פיסיקה ב' לביולוגים- תרגול מס' 1

נוסחאות:

- **כוח קולומב-** $\vec{F}=\frac{kqQ}{r^2}\hat{r}$ כאשר $k=9*10^9[\frac{m^2N}{C^2}]$ ו-C ביא יחידת מטען הנקראת קולומב המוגדרת כך ששני מטענים הטעונים ב-1C הרחוקים אחד מהשני מרחק של מטר אחד ירגישו כוח דחייה של $9*10^9[N]$ (יחדית מטען גדולה מאוד).
- **שדה חשמלי-** השדה החשמלי מוגדר באופן $\vec{F}=q\vec{E}$ לכן השדה הוא ביחידות של $[\vec{E}]=[\frac{N}{C}]$. את עוצמת השדה וכיוונו ניתן לבדוק על ידי חלקיק בוחן כלשהו. כל נקודה על קווי השדה, כיוונה הוא כיוון הכוח באותה נקודה (עד כדי סימן מטען הבוחן). ככל שקווי השדה צפופים יותר כך גדולה יותר עוצמת השדה. קווי שדה מצויירים עבור מטען בוחן חיובי כך שמטען שלילי ירגיש כוח שכיוונו הפוך לכיוון קווי השדה בנקודה. שדה של מטען חיובי יהיה בכיוון "בריחה" המטען ואילו שדה של מטען שלילי בכיוון התכנסות למטען.
- **עיקרון הסופרפוזיציה-** שדה חשמלי (וגם הכוח החשמלי) הוא אדיטיבי כמו במקרה של שקול כוחות שלומר יש לסכום את תרומות כל המטענים לשדה בנקודה מסויימת (כאשר יש מערכת מטענים גדולה בעלת סימטריה מוגדרת יש להשתמש בחוק גאוס).

תרגילים:

1. אנלוגיה בין כוח הכבידה לכוח קולומב:

נסתכל על גרעין מימן (אלקטרון החג מסביב לפרוטון) ונשווה בין כוח הכובד הפועל בין הגרעין (פרוטון) לאלקטרון לבין כוח קולומב הפועל בינהם.

פתרון:

הביטויים לכוחות הם: $\vec{F}_e=\frac{kqQ}{r^2}\hat{r}$ $\vec{F}_g=-\frac{GmM}{r^2}\hat{r}$ כאשר $G=6.67\cdot10^{-11}[\frac{Nm^2}{kg^2}]$

נקרא קבוע הגרביטציה.

כוח הכובד הוא תמיד שלילי ולכן תמיד מושך לעומת כוח קולומב שמושך עבור מטענים מנוגדים ודוחה עבור מטענים זהים.

גדלים המופיעים בבעיה:

$$e=q_e=-q_p=-1.6\cdot10^{-19}C \qquad m_p\cong1.67\cdot10^{-27}kg \qquad m_e\cong9.1\cdot10^{-31}kg$$

$$r_a=0.53\cdot\mathring{A}=0.53\cdot10^{-10}m$$

כוח קולומב הוא:

$$\vec{F}_c=-\frac{Gee}{r_a^2}\hat{r}=-\frac{8.99\cdot10^9\cdot(1.6\cdot10^{-19})}{(5.3\cdot10^{-11})^2}=-8.2\cdot10^{-8}$$

$$\vec{F}_g=-\frac{Gm_em_p}{r_a^2}=-\frac{6.67\cdot10^{-11}\cdot9.1\cdot10^{-31}\cdot1.67\cdot10^{-27}}{(5.3\cdot10^{-11})^2}=-3.6\cdot10^{-47}$$

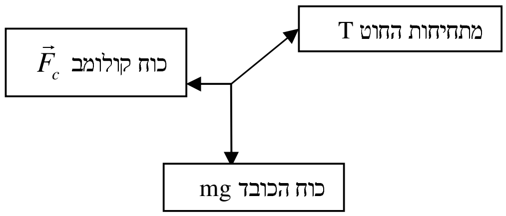
$$\frac{F_c}{F_g}=\frac{-8.2\cdot10^{-8}}{-3.6\cdot10^{-47}}=4.4\cdot10^{38}$$

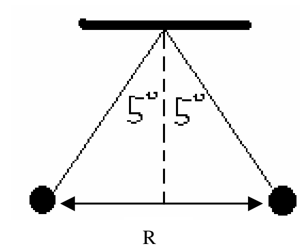
כוח הגרביטציה זניח לחלוטין ביחס לכוח קולומב.

2. שני כדורים, שמסתם 50gr, הטעונים במטען זהה, תלויים מנקודה משותפת בעזרת 2 חוטים שאורך כל אחד מהם 1m. כל חוט נפרש בזווית של 5°. מהו מטען הכדורים?

פתרון:

נבצע שקול כוחות לפי





המרחק בין הכדורים הוא $\frac{R}{2} = 1 \cdot \sin 5^\circ \Rightarrow R = 2 \cdot \sin 5^\circ [m]$

מאחר והכדורים במנוחה נוכל לבצע שקול כוחות בכיוון X ו-Y ונקבל:

$$\sum \vec{F}_y = T\cos\theta - mg = 0 \quad \theta = 5^\circ$$

$$\sum \vec{F}_x = \vec{F}_e - T\sin\theta = 0 \quad \theta = 5^\circ$$

נעביר אגפים ונחלק את המשוואה השניה בראשונה ויתקבל כי:

$$\tan\theta = \frac{F_e}{mg} = \frac{kq^2}{R^2 mg}$$

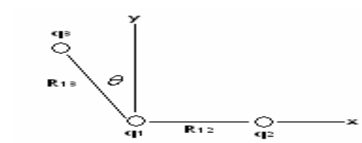
מתוך משוואה זו נחלץ את הביטוי עבור q

$$q = \pm\sqrt{\frac{mg}{k}R^2\tan\theta} = \pm\sqrt{\frac{mg}{k}4\sin^2 5^\circ \tan 5^0} = \pm 3.87\cdot 10^{-7}[c]$$

קיבלנו 2 פתרונות אפשריים זהים עבור q מלבד סימן הפוך וזאת משום שסימן המטען לא ישנה את התוצאה כל עוד 2 המטענים בעלי אותו הסימן כדי שתיווצר דחייה.

3. נתונים 3 מטענים המוחזקים במקומם במקומות שונים מהו הכוח הפועל על q_1?

נתונים: $q_1 = -1.2\mu C \quad q_2 = 3.7\mu C \quad q_3 = -2.3\mu C \quad r_{12} = 15cm \quad r_{13} = 10cm \quad \theta = 32^\circ$



נחשב תחילה את גודלם של הכוחות F_{12} ו- F_{13}

$$F_{12} = \frac{k|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = \frac{k\cdot 1.2\cdot 10^{-6}\cdot 3.7\cdot 10^{-6}}{(0.15)^2} = 1.77[N]$$

$$F_{13} = \frac{k|q_1||q_3|}{r_{12}^2} = \frac{k\cdot 1.2\cdot 10^{-6}\cdot 2.3\cdot 10^{-6}}{(0.1)^2} = 2.48[N]$$

הכוח בכיוון X הוא:

$$F_{1x} = F_{12x} + F_{13x} = F_{12} + F_{13}\sin\theta = 1.77 + 2.48\sin 32^\circ = 3.08[N]$$

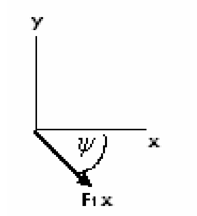
$$F_{1y} = F_{12y} + F_{13y} = 0 + F_{13}\cos\theta = 0 - 2.48\cos 32^\circ = -2.10[N]$$

גודל הכוח (לפי משפט פיתגורס) הוא:

$$|F_1| = \sqrt{F_{1x}^2 + F_{1y}^2} = 3.73[N]$$

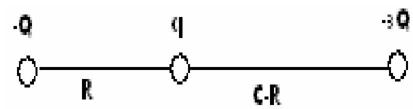
כיוון הכוח ביחס לציר X הוא:

$$\tan\psi = \frac{F_{1y}}{F_{1x}} = -0.68 \Rightarrow \psi = -34^\circ$$



4. מטענים Q- ו- 3Q- נמצאים במרחק C אחד מהשני ובשיווי משקל עקב מטען שלישי q הנמצא בינהם.מהו מטענו ומיקומו של המטען השלישי?

<u>**פתרון**</u>:



מאחר והמטענים במנוחה נצע שקול כוחות לכל אחד מהמטענים:

שקול הכוחות עבור המטען השמאלי:

$$\frac{3kQ^2}{C^2} - \frac{kqQ}{R^2} = 0 \Rightarrow q = 3Q \cdot \left(\frac{R}{C}\right)^2$$

שקול הכוחות עבור המטען הימני:

$$\frac{3kQ^2}{C^2} - \frac{3kqQ}{(C-R)^2} = 0 \Rightarrow q = Q \cdot \left(\frac{C-R}{C}\right)^2$$

נשווה בין 2 הביטויים של q מאחר והם זהים

$$\frac{3QR^2}{C^2} = Q \cdot \left(\frac{C-R}{C}\right)^2 \Rightarrow 3R^2 = C^2 - 2RC + R^2$$

קיבלנו את המשוואה הבאה עבור R:

$$2R^2 + 2RC - C^2 = 0$$

הביטוי עבור פתרונות המשוואה הריבועית ב-R הוא:

$$R_{1,2} = \frac{-2C \pm \sqrt{4C^2 + 8C^2}}{4}$$

הפתרונות המתקבלים הם

$$R_1 = 0.366C \quad R_2 = -1.365C$$

הפתרון R_2 אינו מתאים משום שהוא גדול מ-C ואילו אנו דרשנו כי המטען q ימצא בין 2 המטענים האחרים ולכן רק R_1 מתאים לבעיה שלנו.

המטען q יתקבל על ידי הצבת R_1 בנוסחא עבור q:

$$q = 3Q \cdot \left(\frac{R}{C}\right)^2 = 3Q \cdot (0.366)^2 \approx 0.4Q$$