



SADAVA
HILLIS
HELLER
BERENBAUM

ביולוגיה 1

אנרגיה בתא

דר' אורנה עטאר
היחידה לנוער שוחר מדע

למה אנרגיה?

- תרכובות עתירות אנרגיה מתחמצנות בגוף עד לפחמן דו חמצני ומים.
- מה קורה בתהיליך זהה?
- משחררת אנרגיה.
- מה הגוף עושה עם האנרגיה זו?
- שמירה על הומואוטדייס, בניית חומיי תא חדשים.

עקרונות פיסיקליים למעברי אנרגיה במערכות ביולוגיות

- אנרגיה – היכולת לבצע עבודה.
- מעברי אנרגיה בתא הינם מעברי אנרגיה כימית (צימוד אנרגיה בין תהליכיים בגוף)
- סוגים האנרגיה מחולקים לשתי קטגוריות:
 - אנרגיה פוטנציאלית (אנרגיה אצורה, דוגמאות: קשרים כימיים, מפל ריכוזים, חוסר איזון חשמלי וכו')
 - אנרגיה קינטית (אנרגיית תנועה)

Energy Conversions and Work



4 **LIFE 8e**, Figure 6.1

מטבوليיזם Metabolism

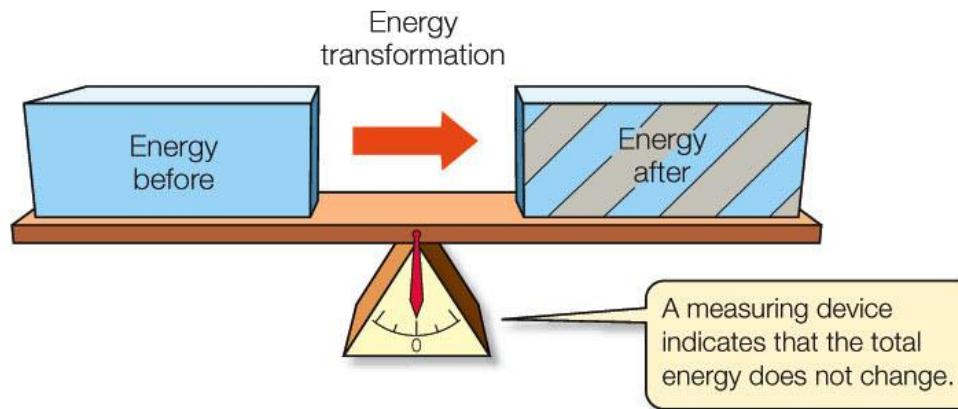
- **מטבולייזם:** סר כל הראקציות הכימיות באורגניזם. במילים אחרות חילוף חומרים.
- **ראקציות אנבליות:** בניית מולקולות מורכבות ממולקולות פשוטות. זהו תהליך הצורך אנרגיה ולכן אלו ראהקציות אנדרגוניות.
- **ראקציות קטבוליית:** תרכובות מורכבות מפורקות לתרכובות פשוטות יותר. בתהליך זה משתחררת אנרגיה ולכן אלו ראהקציות אקסרגוניות.

The Laws of Thermodynamics

(A)

The First Law of Thermodynamics.

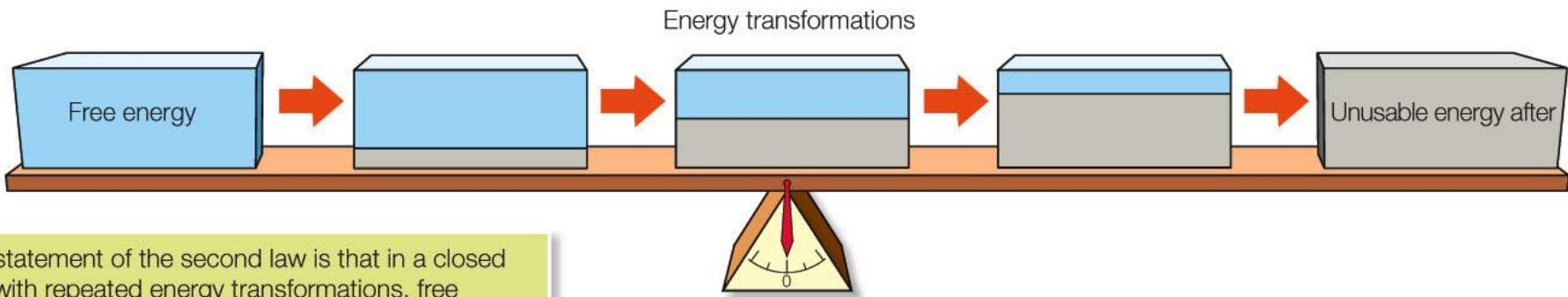
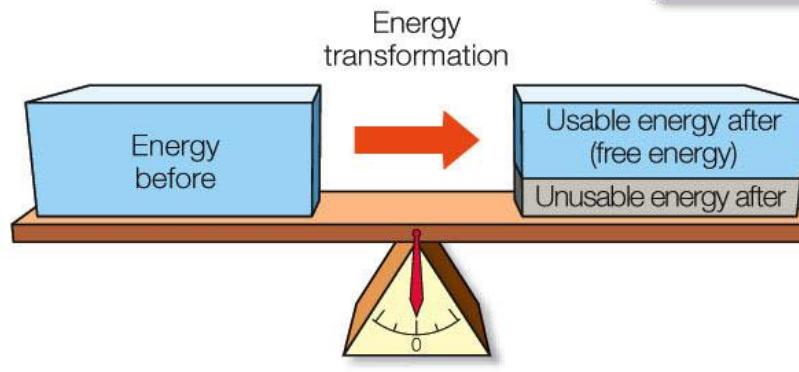
The total amount of energy before a transformation equals the total amount after a transformation. No new energy is created, and no energy is lost.



(B)

The Second Law of Thermodynamics.

Although a transformation does not change the total amount of energy within a closed system, after any transformation the amount of energy available to do work is always less than the original amount of energy.



Another statement of the second law is that in a closed system, with repeated energy transformations, free energy decreases and unusable energy increases—a phenomenon known as the creation of **entropy**.

עקרונות פיסיקליים למעבר אנרגיה במערכות ביולוגיות

total energy = usable energy + unusable energy

Enthalpy (H) = Free Energy (G) + Entropy (S)

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

enthalpy (H): אנרגיה כללית במערכת

entropy (S): מידת האי סדר במערכת.

T = temperature in Kelvin

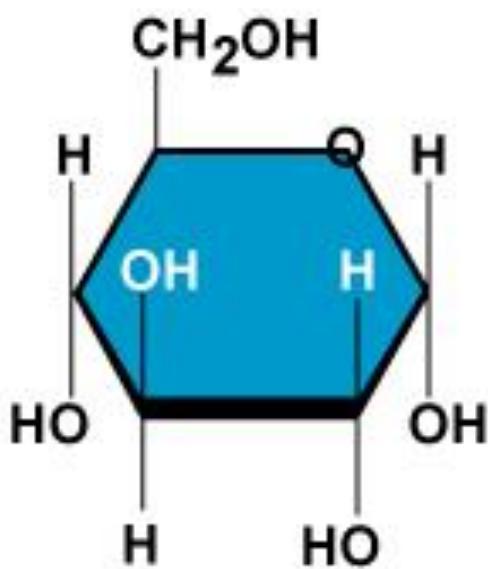
אם ראקציה כימית מעלה את האנטרופיה (S), התוצרים יהיו "לא מסודרים".

לדוגמא: הידROLיזה של חלבון לחמ' אמינו, ΔS של התהליך חיובי (מידת אי סדר עולה במעבר ממולקולת קטנה למולקולות קטנות).

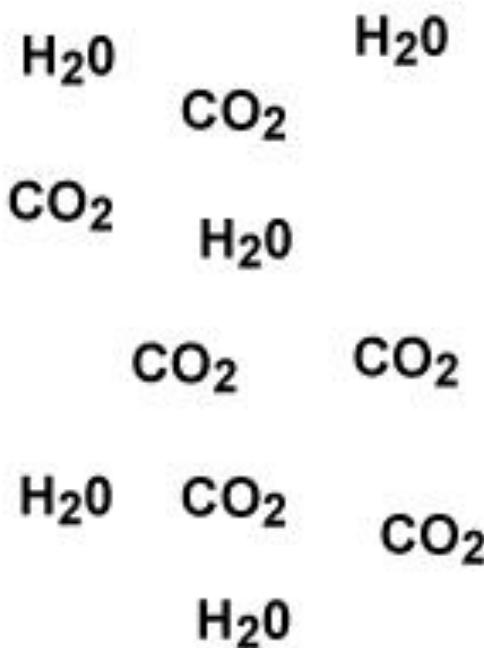
מכאן נובע ש ΔG יהיה שלילי (ראקציה אקסרגונית)



"I blame entropy."



vs.

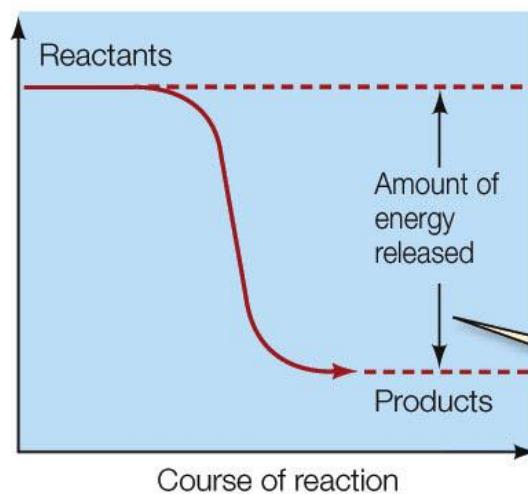
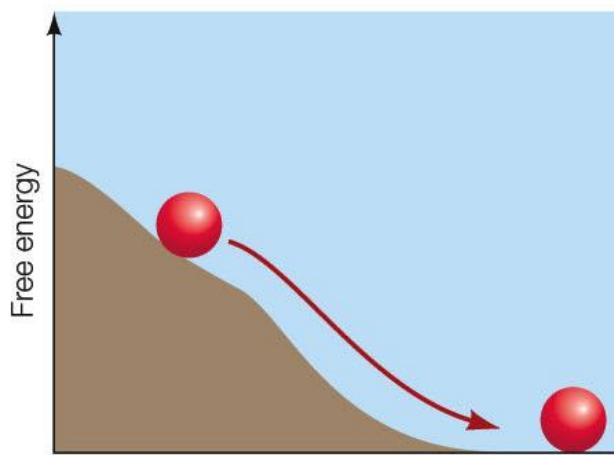


- ordered
- unstable
- High Free Energy
- Low Entropy

- Disordered
- stable
- Low Free Energy
- High Entropy

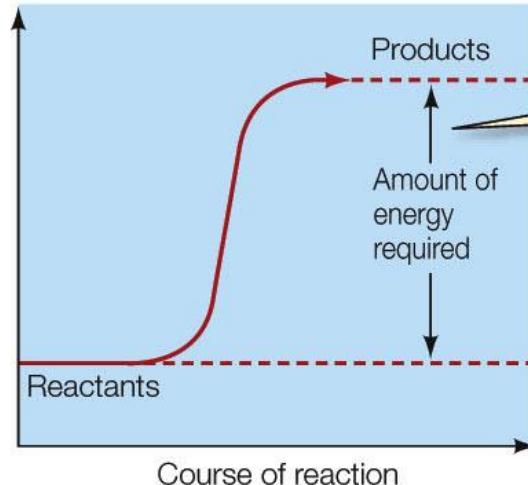
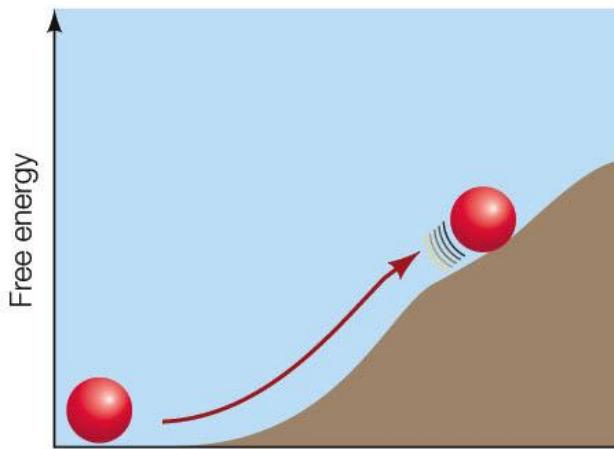
ריאקציות אקסרגוניות ואנדרגוניות

(A) Exergonic reaction



In an exergonic reaction, energy is released as the reactants form lower-energy products. ΔG is negative.

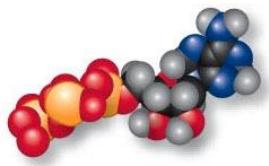
(B) Endergonic reaction



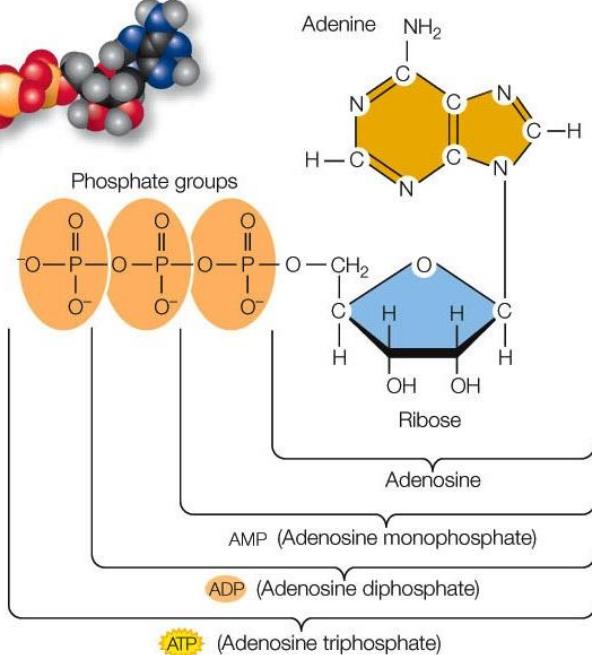
Energy must be added for an endergonic reaction, in which reactants are converted to products with a higher energy level. ΔG is positive.

ATP (adenosine triphosphate)

(A) ATP (space-filling model)



ATP (structural formula)



אוגר ו מעביר אנרגיה חופשית

כאשר ATP עובר הידROLיזה –
משחררת כמות גדולה של אנרגיה.

ATP יכול לעבור פוספורילציה או לתרום
פוספט לקבוצות אחרות של מולקולות.

ריאקציות מczומדות - Coupling of Reactions

Exergonic reaction:

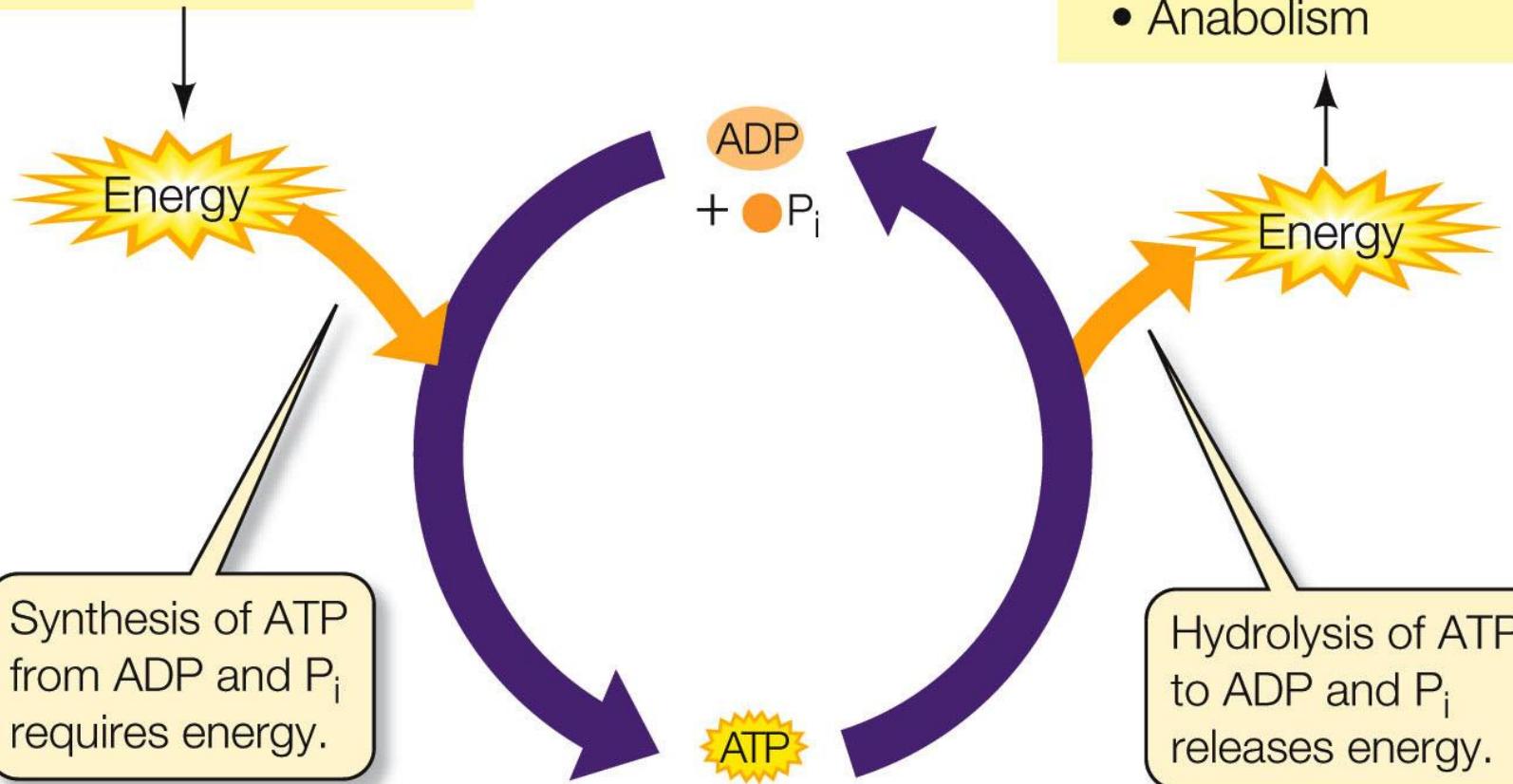
(releases energy)

- Cell respiration
- Catabolism

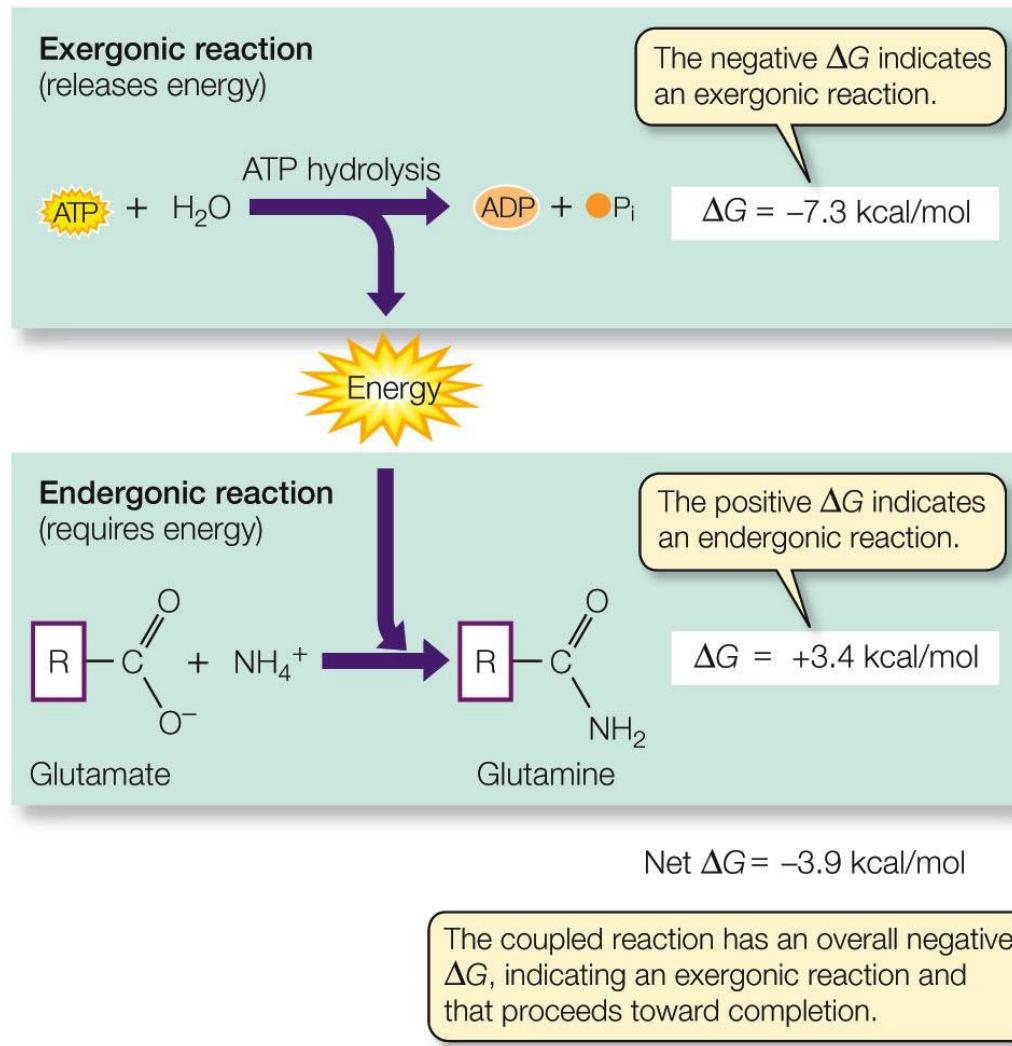
Endergonic reaction:

(requires energy)

- Active transport
- Cell movements
- Anabolism



Coupling of ATP Hydrolysis to an Endergonic Reaction



LIFE 8e, Figure 6.7

13

Coupled Reactions: <http://www.youtube.com/watch?v=7lqqrcBkGRU>

LIFE: THE SCIENCE OF BIOLOGY, Eighth Edition © 2007 Sinauer Associates, Inc. and W. H. Freeman & Co.

Catabolism

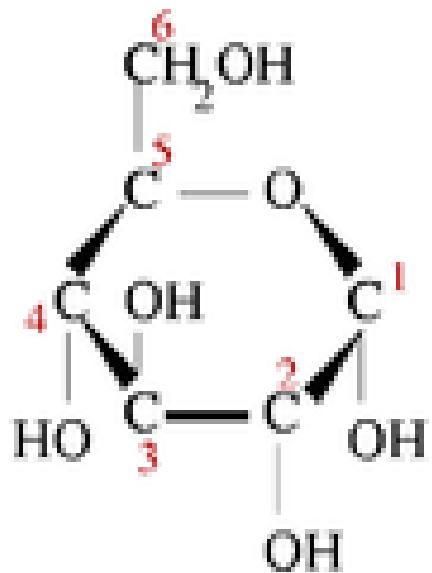
קטבולייזם

תהליכי פירוק של תרכובות עתירי אנרגיה

כיצד חמצון מולקולות עתירות כמו גלוקוז מספקות אנרגיה לתא?

דלקים: מולקולות האוגרות אנרגיה שניתנת לשחרור ולשימוש.

גלוקוז – "דלק" שכיח באורגניזמים. יש מולקולות רבות שקדם מפורקות לגלוקוז או לתוצרי ביניים.



עקרונות המנחים מסלולים מטבוליים:

- **שינויים** כימיים מרכיבים מתרכזים במספר שלבים
- כל תגובה בשרשראת מזוירת ע"י אנזים ספציפי
- מסלולים מטבוליים דומים בין ארגניזמים
- באוקריוטים: מסלולים מטבוליים מתרכזים באורגנלוות **יעודיות**
- כל מסלול מבוקר ע"י אנזימי מפתח



Burning or metabolism of glucose:



Glucose metabolism pathway traps the free energy in ATP:



ΔG from complete combustion of glucose
= -686 kcal/mole

Highly exergonic; drives endergonic formation of many ATP

Three metabolic pathways involved in harvesting the energy of glucose

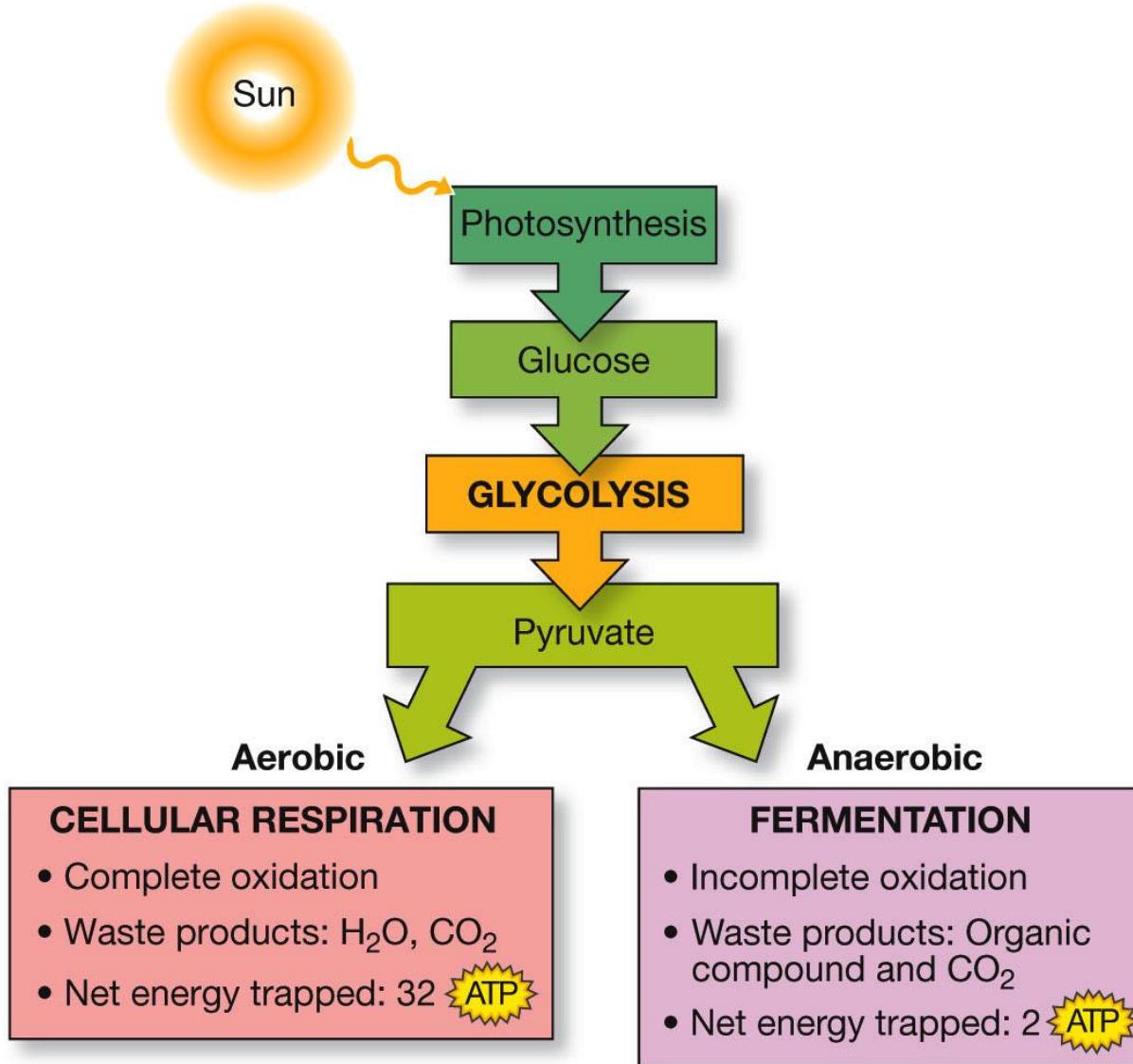
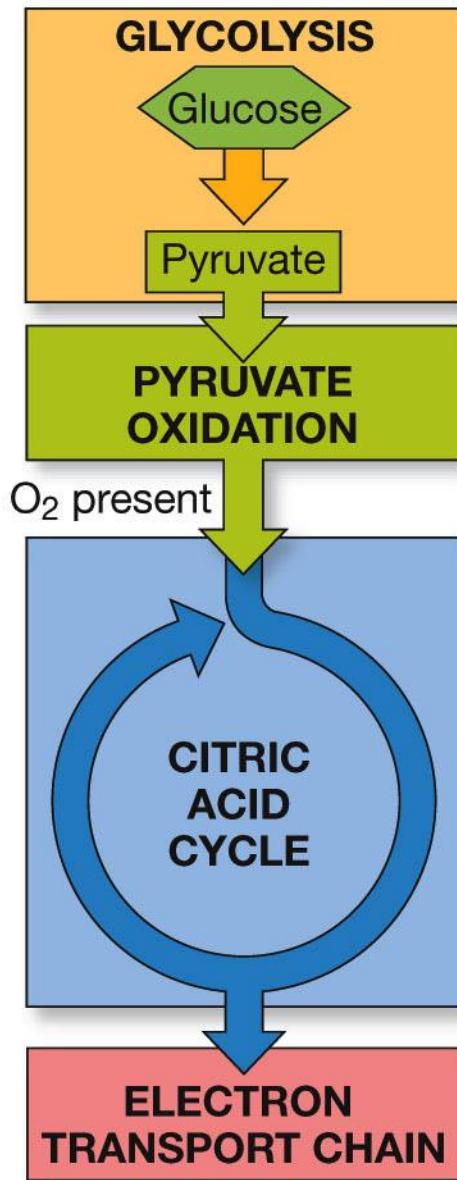


Figure 7.2 Energy-Producing Metabolic Pathways

(A) Glycolysis and cellular respiration



(B) Glycolysis and fermentation

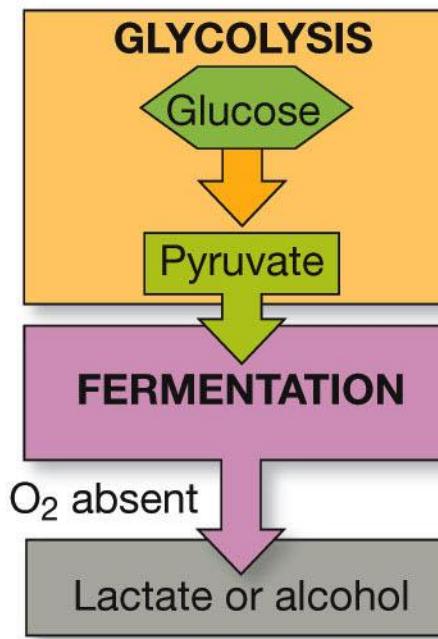


TABLE 7.1

Cellular Locations for Energy Pathways in Eukaryotes and Prokaryotes

EUKARYOTES	PROKARYOTES
External to mitochondrion Glycolysis Fermentation	In cytoplasm Glycolysis Fermentation Citric acid cycle
Inside mitochondrion Inner membrane Electron transport chain Matrix Citric acid cycle Pyruvate oxidation	On plasma membrane Pyruvate oxidation Electron transport chain

תגובה חמצון - חיזור

תגובה חמצון – חיזור (Redox reactions): העברת אלקטרונים מאטום לאטום או ממולקולה למולקולה.

חיזור (reduction): קבלת אלקטרון או יותר מאטום, יון, מולקולה.

חמצון (oxidation): מסירה אלקטרון או יותר.

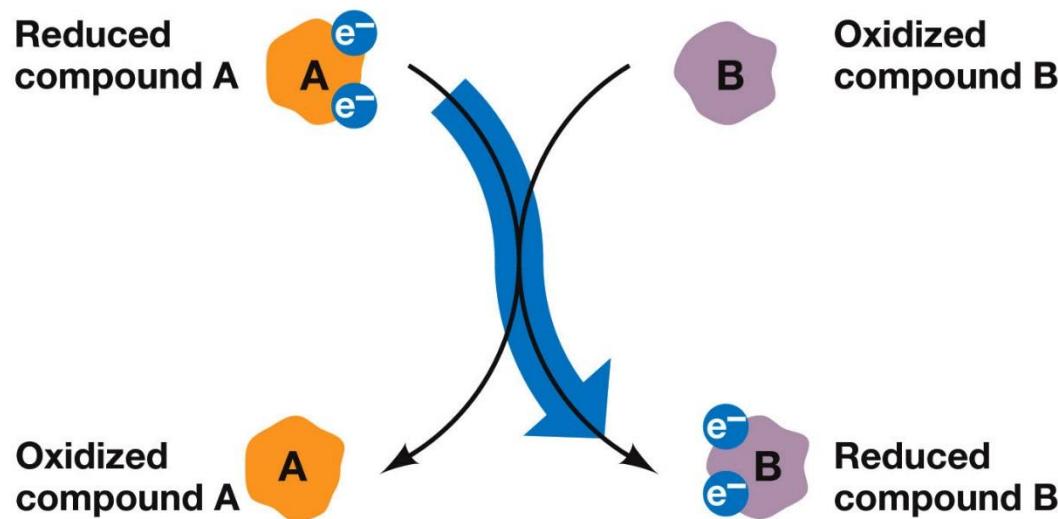
(תהליכי חמצון חיזור משוייכים גם להוספה או הורדה של אטומי מימן)

תגובה חמצון - חיזור

תהליכי חמצון-חיזור תמיד מתרחשים יחד.

החומר שועבר חיזור (מקבל אלקטרונים) נקרא
המחמצן

החומר שועבר חמצון (מוסר אלקטרונים) נקרא
המחזר



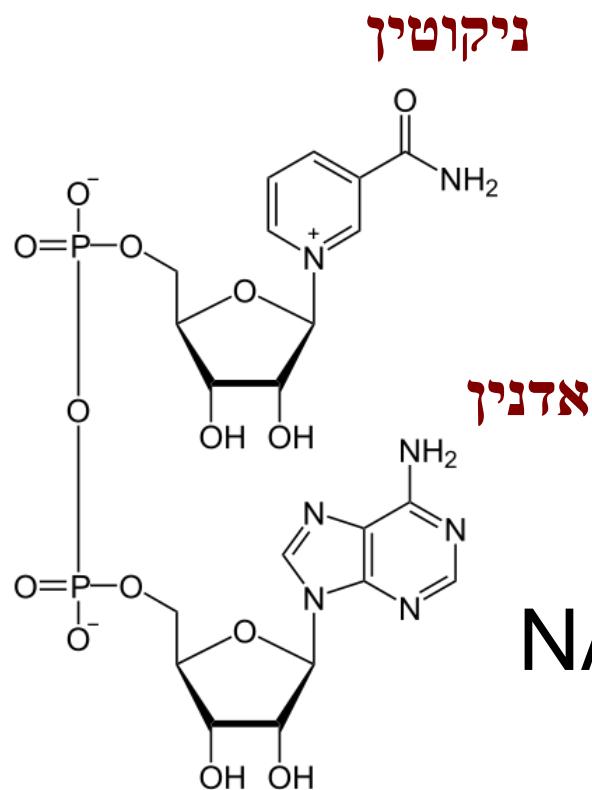
במקרה של גלוקוז
וחמצן:

galactose הוא המחזר
והחמצן מחמצן.

האנרגייה מועברת
בתגובה חמצון-חיזור.

NAD - ניקוטין-אדניין-דינוקלאוטיד

קואנזהים NAD הוא נשא אלקטרוני בתהיליך
חמצון-חיזור.



קיימים שני מצבים:

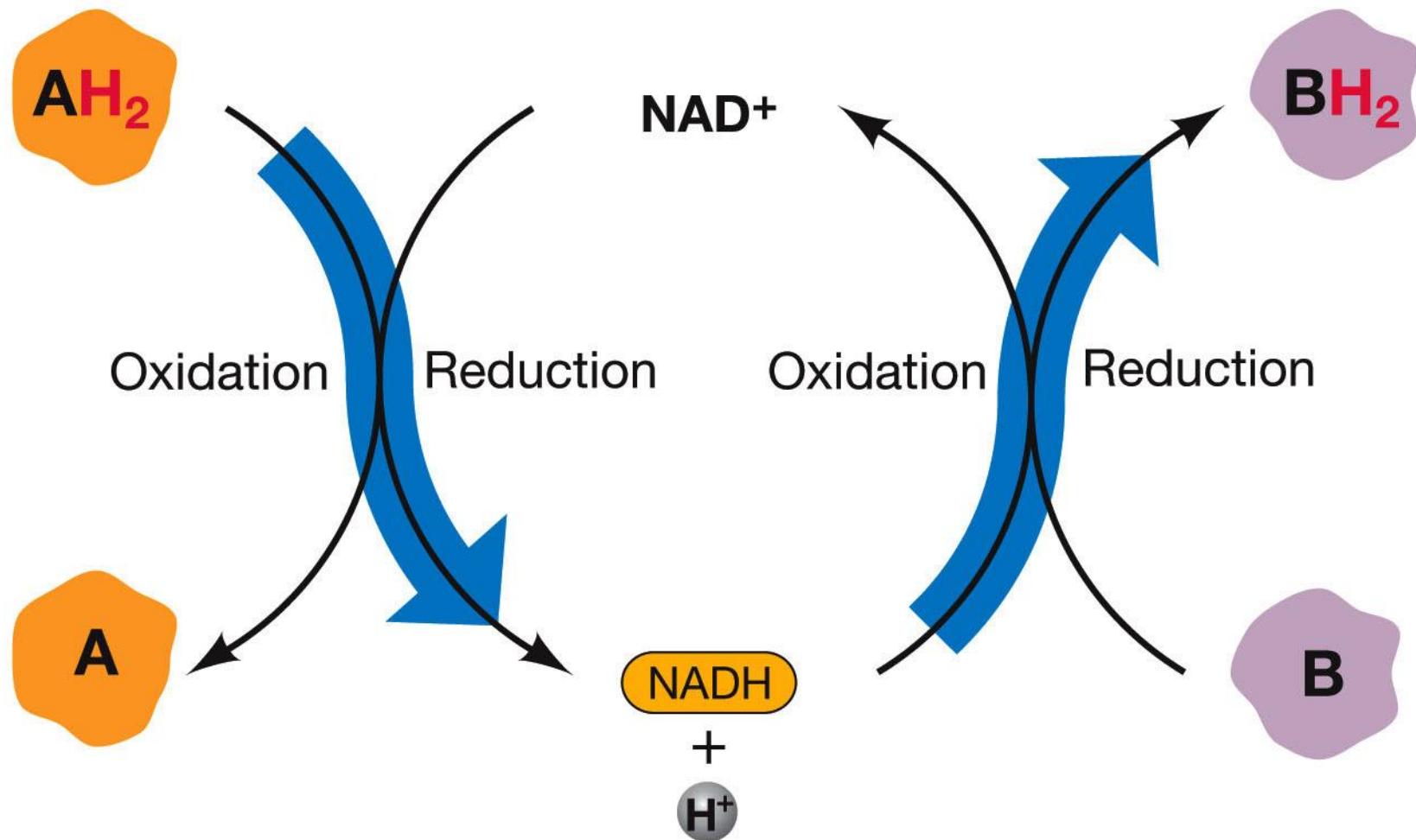
NAD^+ (oxidized)

מחומצן

$\text{NADH} + \text{H}^+$ (reduced)

מחוזר

(A)



Redox Reactions



Chemistry Essentials - 031

<https://www.youtube.com/watch?v=RX6rh-eefIM>

מטבולייזם של גליקוז:

גליקוליזה מתרחשת בцитוזול.

בתגובה מעורבים 10 אנזימים.

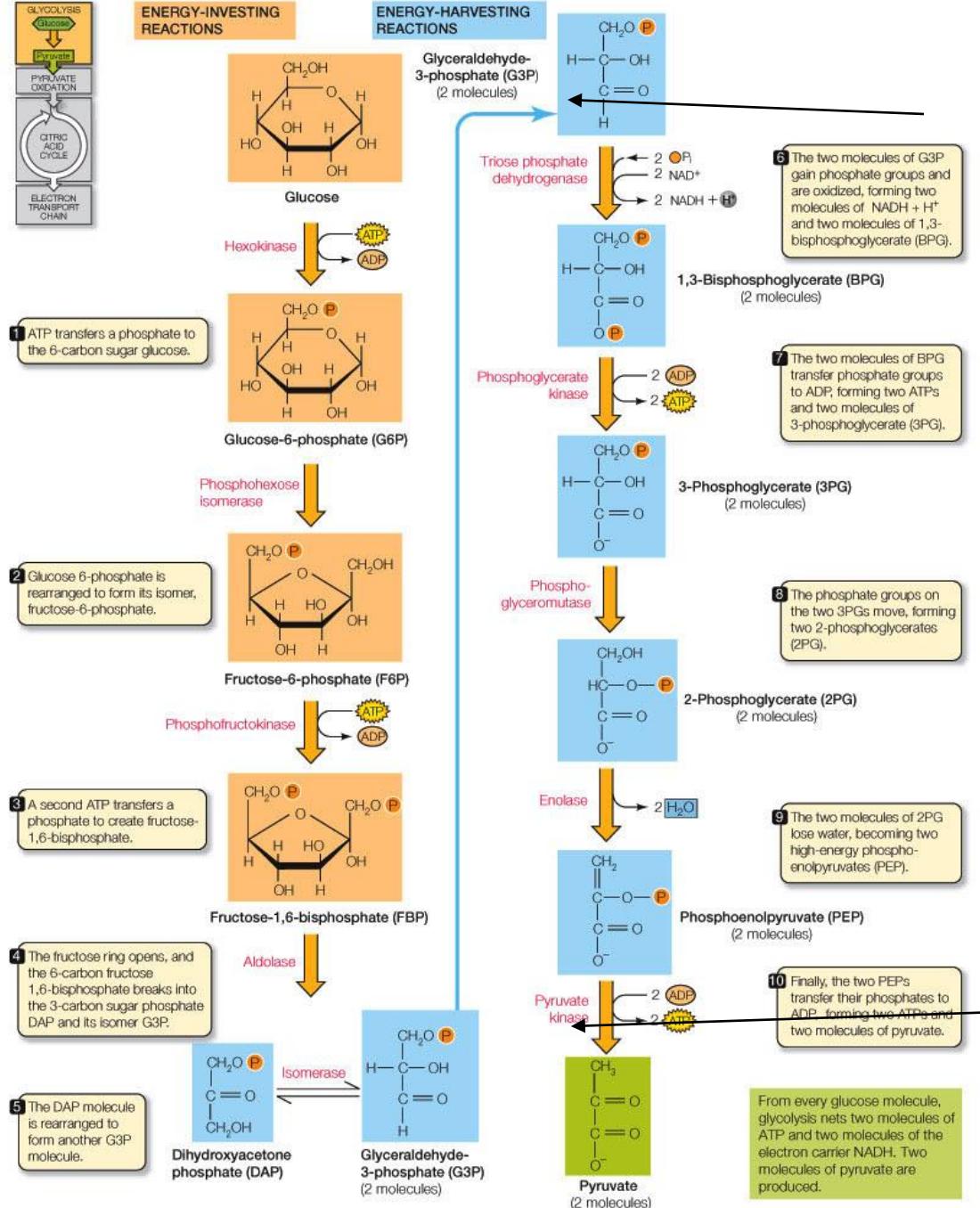
התוצאה בסוף:

2 molecules of **pyruvate**

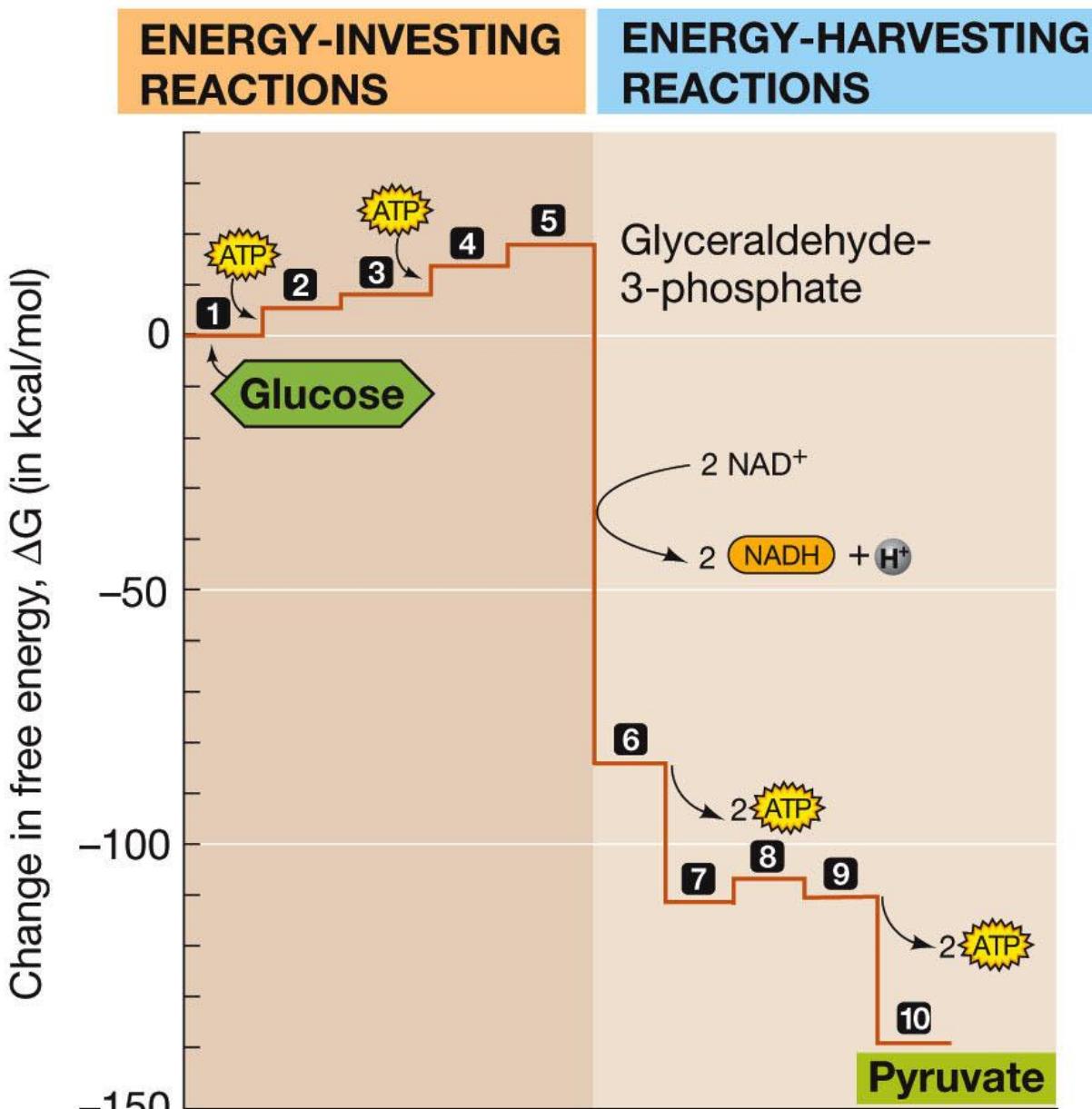
2 molecules ATP

2 molecules NADH

בחצי הראשון של
הגליקוליזה
הgalakoz הופר ל-
молקولات כל
המכילות כל
אתת 3 פחמנים
(G3P)

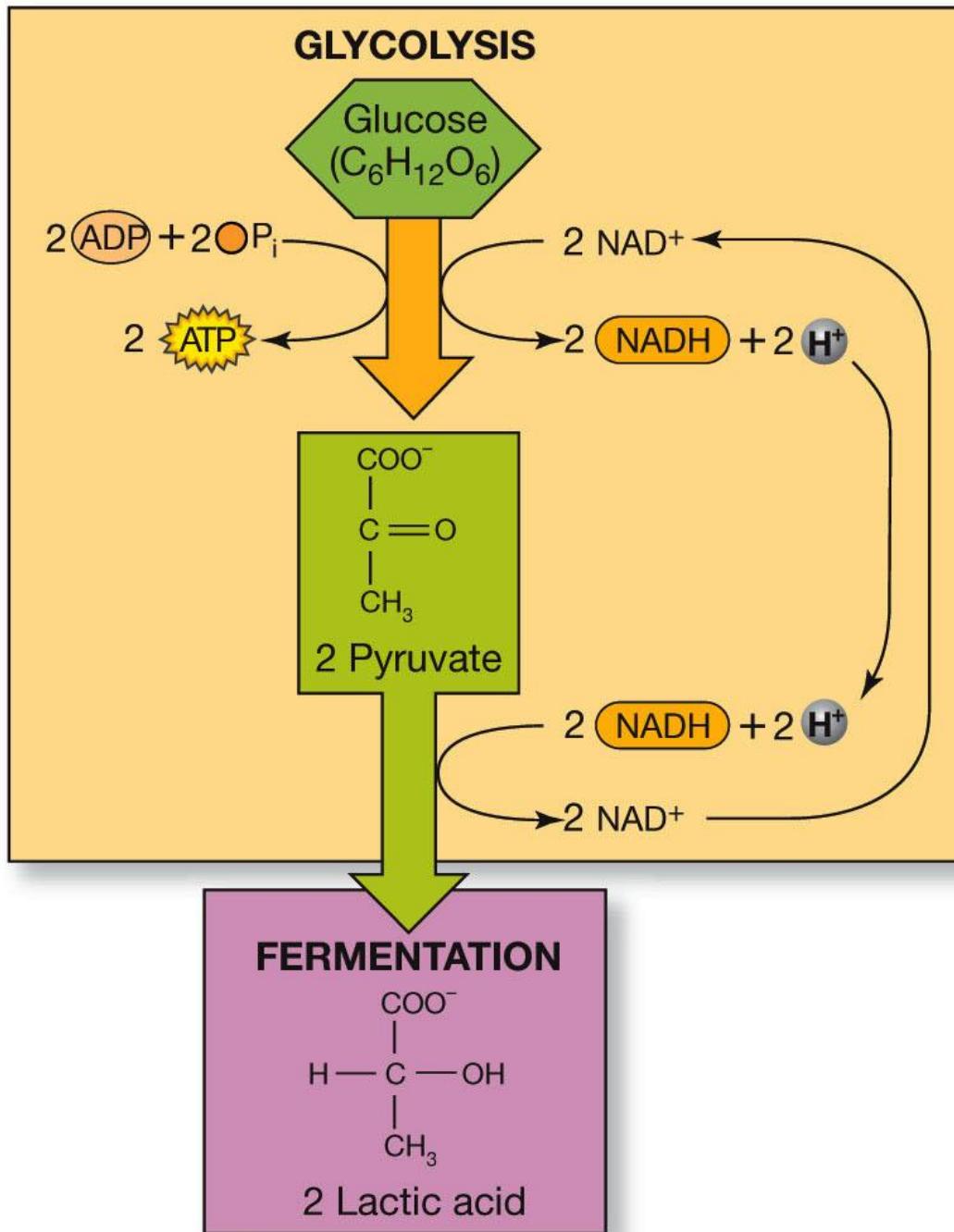


קינאז הינו אנזים
העביר קבוצת
פוספט מ ATP
למולקולה אחרת.



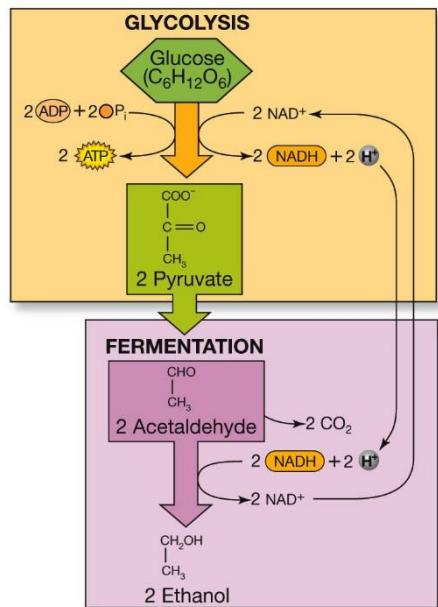
טסיסה לקטית

- תהליך המתרחש בהעדר חמצן.
- טסיסה מתרחשת בцитוזול.
- התהליך נועד להיפטר מ $\text{NADH} + \text{H}^+$.
- פירובט מחוזר ע"י $\text{NADH} + \text{H}^+$ ונווצר NAD^+ שיכול לקלוטALKטרונים מחדש.
- התהליך קורה בחידקים ובתאי שריר.
- בתהליך פירובט הופך להומצאה לקטית (lactic acid).



תסיסה כוהלית Alcoholic fermentation

- מתרחשת בשמרים וכמה צמחים.
- בתחילת זה פירובט הופך לאצטאלדהייד ו CO_2 משוחרר.
- אצטאלדהייד מוחזר ע"י $\text{NAD}^+ + \text{H}^+$ ונוצר ואתיל אלכוהול.





Get a Free Case Review From
Experienced Lawyers.

Tosi Law

Auto Brewery Syndrome: Can You Really Make Beer in Your Gut?

[Symptoms](#) | [Causes](#) | [Diagnosis](#) | [Treatment](#) | [Takeaway](#)

What is auto brewery syndrome?

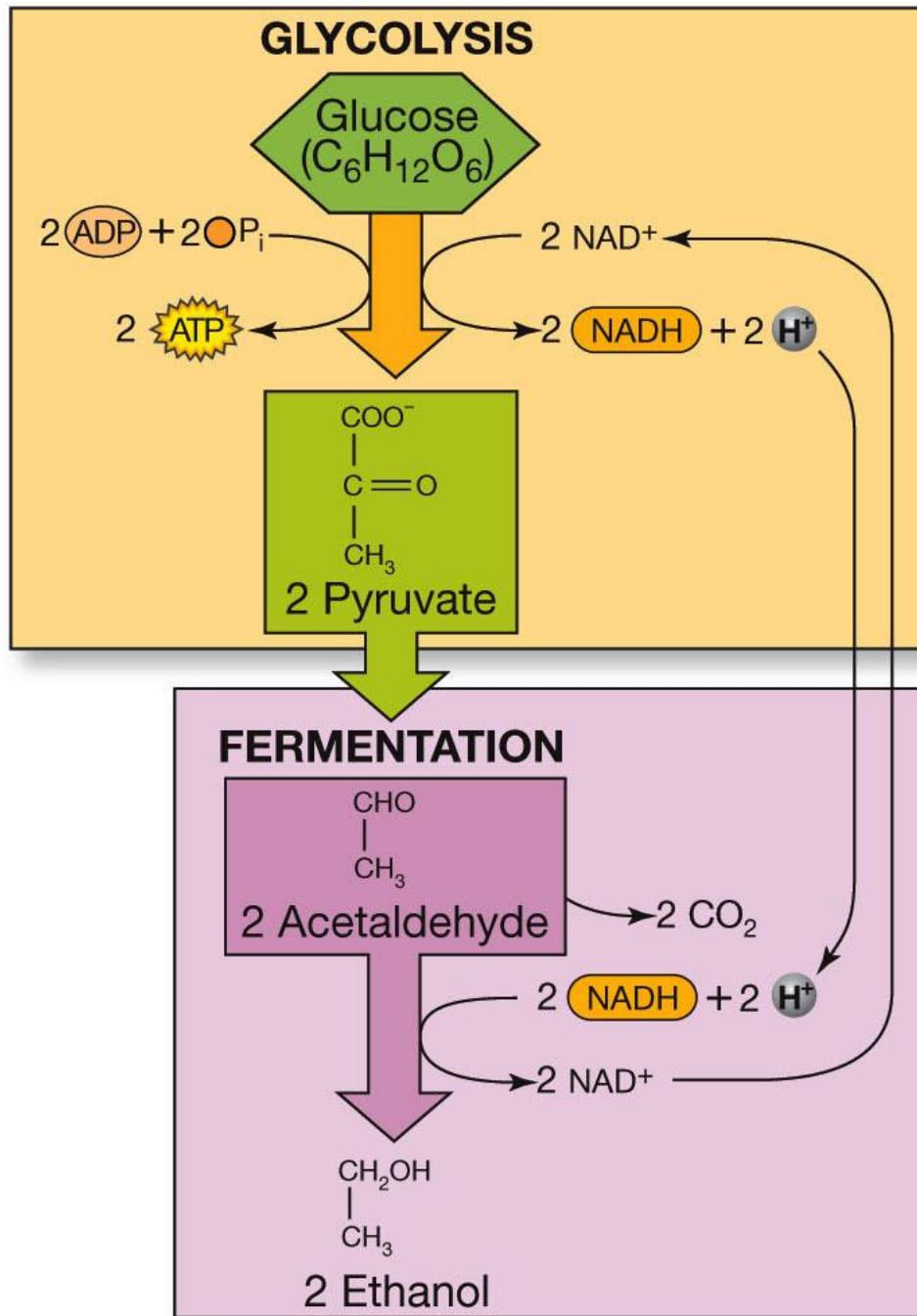
Auto brewery syndrome is also known as gut fermentation syndrome and endogenous ethanol fermentation. It's sometimes called "drunkenness disease." This rare condition makes you intoxicated — drunk — without drinking alcohol.

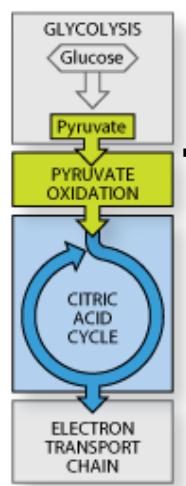
This happens when your body turns sugary and starchy foods (carbohydrates) into alcohol. Auto brewery syndrome can be difficult to diagnose. It may also be mistaken for other conditions.

Only a few cases of auto brewery syndrome have been reported in the last several decades. However, this medical condition has been mentioned in the news several times. Most of these stories involve people who were arrested for drinking and driving.

For example, one woman was found to have the condition after she was arrested for drunk driving in New York. Her blood alcohol level was four times the legal limit. She wasn't charged because medical tests showed that auto brewery syndrome raised her blood alcohol levels.

It's the type of story that the media loves, but it's not likely to repeat itself very often. Nevertheless, this is a very real condition. It's important to be diagnosed if you feel you may have it. Let's take a closer look.

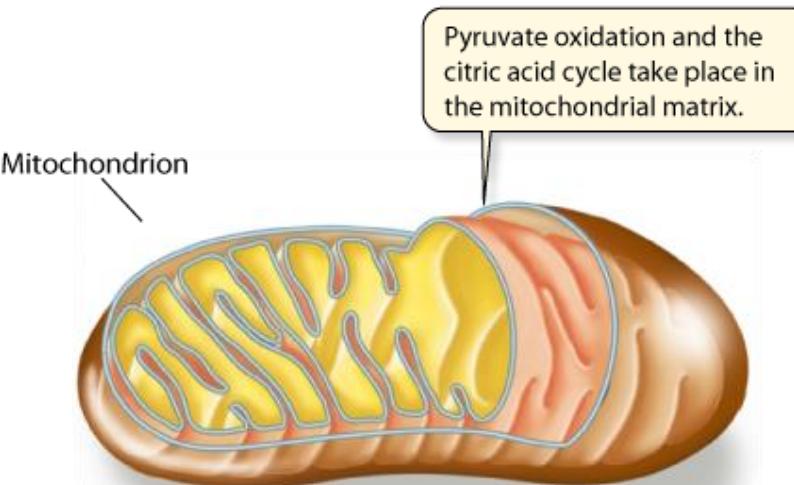




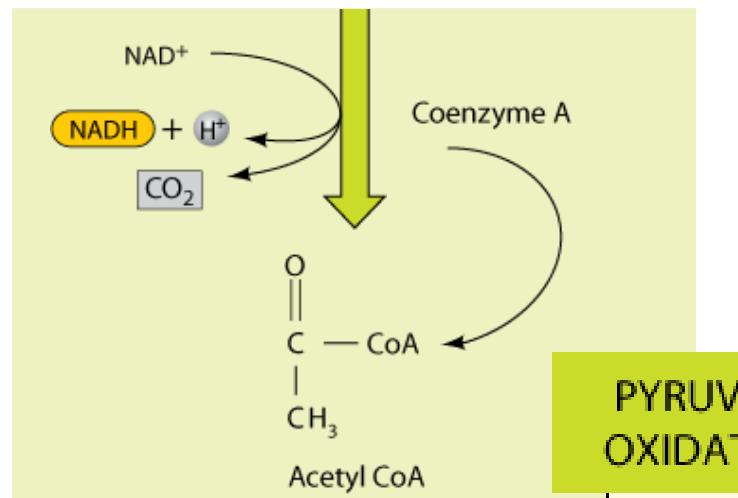
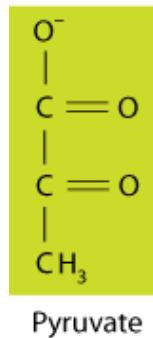
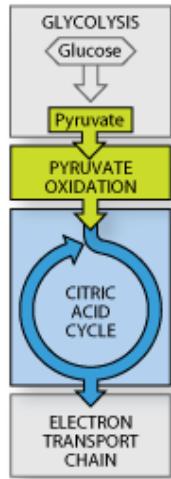
מסלולים אירוביים במטבוליזם של גליקוז

בתהליך חמוץן pyruvate:

- פירובאט מקשר בין גליקוליזה לבין מעגל החומצה הציטרית.
- פירובאט הופך ל Acetyl CoA (אצטיל קו-א).
- התהליך מתתרחש במטריקס במטוכונדריה.

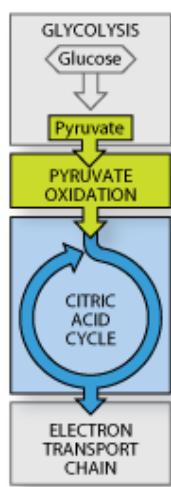


Pyruvate Oxidation and the Citric Acid Cycle

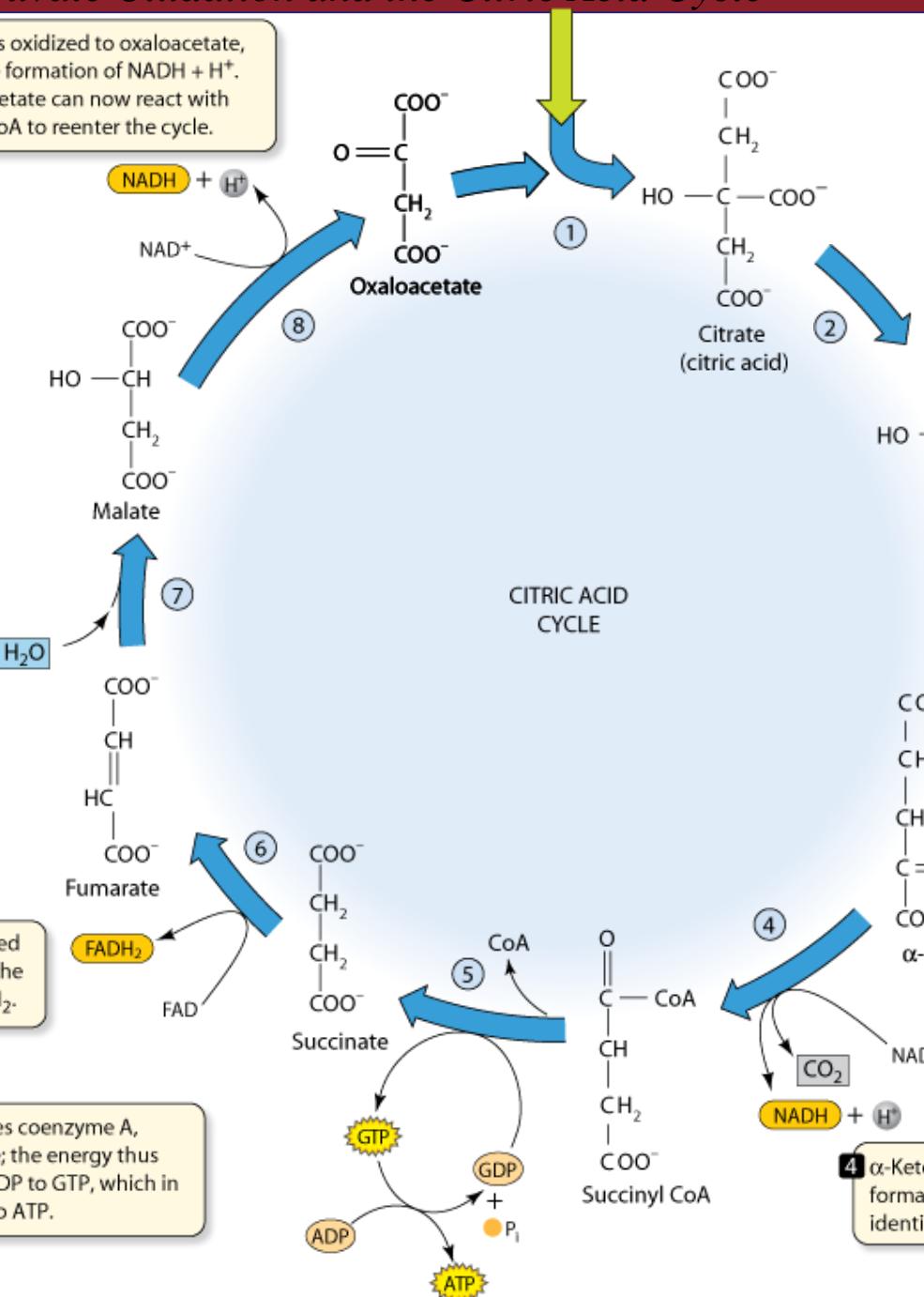


Pyruvate is oxidized to acetate, with the formation of NADH + H⁺ and the release of CO₂; acetate is combined with coenzyme A, yielding acetyl CoA.

Pyruvate Oxidation and the Citric Acid Cycle



8 Malate is oxidized to oxaloacetate, with the formation of $\text{NADH} + \text{H}^+$. Oxaloacetate can now react with acetyl CoA to reenter the cycle.

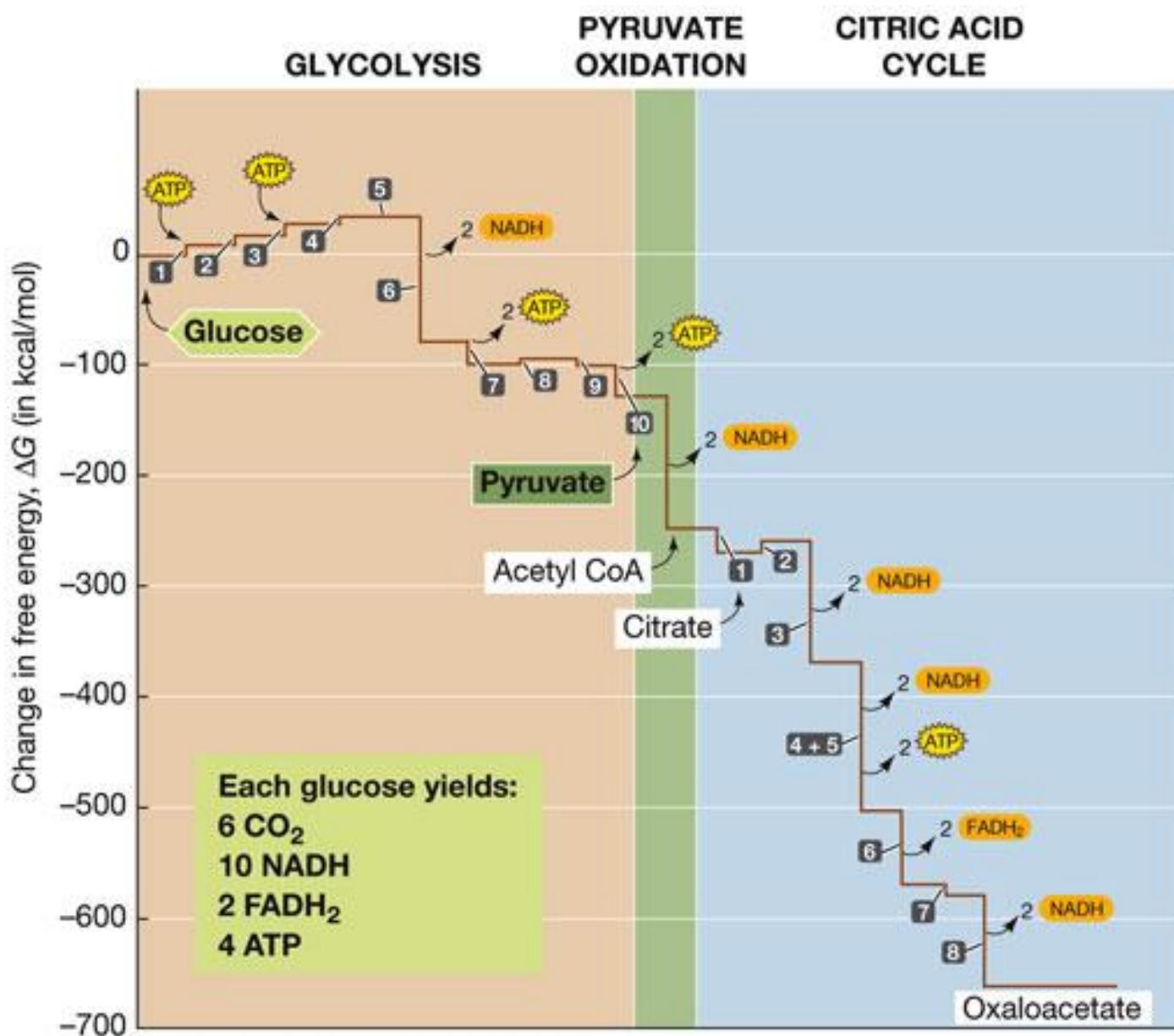


1 The two-carbon acetyl group and four-carbon oxaloacetate combine, forming six-carbon citrate.

2 Citrate is rearranged to form its isomer, isocitrate.

3 Isocitrate is oxidized to α -ketoglutarate, yielding $\text{NADH} + \text{H}^+$ and CO_2 .

The Citric Acid Cycle Releases Much More Free Energy Than Glycolysis Does



כיצד חמצון גליקוזגורם לייצר ATP?

התהילר נקרא זרחון חימצוני

– (**Oxidative phosphorylation**)

התהילר בו ATP נוצר לאחר תגובה חמצון-חיזור של נשאי האלקטרונים בנווכות חמצן.

(נקרא כך מאחר ותרחש זרחון של ATP לאחר חמצון – מסירת אלקטרונים – בשרשראת מעבר האלקטרונים)

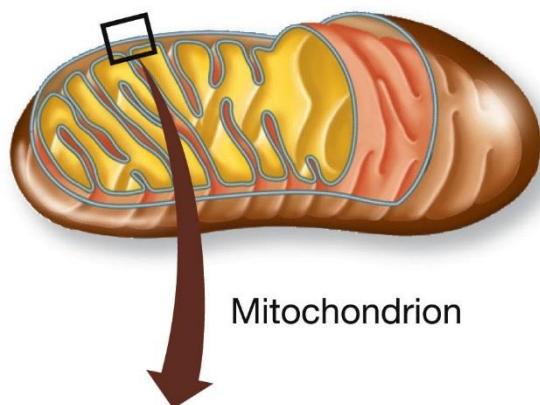
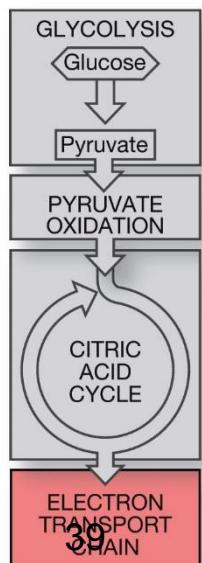
שלב זה מכיל שני תת-שלבים:

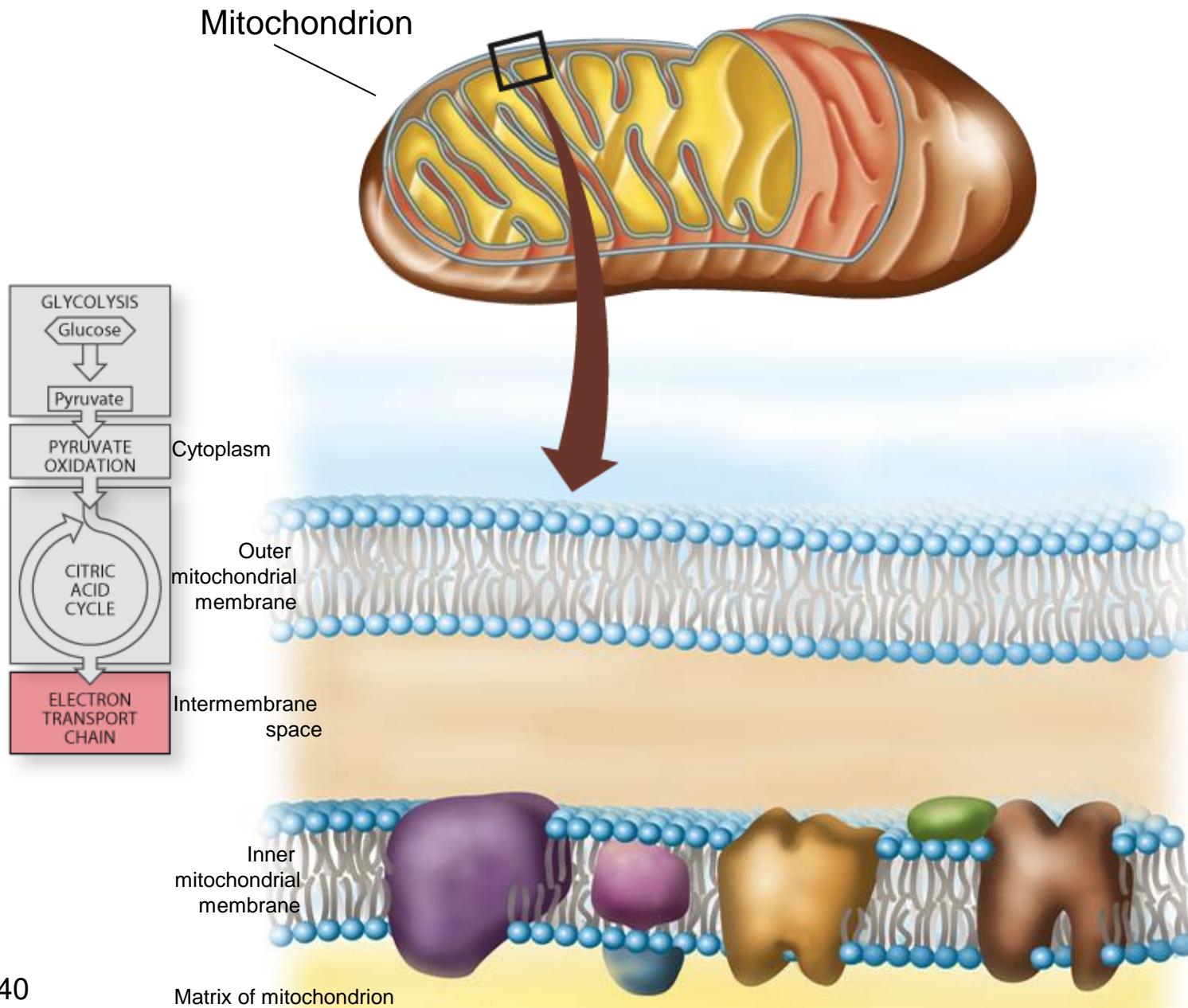
1. שרשרת הובלת האלקטרונים - **Electron transport chain**

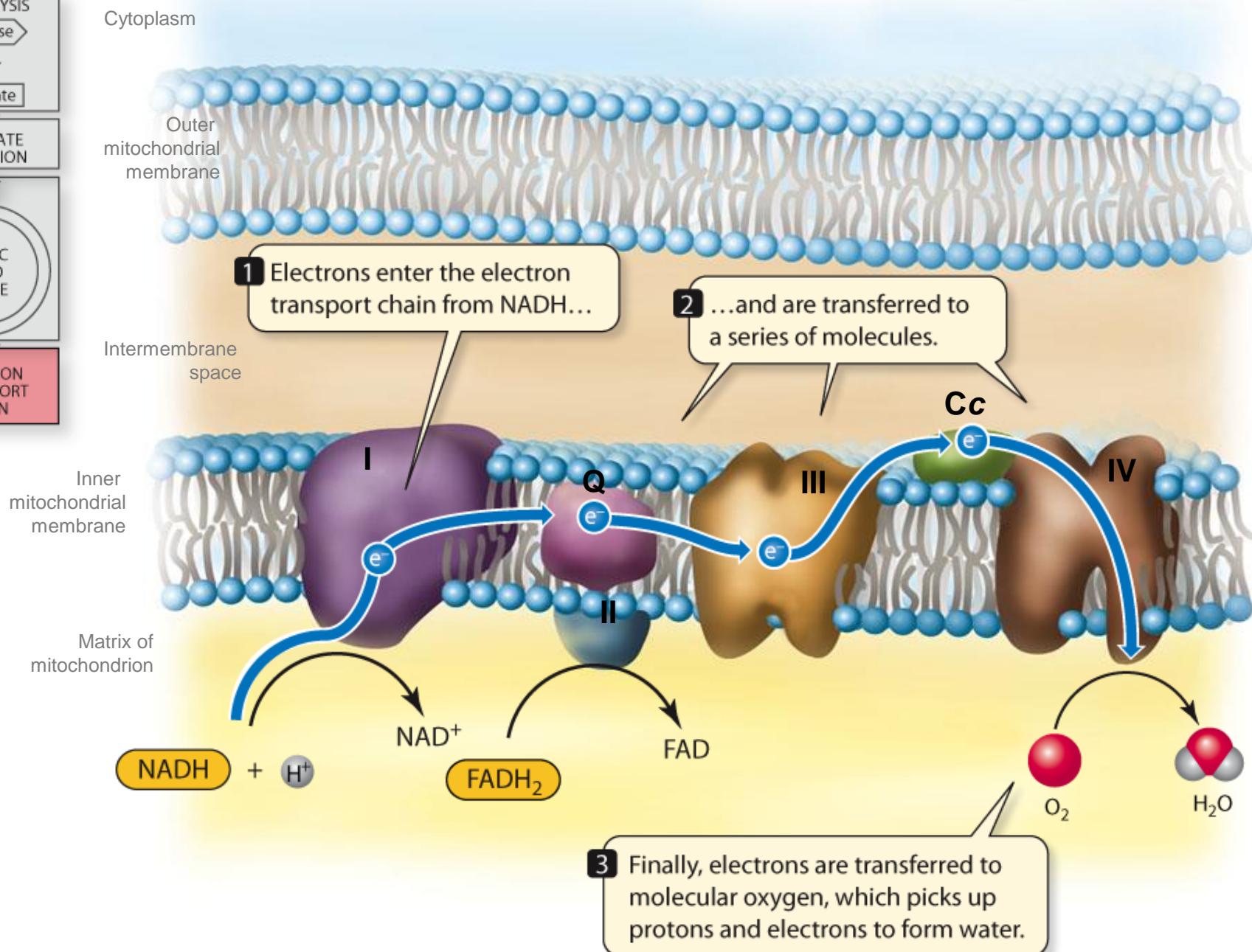
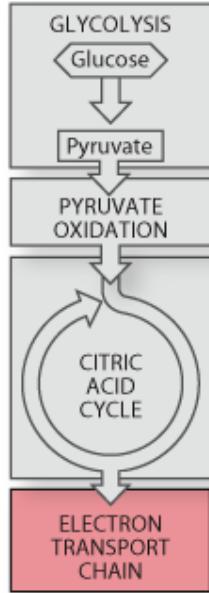
2. מנגנון כימואוסmotי - **Chemiosmosis**

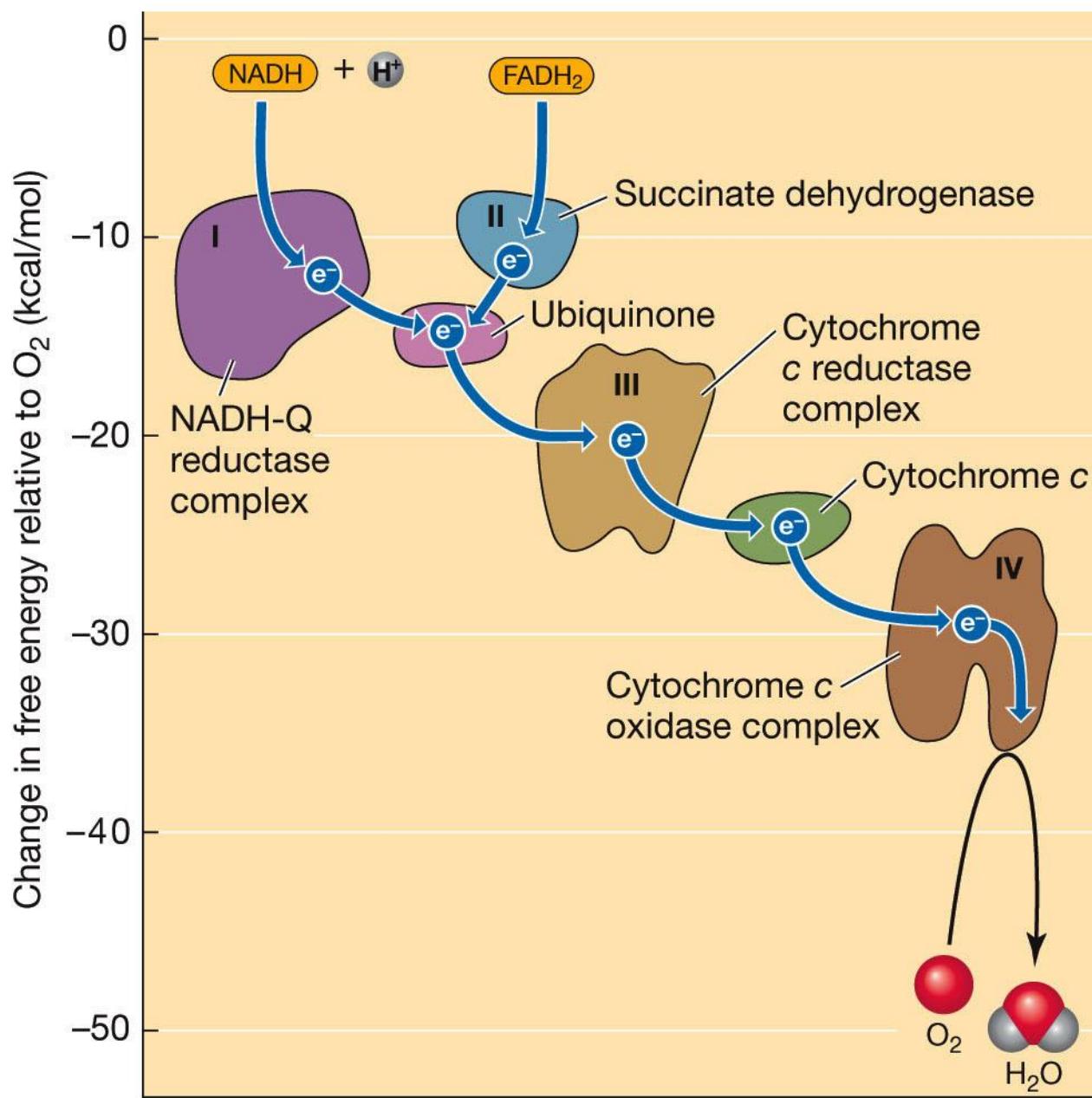
The electron transport chain

- מתרחשת על המembrנה הפנימית במיטוכונדריון.
- מעורבים בכך:
 - 4 קומפלקסים חלבוניים (I, II, III, IV).
 - ציטוכרום C (Cytochrome c)
 - יובייקוינון (Q₁₀) – שומן.

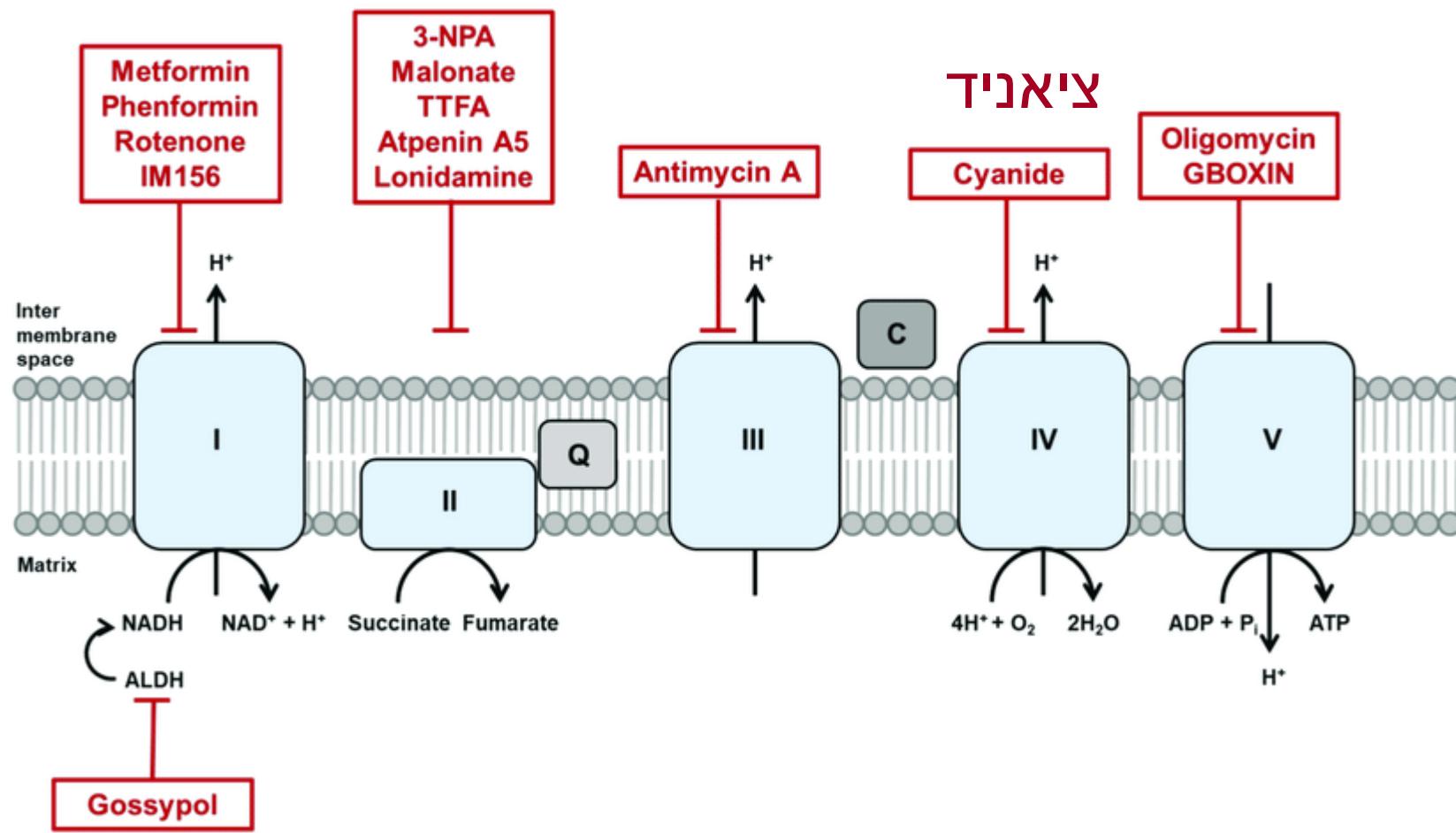






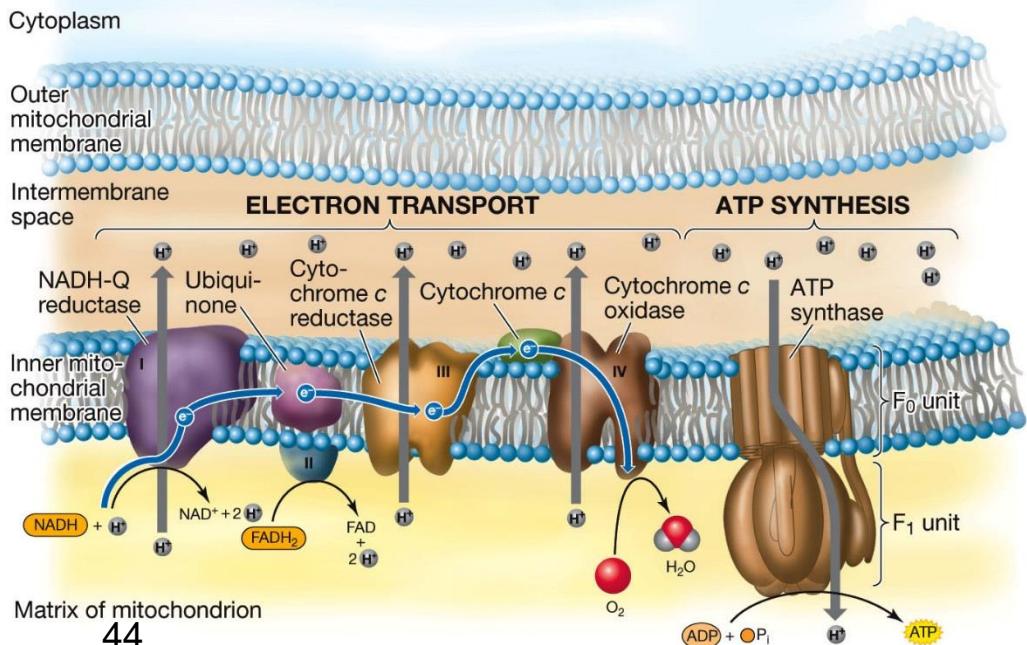


מעכבים שונים לשרשרת מעבר האלקטרוניים

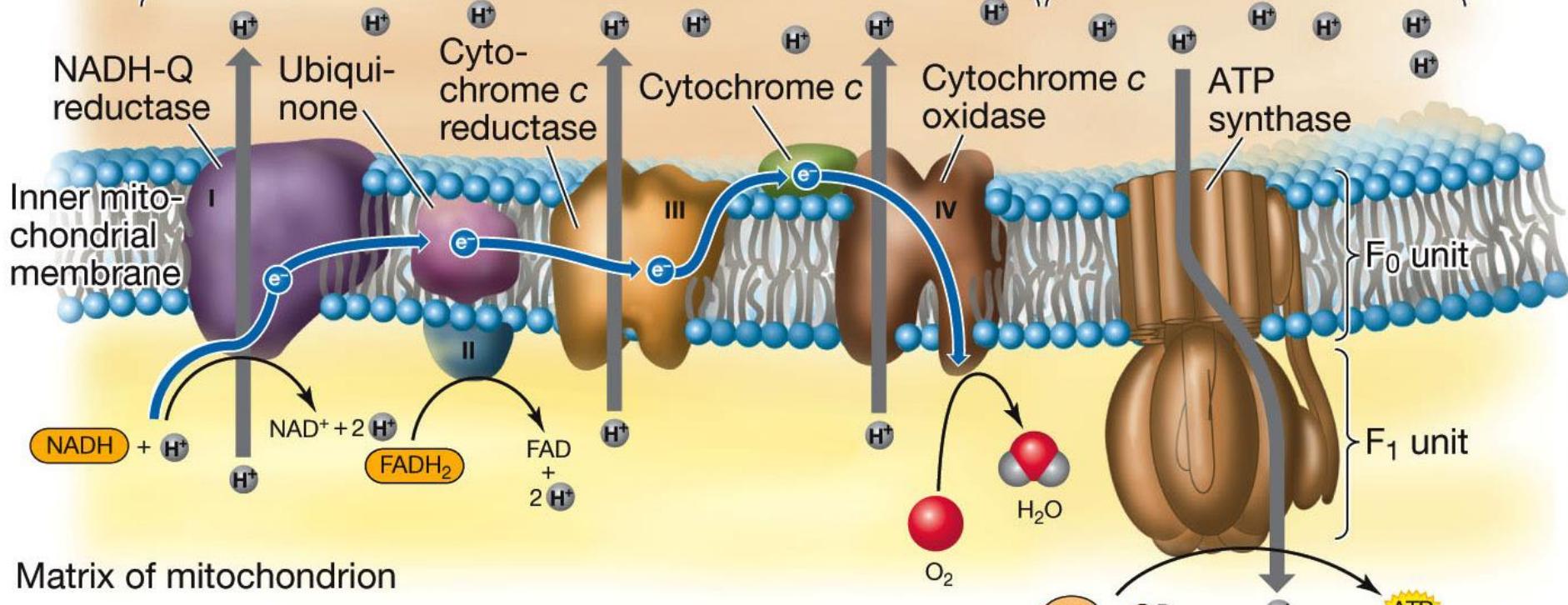


כיצד חמצון גליקוזגורם לייצר ATP?
שרשת הובלת האלקטרונים גורמת להובלה
אקטיבית של פרוטונים דרך המembrנה
הפנימית של המיטוכונדריה.

הkomplex הטרנס-מברנלי משמש כמשאבת
פרוטונים.



Cytoplasm

Outer
mitochondrial
membraneIntermembrane
space**ELECTRON TRANSPORT****ATP SYNTHESIS**

כיצד חמצון גליקוזגורם לייצור ATP?

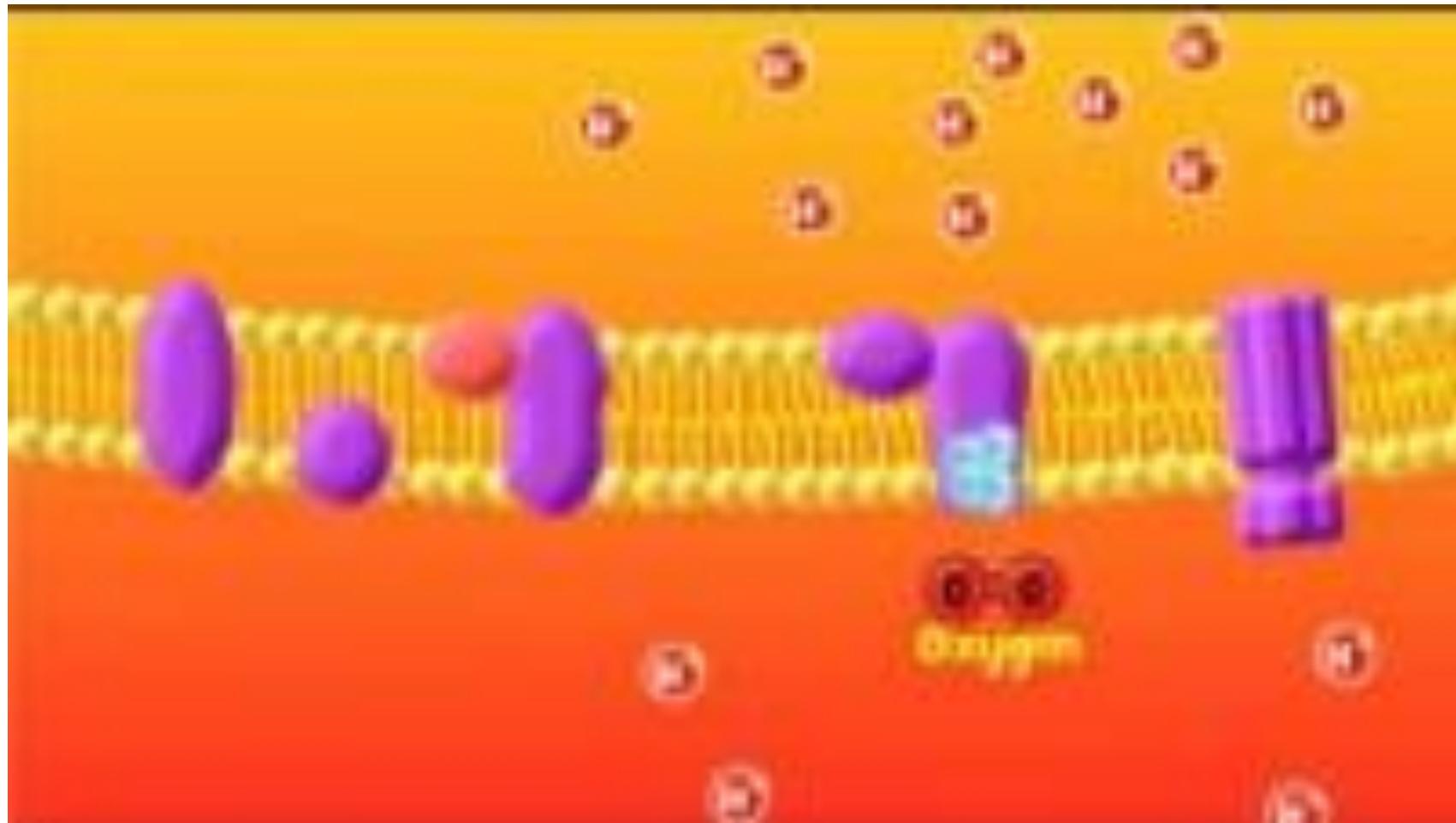
כוח מניע של פרוטונים - משאבת הפרוטונים גורמת למפל ריכוזים ולחוסר איזון חשמלי לאורך המברנה מה שモבייל לאנרגיה פוטנציאלית.

הפרוטונים עוברים בתעלת הנקראת ATP synthase בחרזה למטריקס המיטוכונדריאלי ולמעשה מתקבלת אנרגיה קינטית המונוצלת לייצור ATP.

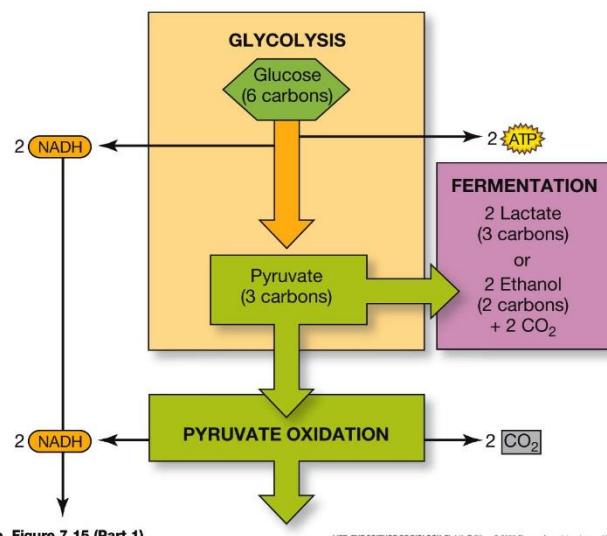
כמיאוסטזה – הציגמוד של כוח המונע על ידי פרוטונים ווונתזה (ייצור) של ATP.



NADH ו H₊ מושברים



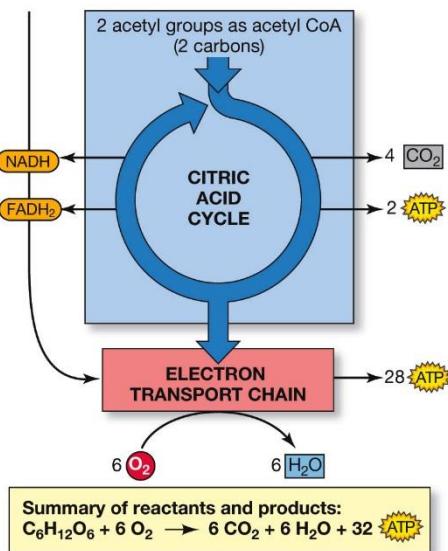
ההבדל בין האנרגיה המתיקבלת מנשימה תאית לעומת תסוי



LIFE 8e, Figure 7.15 (Part 1)

LIFE: THE SCIENCE OF BIOLOGY, Eighth Edition © 2007 Sinauer Associates, Inc. and W. H. Freeman & Co.

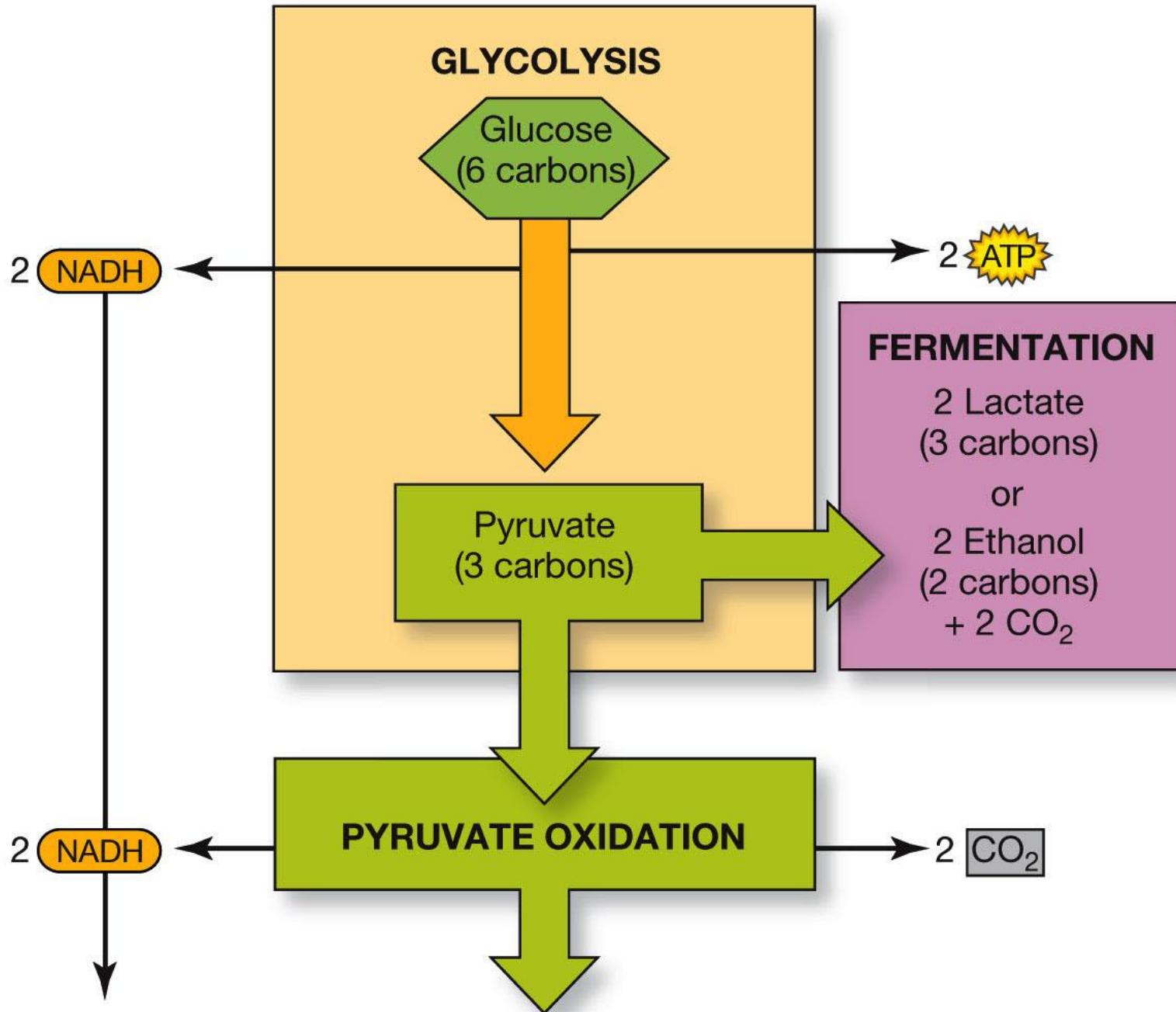
גlikolיזה + תסיסה: 2 ATP
גlikוליזה + נשימה: 32 ATP



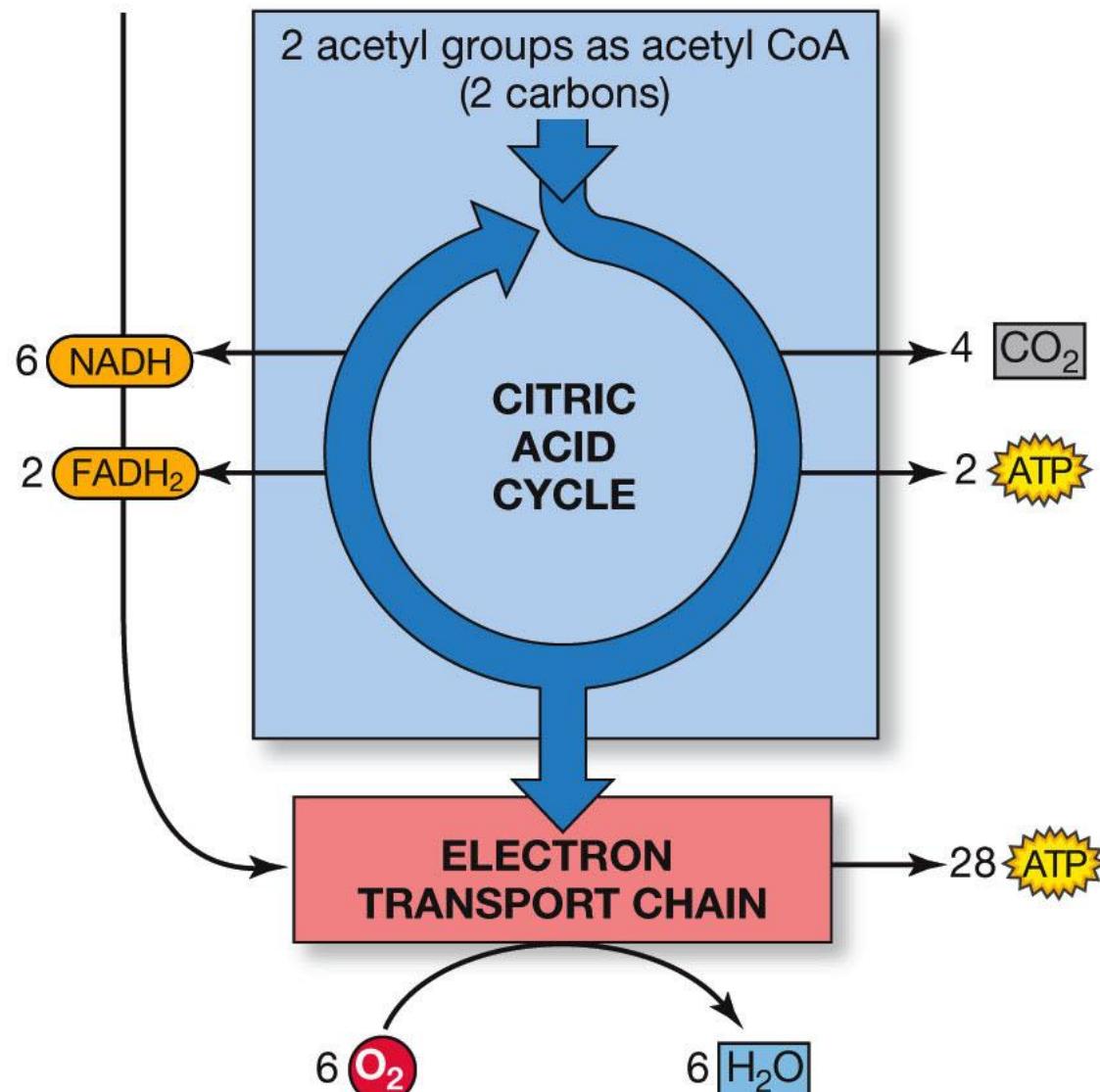
LIFE 8e, Figure 7.15 (Part 2)

LIFE: THE SCIENCE OF BIOLOGY, Eighth Edition © 2007 Sinauer Associates, Inc. and W. H. Freeman & Co.

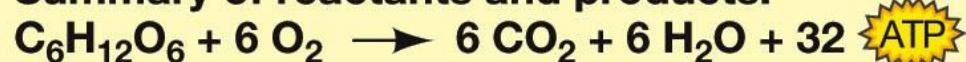
Cellular Respiration Yields More Energy Than Glycolysis Does (Part 1)



Cellular Respiration Yields More Energy Than Glycolysis Does (Part 2)



Summary of reactants and products:



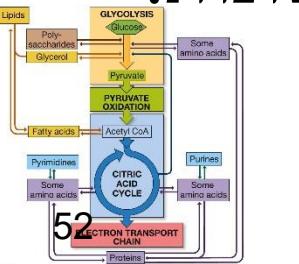
כיצד מסלולים מטבולים קשורים ומבוקרים?

מסלולים מטבולים קשורים אלו באלו. ישנו צמתים בהם מולקולות המעורבות בכמה מסלולים.

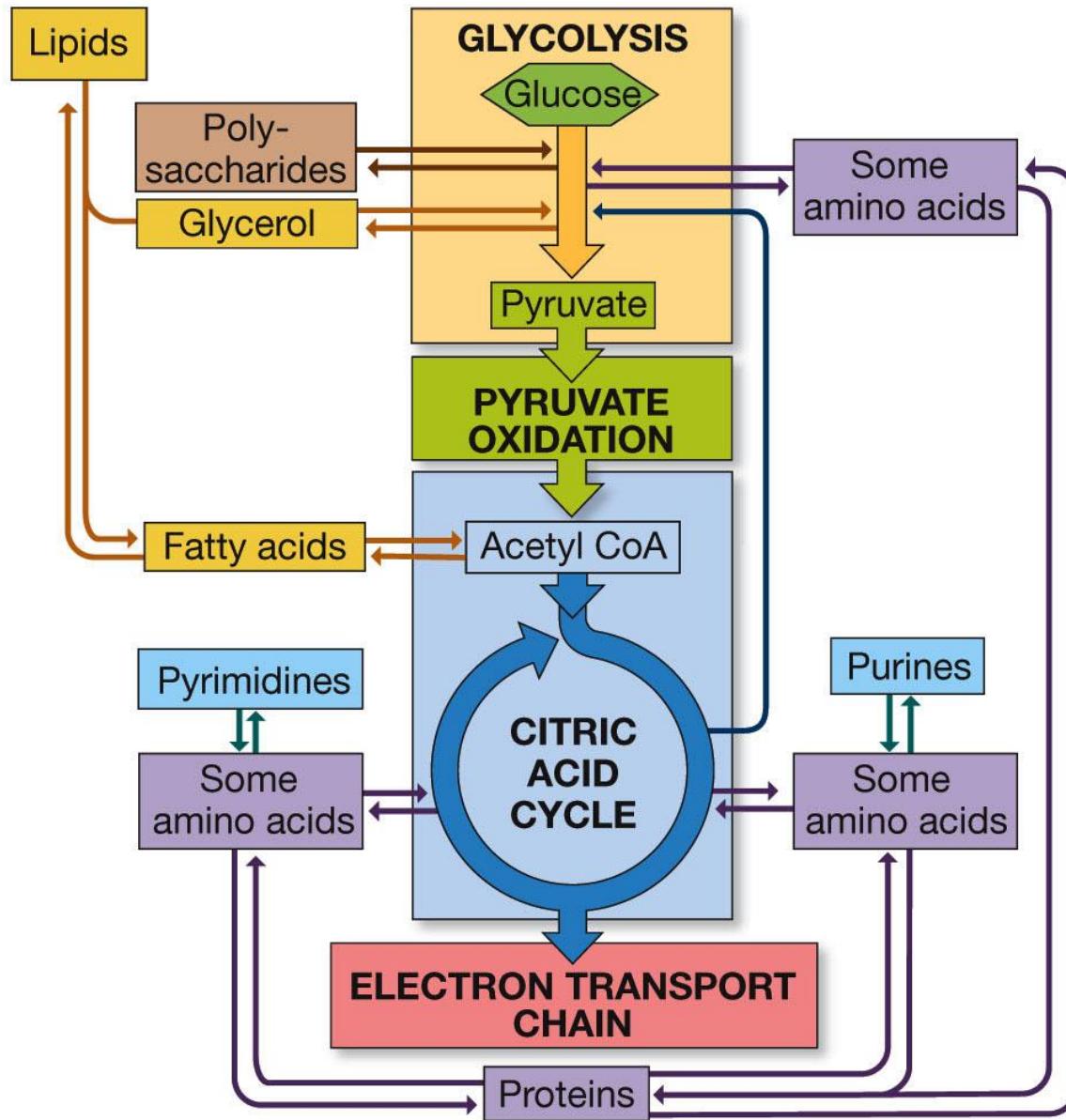
לדוגמה:

פוליסכרידים מפורקים לגלוקוז הנכנס למסלול הגליקוליזה שומנים מפורקים לגлицרול (DAP) וחומצות שומן (אצטיל CoA)

חלבונים -> מפורקים לחומצות אמינו אשר משתתפות הן בגליקוליזה והן בעיגל החומצה הცיטרית בנקודות שונות.



Relationships among the Major Metabolic Pathways of the Cell

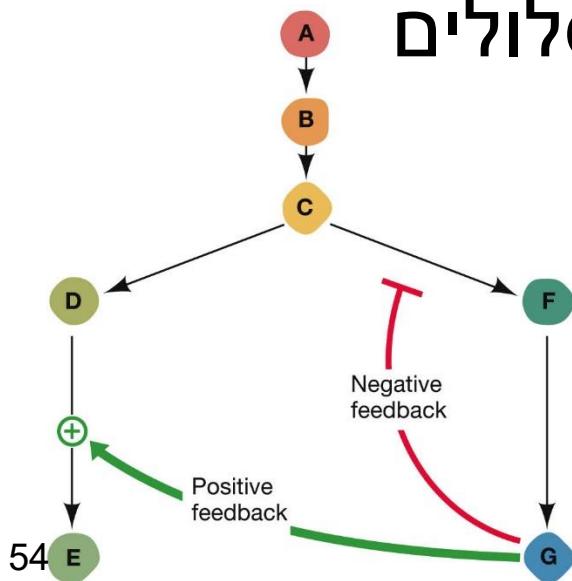


כיצד מסלולים מטבוליים קשורים ומבקרים? הומאואוטז'ס מטבולי:

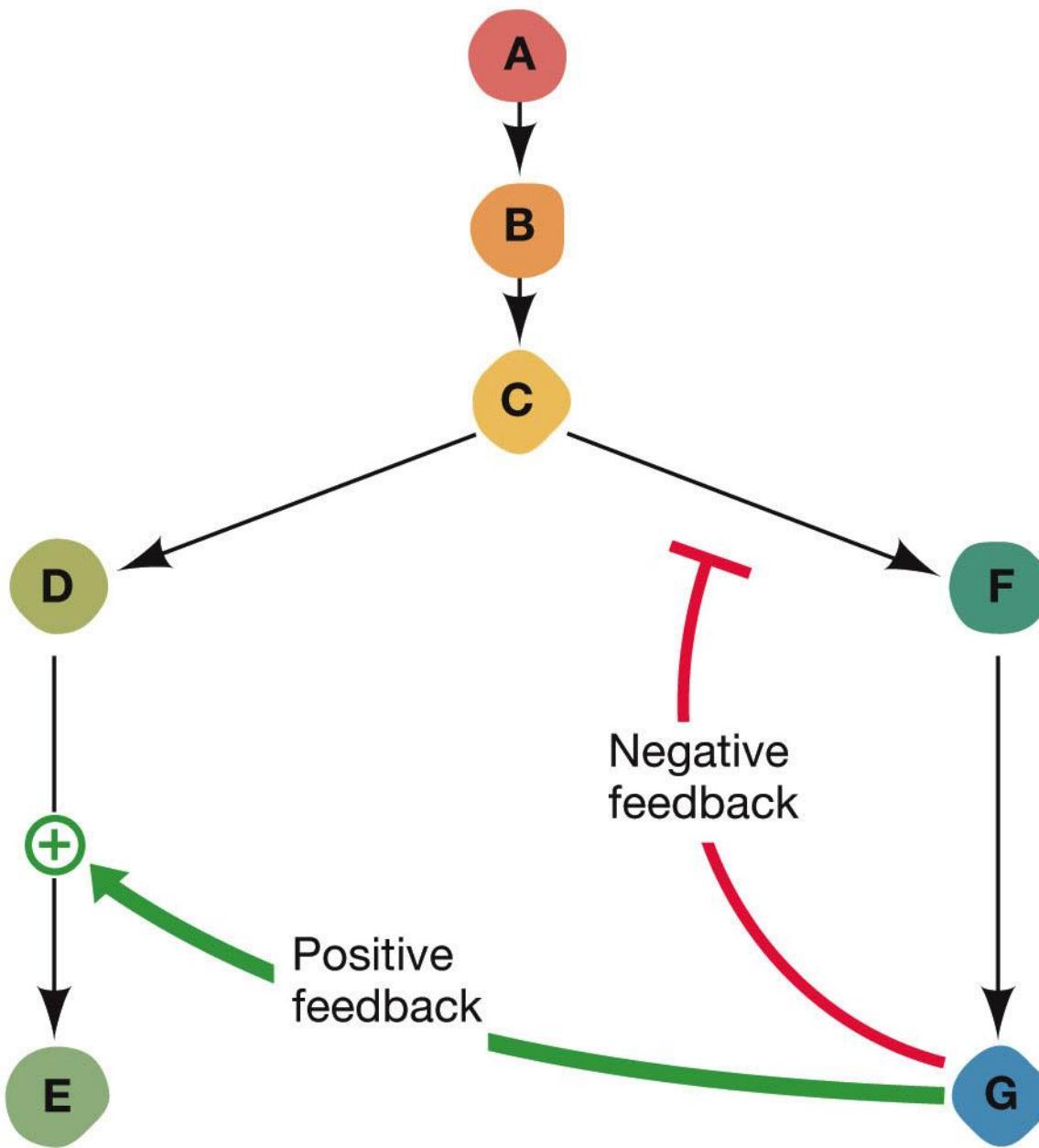
ישנה שמירה על ריכוז קבוע של מולקולות ביוכימיות לדוגמא: ריכוז גליקוז בدم.

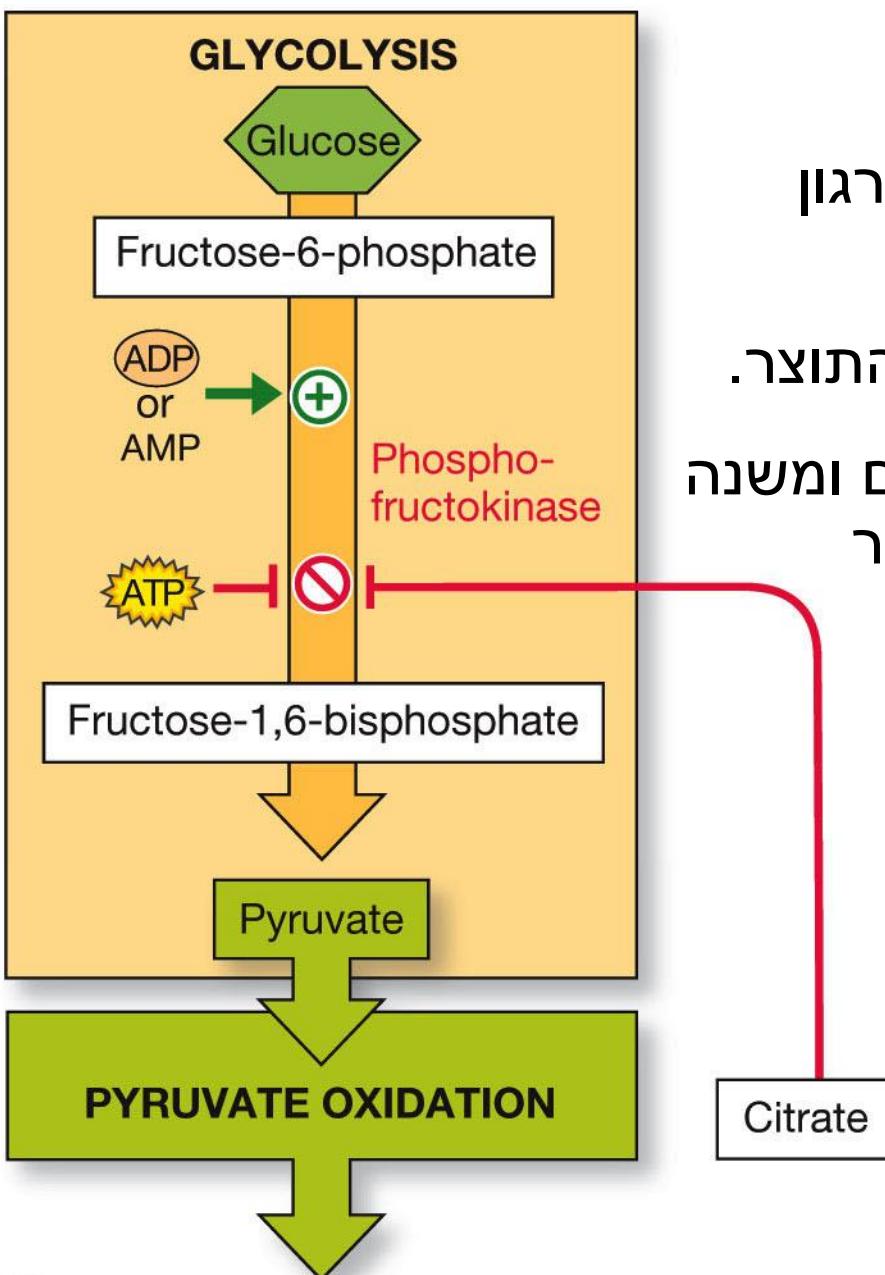
כל זאת מתאפשר הודות ל:

- בקרה אלוסטרית של אנזימים במסלולים קטבוליים.
- בקרה ע"י משוב שלילי או חיובי.



Regulation by Negative and Positive Feedback





בקירה אלוסטרית:

(אלו-שינוי, סטריא-רגון
במרחב)

האנזים מעוכב ע"י התוצר.

התוצר נקשר לאנזים ומשנה את נטייתו להיקשר ליגנד/סובסטרט.

