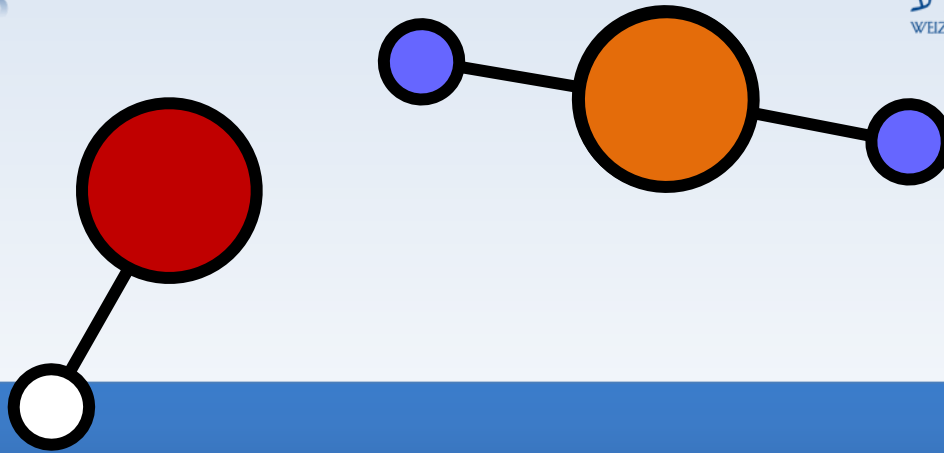
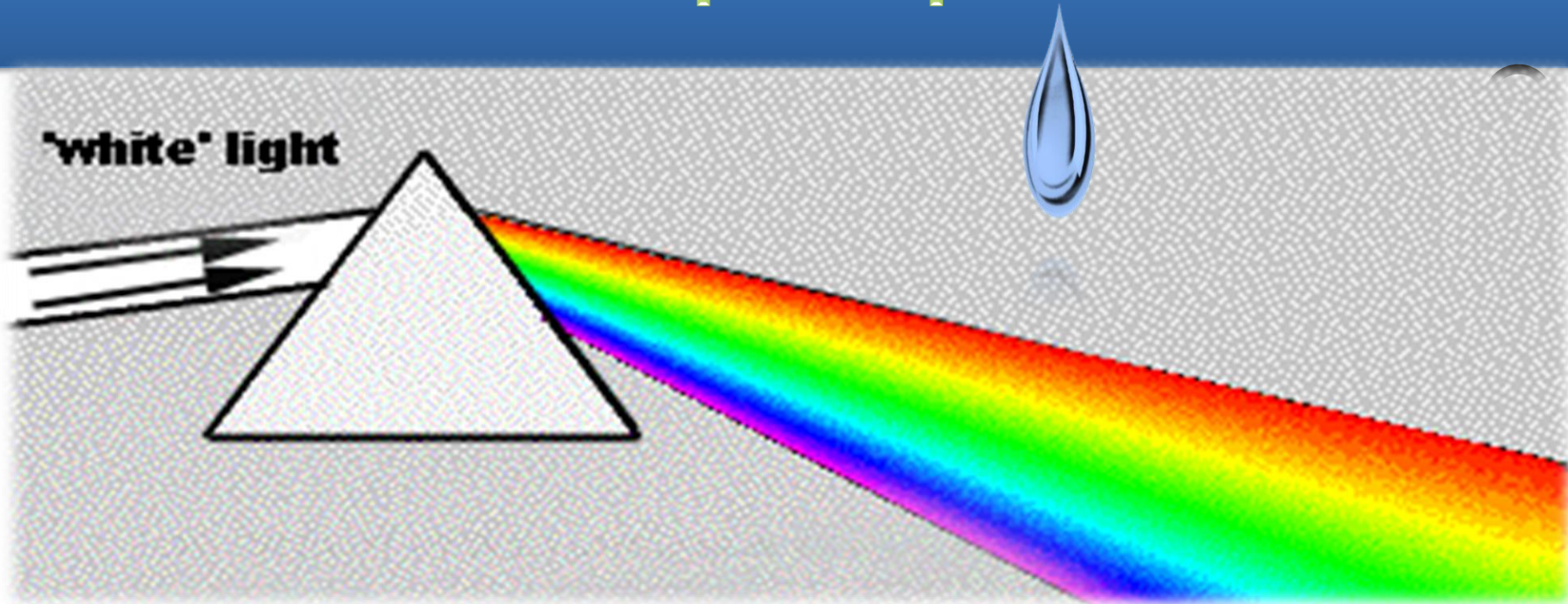
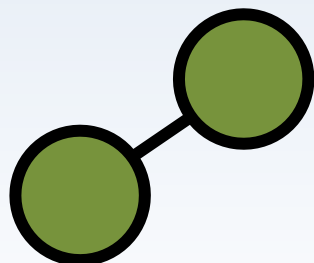


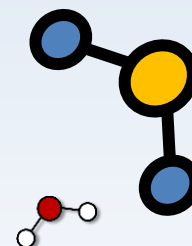


ספקטרוסקופיה





ספקטרוסקופיה- מה זה?



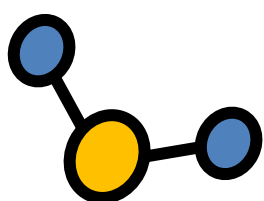
קרינה אלקטרומגנטית וספקטרום



חוק בר-למברט ובליעה של אור



קביעת ריכוז כלורידים בשיטה הספקטרוסקופית



מה אנחנו צריכים כבר לדעת?

מבנה מולקולת המים 

סוג קישור תוך ובינמולקולרי, אלקטרושליליות.

תהליכי המסה במים: חומרים קלי וקשי תמס, תגובות

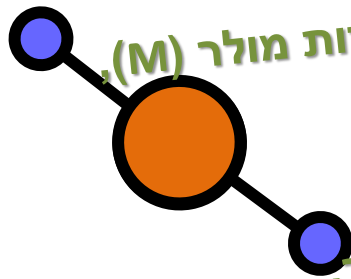
שיקוע

סטויכיומטריה: חישובי ריכוזים, יחידות מולר (M), 

יחידות ריכוז mg/L , יחידות ריכוז ppm .

שיטות אנליטיות: טיטרציה, אינדיקטור, 

גרפים: שרטוט, קנה מידה, משתנה תלוי ובלתי תלוי 



נפח תרכיז הפטל
200 מ"ל תמיסה

= ריכוז של מיץ הפטל



נפח תרכיז הפטל
200 מ"ל תמיסה

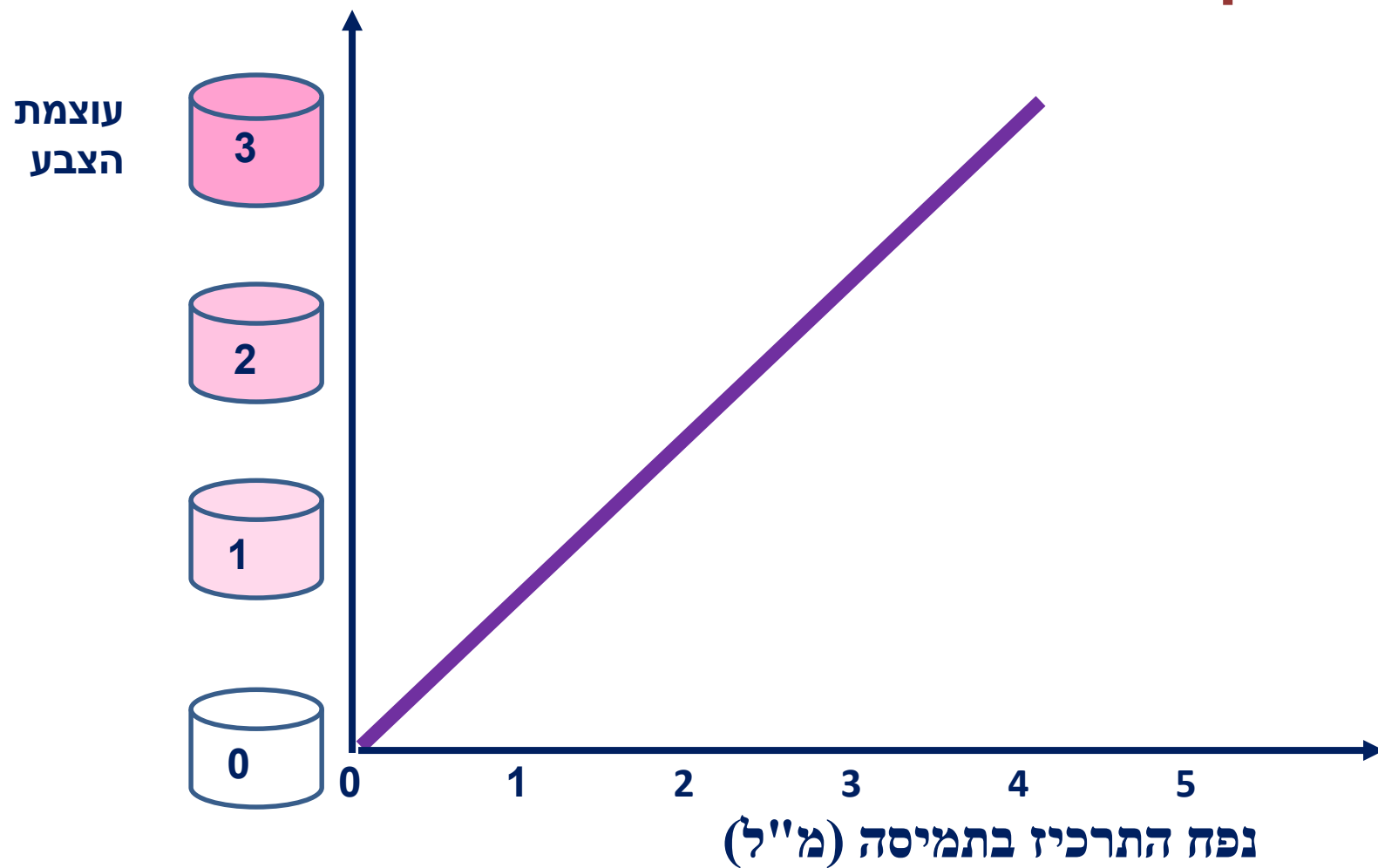
= ריכוז של מיץ הפטל

- נכין תמיסות בעלות ריכוז ידוע.
- נשווה את צבע התמיסה בעלת הריכוז הלא ידוע לתמיסות בריכוז ידוע. על פי הצבע נוכל לדעת את ריכוז תמיסת הנעלם

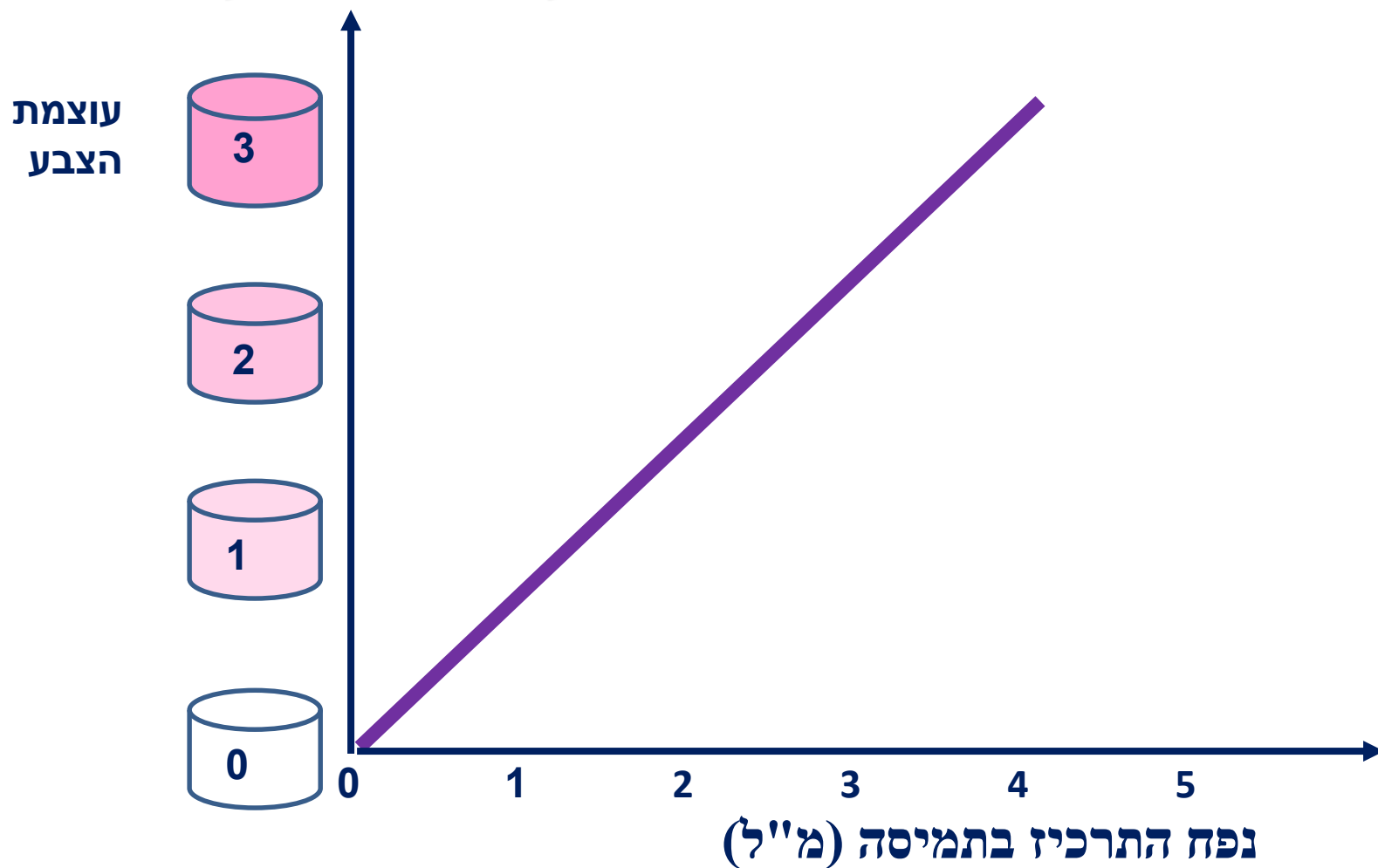


כיצד מכמתים את עוצמת הצבע?

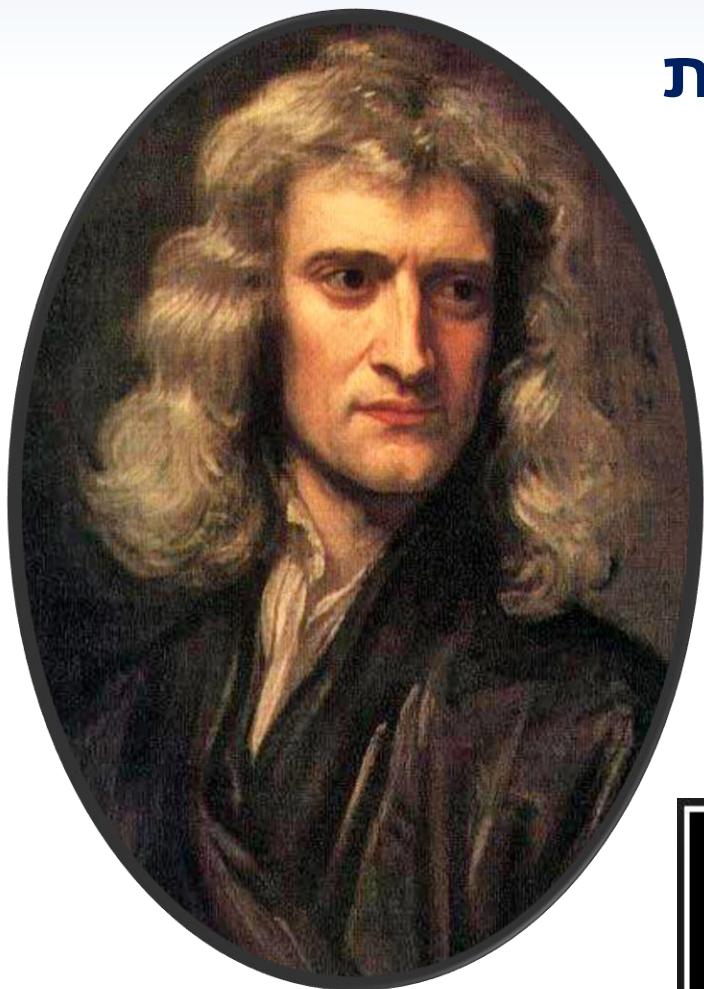
נצייר גרף:



ככל שיש יותר תרכיז פטל בכוס- עוצמת הצבע גדלה.

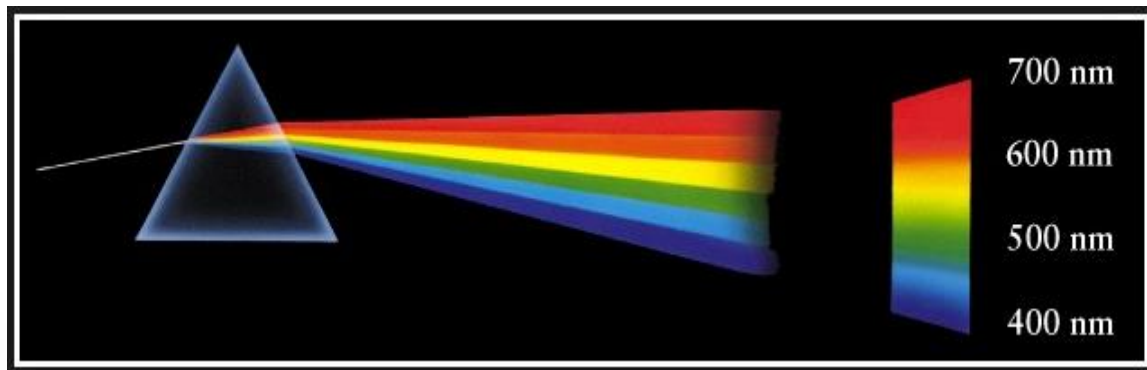


שיטה שמזהה ומכמתת חומרים בעזרת
האינטראקציה בין אור וחומר



אייזק ניוטון
פיזיקאי ומתמטיקאי אנגלי
1727-1643

סיפור הספקטרוסקופיה
התחיל כאשר ניוטון הניח
מנסרה באמצע קרן אור
שמש בחריץ בין הוילונות.



קו הזמן בחקר ספקטרוסקופיה

<http://www.spectroscopyonline.com/timeline-atomic-spectroscopy?id=&pageID=1&sk=&date=>

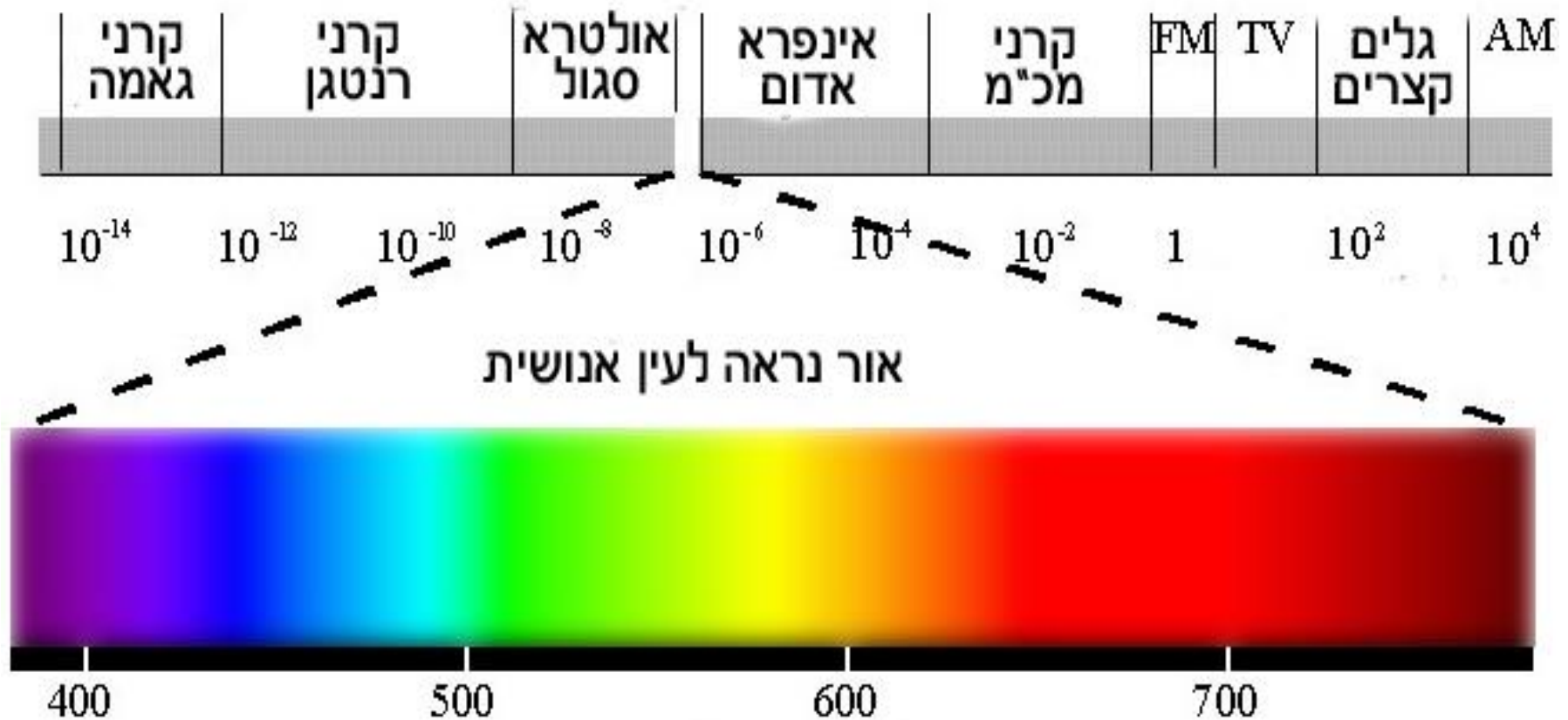
1868	Anders Jonas Ångström (1814–1874)	שוודיה-ביטוי קווי ספקטרום של השמש על ידי יחידות 10^{-10} מטר: יחידת האנגסטרם
1860	Kirchoff and Bunsen	גילוי צזים ורובידיום באמצעות טכניקות אנליזה ספקטרליות
1859	Gustav Robert Kirchoff (1824–1887) Robert von Bunsen (1811–1899)	גרמניה-גילוי קווי ספקטרום ליסודות
1852	August Beer (1825–1863)	גרמניה-כמות האור הנבלע הוא יחסי לכמות המומס בתמיסה מימית
1851	M.A. Masson	בניית הספקטרוסקופ ראשון
1826	William Henry Fox Talbot (1800–1877)	סקוטלנד-למלחים שונים צבעי להבה שונים
1802	William Hyde Wollaston (1766–1828)	אנגליה-הבחין בקווים כהים בספקטרום של השמש
1776	Alessandro Volta (1745–1827)	איטליה-לחומרים צבעים שונים וזיהוי גזים שונים על ידי אור הנפלט בנוכחות גץ
1760	Johann Heinrich Lambert (1728–1777)	גרמניה-חוק הבליעה
1752	Thomas Melville (1726–1753)	סקוטלנד-בשריפת תערובת מלח ים ואלכוהול נפלט אור צהוב
1729	Pierre Bougeur (1698–1758)	צרפת-כמות האור העובר במדגם נוזלי יורדת עם סמיכות הנוזל
1678	Christian Huygens (1629–1695)	הולנד-תיאוריה גלית של האור
1666	Isaac Newton (1642–1727)	אנגליה-אור לבן מהשמש יכול להתפזר לסדרת צבעים "ספקטרום"

קו הזמן בחקר ספקטרוסקופיה

<http://www.spectroscopyonline.com/timeline-atomic-spectroscopy?id=&pageID=1&sk=&date=>

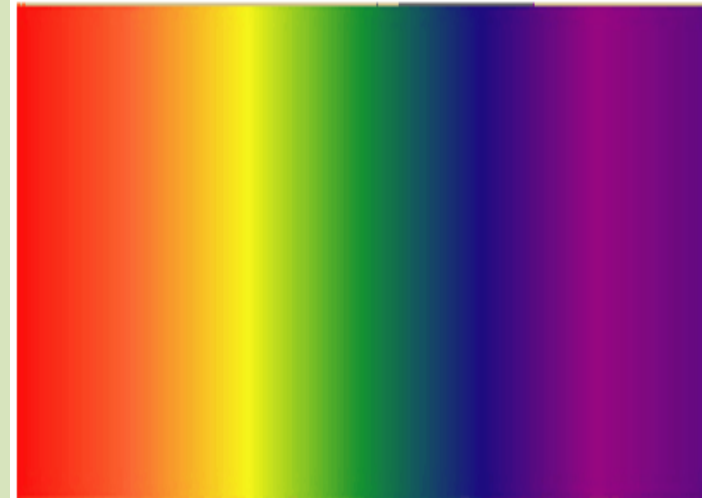
1948	William Shockley, John Bardeen, and Walter Brattain	ארצות הברית-המצאת הטרנזיסטור
1927	Heisenberg	עיקרון אי הוודאות המסביר את רוחב הקווים הספקטרליים
1926	Erwin Schrödinger (1887–1961)	גרמניה-פיתוח מכניקה גלית והקשר למתמטיקה
1925	Friedrich Hund (1896–1997)	גרמניה-חוקים אמפיריים לספקטרוסקופיה אטומית (כלל הונד)
1923	Louis de Broglie (1892–1987)	צרפת-האופי הגלי של האלקטרון
1913	Niels Bohr (1885–1962)	דנמרק-התיאוריה האטומית
1908	Hans Geiger (1882–1945)	גרמניה-בניית מכשיר לבדיקת קרינה רדיואקטיבית (מונה גייגר)
1905	Albert Einstein (1879–1955)	האפקט הפוטואלקטרי ותיאוריית היחסות
1900	Max Planck (1858–1947)	גרמניה-מושג הקוואנטום
1897	Joseph Thomson (1856–1940)	אנגליה-גילוי האלקטרון
1896	Antoine Henri Becquerel (1852–1908)	צרפת-גילוי רדיואקטיביות
1895	Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923)	גרמניה-גילוי קרני X
1868		גילוי הליום באמצעות קווים ספקטראליים אופייניים של השמש

ספקטרום הקרינה והאור הנראה



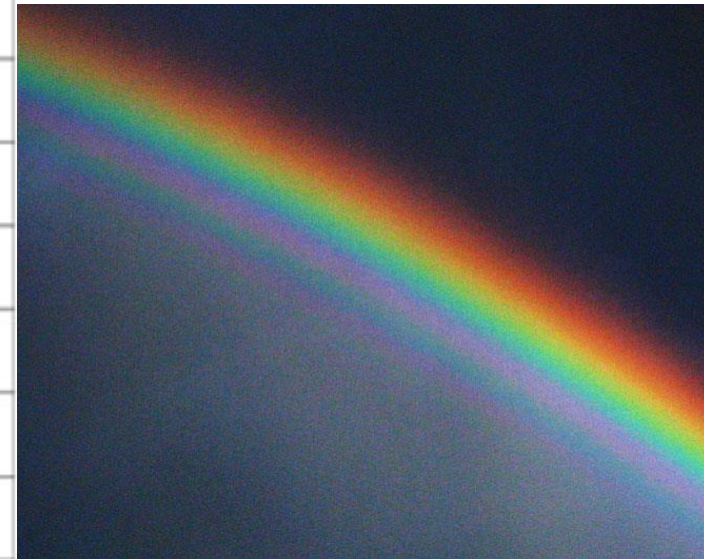
***הערכים בחלק התחתון הם ביחידות של ננומטר (nm) ואילו בחלק העליון ביחידות של מטרים.**
 ננומטר = יח' אורך השווה למיליארדית המטר. מיליארד ננומטר (1,000,000,000) = למטר אחד.
 רק עצמים הגדולים מ-400 ננומטר נראים לעין האדם

שיטה ספקטרלית לקביעת ריכוז יוני כלוריד במים



סגול אינדיגו כחול ירוק צהוב כתום

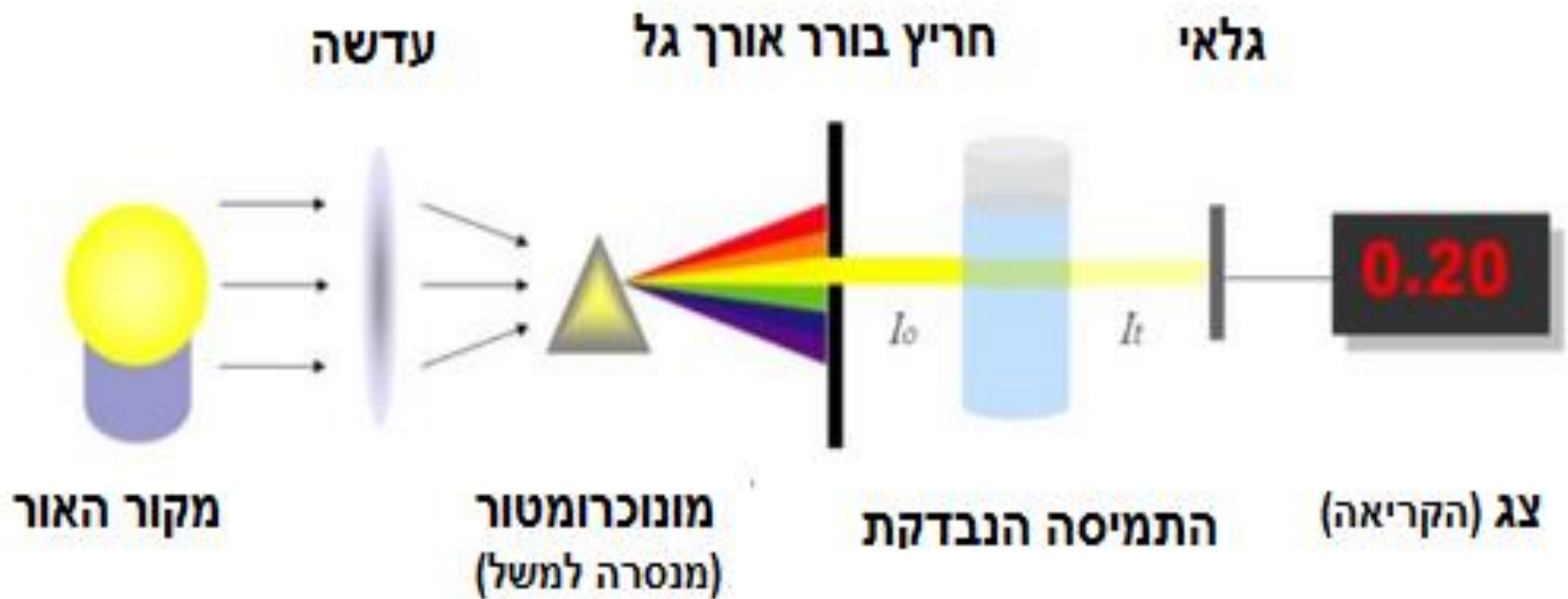
צבע האור הנראה	אורך גל האור הנראה (ננומטר)
סגול	380-430
כחול	430-495
ירוק	495-570
צהוב	570-590
כתום	590-625
אדום	625-750



מכשיר המדידה: ספקטרופוטומטר

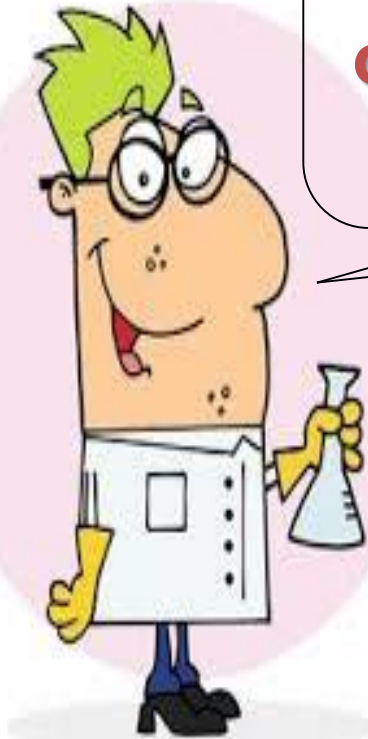
ספקטרופוטומטר הוא מכשיר מדידה המודד את בליעת האור של חומר נבדק באורכי גל שונים.

ניתן לקבל בשיטה זו, מידע על אופי החומר ועל ריכוזו בתמיסה.



חוק בר – למבר (Beer – Lambert)

עוצמת הבליעה של תמיסה צבעונית
תלויה ביחס ישר בריכוז החומר המומס
(בתמיסות מהולות).



$$A = \alpha C$$

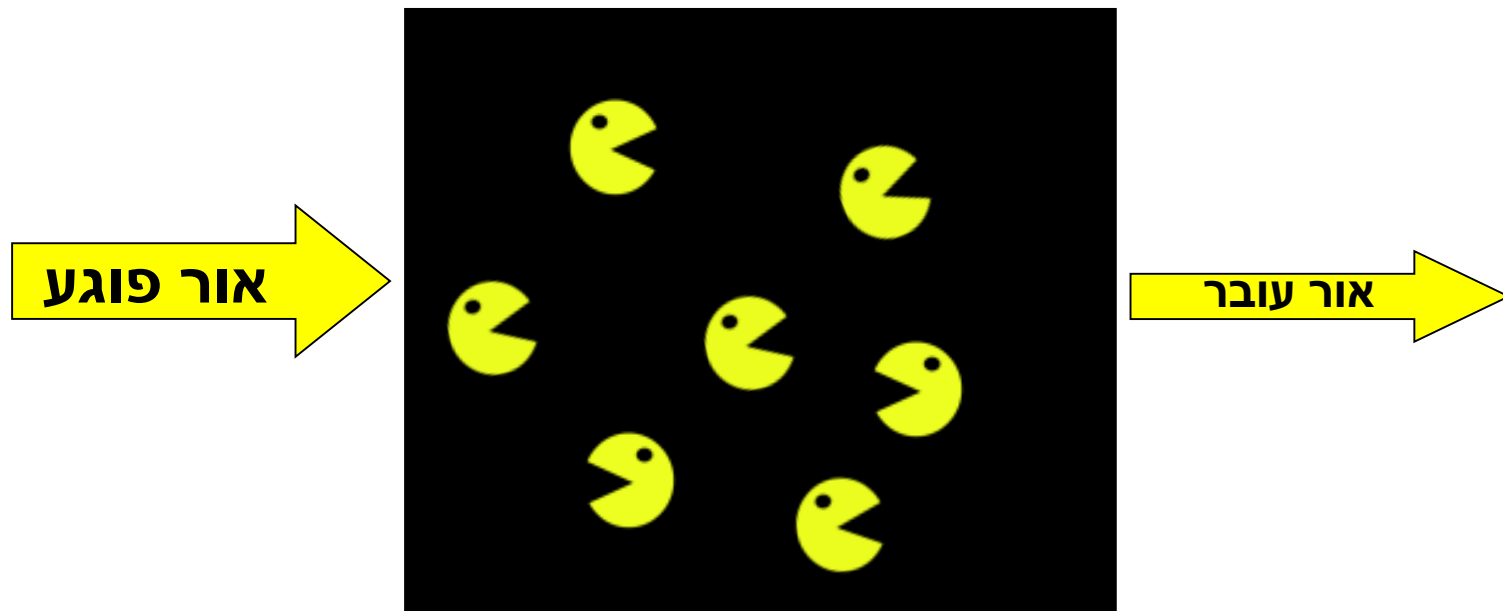
בליעה

ריכוז

פרופורציונלית (ביחס ל...)

חוק בר – למבר (Beer – Lambert)

ככל שהתמיסה מרוכזת יותר, יש בה יותר חלקיקים
הבולעים קרינה ולכן עוצמת הבליעה עולה (בתמיסות מהולות).



כל פאקמן מייצג הרבה תצמידים

חוק בר – למבר (Beer – Lambert)

האם תמיסה בולעת אור בתחום הנראה?



חוק בר – למבר (Beer – Lambert)

האם תמיסה בולעת אור בתחום הנראה?

אם התמיסה חסרת צבע- **לא!**

חוק בר – למבר (Beer – Lambert)

האם תמיסה בולעת אור בתחום הנראה?

אם התמיסה חסרת צבע- **לא!**

תמיסת NaCl היא תמיסה שקופה.

חייבים להגיב את יוני הכלוריד עם חומר אחר כך שיתקבל חומר **צבעוני**. חומר **צבעוני** בולע אורכי גל של האור הנראה

למשל:



צבעוני

חוק בר – למבר (Beer – Lambert)

כדי לבדוק את בליעת התמיסה, כדאי לעשות בדיקה מקדימה על מנת לקבוע את אורך הגל המיטבי האופייני לתמיסה.

נסרוק את כל תחום אורכי הגל של הספקטרום של האור הנראה (400-700 ננומטר). אורך הגל המיטבי שנמצא עבור תמיסת יוני ברזל תיוציאנאט ($\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$) הוא 460nm



חוק בר – למבר (Beer – Lambert)

כל חלקיק של תצמיד – ברזל תיוציאנט בולע קרינה, לכן צריך להיות קשר בין עוצמת הקרינה הנבלעת (A) לריכוז (C) החומר הבולע:

בריכוזים נמוכים קיים קשר ישר

עוצמת
הבליעה

$$A = \alpha C \quad \text{בין } A \text{ ל- } C :$$

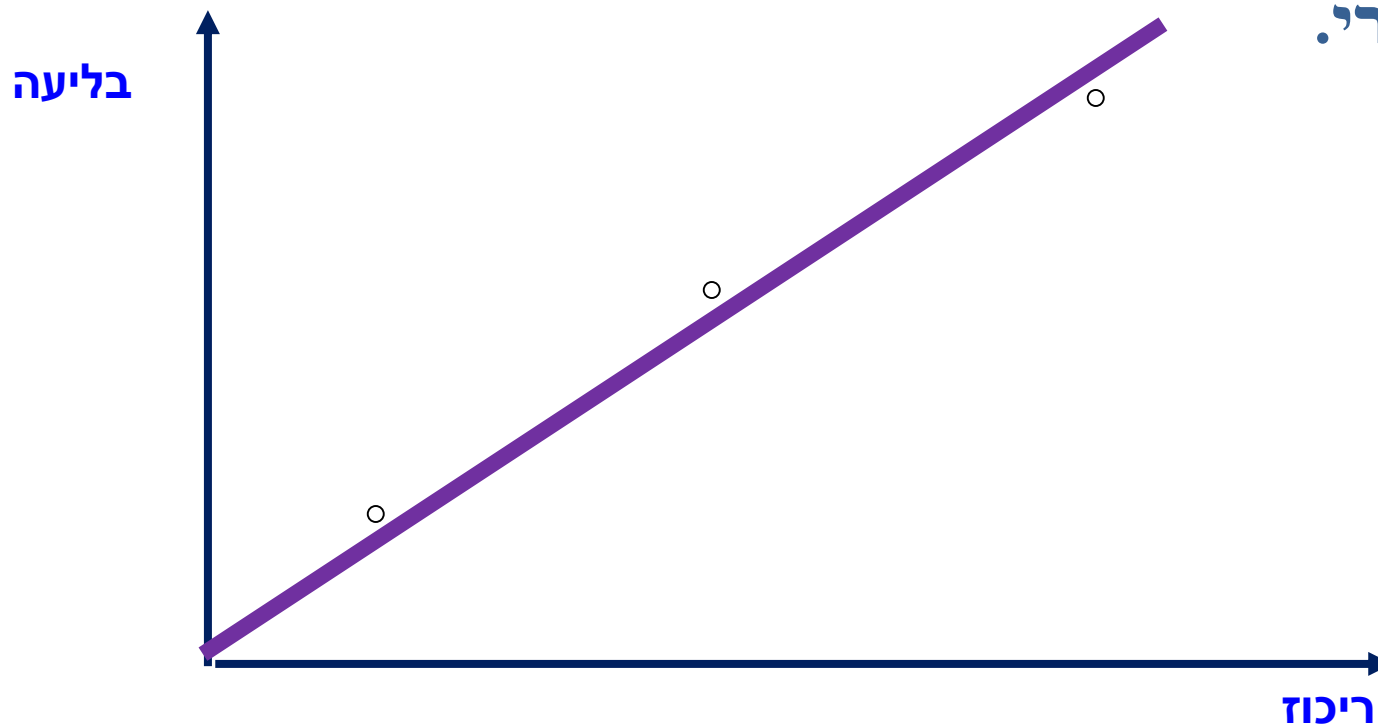
התחום הלינארי ←

ריכוז החומר

גרף כיוול הוא גרף הנבנה על סמך מדידת הבליעה של תמיסות חומר נבדק בריכוזים ידועים (תוך החסרת הבליעה של הממס בתמיסה-בלאנק).

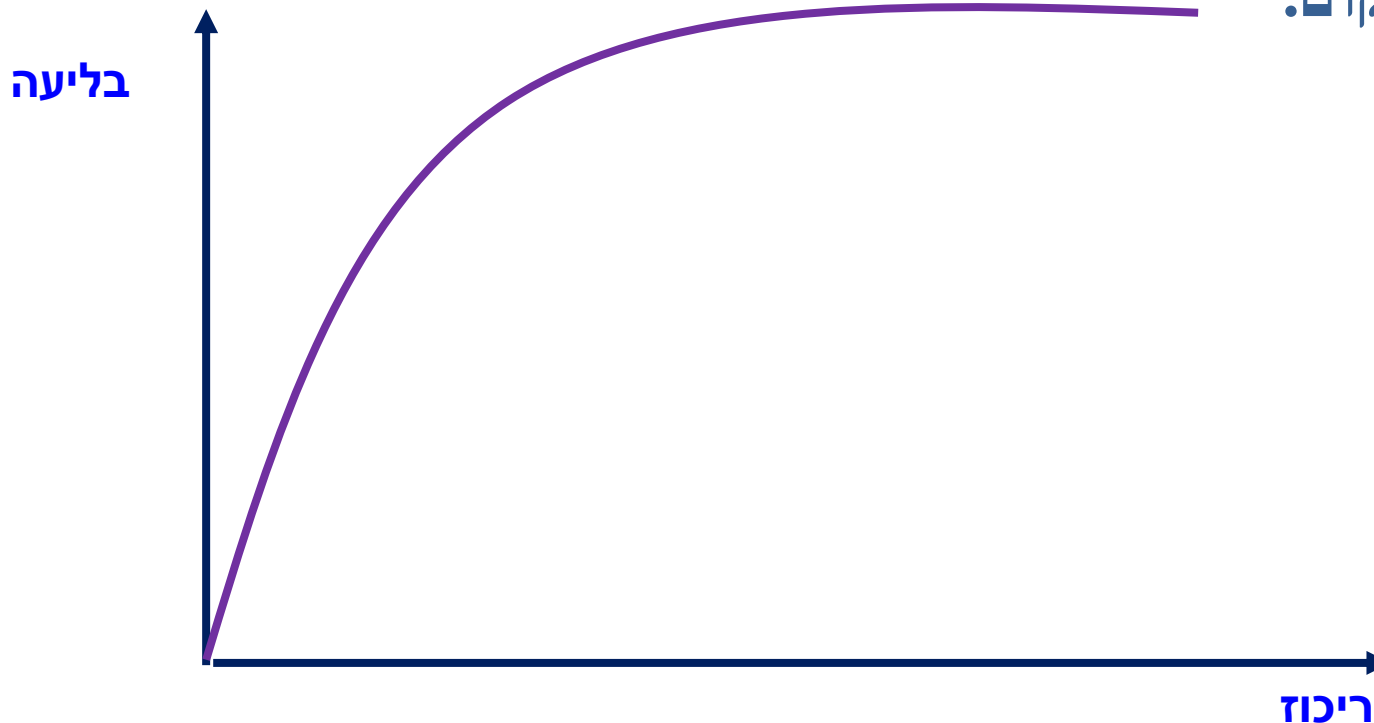
אורך הגל הנבדק הוא אורך הגל המקסימלי (עבור הבליעה מיטבית).

מתקבל גרף ליניארי.



בריוזים גבוהים מדי (עוצמת הצבע גבוהה- תמיסה מרוכזת וכהה),
החלקיקים חוסמים אחד את השני את הקרינה ומסתירים אותה זה
מזה. במקרה כזה, הגרף מתעקם, ואין קשר ליניארי בין הבליעה
לריכוז התמיסה.

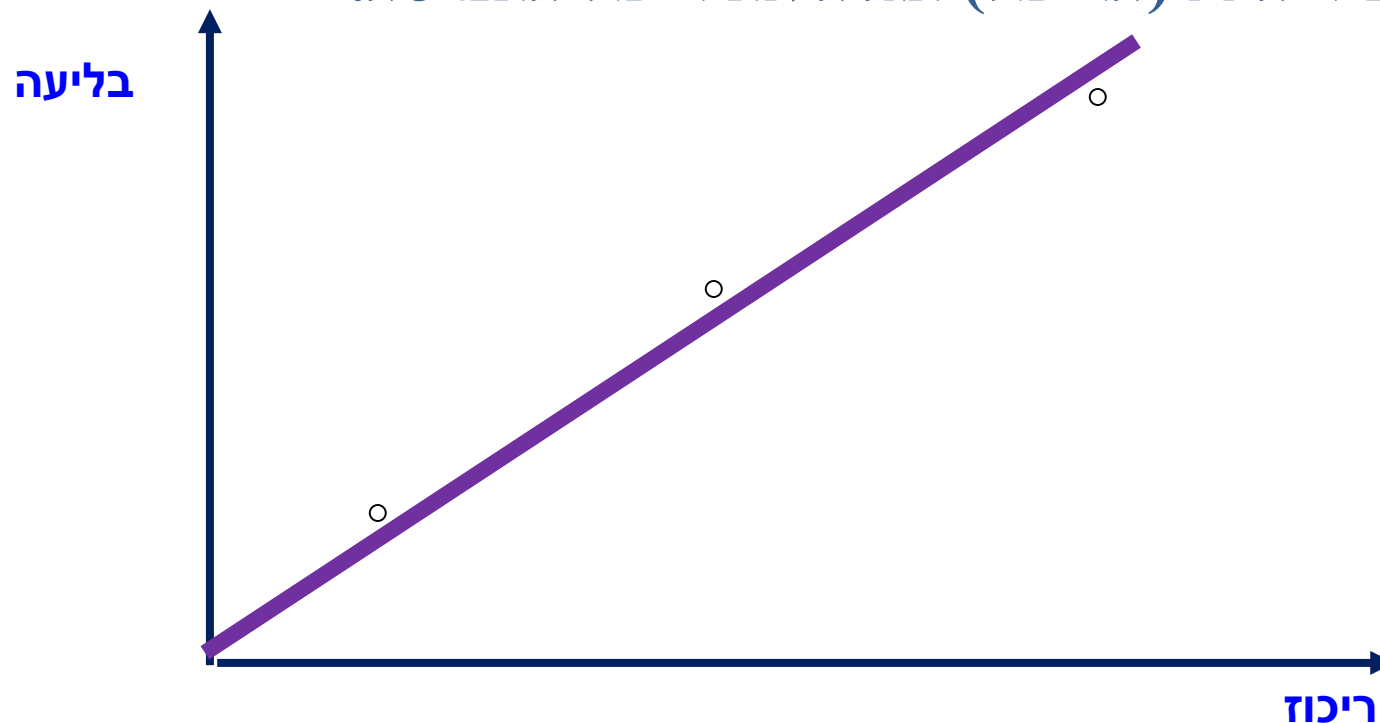
מתקבל גרף עקום.



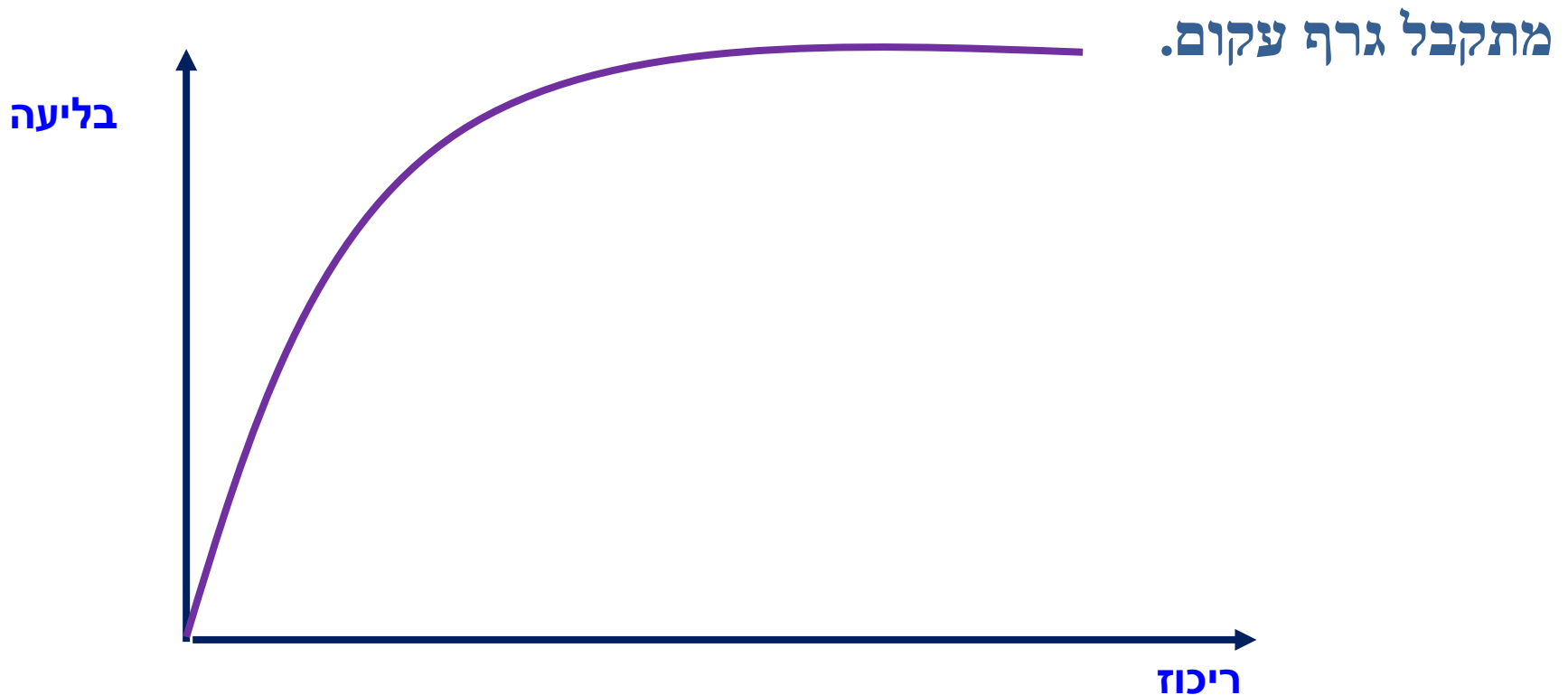
מציאת ריכוז תמיסה על פי גרף הכיול

כאשר ישנה תמיסה בעלת ריכוז שאינו ידוע, ניתן למצוא את ריכוזה על פי גרף הכיול. מודדים את הבליעה של התמיסה בעלת הריכוז הנעלם (מתיחת קו אופקי לציר ה-Y) ומשווים את התוצאה לריכוזים בגרף הכיול.

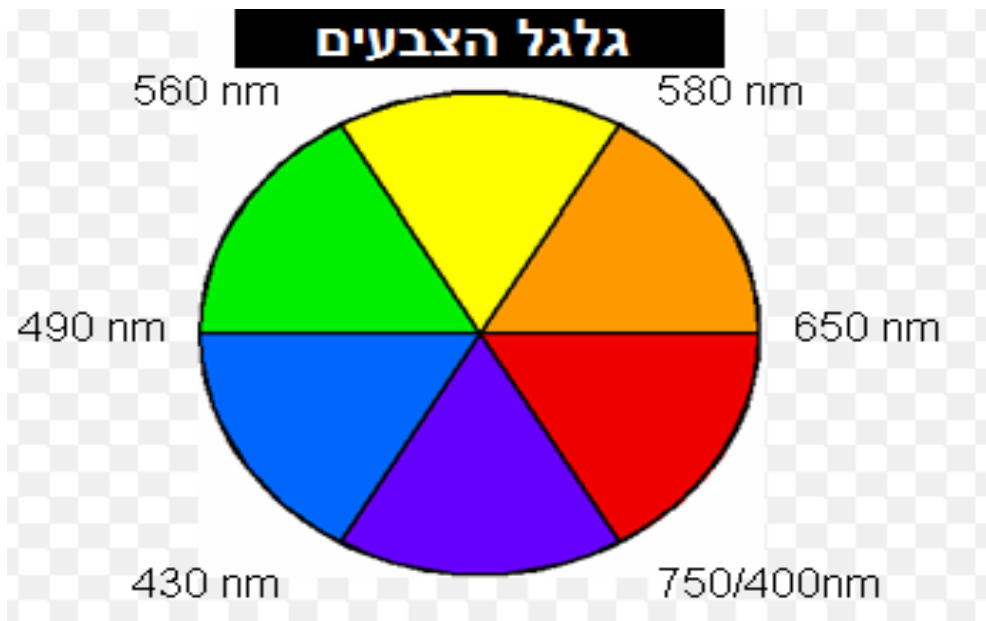
מתיחת קו אנכי לציר ה-X (הריכוז) תגלה את ריכוז התמיסה.



אם התמיסה מרוכזת מדי, יש למהול אותה כדי שהחלקיקים לא יחסמו אחד לשני את הקרינה והקריאה תצא בתחום הליניארי (שבו יש קשר בין הבליעה לריכוז). לאחר קבלת התוצאות, ניתן להכפיל את הריכוז המתקבל על פי המפתח בו השתמשנו במיהול.



- רגישות גבוהה מאוד זיהוי וכמות חומר בריכוזים נמוכים מאד.
- אין פגיעה בחומר הנבדק
- בדיקה נוחה וקלה יחסית
- ניתן לבדוק דגימה מספר פעמים
- זולה יחסית
- מדויקת ומהימנה



א. גילו מעיין שבמים שלו יש יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$. יונים אלו נמצאים גם בתרופות אחדות. את הריכוז של יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$ במי המעיין אפשר למדוד בשיטה הבאה:

מכינים סדרת תמיסות בריכוזים שונים של יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$. מודדים את עצמת הבליעה של כל אחת מתמיסות אלו באורך גל קבוע, ומכינים גרף כיוול. מדוע יש לבצע את המדידות באורך גל קבוע?

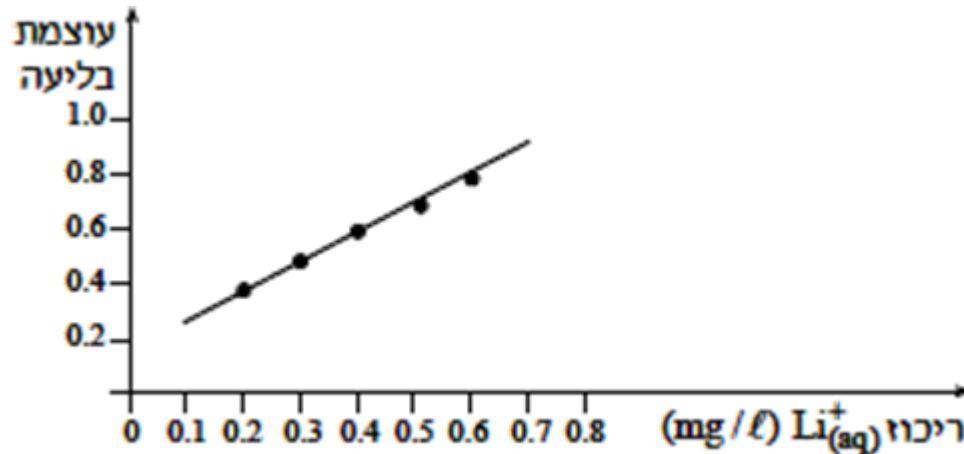
א. גילו מעיין שבמים שלו יש יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$. יונים אלו נמצאים גם בתרופות אחדות. את הריכוז של יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$ במי המעיין אפשר למדוד בשיטה הבאה:

מכינים סדרת תמיסות בריכוזים שונים של יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$. מודדים את עצמת הבליעה של כל אחת מתמיסות אלו באורך גל קבוע, ומכינים גרף כיול. מדוע יש לבצע את המדידות באורך גל קבוע?

תשובה:

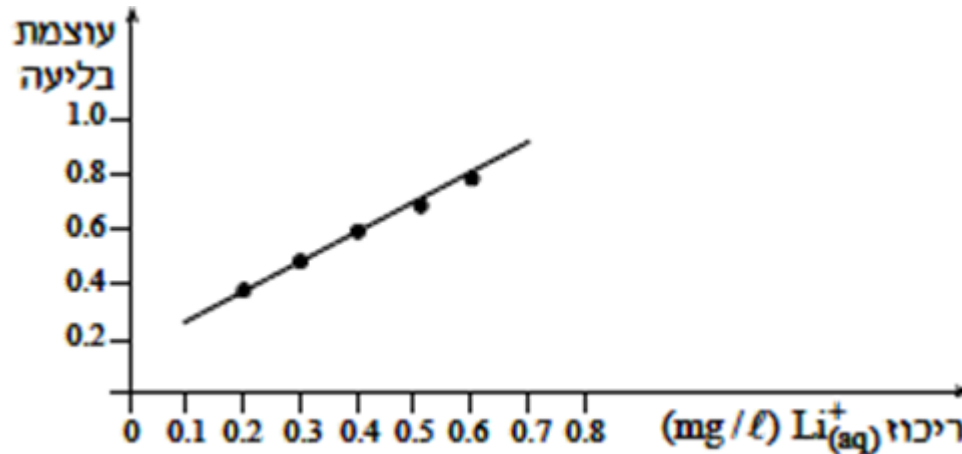
באורכי גל שונים עצמת הבליעה של תמיסה בריכוז כלשהו תהיה שונה. לכן אם נבצע את המדידות באורכי גל שונים לא נקבל גרף כיול לינארי ואמין.

ב. לפניך גרף כיול המתאר את הקשר בין עצמת הבליעה לריכוז יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$ בתמיסה מימית, בתחום הלינארי.



i. הסבר מדוע מתקיים קשר ישר בין עצמת הבליעה לריכוז יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$, כפי שמראה גרף הכיול.

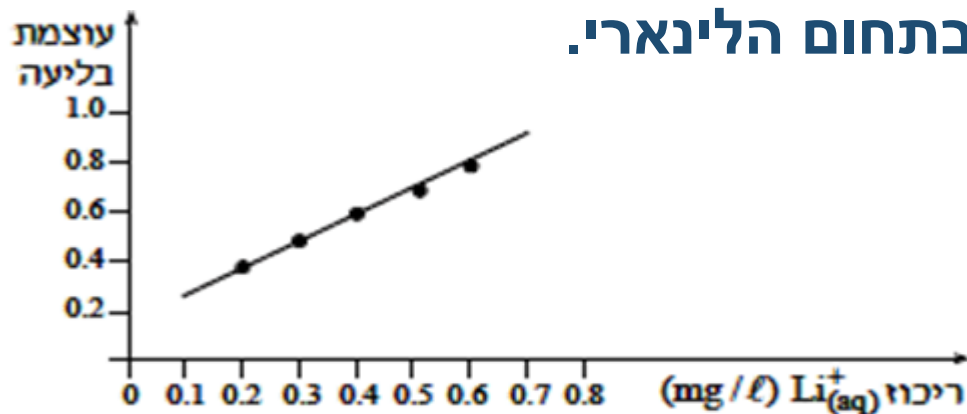
ב. לפניך גרף כיול המתאר את הקשר בין עצמת הבליעה לריכוז יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$ בתמיסה מימית, בתחום הלינארי.



i. הסבר מדוע מתקיים קשר ישר בין עצמת הבליעה לריכוז יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$, כפי שמראה גרף הכיול.

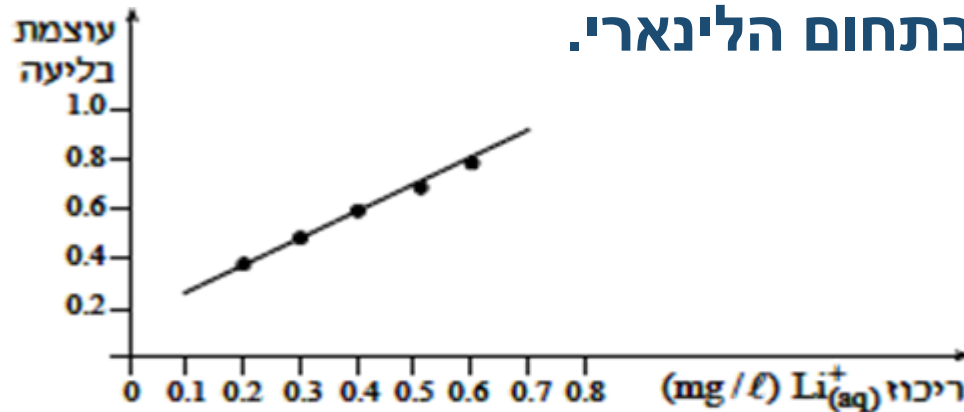
i. כל יון בולע פוטון אחד.
 ככל שהתמיסה מרוכזת יותר, נבלעים פוטונים רבים יותר, כלומר עצמת הבליעה גדולה יותר.

ב. לפניך גרף כיול המתאר את הקשר בין עצמת הבליעה לריכוז יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$ בתמיסה מימית, בתחום הלינארי.



ii. הסבר כיצד אפשר למצוא את ריכוז יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$ במי המעיין, בעזרת גרף הכיול הנתון, כאשר עצמת הבליעה של מדגם שנלקח מהמעיין היא 1.4 .

ב. לפניך גרף כיול המתאר את הקשר בין עצמת הבליעה לריכוז יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$ בתמיסה מימית, בתחום הלינארי.



ii. הסבר כיצד אפשר למצוא את ריכוז יוני $\text{Li}^+_{(\text{aq})}$ במי המעיין, בעזרת גרף הכיול הנתון, כאשר עצמת הבליעה של מדגם שנלקח מהמעין היא 1.4 .

ii. עצמת בליעה של 1.4 היא מעבר לטווח המדידות של גרף הכיול ואי אפשר לדעת אם בליעה זו היא עדיין בתחום הלינארי. יש למהול את התמיסה עד שהבליעה תהיה בטווח גרף הכיול, למצוא מהו הריכוז של התמיסה המהולה, ואז לחשב את ריכוז התמיסה המקורית. לדוגמה: אם מהלנו פי שניים, ריכוז התמיסה המקורית יהיה פי שניים גדול יותר מריכוז התמיסה לאחר המיהול.

כדי לקבוע את ריכוז יוני הכלור בדגימת מים, ביצעו בדיקה ספקטרופוטומטרית. לפניכם שלבי העבודה של הבדיקה, אך השלבים אינם מסודרים בסדר הנכון. קבעו מהו הסדר הנכון של שלבי הבדיקה.

1. מכניסים לספקטרופוטומטר מבחנה עם הדגימה ומודדים את הבליעה.
2. מכניסים לספקטרופוטומטר מבחנה שבה תמיסה בעלת ריכוז ידוע של כלורידים ומודדים בליעה.
3. מכניסים לספקטרופוטומטר מבחנה שבה מים ללא כלורידים ומודדים את הבליעה.
4. מכניסים לספקטרופוטומטר מבחנות נוספות שבכל אחת מהן ריכוז שונה של כלורידים ומודדים את הבליעה שלהן.
5. מכינים סדרת תמיסות בעלות ריכוזים ידועים של כלורידים.
6. משרטטים גרף כיוול.
7. מכוונים את המכשיר לאורך הגל המתאים למדידה.
8. מסמנים על הגרף את הבליעה של הדגימה, ובעזרת הגרף מוצאים מהו ריכוזה.

קבעו מהו הסדר הנכון של שלבי הבדיקה (מימין לשמאל).

1. מכניסים לספקטרופוטומטר מבחנה עם הדגימה ומודדים את הבליעה.
2. מכניסים לספקטרופוטומטר מבחנה שבה תמיסה בעלת ריכוז ידוע של כלורידים ומודדים בליעה.
3. מכניסים לספקטרופוטומטר מבחנה שבה מים ללא כלורידים (בלאנק) ומודדים את הבליעה.
4. מכניסים לספקטרופוטומטר מבחנות נוספות שבכל אחת מהן ריכוז שונה של כלורידים ומודדים את הבליעה שלהן.
5. מכינים סדרת תמיסות בעלות ריכוזים ידועים של כלורידים.
6. משרטטים גרף כיוול.
7. מכוונים את המכשיר לאורך הגל המתאים למדידה.
8. מסמנים על הגרף את הבליעה של הדגימה, ובעזרת הגרף מוצאים מהו ריכוזה.

ג. 5, 8, 3, 6, 4, 2, 1, 7

ד. 7, 6, 8, 5, 2, 4, 1, 3

א. 8, 1, 6, 2, 4, 5, 7, 3

ב. 8, 1, 6, 4, 2, 3, 7, 5

קבעו מהו הסדר הנכון של שלבי הבדיקה (מימין לשמאל).

1. מכניסים לספקטרופוטומטר מבחנה עם הדגימה ומודדים את הבליעה.
2. מכניסים לספקטרופוטומטר מבחנה שבה תמיסה בעלת ריכוז ידוע של כלורידים ומודדים בליעה.
3. מכניסים לספקטרופוטומטר מבחנה שבה מים ללא כלורידים (בלאנק) ומודדים את הבליעה.
4. מכניסים לספקטרופוטומטר מבחנות נוספות שבכל אחת מהן ריכוז שונה של כלורידים ומודדים את הבליעה שלהן.
5. מכינים סדרת תמיסות בעלות ריכוזים ידועים של כלורידים.
6. משרטטים גרף כיול.
7. מכוונים את המכשיר לאורך הגל המתאים למדידה.
8. מסמנים על הגרף את הבליעה של הדגימה, ובעזרת הגרף מוצאים מהו ריכוזה.

ג. 5, 8, 3, 6, 4, 2, 1, 7

ד. 7, 6, 8, 5, 2, 4, 1, 3

א. 8, 1, 6, 2, 4, 5, 7, 3

ב. 8, 1, 6, 4, 2, 3, 7, 5

ככל שריכוז התמיסה גדול יותר, יותר פוטונים נבלעים על ידי החלקיקים, ועצמת הקרינה היוצאת ממבחנת הדגימה קטנה יותר.

חוק בר- למבר: בריכוזים נמוכים יש קשר ישר בין ריכוז התמיסה לבליעה.

בגרף כיול משרטטים את עצמת הבליעה מול ריכוז התמיסה.

עצמת הבליעה של התמיסות השונות נמדדת בעזרת ספקטרוֹפוטוֹמֶטר.

אפשר לקבוע את ריכוז הכלורידים במים בשיטה ספקטרוֹפוטומטרית, שהיא רגישה יותר מהטיטרציה לקביעת ריכוז כלורידים.