

ביוכימיה

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שלושה פרקים:

פרק ראשון	20 נקודות
פרק שני	48 נקודות
פרק שלישי	32 נקודות
סה"כ	100 נקודות

ג. חומר עזר מותר לשימוש: כל חומר עזר.

ד. הוראות מיוחדות:

- ענה על השאלות לפי ההוראות המפורטות בראש כל פרק.
- בתשובה על שאלת חישוב, עליך להציג בפירוט את שלבי הפתרון ולהסבירם בקצרה. קבלת מרב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב כטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
כתוב "טייטה" בראש כל עמוד טייטה. כתיבת טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 17 עמודים ו-3 עמודי נספחים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר, אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

בהצלחה!

השאלות

פרק ראשון (20 נקודות)

ענה על עשר מבין השאלות 1–12 בתשובון שבעמוד 19 במחברת הבחינה שלך (לכל שאלה – 2 נקודות).
לכל שאלה ארבע תשובות, שרק אחת מהן נכונה.
סמן × במשבצת שמתחת לאות המציינת את התשובה שבחרת.

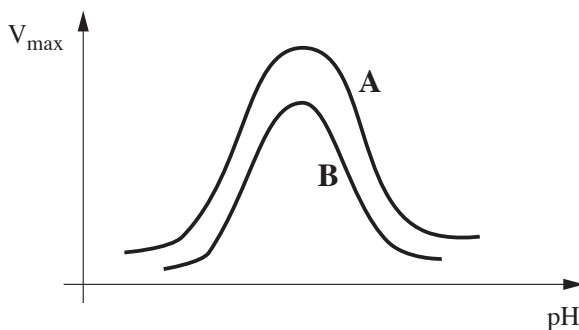
שאלה 1

מהי השיטה המתאימה ביותר להפרדה בין החומצה האמינית פניל־אלנין ובין החומצה האמינית טירוזין?

- דיאליזה
- עמודת מחליף אניונים ב- $\text{pH} = 6$
- כרומטוגרפיה בשכבה דקה
- אלקטרופורזה ב- $\text{pH} = 4$

שאלה 2

באיור לשאלה 2 מוצג הקשר בין הפעילות המרבית (המקסימלית) של אנזים ובין ה- pH . מהו ההיגד הנכון?



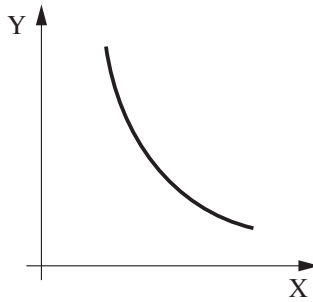
איור לשאלה 2

- בעקומה A מתוארת פעילות של אנזים בריכוז גבוה יותר מזו המתוארת בעקומה B.
- בעקומה A מתוארת פעילות של אנזים על ריכוז מצע גבוה יותר מזו המתוארת בעקומה B.
- בעקומה A מתוארת פעילות של אנזים בנוכחות מעכב תחרותי, ובעקומה B מתוארת פעילות של אנזים ללא מעכב.
- בעקומה A מתוארת פעילות של אנזים בנוכחות מעכב לא תחרותי, ועקומה B מתוארת פעילות של אנזים ללא מעכב.

שאלה 3

הגרף שבאיור לשאלה 3 מתאר את הקשר בין פעילות האנזים ליזוזים בפירוק דופנות חיידקים ובין זמן התגובה.

מה מייצג ציר X ומה מייצג ציר Y ?



איור לשאלה 3

- א. ציר X – זמן התגובה, וציר Y – ריכוז התוצרים
- ב. ציר X – ריכוז התוצרים, וציר Y – זמן התגובה
- ג. ציר X – זמן התגובה, וציר Y – ריכוז המצע
- ד. ציר X – ריכוז המצע, וציר Y – זמן התגובה

שאלה 4

מהו ההיגד הנכון?

- א. מעכב תחרותי מתחרה עם המצע על אתר הקישור לאנזים, ולכן הוא מגדיל את ערך ה- K_m של האנזים.
- ב. מעכב תחרותי מתחרה עם המצע על האתר הקטליטי באנזים, ולכן הוא מקטין את ערך ה- V_{max} של האנזים.
- ג. מעכב לא תחרותי נקשר לאתר הקטליטי באנזים, ולכן הוא מקטין את ערך ה- K_m של האנזים.
- ד. מעכב לא תחרותי נקשר לאתר הקישור באנזים, ולכן הוא מגדיל את ערך ה- K_m של האנזים.

שאלה 5

אילו מהחומרים הבאים אינם יוצרים פולימרים?

- א. חד-סוכרים
- ב. חומצות שומן
- ג. חומצות אמיניות
- ד. נוקליאוטידים

שאלה 6

איזה קשר קיים בין הנוקליאוטידים במולקולת RNA ?

- א. קשר פפטידי
- ב. קשר קוולנטי
- ג. קשר מימני
- ד. קשר פוספודיאסטרי

שאלה 7

מה יכול לגרום למוטציה שקטה?

- א. הזזת מסגרת הקריאה
- ב. החלפה של נוקלאוטיד בגן
- ג. חסר של כמה נוקליאוטידים בגן
- ד. הוספת נוקלאוטידים לרצף הגן

שאלה 8

מה ההיגד הנכון בנוגע לתפקידיהן של מולקולות RNA שונות?

- א. RNA שליח (mRNA) משתתף בתהליך התרגום של החלבון.
- ב. RNA מעביר (tRNA) משתתף בתהליך הקיפול של החלבון.
- ג. RNA ריבוזומלי (rRNA) משתתף בתהליך השכפול של ה-DNA.
- ד. RNA מעביר (tRNA) משתתף בתהליך הקישור ל-DNA.

שאלה 9

איזה חלק באימונוגלובולינים (בנוגדנים) מקנה להם ספציפיות לאנטיגן?

- א. שרשרת L כולה
- ב. שרשרת H כולה
- ג. אזור ב'-Fc
- ד. אזור ב'-Fab

שאלה 10

אנקפלינים הם נויורופטידים הפועלים במוח. חוקר בודד שני אנקפלינים:

L-אנקפלין: $^N\text{Tyr-Gly-Gly-Phe-Leu}^C$

M-אנקפלין: $^N\text{Tyr-Gly-Gly-Phe-Met}^C$

איזו בדיקה תסייע להבדיל בין שני האנקפלינים?

א. הרצה באלקטרופורזה ב- $\text{pH} = 6$

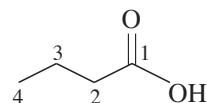
ב. בדיקת נוכחות של גופרית

ג. בדיקת בליעה באורך גל 280 nm

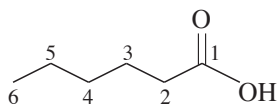
ד. קביעת הקצה האמיני בעזרת האזנים אמינופפטידאז

שאלה 11

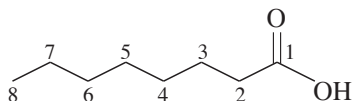
לאיזו מחומצות השומן הבאות יידרשו שלושה מחזורי חמצון β כדי לפרקה?



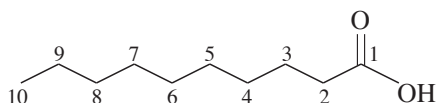
א. חומצה בוטירית -



ב. חומצה קפרואית -



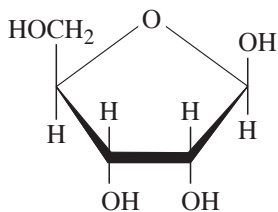
ג. חומצה קפרילית -



ד. חומצה קפריט -

שאלה 12

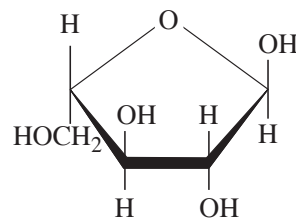
להלן נוסחת המבנה של הסוכר ריבוז:



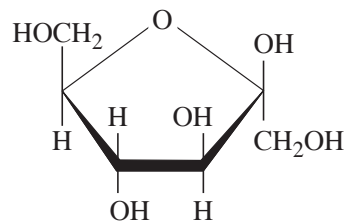
איור לשאלה 12

איזה מהסוכרים הבאים הוא אפימר של ריבוז?

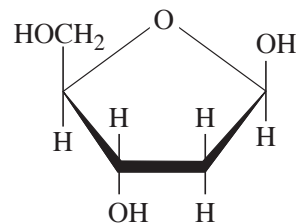
א.



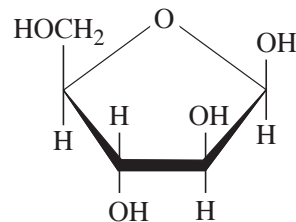
ב.



ג.



ד.

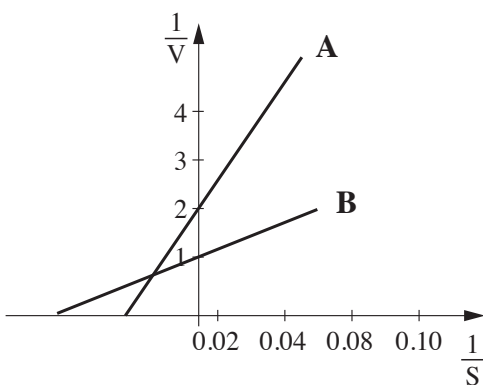


פרק שני (48 נקודות)

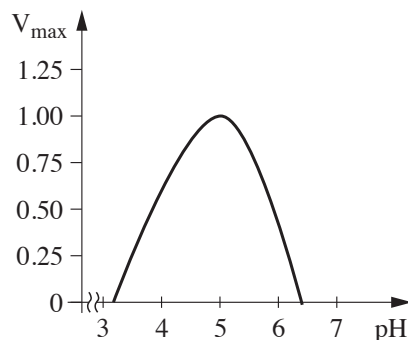
ענה על שלוש מבין השאלות 13–17 (לכל שאלה – 16 נקודות).

שאלה 13

במעבדה בדקו פעילות של אנזים מסוים בתנאי pH שונים ובריכוזי מצע שונים. באיור א' מוצגת פעילות האנזים כתלות ב-pH בריכוז מרבי של מצע. באיור ב', כל אחת מהעקומות A ו-B מתארת את פעילות האנזים כתלות בריכוז המצע, ב-pH קבוע, אך שונה לכל עקומה. התוצאות באיור ב' מוצגות כגרף לינאור-ברק ($\frac{1}{V}$ כנגד $\frac{1}{S}$).



איור ב' לשאלה 13



איור א' לשאלה 13

- א. (6 נק') על-פי האיורים א' ו-ב', חשב מהו ה-pH המתאים לפעילות המתוארת בכל אחת מן העקומות A ו-B שבאיור ב'. הסבר והצג את חישוביך.
- ב. (2 נק') איזו מן העקומות שבאיור ב' – A או B – מתארת את פעילות האנזים ב-pH האופטימלי? נמק את תשובתך.
- ג. (2 נק') האם השתנתה הזיקה של האנזים למצע בעקבות השינוי ב-pH (עקומות A ו-B)? נמק את תשובתך.
- ד. (6 נק') במעבדה בודקים פעילות אנזימטית בשני ריכוזים של אנזים. הסבר כיצד השינוי בריכוז האנזים משפיע, אם בכלל, על כל אחד ממאפייני האנזים האלה:

1. pH אופטימלי;

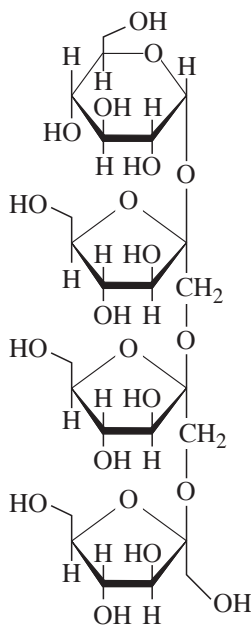
2. טמפרטורה אופטימלית;

3. K_m ;

4. V_{max}

שאלה 14

הסוכר ניסטוז (Nystose) הוא אוליגוסכריד המורכב מיחידה אחת של גלוקוז ושלוש יחידות של פרוקטוז. מבנה הסוכר ניסטוז מתואר באיור א' לשאלה 14.



איור א' לשאלה 14

4. (נק') א. הסוכר ניסטוז עבר פרמטילציה (מתילציה מלאה) והתקבלו התוצרים A, B ו-C :

A. 6,4,3,2-טרמתיל גלוקוז

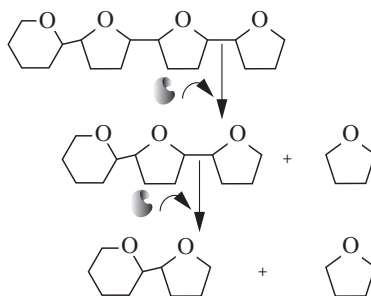
B. 6,4,3-טרימתיל פרוקטוז

C. 6,4,3,1-טרמתיל פרוקטוז

כמה מולים של כל אחד מהתוצרים (A, B, C) התקבלו מכל מול של ניסטוז?

3. (נק') ב. האם הסוכר ניסטוז הוא סוכר מחזור? נמק את תשובתך.

ניסטוז יכול להתפרק במעי הדק בהידרוליזה אנזימתית. האנזים אקסואינוולינאז, המיוצר על-ידי חיידק במעי, חותך את הקשר הגליקוזידי שבין שתי יחידות פרוקטוז שנמצאות בקצה השרשרת. חיתוך הסוכר ניסטוז על ידי האנזים אקסואינוולינאז מוצג באיור ב' לשאלה 14.



איור ב' לשאלה 14

2 נק') ג. מה שמו של הקשר הגליקוזידי הנחתך על-ידי האנזים אקסואינוולינאז? ציין את מספרי הפחמנים המעורבים בקשר ואת סוג האנומר - אלפא או בטא.

שני אנשים טופלו באנטיביוטיקה - האחד באנטיביוטיקה A והאחר באנטיביוטיקה B. כדי לבדוק איזו אנטיביוטיקה פגעה, אם בכלל, בחיידק המייצר את האנזים אקסואינוולינאז, נלקחה דגימה מנוזל המעי הדק של כל אחד מהמטופלים. לדגימה זו הוסף הסוכר ניסטוז. לאחר הדגרה הורצה התמיסה בכרומוטוגרפיית TLC לבדיקת התוצרים. לביקורת, הורצו גם דגימות של סוכרים שונים. באיור ג' לשאלה 14 מוצגות תוצאות ההרצה: תוצאות הניסוי מוצגות בעמודות 5-6, ותוצאות הביקורת - בעמודות 1-4.

1	2	3	4	5	6
פרוקטוז	גלוקוז	סוכרוז	ניסטוז	אדם שטופל באנטיביוטיקה A	אדם שטופל באנטיביוטיקה B

איור ג' לשאלה 14

7 נק') ד. 1. על-פי תוצאות ההרצה, איזו אנטיביוטיקה פגעה בחיידק המעי המייצר את האנזים אקסואינוולינאז? הסבר את תשובתך.

2. אילו סוכרים נמצאו בדגימות של כל אחד מהחולים?

שאלה 15

המחלה סיסטיק פיברוזיס מתבטאת בהצטברות של שכבת ליחה עבה בריאות של החולה, וגורמת לקושי בנשימה ולהתרבות חיידקים אלימים. המחלה נגרמת מסוגים שונים של מוטציות בגן CFTR, כגון מוטציות נקודתיות בגן או באזור הבקרה שלו, וכן של מוטציות חסר (deletion).

חוקר ביקש לבדוק את הביטוי של הגן בתאי ריאה. לשם כך הוא ביצע תספיג צפוני למיצוי מתאי ריאה של שני אנשים: של אדם בריא ושל חולה סיסטיק פיברוזיס – חולה A.

תוצאות התספיג הצפוני מוצגות באיור א' לשאלה 15.



איור א' לשאלה 15

(3 נק') א. ציין שישנה שלבים בהכנת תספיג צפוני.

(6 נק') ב. 1. תאר את תוצאות התספיג הצפוני שערך החוקר.

2. שער מתוך התוצאות מה הסיבה למחלת הסיסטיק פיברוזיס אצל חולה A.

בבדיקת תספיג צפוני שנערכה למיצוי מתאי ריאה של חולה סיסטיק פיברוזיס אחר, חולה B, התקבלו התוצאות המוצגות באיור ב' לשאלה 15.

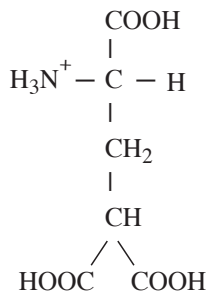


איור ב' לשאלה 15

(3 נק') ג. הסבר את תוצאות הבדיקה בהתייחס למיקום היחסי של הפסים בתספיג.

(4 נק') ד. הסבר על-פי התוצאות מהו סוג המוטציה שהתרחשה אצל חולה B.

שאלה 16



איור א' לשאלה 16

החומצה האמינית γ -קרבוקסיגלוטמט היא חומצה אמינית לא סטנדרטית, המופיעה בעיקר בחלבונים שהם פקטורי קרישה. המבנה של החומצה מוצג באיור א' לשאלה 16.

ערכי ה- pK_a של הקבוצות השונות בחומצה γ -קרבוקסיגלוטמט מוצגים בטבלה שלהלן.

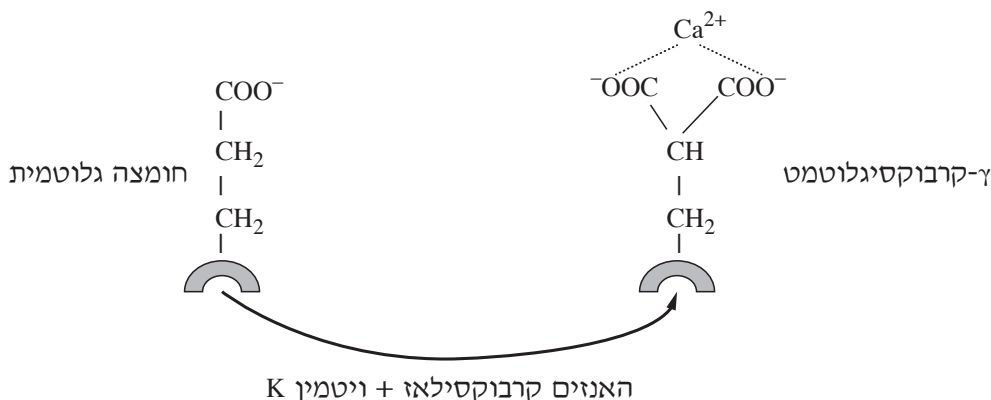
pK_{a1}	1.7
pK_{a2}	9.9
pK_{aR1}	3.2
pK_{aR2}	4.75

3 (נק') א. חשב את ערך ה- pI של החומצה.

4 (נק') ב. באילו ערכי pH יכולה חומצה אמינית זו לתפקד כבופר?

5 (נק') ג. תערובת של שלוש חומצות אמיניות – γ -קרבוקסיגלוטמט, חומצה גלוטמית וגלוטמין – הוטענה על עמודת מחליף אניונים ב- $\text{pH} = 8$. כדי לבצע אלוציה הורידו בהדרגה את ה- pH . קבע את סדר יציאת החומצות האמיניות מהעמודה. נמק את קביעתך.

פקטור הקרישה בדם מכיל חומצה גלוטמית. חומצה זו נהפכת לחומצה γ -קרבוקסיגלוטמט על-ידי האנזים קרבוקסילאז שמוסיף לה קבוצת קרבוקסיל בנוכחות ויטמין K. בתהליך הקרישה מעורבים יוני סידן (Ca^{2+}), ונוכחות של חומצה γ -קרבוקסיגלוטמט בפקטור הקרישה מגבירה את הזיקה (אפיניות) שלו לסידן. באיור ב' לשאלה 16 מתוארת קרבוקסילציה של שייר של חומצה גלוטמית והפיכתה ל- γ -קרבוקסיגלוטמט:



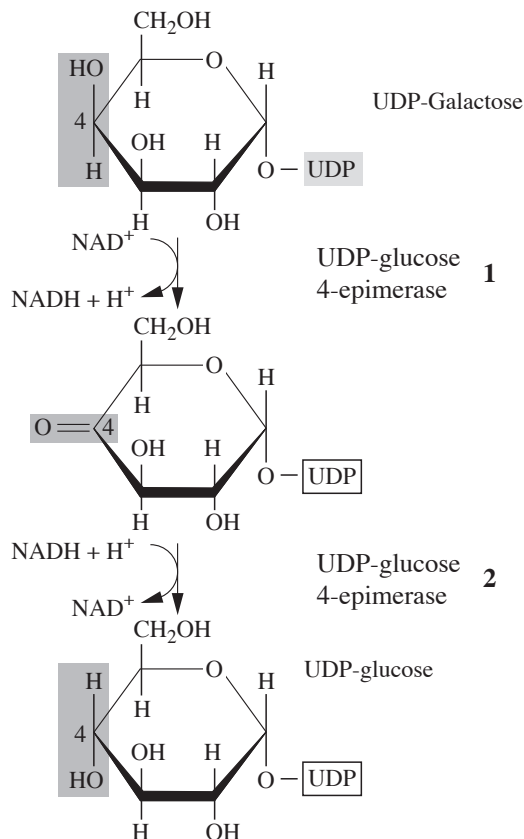
איור ב' לשאלה 16

התרופה קומדין ניתנת כטיפול רפואי במצבים של קרישת יתר. היא משבשת את פעילותו של ויטמין K בגוף, וכך גורמת לעיכוב תהליך קרישת הדם.

4 (נק') ד. הסבר כיצד התרופה קומדין מעכבת את תהליך הקרישה. בתשובתך התייחס ליוני הסידן.

שאלה 17

האנזים UDP גלוקוז 4-אפימראז הוא אנזים המעורב במטבוליזם של הסוכר גלקטוז. באיור לשאלה 17 מוצגת הריאקציה שאנזים זה מזרז בשני שלבים.



איור לשאלה 17

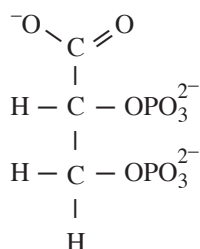
- א. מהם אפימרים, ומדוע שמו של אנזים זה מתאים לפעולתו? (5 נק')
- ב. תאר כיצד מתבצע התהליך. (4 נק')
- ג. מהם הקופקטורים המעורבים בתהליך? כיצד נקרא התהליך שבו הם מעורבים בשלב 1 ובשלב 2? (4 נק')
- ד. הסוכר UDP-גלוקוז הוא חומר המוצא לבניית גליקוגן. הסבר מהו גליקוגן ומה חשיבותה של קבוצת ה-UDP בתהליך זה. (3 נק')

פרק שלישי (32 נקודות)

ענה על ארבע מבין השאלות 18–23 (לכל שאלה – 8 נקודות).

שאלה 18

המולקולה די־פוספו גליצרט (DPG) נמצאת בדם, והיא קשורה בוויסות הזיקה של המוגלובין לחמצן. DPG נקשרת, בין השאר, לחומצה האמינית היסטידין במולקולת ההמוגלובין, ובשל קשירה זו פוחתת הזיקה של ההמוגלובין לחמצן. נוסחת המבנה של DPG מוצגת באיור לשאלה 18.



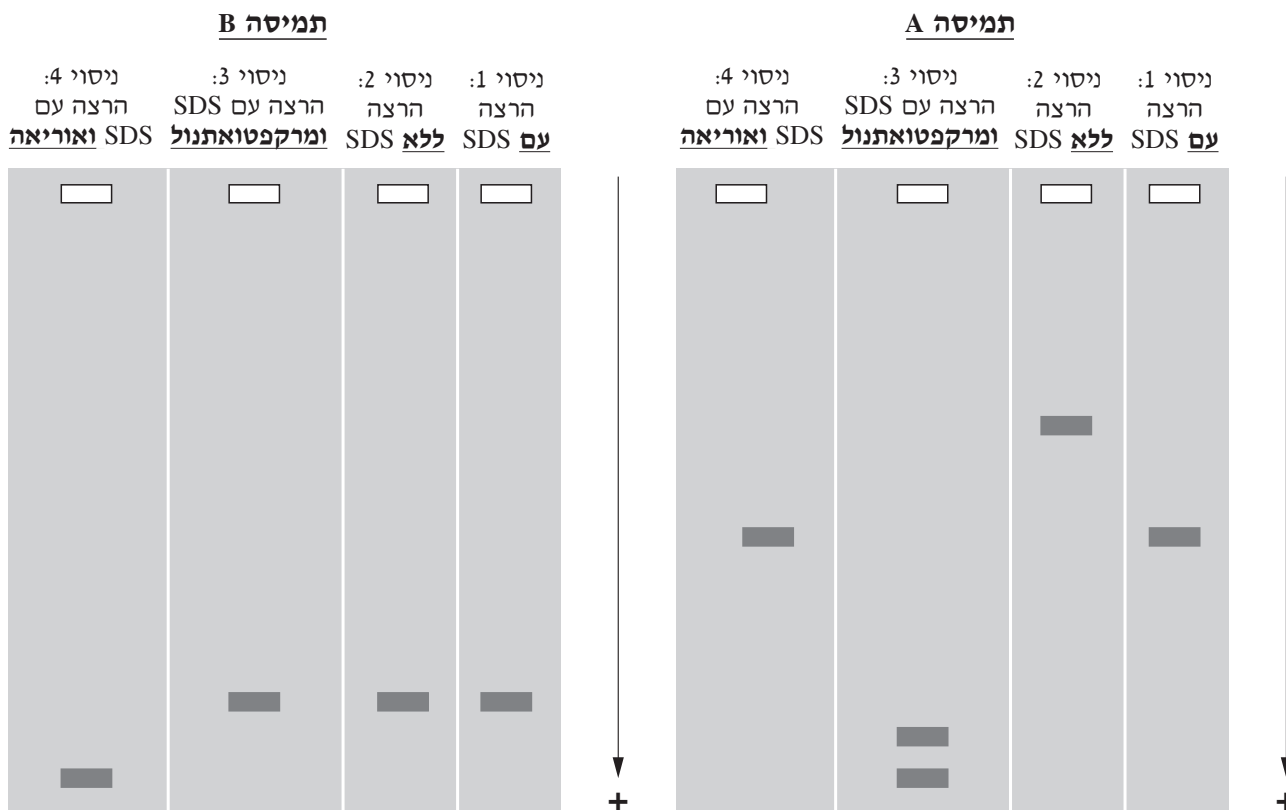
איור לשאלה 18

- (3 נק') א. קבע, על סמך האיור, באיזה קשר נקשרת מולקולת DPG להמוגלובין. הסבר את תשובתך.
- (5 נק') ב. 1. בדם של אנשים המטפסים על הרים נמצא ריכוז גבוה של DPG. הסבר כיצד תופעה זו מועילה למטפסי ההרים.
2. ההמוגלובין שמצוי בדמו של עופר שונה מן ההמוגלובין שמצוי בדמו של אדם בוגר. בהמוגלובין עופרי מוחלפת אחת החומצות האמיניות מסוג היסטידין בחומצה האמינית סרין. הסבר כיצד משפיע חילוף זה על הקישור של DPG להמוגלובין העופרי, וכן על הזיקה של ההמוגלובין העופרי לחמצן בהשוואה להמוגלובין של אדם בוגר.

שאלה 19

לבורנט ערך ארבעה ניסויי אלקטרופורזה בכל אחת משתי תמיסות (A ו-B) שהכילו מולקולות שוות בגודלן: האחת מכילה מולקולות חלבון, והאחרת – מולקולות DNA.

באיור לשאלה 19 מוצגות התוצאות שסיכם הבורנט.



איור לשאלה 19

ידוע כי מרקפטואתנול מפרק קשרי S-S וכי אוריאה מפרקת קשרי מימן.

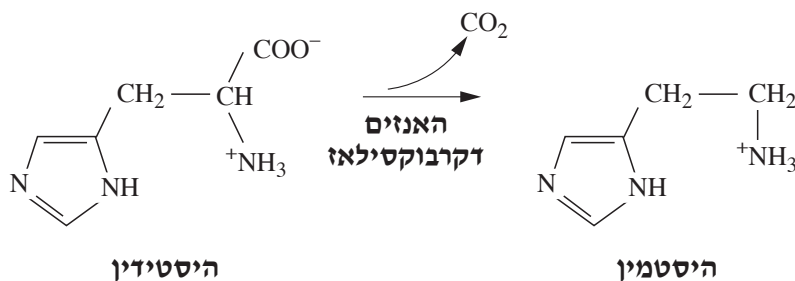
2 (נק') א. קבע איזו מהתמיסות (A או B) מכילה מולקולות חלבון, ואיזו מהן מכילה מולקולות DNA.

6 (נק') ב. הסבר את קביעתך בהתייחס לתוצאות של כל אחד מארבעת הניסויים 1-4.

שאלה 20

היסטמין הוא חומר שמופרש בגוף, ויכול לגרום לתופעות אלרגיות חמורות. לאחרונה פורסם בתקשורת על תופעות כאלה עקב אכילת דג טונה שהוחזק כנראה בתנאי אחסון לא נאותים.

בטונה מצוי חלבון העשיר בחומצה אמינית היסטידין. בתנאים מסוימים, חיידקים מפרקים את החלבון לחומצות אמיניות בודדות, ובהמשך ההיסטידין עוברת דקרבוקסילציה ונהפכת להיסטמין, כפי שמנוסח באיור לשאלה 20.



איור לשאלה 20

- א. (4 נק') תאר שיטה שבעזרתה ניתן להפריד בין היסטמין ובין היסטידין. ציין את ה-pH המתאים להפרדה.
- ב. (4 נק') התנאים האופטימליים לפעילות האנזים דקרבוקסילאז הם: טמפרטורה של 20°C–25°C ודרגת חומציות של pH = 5. כיצד ניתן למנוע או להאט את פעילות האנזים דקרבוקסילאז בדג טונה? נמק את תשובתך.

שאלה 21

אנזימים מזרזים תהליכים ביוכימיים בתגובה שהניסוח הסכמתי שלה הוא:



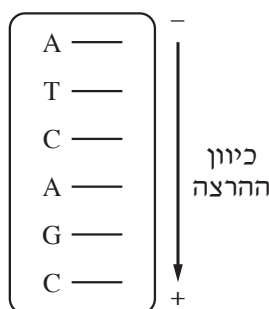
- א. (4 נק') היעזר בניסוח התגובה, וציין **שתי** שיטות שבהן ניתן לעקוב אחר פעילותו של אנזים על מצע. הבא דוגמה לכל אחת משתי השיטות שציינת, וציין בכל דוגמה מהו המרכיב שעוקבים אחריו בניסוי.
- ב. (4 נק') ניתן לעקוב אחר פעילות אנזימתית באופן ישיר או באופן עקיף (על-ידי תגובה נוספת). מתוך הניסויים שביצעת במעבדה, הבא דוגמה **אחת** לפעילות אנזימתית שנבדקת באופן ישיר, ודוגמה **אחת** לפעילות אנזימתית שנבדקת באופן עקיף.

שאלה 22

בשיטת סנגר לקביעת רצף DNA משתמשים בשני סוגים של נוקליאוטידים: נוקליאוטידים מסוג די־אוקסי dNTP's, ונוקליאוטידים מסוג די־דאוקסי ddNTP's.

(4 נק') א. הסבר מה התפקיד של כל אחד משני סוגי הנוקליאוטידים בתגובה המתרחשת על־פי השיטה.

(4 נק') ב. באיור לשאלה 22 מוצגות תוצאות הקביעה של רצף DNA בשיטת סנגר.



איור לשאלה 22

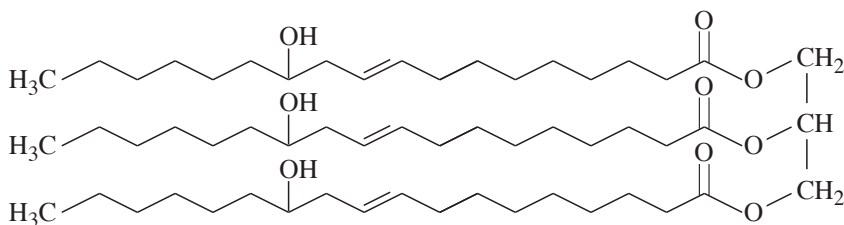
רשום את רצף ה־DNA המקורי.

שאלה 23

שמן הקיקיון משמש בהפקה של סבונים, שמני סיכה, שמני בלמים, צבעי שמן, שעוות, חומרי ציפוי, דיו, פלסטיקים עמידים בקור, ניילונים ובשמים.

הטריגליצריד העיקרי בשמן הקיקיון הוא טרי־ריצינולאין, המכיל חומצה ריצינולאית. זוהי חומצת שומן חד־בלתי רוויה בעלת 18 פחמנים וקבוצת ההידרוקסיל בפחמן 12.

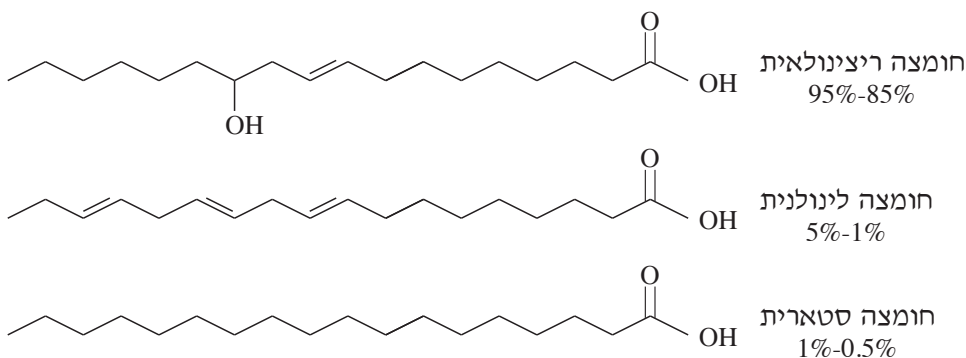
מבנה הטרי־ריצינולאין מוצג באיור א' לשאלה 23.



איור א' לשאלה 23

בשמן הקיקיון יש טריגליצרידים נוספים: טרי־לינולאין וטרי־סטארין.

חומצות השומן המרכיבות כל אחד משלושת הטריגליצרידים מוצגות באיור ב' לשאלה.



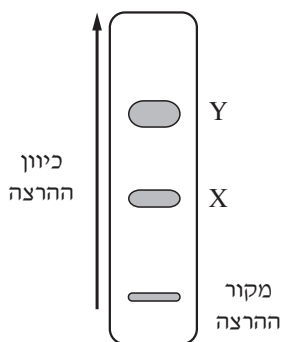
איור ב' לשאלה 23

בטבלה שלפניך מוצגים מספר סיבון ומספר יוד של כל אחד משלושת הטריגליצרידים הנ"ל, המסומנים באותיות C-A.

מספר יוד	מספר סיבון	טריגליצריד
0	188.8	A
86.4	190.7	B
24.5	162.5	C

(4 נק') א. התאם כל אחד מהטריגליצרידים לאחת מהאותיות A, B ו-C. הסבר את בחירותיך.

חוקרים הריצו את שלושת הטריגליצרידים בכרומטוגרפיית TLC עם מריץ הידרופובי. תוצאות ההרצה מוצגות באיור ג' לשאלה 23.



איור ג' לשאלה 23

(4 נק') ב. קבע באיזה פס - X או Y - נמצא כל אחד מהטריגליצרידים. נמק את קביעותיך בהתייחס לאופי הטריגליצריד ולמיקומו בפלטה.

בהצלחה!

נוסחאות מבנה, ערכי pK וערכי pH איזואלקטרי של החומצות האמיניות

שם החומצה	נוסחת המבנה	שם מקוצר (באנגלית)	pH איזואלקטרי	pK _a	pK _b	pK _R
גליצין	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Gly	6.1	2.4	9.8	—
אלנין	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Ala	6.1	2.3	9.9	—
ואלין	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CH}_3 \\ \quad / \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH} \\ \quad \backslash \\ \text{NH}_3^+ \quad \text{CH}_3 \end{array}$	Val	6.0	2.3	9.6	—
לאוצין	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CH}_3 \\ \quad / \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} \\ \quad \backslash \\ \text{NH}_3^+ \quad \text{CH}_3 \end{array}$	Leu	6.0	2.3	9.6	—
איזולאוצין	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Ile	6.0	2.4	9.7	—
מתיונין	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{S} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Met	5.7	2.3	9.2	—
פנילאלנין	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Phe	5.5	1.8	9.1	—
פרולין	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ \quad \backslash \\ ^+\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 \end{array}$	Pro	6.1	2.0	10.6	—

נוסחאות מבנה, ערכי pK וערכי pH איזואלקטרי של החומצות האמיניות (המשך)

שם החומצה	נוסחת המבנה	שם מקוצר (באנגלית)	pH איזואלקטרי	pK _a	pK _b	pK _R
סרין	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{OH} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Ser	5.7	2.6	10.4	—
תראונין	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{OH} \\ \quad \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Thr	5.6	2.6	10.4	—
ציסטאין	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{SH} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Cys	5.1	1.8	10.8	8.3
אספרגין	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \text{NH}_2 \\ \quad \quad / \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{C} \\ \quad \quad \\ \text{NH}_3^+ \quad \text{O} \end{array}$	Asn	5.4	2.0	8.8	—
גלוטמין	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \quad \text{NH}_2 \\ \quad \quad \quad / \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} \\ \quad \quad \quad \\ \text{NH}_3^+ \quad \text{O} \end{array}$	Gln	5.6	2.2	9.1	—
טירוזין	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{OH} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Tyr	5.7	2.2	9.1	10.9
טריפטופן	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{C}_6\text{H}_5 \\ \quad \quad \quad \\ \text{NH}_3^+ \quad \text{HC} \quad \text{N} \\ \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad \text{H} \end{array}$	Trp	5.9	2.4	9.1	—

נוסחאות מבנה, ערכי pK וערכי pH איזואלקטרי של החומצות האמיניות (המשך)

שם החומצה	נוסחת המבנה	שם מקוצר (באנגלית)	pH איזואלקטרי	pK _a	pK _b	pK _R
חומצה אספרטית	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O}^- \end{array} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Asp	2.9	2.0	10.0	3.9
חומצה גלוטמית	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O}^- \\ \searrow \text{O} \end{array} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Glu	3.2	2.2	9.7	4.3
היסטידין	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{C} = \text{CH} \\ \qquad \qquad \qquad \quad \\ \text{NH}_3^+ \qquad \qquad \text{}^+\text{NH} \quad \text{NH} \\ \qquad \qquad \qquad \quad \diagdown \quad \diagup \\ \qquad \qquad \qquad \text{C} \quad \text{C} \\ \qquad \qquad \qquad \quad \quad \\ \qquad \qquad \qquad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	His	7.6	1.8	9.2	6.0
ליזין	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_3^+ \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Lys	10.0	2.2	9.1	10.8
ארגינין	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ ^-\text{OOC} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{C} - \text{NH}_2 \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \parallel \\ \text{NH}_3^+ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2^+ \end{array}$	Arg	10.8	1.8	9.0	12.5