



# הנוירון



מגמת ביולוגיה  
ישיבה תיכונית חספין

איתן שמשוביץ

\* לאחר לימוד פרק החובה בנושא תיאום ויסות ובקרה

# נושאים במצגת

- תפקידי הנוירון וסוגיו
- אנטומיה של הנוירון
- סידור הנוירונים בגוף
- תאי גליה
- פיזיולוגיה של הנוירון
  - ההעברה החשמלית
  - ההעברה בסינפסות



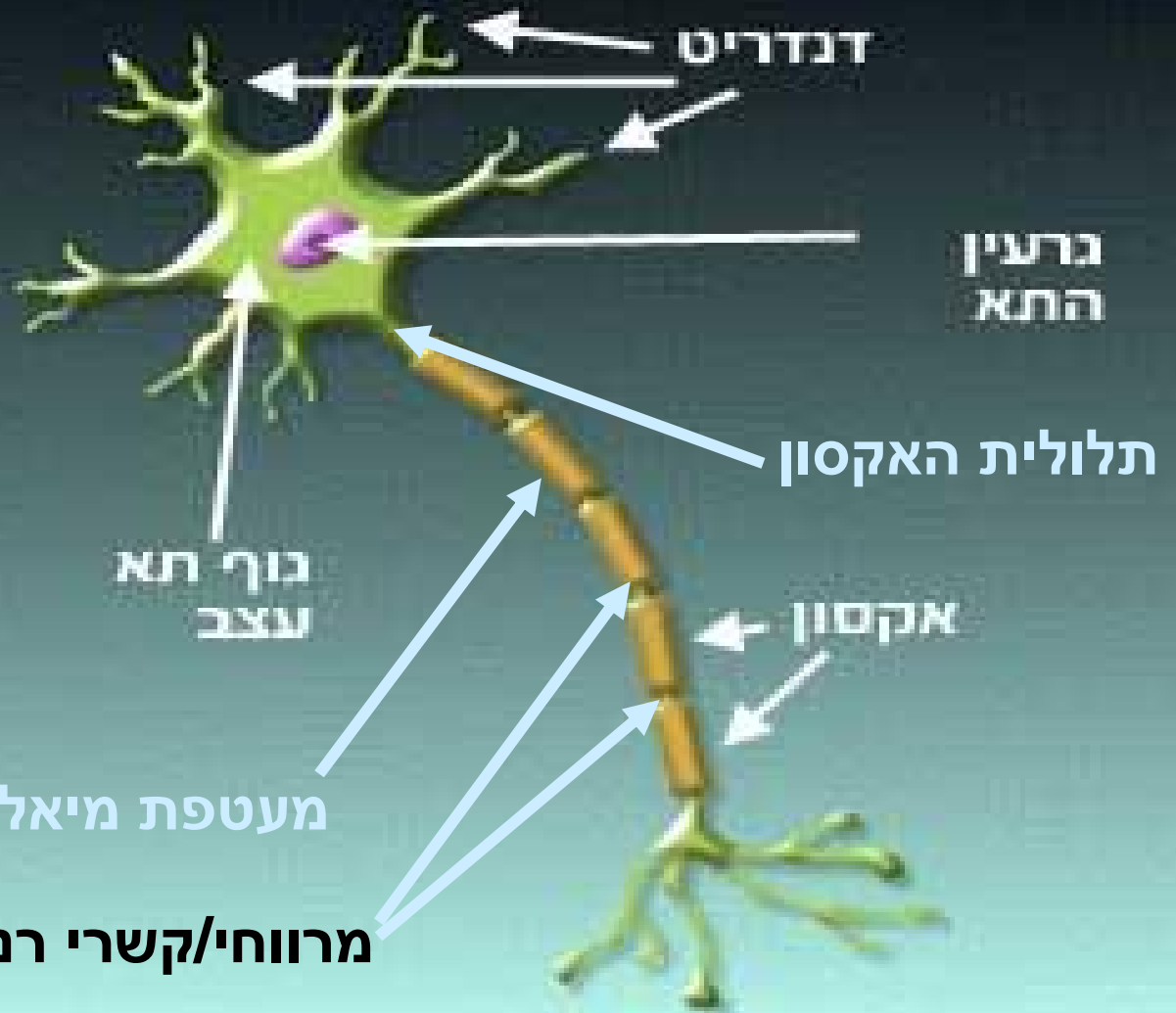
# תפקידי הנוירון

- הנוירון הוא היחידה התפקודית במערכת העצבים
- הוא המרכיב המרכזי בה
- מכך נגזרים תפקידיו:

- נוירון תחושתני – **קולט** מידע ומעבירו מתאי חישה (פנימיים וחיצוניים) בפריפריה למע"מ
- נוירון מקשר – **מעבד** את המידע בכל שמעביר את המידע לנוירון מוטורי ספציפי
- נוירון מוטורי – מעביר את **פלט** המידע לאיבר / רקמה / תא המתאימים וגורם להפעלתם (שריר / בלוטה)

# אנטומיה של הנוירון

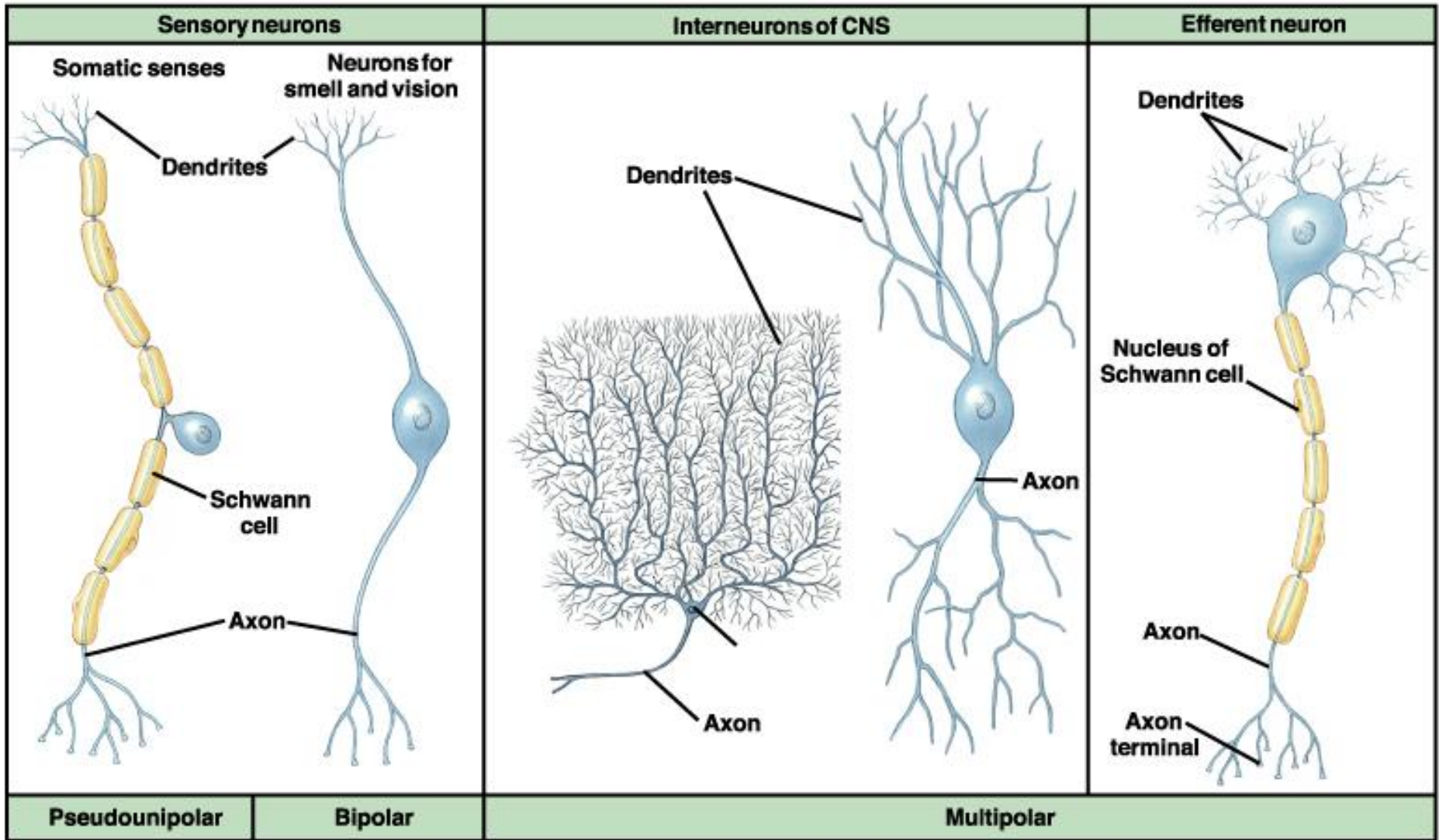
תפקידיו של כל חלק מפורטים בעמוד 98





# המבנה משתנה לפי המיקום והתפקוד

נוירון במערכת המרכזית



# סידור הנוירונים בגוף

- במערכת המרכזית – כרשת של נוירונים
- במערכת הפריפרית – עֶצֶב שהוא צרור אקסונים של תאי עצב רבים

מהו ההבדל המרכזי?

# תאי גליה

- בנוסף לנוירונים ישנו סוג נוסף של תאים במערכת הנקראים תאי גליה (Glue = דבק)
- תאים אלו מטרתם לתמוך בנוירונים:
  - יצירת מעטפת המיאלין
  - תיווך בין הנוירונים לנימים
  - שמירה על מאזן האשלגן בנוזל החוץ תאי
  - הגנה על נוירונים (פגוציטים)





# הפיזיולוגיה של הנוירון

- העברה חשמלית
- העברה כימית



# העברה חשמלית

- המידע לאורך הנוירון נעשה באמצעות זרם חשמלי
- כדי שחשמל יזרום (כמו כל דבר אחר) צריך שיהיה מתח ("מפל") חשמלי
- משמע שצד אחד יהיה חיובי והשני שלילי ביחס אליו



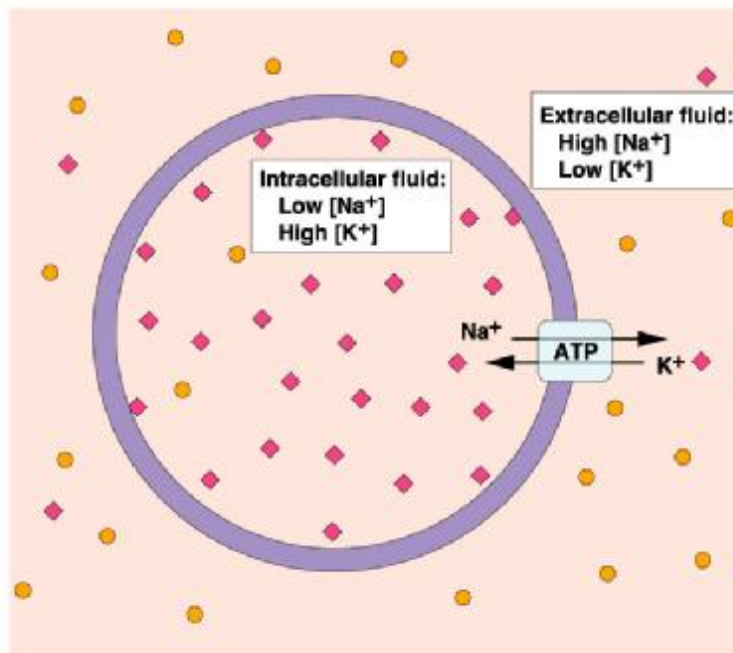
# מתח המנוחה בתאים - פולריזציה

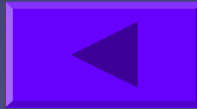
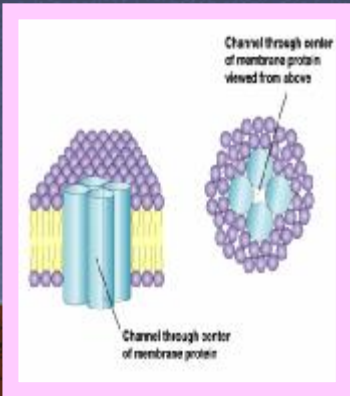
- כאשר התא "נח" – אין זרימת חשמל קיים מתח בין שני צידי ממברנת התא (כל תא – במקרה שלנו – הנוירון) תזכורת:
- ממברנת התא היא חדירה למחצה וניתן לעבור דרכה בעזרת תעלות ומשאבות:



# מתח המנוחה בתאים - משאבות

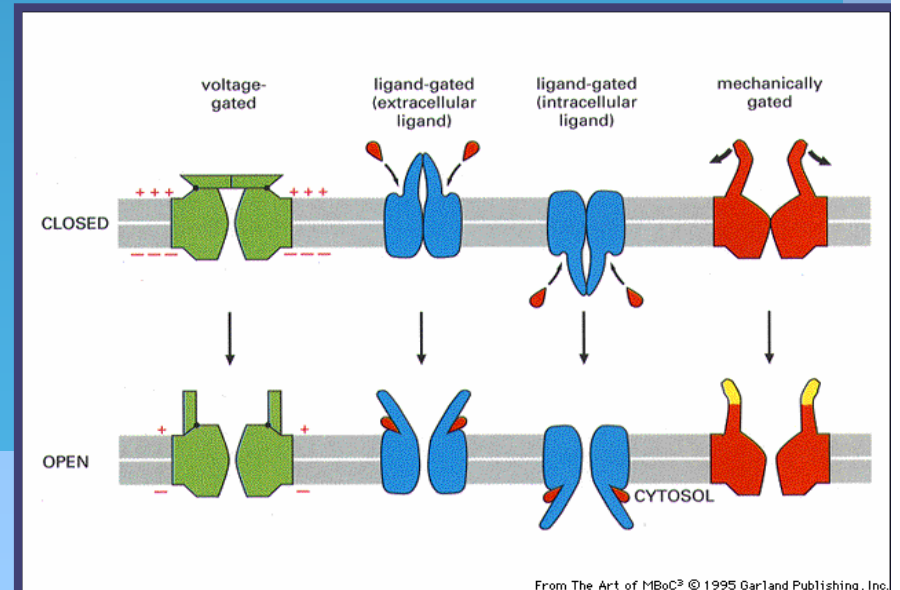
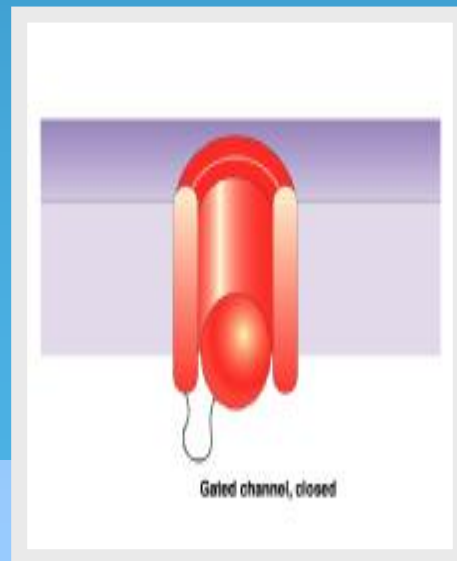
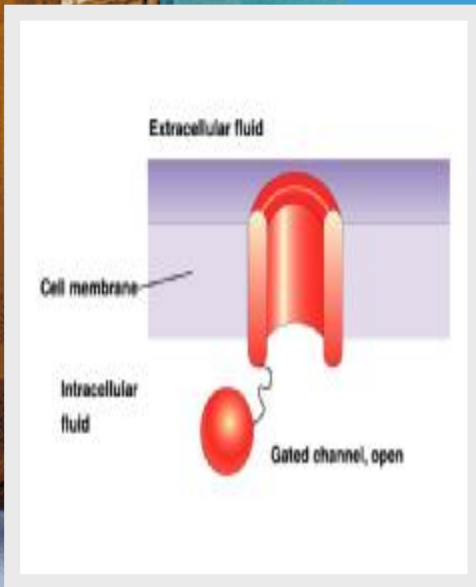
- משאבה – חלבון טרנסממברנלי המעביר חומר בין שני צידי הממברנה ודורש אנרגיה להפעלתו
- אחת החשובות ביותר – משאבת נתרן / אשלגן





# מתח המנוחה בתאים - תעלות

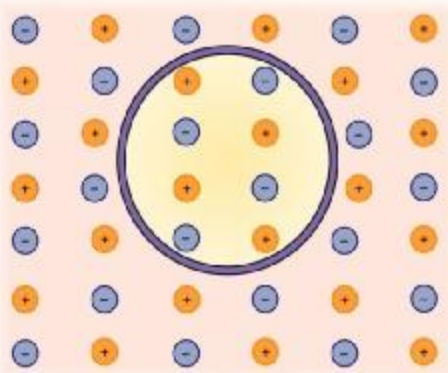
- תעלות – חלבון טרנסממברנלי היוצר פתח דרכו יכולים לעבור חומרים, על פי מפל הריכוזים, ללא השקעת אנרגיה (דיפוזיה / אוסמוזה):
- סוגים שונים:



From The Art of MBoC<sup>3</sup> © 1995 Garland Publishing, Inc.

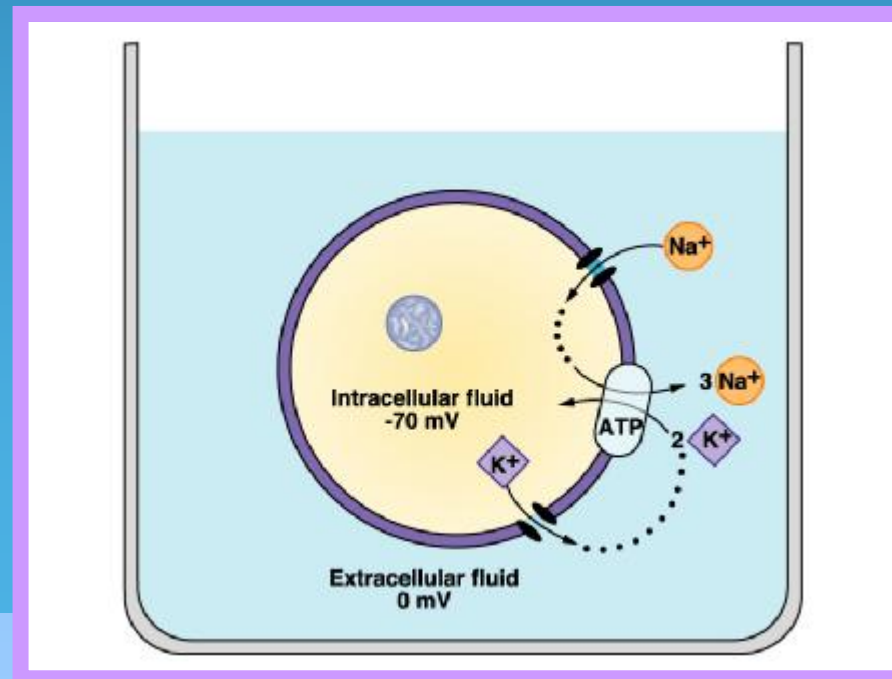
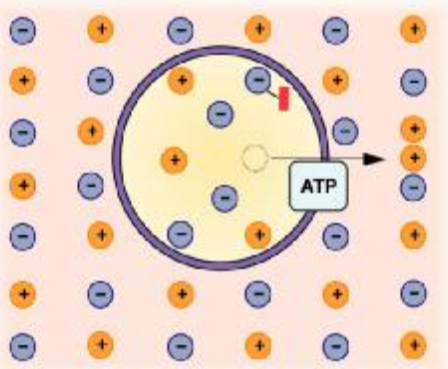
# אז כיצד נוצר המתח?

Cell and solution are electrically and chemically at equilibrium



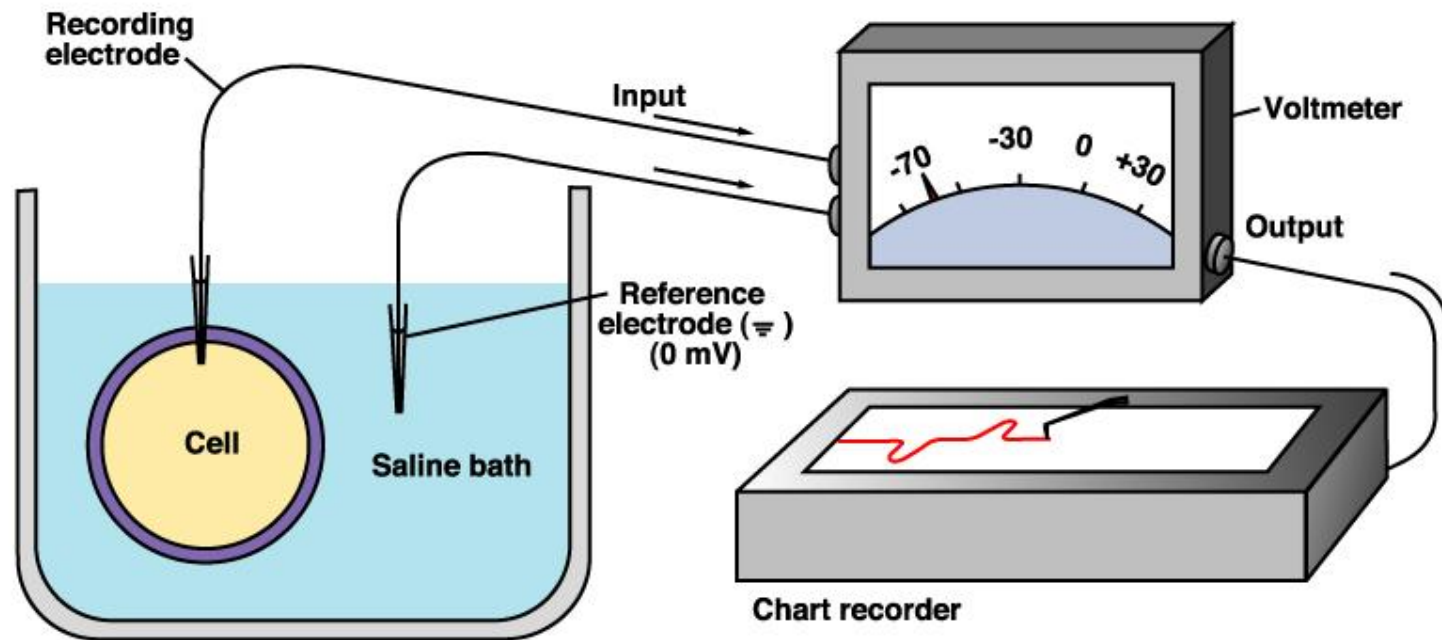
- משאבה משנה את ההרכב היוני
- נוסף גם את התעלות

Cell and solution in chemical and electrical disequilibrium



# סיכום יצירת המתח

- משאבה מוציאה נתון אל מחוץ לתא (אחרת סידן)
- במקביל מכניסה אשלגן פנימה
- ממברנה חדירה לאשלגן ברמה גבוהה
- ממברנה חדירה לנתון ברמה נמוכה (דורש יותר זרם לפתיחתה)
- אין איזון כימי – בחוץ יותר נתון ובפנים יותר אשלגן
- אין איזון חשמלי – המתח בין הצדדים הינו  $mV (-70)$
- סיכום – מתח אלקטרוכימי בין צידי הממברנה



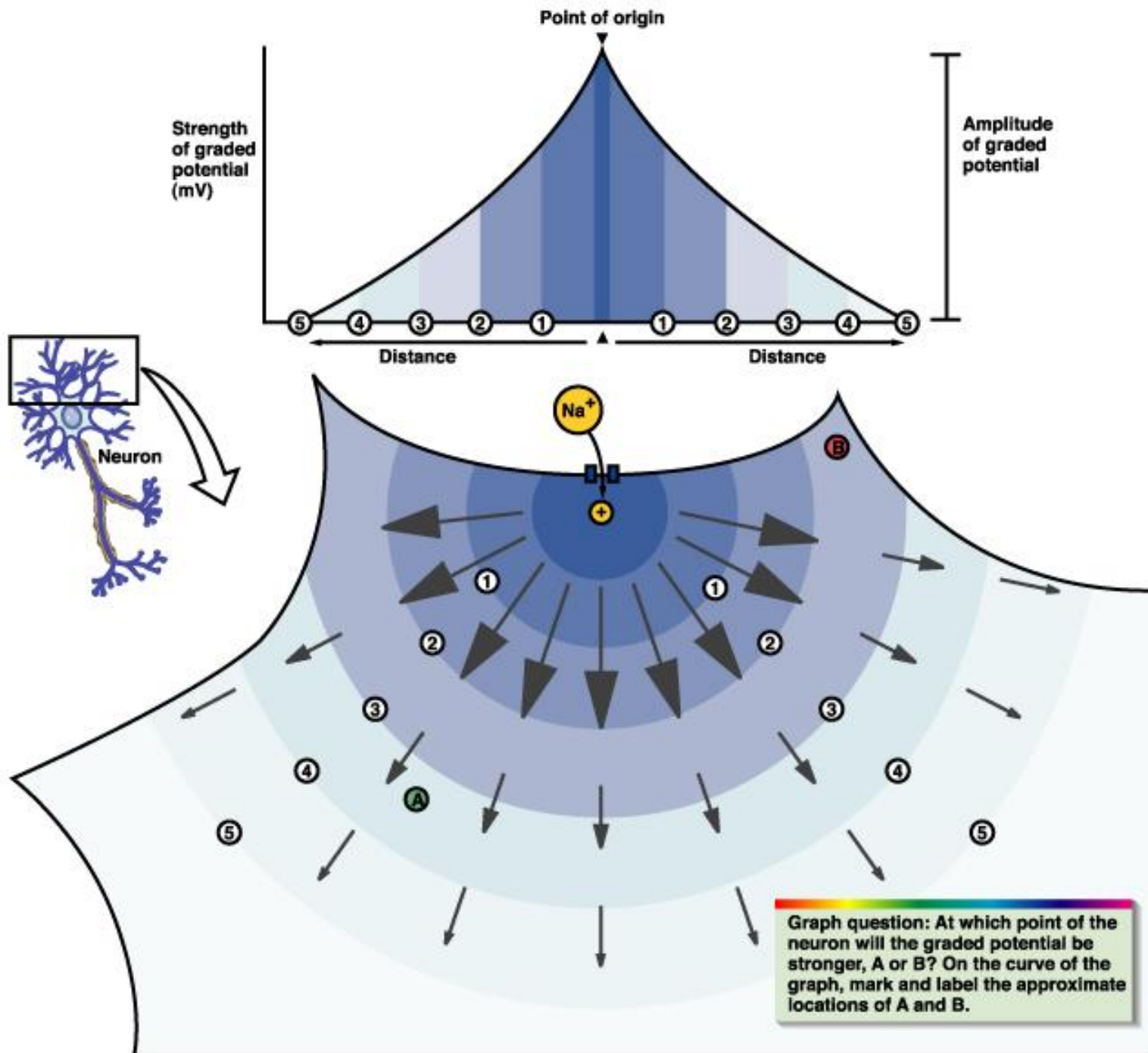
בעצבים ושרירים ההבדל בפוטנציאל נמדד הוא נע בין  $-40$  mV עד ל  $-90$  mV.

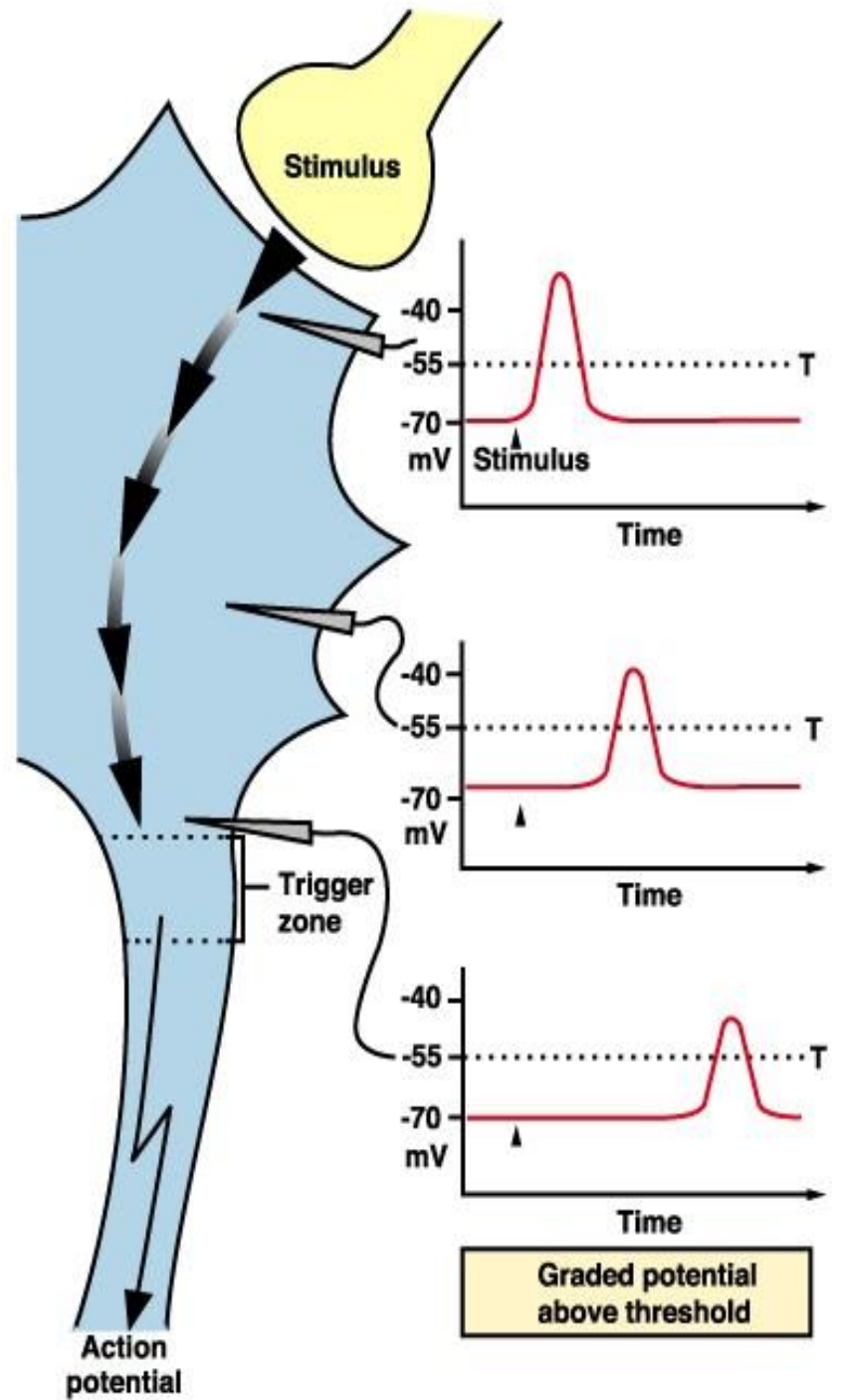
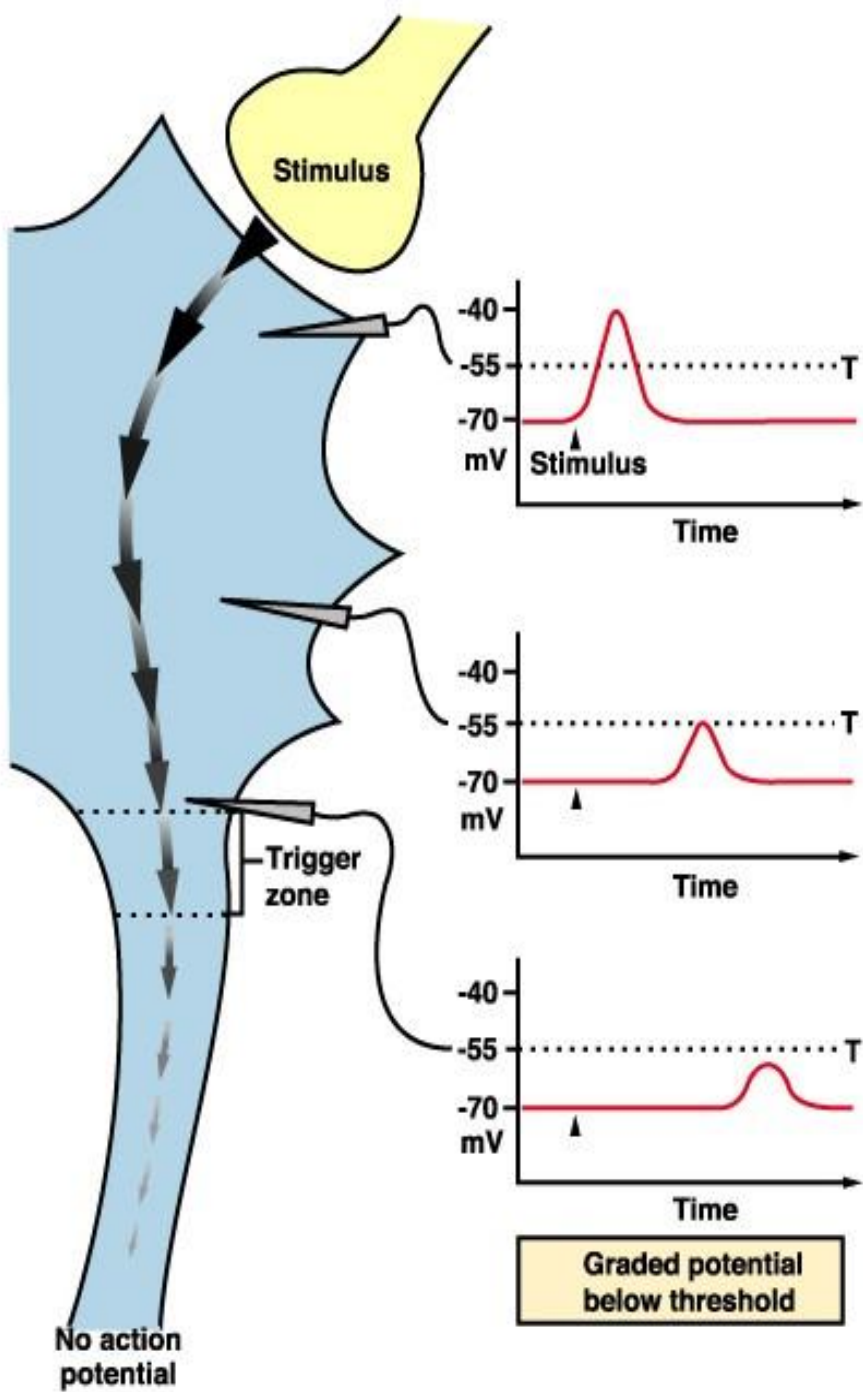


# הנוירון בפעולה

- גירוי כלשהוא בתאי החישה (כימי, מכני, חשמלי) נקלט בדנדריט
- גירוי זה מחולל אות המתפשט בדנדריט לכוון תלולית האקסון בעצמה יורדת
- אם באזור הקריטי הוא עבר את סף ההפעלה (55- mV) מתחיל תהליך ההפעלה – דפולריזציה = פוטנציאל פעולה







# פוטנציאל פעולה

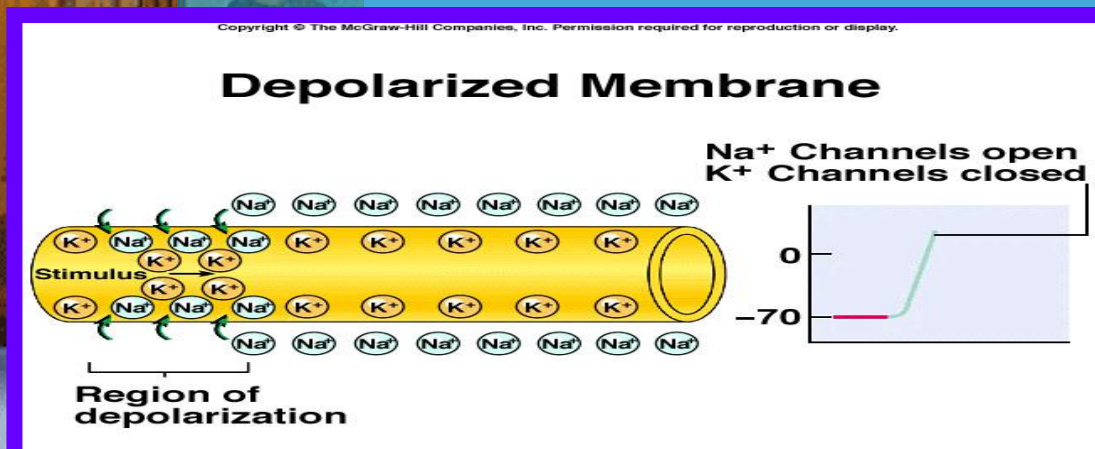
- מרגע זה אין דעיכה ואין חשיבות לעצמה ההתחלתית ולכן המנגנון הוא של "הכל או לא כלום"
- לאורך הנוירון מתרחשת דפולריזציה, ביטול הקוטביות והמברנה מתחילה להיות פחות שלילית ולאחר מכן טעונה חיובית



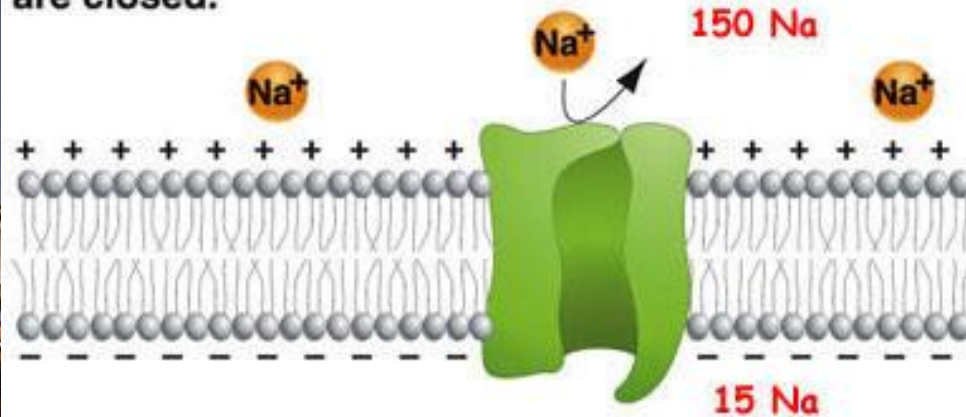
# דפולריזציה

- השתנות המתח לכיוון החיובי גורמת לפתיחת תעלות הנתרן וכניסה של נתרן לתאים
- המתח נעשה חיובי יותר
- דבר הגורם לכניסה נוספת של נתרן
- זרם חשמלי עובר

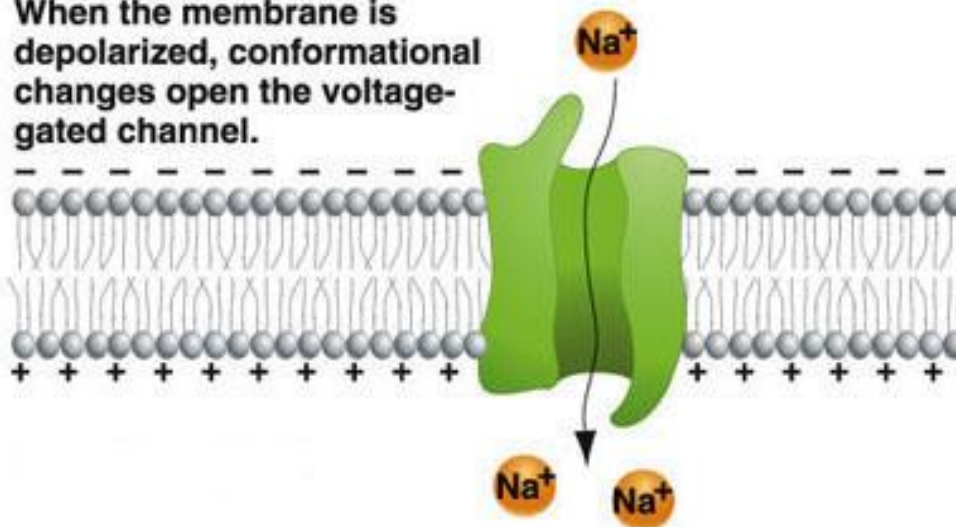
מנגנון  
משוב...



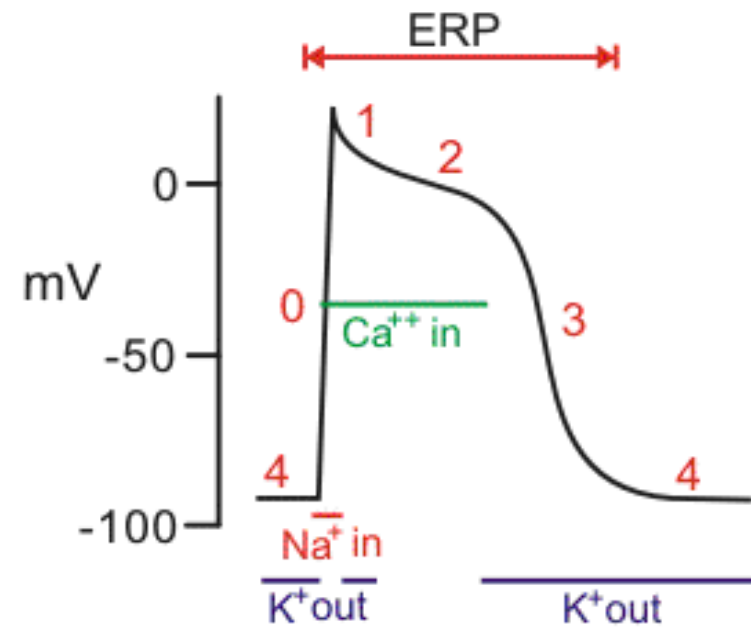
At the resting potential, voltage-gated  $\text{Na}^+$  channels are closed.



When the membrane is depolarized, conformational changes open the voltage-gated channel.



Fast-Response Action Potential  
(e.g., ventricular myocyte)



# רהפולריזציה – שלב 1

- המשוב נפסק עם הגעת הממברנה למתח של +30 mV
- תעלות נתרן נסגרות ותעלות אשלגן נפתחות
- הממברנה מגיעה למתח של -90 mV (היפרפולריזציה)
- תעלות האשלגן נסגרות, חלקו יוצא והממברנה חוזרת למצב המנוחה – -70 mV
- סיכום – פוטנציאל פעולה הוא תוצאה של שינוי חדירות הממברנה ליונים שונים

## רהפולריזציה – שלב 2

- התא חזר למצב מנוחה חשמלי, אך עדיין לא כימי

- משאבות נתרן – אשלגן מחזירות גם את המצב הכימי לזה הראשוני

- בשלב זה לא ניתן לגרות את הנוירון שוב (תקופה רפרקטורית)

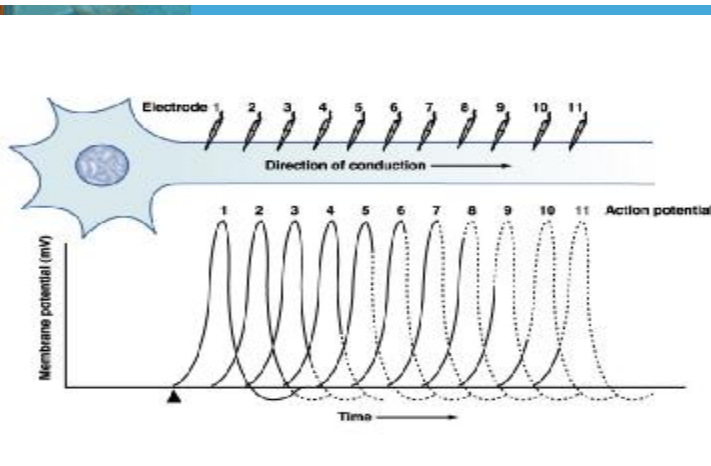




# התקדמות פוטנציאל פעולה באקסון

- מרגע שהחל, הפוטנציאל מתקדם לאורך האקסון ללא דעיכה
- הזרם פותח את תעלות הנתרן הבאות בתור עד לקצה האקסון

Dominos falling

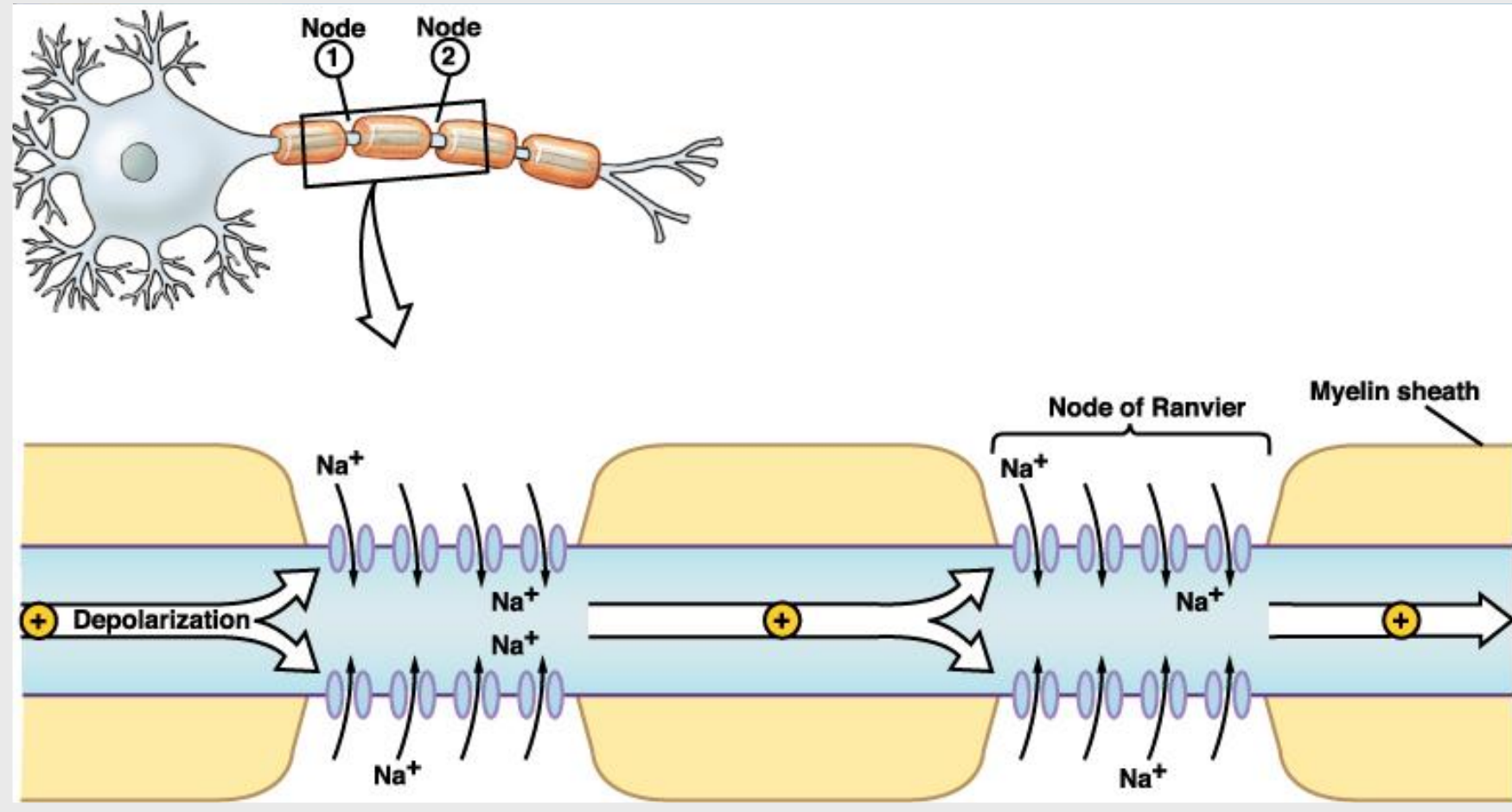




# בזריזות...

- ענו על שאלות א'-ג' בעמוד 112

# מעטפת המיאלין וקשרי רנבייה



# שאלות למחשבה (והגשה)

- בכל הנוירונים בגוף עובר אותו זרם בדיוק.  
**כיצד מבחין המוח בסוגי הקלט השונים?**
- עצמת מתח הפעולה קבוע.  
**כיצד מבחין המוח בעצמת הגירוי?**





ועוד...

- ענו על שאלות 1-8, עמודים 114-116

# ההעברה בסינפסות

- אתר הקישור בין הנוירון לתא המטרה (נוירון, שריר, בלוטה)
- לנוירון אחד ייתכנו סינפסות עם נוירונים רבים אחרים
- קישורים אלו מאפשרים פעולות שונות:
  - תהליכי עיבוד (חיבורי מתח)
  - תהליכי ויסות
  - תפקודים עליונים: חשיבה, זיכרון, למידה וכד'

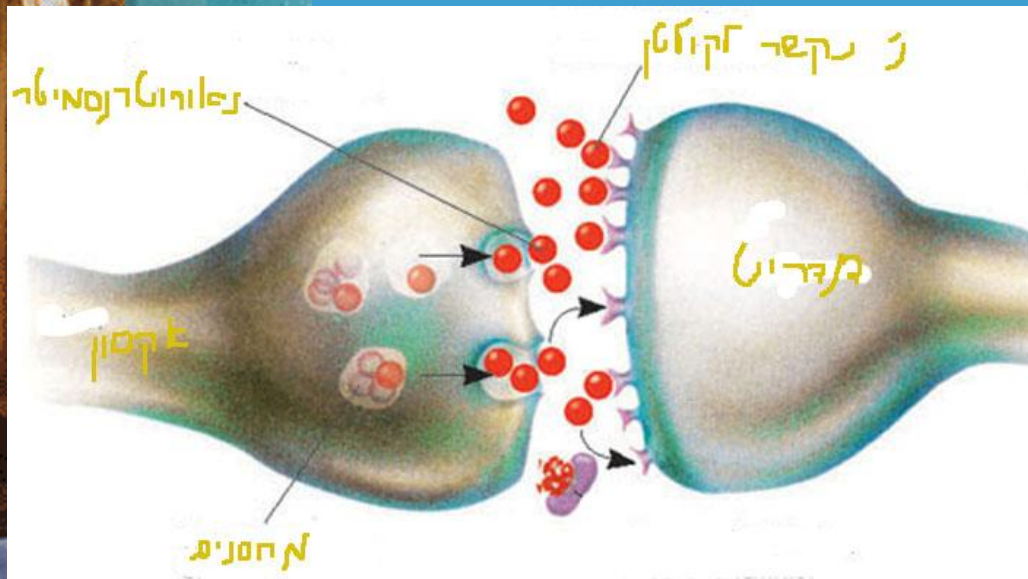
# העברה בסינפסה

- תזכורת – מרווח בו הקישור נעשה בעזרת חומרים כימיים (נוירוטרנסמיטורים)
- ישנם גם סינפסות חשמליות (לב, מוח)
- מה היתרון?
- מה עלול להשתבש?



# אנטומיה של הסינפסה עמוד 129

- הקצה הפרי הסינפטי
  - ריבוי מיטוכונדריות
  - שלפוחיות סינפטיות
- המרווח הסינפטי
- הקצה הפוסטסינפטי
  - קולטנים





# פיזיולוגיה בסינפסה

- מתח פעולה מגיע לקצה האקסון
- שחרור השלפוחיות למרווח הסינפטי (סידן)
- הגעה בדיפוזיה לקצה הפוסטסינפטי
- קישור לקולטן
- פתיחת תעלות יוניות (לרוב נתרן)
- יצירת שינוי מתח ואם עובר את מתח הסף...
  - יצירת דפולריזציה (סינפסה מעוררת)
  - יצירת היפרפולריזציה (סינפסה מעכבת)



# עיבוד וויסות המידע בסינפסה

- בתא הפוסטסינפטי יש בדרך כלל (בעיקר במע"מ) קולטנים מסוגים שונים
- העיבוד = חישוב:
  - המתח מסינפסות מעוררות
  - —
  - המתח מסינפסות מעכבות
  - = —
  - מתח מעל הסף ← דפולריזציה
  - מתח מתחת הסף ← היפרפולריזציה

# הפסקת העברת המידע בסינפסה

אז  
מה??

- כל עוד יש קישור בין הנוירורנסמיטר לקולטן תתרחש הפעלה של תא המטרה
- בנוסף קיים עודף של נוירורנסמיטורים במרווח הסינפטי
- לכן יש צורך לפנות את המרווח:
  - פירוק הנוירורנסמיטר ומחזור המרכיבים
  - קליטה חוזרת של הנוירורנסמיטר לתא הפרהסינפטי

# זרחנים אורגניים

- מעכבי האנזים אצטיל כולין אסטרז
- מונעים את פירוק האציל כולין – נוירוטרנסמיטר מרכזי במערכת הפראסימפתטית
- הפעלה מתמשכת של איברי המטרה:
  - התכווציות שרירים עד שיתוק, התכווצות האישון ואיבוד הראיה ושיתוק שרירי הנשימה
  - הפעלת יתר של כל בלוטות ההפרשה (דמעת, נזלת רוק...) וחסימה של דרכי האוויר והנשימה

# זרחנים אורגניים המשך

- משמשים כחומרי הדברה בחקלאות
- גז עצבים כחומר לחימה כימי (חל"כ)
- יכול להקשר בצורה בלתי הפיכה לאנזים ולגרום למוות וודאי
- ניתן לצרוך סוג של זרחן אורגני הפיך כהגנה מפני החל"כ





# השפעה על הפעילות בסינפסה

- ניתן להשפיע (בצורה טבעית / מלאכותית) על הפעילות בסינפסה:

– הפרשה / עיכוב סוג מסוים של נוירותרנסמיטר

- אמפיטמינים (כדורי מרץ) מעודדים הפרשת נוראדרנלין
- LSD מעכב הפרשת סרוטונין
- אלצהיימר – חוסר באצטילכולין
- דופמין – יותר מדי = סכיזופרניה, פחות מדי - פרקינסון

– השפעה על הקולטנים (עידוד / עיכוב)

- אטרופין נקשר ומעכב פעילות קולטנים של אצטילכולין

– וויסות פעולת הניתוק שלו מתא המטרה

- קוקאין – מעכב ספיגה חוזרת של נוראדרנלין ודופמין
- פרוזאק – מעכב ספיגה חוזרת של סרוטונין