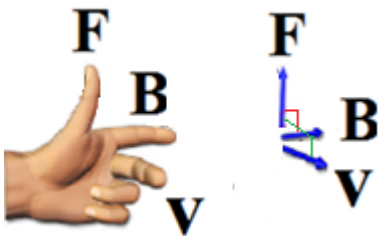


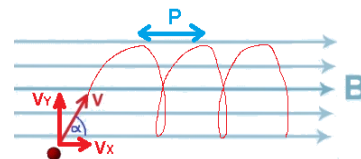
שדה מגנטי

<https://www.youcube.co.il>

גודל הכוח המגנטי הפועל על מטען q הנע בתוך שדה מגנטי B במהירות V הזווית α היא הזווית שבין כיוון השדה לכיוון התנועה. כוח זה נקרא כוח לורנץ. הכוח מתואר ווקטורית בעזרת מכפלה ווקטורית: $\vec{F} = q \cdot \vec{V} \times \vec{B}$ מטען נע יוצר שדה מגנטי, לכן כאשר המטען נע בתוך שדה מגנטי פועל כוח מגנטי על המטען. כמו כל כוח, גם הכוח המגנטי נמדד ביחידות של ניוטון. בעזרת כוח לורנץ ניתן להגדיר את השדה המגנטי.	$F = q \cdot B \cdot v \cdot \sin(\alpha)$
גודל השדה המגנטי בנקודה כלשהי, השדה המגנטי מתואר מכוח לורנץ. ביטוי זה מתייחס לגודל השדה בלבד ולא לכיוונו.	$B = \frac{F}{q \cdot v \cdot \sin(\alpha)}$
היחידות של השדה המגנטי הן $\left[\frac{N}{C \cdot \frac{m}{s}} \right]$ יחידות אלו נקראות טסלה. [T] המשמעות של אחד טסלה: השדה המגנטי בנקודה כשלהי A שווה לאחד טסלה אם מטען שגודלו 1 קולון, חולף בנקודה A במהירות 1 מטר לשנייה, בניצב לכיוון השדה. ופועל על המטען בנקודה כוח שגודלו 1 ניוטון.	יחידות השדה המגנטי
כיוון השדה המגנטי בנקודה כלשהי הוא הכיוון שמורה מחט המצפן באותה נקודה.	כיוון השדה המגנטי
✕ - סימון קו שדה שכיוונו לתוך הדף. ⦿ - סימון קו שדה שכיוונו החוצה מהדף.	סימון שדה מגנטי
בעזרת כלל יד שמאל ניתן למצוא את כיוון הכוח המגנטי (הפועל על מטען הנע בתוך השדה מגנטי), בהתאם לכיוון תנועת המטען (כיוון ווקטור המהירות), כיוון השדה המגנטי. הכוח המגנטי תמיד פועל בניצב לשדה המגנטי וגם בניצב לווקטור המהירות. הכלל מתאים למטען חיובי, אם המטען שלילי יש להשתמש באופן דומה ביד ימין. *קיימים כללים נוספים למציאת כיוון הכוח המגנטי.	כלל יד שמאל 

גוף היוצר שדה מגנטי בסביבתו, לכל גוף מגנטי יש שני קטבים מגנטיים : קוטב צפוני וקוטב דרומי. קווי השדה הם קווים סגורים היוצאים מהקוטב הצפוני ונכנסים לקוטב הדרומי. בין קטבים זהים פועל כוח דחייה מגנטי, ובין קטבים שונים פועל כוח משיכה מגנטי.	גוף מגנטי 
זמן מחזור תנועת חלקיק טעון בתוך שדה מגנטי. הכוח המגנטי פועל בניצב לתנועה, כאשר מטען נע בתוך שדה מגנטי בהשפעת הכוח המגנטי בלבד, המטען נע בתנועה מעגלית קצובה, הכוח המגנטי הוא הכוח הצנטריפטלי, נכתוב את משוואת התנועה ונבטא ממנה את זמן המחזור: $\Sigma F_R = m \cdot \omega^2 \cdot R$ $B \cdot q \cdot v \cdot \sin(90) = m \cdot \omega^2 \cdot R \qquad v = \omega \cdot R$ $B \cdot q \cdot \cancel{\omega} \cdot R = m \cdot \omega^2 \cdot \cancel{R}$ $\omega = \frac{B \cdot q}{m} \qquad \omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$ $\frac{2 \cdot \pi}{T} = \frac{B \cdot q}{m}$ $T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$ הכוח המגנטי עוסק במהירות קווית, יש לבטא את המהירות הקווית בתלות במהירות הזוויתית. ביטוי זה מתאים רק למטען הנע בהשפעת הכוח המגנטי בלבד.	$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$
נכתוב את משוואת התנועה ונבטא ממנה את רדיוס המסלול: $\Sigma F_R = \frac{m \cdot V^2}{R}$ $B \cdot q \cdot \cancel{v} \cdot \sin(90) = \frac{m \cdot \cancel{v}^2}{R}$ $R = \frac{m \cdot V}{B \cdot q}$ $R = \frac{m \cdot V}{B \cdot q}$ ביטוי זה מתאים רק למטען הנע בהשפעת הכוח המגנטי בלבד. ביטוי רדיוס המסלול וזמן המחזור לא נתונים בדפי הנוסחאות, לא ניתן לזכור את הביטויים ולהשתמש בהן בבחינת הבגרות, חייבים לפתח אותן. הפתרון של חלק גדול משאלות הבגרות מבוסס על ביטוי זמן המחזור ועל ביטוי רדיוס המסלול.	$R = \frac{m \cdot V}{B \cdot q}$

תנועה בורגית



כאשר מטען נכנס לשדה מגנטי בזווית קטנה מ 90 מעלות, יש להתייחס לתנועת המטען כתנועה המורכבת משתי תנועות בלתי תלויות: בכיוון השדה - המטען מתמיד בתנועתו. ובכיוון ניצב לשדה - המטען נע בתנועה מעגלית קצובה.

משילוב שתי תנועות אלו המטען נע בתנועה ספירלית, הנקראת תנועה בורגית.

גודל מהירות תנועת המטען בכיוון השדה שווה לרכיב מהירות הכניסה V_x בכיוון השדה V_x .

וגודל מהירות המטען בתנועה המעגלית שווה לרכיב המהירות הכניסה V_y בכיוון הניצב לשדה V_y .

P- מרחק הפסיעה - גודל התקדמות המטען בכיוון השדה במשך זמן מחזור אחד בתנועה הניצבת לשדה. **נפתח ביטוי למרחק הפסיעה**, נשתמש בפונקציית מקום זמן של גוף הנע במהירות קבועה, נתייחס לציר אופקי שראשיתו בנקודת תחילת מרחק הפסיעה, וכיוונו בכיוון השדה המגנטי:

$$P = V_x \cdot T$$

$$P = V \cdot \cos(\alpha) \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$$

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot m \cdot V \cdot \cos(\alpha)}{B \cdot q}$$

הביטוי לא נתון בדפי הנוסחאות יש לדעת כיצד לפתח אותו.

בורר מהירויות

תפקיד המכשיר: לבורר מהירויות נכנסים מטענים במהירויות שונות ויוצאים רק המטענים במהירות הרצויה.

אופן פעולה: בתוך בורר המהירויות קיימים שני שדות: שדה מגנטי ושדה חשמלי, השדות ניצבים נצבים זה לזה.

בהתאם לכיוון תנועת המטען ולכיוון השדות כאשר מטען נכנס לתוך שדות אלו פועלים על המטען כוח מגנטי וכוח חשמלי, בכיוונים מנוגדים.

מעריכת תרשים כוחות וכתובת משוואת ההתמדה, ניתן לבטא את גודל המהירות הרצויה



$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_B = F_E$$

$$B \cdot q \cdot V \cdot \sin(90) = E \cdot q$$

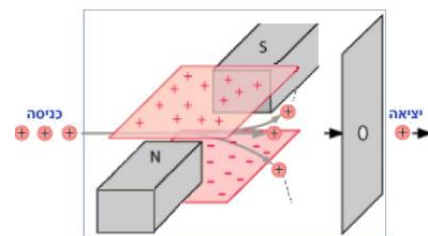
$$B \cdot V = E$$

$$V = \frac{E}{B}$$

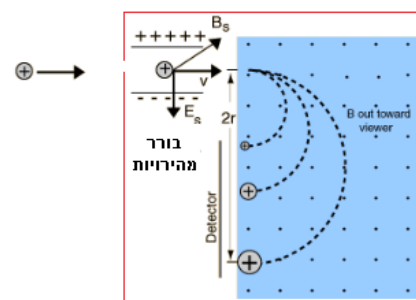
לסיכום: לתוך הבורר נכנסים מטענים במהירויות שונות, רק מטענים

שמהירותם שווה ליחס גודלי השדות: $V = \frac{E}{B}$ יתמידו בתנועתם, ינועו בקו ישר ויצאו בחריץ היציאה.

בעזרת שליטה על גודלו של השדה המגנטי ולא גודלו של השדה החשמלי ניתן לשלוט על מהירות הבורר, המהירות שבה המטען יצא דרך הבורר.



ספקטוגרף מסות



ספקטוגרף מסות משמעותו - תיאור חזותי של תחום מסות.

תפקיד המכשיר: לספקטוגרף נכנסים חלקיקים בעלי מסות שונות ומהירויות שונות, הספקטוגרף "מנתב" כל חלקיק לגלאי בהתאם למסתו, כך שהחלקיק בעל המסה הגדולה ביותר ינותב לקצה האחד של הגלאי, והחלקיק שמסתו קטנה ביותר תנותב לקצה השני.

כל חלקיק אחר ינותב בהתאם לגודל מסתו היחסית למיקום מתאים בגלאי, בין שני הקצוות.

אופן פעולה: בתוך הספקטוגרף קיים בורר מהירויות, ושדה מגנטי אחד.

מבורר המהירויות יוצאים חלקיקים בעלי מהירות זהה ומסה שונה.

החלקיקים היוצאים מהבורר נכנסים לשדה המגנטי ונעים בתנועה מעגלית.

ממשוואת התנועה המעגלית, ניתן לקבוע שרדיוס מסלול התנועה תלוי ביחס ישר במהירות המטען. ניתן "לראות" את ספקטרום המסות על הגלאי.

אם נסמן את השדה המגנטי בבורר ב B_S את השדה החשמלי בבורר ב E_S , ואת השדה המגנטי אליו נכנסים המטענים ב B .

נכתוב את משוואת התנועה המעגלית לתנועת מטען בשדה המגנטי B , ונבטא ממנה את מסת המטען בתלות ברדיוס המסלול:

$$\Sigma F_R = \frac{m \cdot V^2}{R}$$

$$B \cdot q \cdot v \cdot \sin(90) = \frac{m \cdot V^2}{R}$$

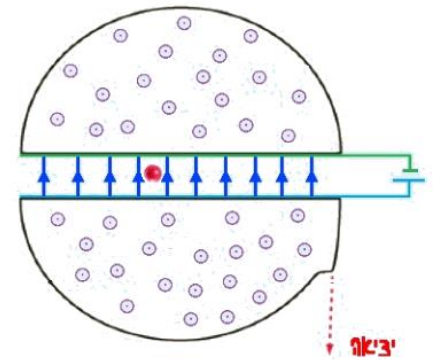
$$B \cdot q \cdot v = \frac{m \cdot V^2}{R}$$

$$R = \frac{m \cdot V}{B \cdot q}$$

מביטוי זה ניתן לראות שככל שמסתו של החלקיק גדולה יותר כך רדיוס המסלול יהיה גדול יותר.

הביטוי לא נתון בדפי הנוסחאות, כדי להשתמש בו בבחינת הבגרות, יש לפתח אותו ממשוואת התנועה

ציקלוטרון



המילה ציקלוטרון היא הלחם המילים electron - i cycle .

תפקיד המכשיר: האצת חלקיקים טעונים (הגדלת גודל מהירותם).

אופן הפעולה: הציקלוטרון מורכב משלושה שדות : שני שדות מגנטיים ביניהם קיים שדה חשמלי.

השדה החשמלי גורם להפעלת כוח חשמלי המאיץ את המטען. השדה המגנטי גורם לכוח מגנטי הגורם למטען לנוע בתנועה מעגלית , לחזור לאזור ההאצה (לשדה החשמלי).

קוטביות השדה החשמלי משתנה כך שהכוח החשמלי תמיד עושה עבודה חיובית על החלקיק.

מהירות יציאת החלקיק מהציקלוטרון תלויה ברדיוס המסלול המקסימלי האפשרי.

נכתוב את משוואת התנועה המעגלית. ונבטא ממנה את המהירות המקסימלית:

$$\Sigma F_R = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

$$B \cdot q \cdot v \cdot \sin(90) = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

$$v_{\max} = \frac{B \cdot q \cdot R_{\max}}{m}$$

כיוון השדה החשמלי צריך להתהפך בכל חצי זמן מחזור, לשם כך קוטביות הסוללה מתחלפת בכל חצי זמן מחזור:

נכתוב את משוואת התנועה המעגלית ונבטא ממנה את זמן החלפת קוטביות הסוללה:

$$B \cdot q \cdot v \cdot \sin(90) = m \cdot \omega^2 \cdot R$$

$$B \cdot q \cdot \omega \cdot R = m \cdot \omega \cdot \omega \cdot R$$

$$\omega = \frac{B \cdot q}{m} = \frac{2 \cdot \pi}{T}$$

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$$

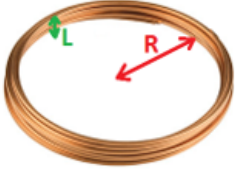
$$t = \frac{T}{2} = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{2 \cdot B \cdot q} = \frac{\pi \cdot m}{B \cdot q}$$

$$t = \frac{\pi \cdot m}{B \cdot q}$$

מבחינה הנדסית הציקלוטרון נבנה כך שהחלקיקים יכולים לנוע בחופשיות בין השדות השונים.

השדות המגנטיים נמצאים בתוך גופים מתכתיים שצורתם D , הם נקראים "דיים".

הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי. כאשר יש תנועה מכוונת של אלקטרונים הנעים בתוך המוליך, פועל כוח מגנטי על האלקטרונים, האלקטרונים מוגבלים בתנועתם, הם נעים רק בתוך המוליך. לכן הכוח מורגש במוליך עצמו. L הוא לא כל אורך המוליך, רק אורך המוליך הנמצא בתוך השדה המגנטי. ניתן לפתח ביטוי זה בעזרת כוח לורנץ. עבור N אלקטרונים הנעים במשך t שניות במוליך שאורכו L. (ראו קיוב 47) אין צורך לפתח את הביטוי זמן הבחינה, הביטוי נתון בדפי הנוסחאות. להבנה טובה, חשוב להכיר את הפיתוח. הביטוי מתאים לתיאור הכוח המגנטי הפועל על תיל ישר בלבד.	$F = B \cdot L \cdot I \cdot \sin(\alpha)$
הכוח המגנטי ליחידת אורך, הפועל בין שני מוליכים נושאי זרם ישרים אין סופיים ומקבילים. משימוש בכלל יד ימין ניתן למצוא את כיוון השדה המגנטי שכל מוליך יוצר במוליך הסמוך לו, מכלל יד שמאל ניתן למצוא את כיוון הכוח המגנטי הפועל על כל מוליך. משימוש בשני כללים אלו, נימצא שכאשר כיוון הזרם במוליכים הוא זהה פועל בין המוליכים כוח משיכה. וכאשר כיווני הזרמים שונים פועל כוח דחייה. (ראו קיוב 47) הביטוי מתאר את הכוח ליחידת אורך ולא את הכוח המגנטי, מכיוון שהמוליך מתאים למוליך אין סופי, הכוח תמיד יהיה אין סופי. לכן הביטוי מבטא את הכוח ליחידת אורך. (ניסוח למטר). הביטוי מתאים למוליכים ישרים ואין סופיים באורכם, בפועל אנחנו משתמשים בביטוי זה בקירוב גם למוליכים שהם לא אין סופיים באורכם. ניתן לפתח את הביטוי בעזרת ביטוי השדה המגנטי הנוצר מתיל ישר, והכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם (ראו קיוב 47). הביטוי מופיע בדפי הנוסחאות אין צורך לפתח אותו. ערכו של μ_0 נתון בדפי הנוסחאות: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \left[\frac{T \cdot m}{A} \right]$	$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \sin(\alpha)}{2 \cdot \pi \cdot d}$

גודל השדה המגנטי בנקודה הנמצאת במרחק r ממוליך ישר.	$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$
כיוון האגודל של יד ימין בכיוון הזרם וכיוון ארבעת האצבעות בכיוון קווי השדה. סביב תיל ישר קווי השדה המגנטי הם קווים סגורים. כדי למצוא את כיוון השדה המגנטי בנקודה כלשהי בסביבת המוליך יש להשתמש בכלל יד ימין. הביטוי מופיע בדפי הנוסחאות אין צורך לפתח אותו.	כלל יד ימין 
גודל השדה המגנטי בנקודת מרכז כריכה מעגלית נושאת זרם. הביטוי מתאים רק לנקודת מרכז הכריכה. ניתן להשתמש בכלל יד ימין כדי למצוא את כיוון השדה המגנטי בנקודת מרכז הכריכה. ובכל נקודה אחרת בתוך ומחוץ לכריכה. כיוון השדה המגנטי בכל נקודה בתוך הכריכה הוא זהה והפוך לכיוון השדה המגנטי מחוץ לכריכה.	$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot R}$
עוצמת השדה המגנטי במרכז סליל מעגלי דק. בעל N כריכות. סליל מעגלי דק הוא אוסף של N כריכות מעגליות, עוצמת השדה במרכז הכריכות גדולה פי N מעוצמת השדה המגנטי הנוצר מכריכה אחת. הביטוי מופיע בדפי הנוסחאות אין צורך לפתח אותו. הביטוי מתאים לסליל שכל הכריכות בו לופפו באותו כיוון, אחרת יוצרו בנקודת מרכז הסליל שדות מגנטיים בכיוונים מנוגדים.	$B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{2 \cdot R}$ 
עוצמת השדה המגנטי לאורך ציר הסילוניות, בתוך הסילוניות. סילוניות ארוכה היא אוסף של כריכות בעלות רדיוס קטן המלופפות על אורך הגדול יחסית לרדיוס הכריכות. היחס בין מספר הכריכות N, לבין אורך הסילוניות L נקרא צפיפות הליפופים n: $n = \frac{N}{L}$ בשונה מסליל מעגלי דק, בסילוניות ארוכה עוצמת השדה לא תלויה ברדיוס הכריכות. צפיפות הליפופים n, תלוי רק בקוטר המוליך: $n = \frac{1}{d}$ ביטוי השדה מתאים רק לקטע ציר הסילוניות הנמצא בתוך הסילוניות.	$B = \mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot I$ 