνάμεις μεταξύ φορτίων



- Τα όμοια (++ ή --) φορτία (**ομώνυμα**) απωθούνται.
-
- Τα διαφορετικά (+- ή -+) φορτία (**ετερώνυμα**) έλκονται.

3 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (MSc) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Ο νόμος του Coulomb

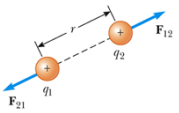
- Ο νόμος του Coulomb ποσοτικοποιεί τις αλληλεπιδράσεις (δυνάμεις) μεταξύ των φορτίων.
- Καθορίζει το μέτρο και την κατεύθυνση της δύναμης ανάμεσα σε δυο σημειακά ηλεκτρικά φορτία.

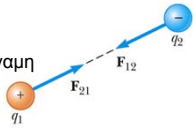
4 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (MSc) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Ο νόμος του Coulomb

- Η **διεύθυνση** της δύναμης είναι η ευθεία που ενώνει τα δυο φορτία.
- Το **μέτρο** της δύναμης είναι:
  - Ανάλογο του γινομένου των φορτίων,
  - Αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της απόστασης μεταξύ των φορτίων
- Η **φορά** της δύναμης είναι τέτοια ώστε η δύναμη να είναι ελκτική ή απωστική, ανάλογα με το είδος των φορτίων.
  - Η δύναμη εξαρτάται από το μέσο μέσα στο οποίο βρίσκονται τα φορτία.





5 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (MSc) 19-Σεπ-14

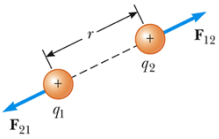
Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Ο νόμος του Coulomb

- Μαθηματικά, το μέτρο της δύναμης δίνεται από τη σχέση:

$$F = \left|\vec{F}_{12}\right| = \left|\vec{F}_{21}\right| = k_C \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

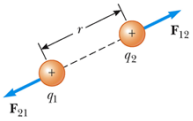
- Όπου, $k_C = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ είναι μια σταθερά η οποία ονομάζεται *σταθερά του νόμου του Coulomb*:
  - εξαρτάται από το μέσο,
  - ρυθμίζει διαστατικά την εξίσωση.



6 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (MSc) 19-Σεπ-14

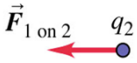
Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Ο νόμος του Coulomb

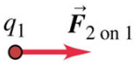


- Καλό είναι να ακολουθούμε τον εξής συμβολισμό:

$$\vec{F}_{12}$$



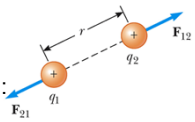
- Εννοώντας τη δύναμη που ασκεί το q_1 (πρώτος δείκτης) στο q_2 (δεύτερος δείκτης).



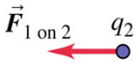
7 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – P/H (MSc) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Ο νόμος του Coulomb



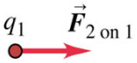
- Οι δυο δυνάμεις έχουν το ίδιο μέτρο αλλά αντίθετη κατεύθυνση: νόμος δράσης – αντίδρασης.



- Δλδ οι δυνάμεις είναι μεταξύ τους αντίθετες:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

- Ισότητα των μέτρων: $F_{12} = F_{21}$

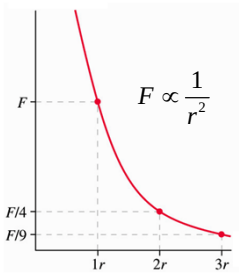


8 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – P/H (MSc) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Ο νόμος του Coulomb

- Το μέτρο της δύναμης είναι αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της απόστασης.
- Έτσι, αν διπλασιαστεί η απόσταση, η δύναμη υποτετραπλασιάζεται, κοκ…



9 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – P/H (MSc) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Ερώτηση 3, σελ 111

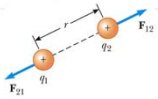
Δύο όμοια ηλεκτρικά φορτία απέχουν σταθερή απόσταση. Ποιο θα είναι το αποτέλεσμα στη δύναμη Coulomb εάν:

(α) Ένα από τα δύο φορτία διπλασιαστεί.

(β) Ένα φορτίο διπλασιαστεί και το άλλο υποδιπλασιαστεί.

(γ) Διπλασιαστούν και τα δύο φορτία.

Η αρχική δύναμη είναι: $F = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$.



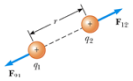
10 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – P/H (MSc) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Ερώτηση 3, σελ 111

Δύο όμοια ηλεκτρικά φορτία απέχουν σταθερή απόσταση. Ποιο θα είναι το αποτέλεσμα στη δύναμη Coulomb εάν:

(α) Ένα από τα δύο φορτία διπλασιαστεί.



Έστω ότι διπλασιάζεται το q_1. Θα είναι:

$F' = k \cdot \frac{|q_1'| \cdot |q_2|}{r^2}$

Διαιρώ κατά μέλη: $\frac{F'}{F} = \frac{k \cdot \frac{|q_1'| \cdot |q_2|}{r^2}}{k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}} \Rightarrow$

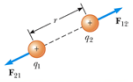
11 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – P/H (MSc) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Ερώτηση 3, σελ 111

Δύο όμοια ηλεκτρικά φορτία απέχουν σταθερή απόσταση. Ποιο θα είναι το αποτέλεσμα στη δύναμη Coulomb εάν:

(α) Ένα από τα δύο φορτία διπλασιαστεί.



$\Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{k \cdot |q_1'| \cdot |q_2| \cdot r^2}{k \cdot |q_1| \cdot |q_2| \cdot r^2} = \frac{|q_1'|}{|q_1|} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|2q_1|}{|q_1|} = \frac{2|q_1|}{|q_1|} \Rightarrow \frac{F'}{F} = 2$

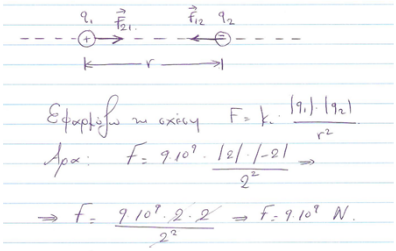
$\Rightarrow F' = 2F$.

12 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – P/H (MSc) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Παράδειγμα 1, σελ 80

Δυο μικρά σώματα, έχουν φορτία q_1 = +2 C και q_2 = -2C. Τα σώματα απέχουν 2m. Να υπολογισθεί το μέτρο της ελκτικής δύναμης που ασκεί το ένα φορτίο στο άλλο.



Εφαρμόζω τον τύπο $F = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$

Άρα: $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|2| \cdot |-2|}{2^2} \Rightarrow$

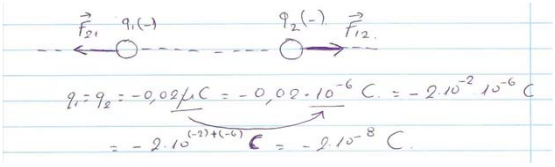
$\Rightarrow F = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 2}{2^2} \Rightarrow F = 9 \cdot 10^9$ N.

13 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (MSc) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Πρόβλημα 3, σελ 119

Δύο μικρές φορτισμένες σφαίρες έχουν ίσα ηλεκτρικά φορτία -0,02μC. Αν η δύναμη που ασκείται από τη μία σφαίρα στην άλλη έχει μέτρο $9 \cdot 10^3$N, να υπολογιστεί η απόσταση μεταξύ των σφαιρών.



$q_1 = q_2 = -0{,}02\mu C = -0{,}02 \cdot 10^{-6}$ C $= -2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-6}$ C

$= -2 \cdot 10^{(-2)+(-6)}$ C $= -2 \cdot 10^{-8}$ C.

14 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (MSc) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Πρόβλημα 3, σελ 119

Δύο μικρές φορτισμένες σφαίρες έχουν ίσα ηλεκτρικά φορτία -0,02μC. Αν η δύναμη που ασκείται από τη μία σφαίρα στην άλλη έχει μέτρο $9 \cdot 10^3$N, να υπολογιστεί η απόσταση μεταξύ των σφαιρών.

Έχω $F = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$ με άγνωστο την απόσταση r.

Πολ/ζω χιαστί: $F \cdot r^2 = k \cdot |q_1| \cdot |q_2|$

Διαιρώ με F: $r^2 = \frac{k \cdot |q_1| \cdot |q_2|}{F}$

Τετραγωνική ρίζα: $r = \sqrt{\frac{k \cdot |q_1| \cdot |q_2|}{F}}$

15 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (MSc) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Πρόβλημα 3, σελ 119

Δύο μικρές φορτισμένες σφαίρες έχουν ίσα ηλεκτρικά φορτία -0,02μC. Αν η δύναμη που ασκείται από τη μία σφαίρα στην άλλη έχει μέτρο $9 \cdot 10^3$N, να υπολογιστεί η απόσταση μεταξύ των σφαιρών.

Έχω $F = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$ με αγνώστο την απόσταση r.

Πολ/ζω χιαστί: $F \cdot r^2 = k \cdot |q_1| \cdot |q_2|$

Διαιρώ με F: $r^2 = \frac{k \cdot |q_1| \cdot |q_2|}{F}$

Τετραγωνική ρίζα: $r = \sqrt{\frac{k \cdot |q_1| \cdot |q_2|}{F}}$

16 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – P/H (MSc) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Η σταθερά του νόμου Coulomb

- Η σταθερά του νόμου του Coulomb ισούται με

$$k_C = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

- Όπου $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$ είναι η **διηλεκτρική σταθερά του κενού** (μια θεμελιώδης σταθερά της φύσης).

17 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – P/H (MSc) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Η σταθερά του νόμου Coulomb

- Κάθε υλικό έχει τη δική του διηλεκτρική σταθερά (ε).
- Συνήθως αυτή δίνεται σε σχέση μ' αυτή του κενού:

$$\varepsilon = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0$$

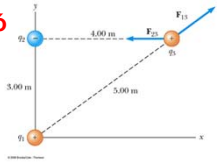
- Όπου ε_r η **σχετική διηλεκτρική σταθερά** του υλικού, η οποία μας δείχνει ***πόσες φορές είναι η μεγαλύτερη η διηλ. σταθ. του υλικού απ' αυτή του κενού.***

18 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – P/H (MSc) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Η αρχή της υπέρθεσης (επαλληλίας)

- Η συνολική δύναμη που ασκείται σ' ένα φορτίο ισούται με το **διανυσματικό** άθροισμα όλων των επιμέρους δυνάμεων που ασκούνται σ' αυτό από τα υπόλοιπα φορτία.



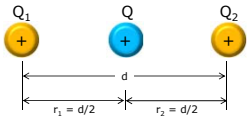
- Για το σχήμα θα είναι: $\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$

19 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (MSc) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Πρόβλημα 5, σελ 119

Δοκιμαστικό φορτίο +2μC τοποθετείται στο μέσο της απόστασης μεταξύ δύο φορτίων Q_1=+6μC και Q_2=+4μC, τα οποία απέχουν απόσταση 10cm. Να βρεθεί η δύναμη που ασκείται στο δοκιμαστικό φορτίο.

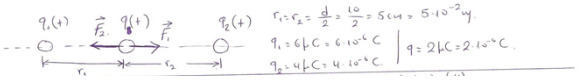


20 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (MSc) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Πρόβλημα 5, σελ 119

Δοκιμαστικό φορτίο +2μC τοποθετείται στο μέσο της απόστασης μεταξύ δύο φορτίων Q_1=+6μC και Q_2=+4μC, τα οποία απέχουν απόσταση 10cm. Να βρεθεί η δύναμη που ασκείται στο δοκιμαστικό φορτίο.



$r_1 = r_2 = \frac{d}{2} = \frac{10}{2} = 5\,cm = 5\cdot10^{-2}\,m$

$q_1 = 6\mu C = 6\cdot10^{-6}\,C$ | $q = 2\mu C = 2\cdot10^{-6}\,C$

$q_2 = 4\mu C = 4\cdot10^{-6}\,C$

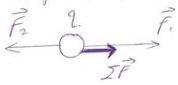
21 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – Ρ/Η (MSc) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Πρόβλημα 5, σελ 119

Δοκιμαστικό φορτίο +2μC τοποθετείται στο μέσο της απόστασης μεταξύ δύο φορτίων Q_1=+6μC και Q_2=+4μC, τα οποία απέχουν απόσταση 10cm. Να βρεθεί η δύναμη που ασκείται στο δοκιμαστικό φορτίο.

Οι δυνάμεις $\vec{F}_1$ & $\vec{F}_2$ είναι αντίρροπες. Άρα:



$\Sigma F = F_1 - F_2 = 14,4N.$

22 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου, Φυσικός – P/H (MSc) 19-Σεπ-14

Σχολικό βιβλίο: σελ 78 – 81 (§3.1)

Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

- Σελίδα 111:
  - 1, 3, 4, 6
- Σελίδα 119:
  - 2, 3, 4, 5

23 (c) Κωνσταντίνος Χ. Παύλου 19-Σεπ-14