

כנס החינוך המדעי: חדשנות במחקר ובפרקטיקה בהוראת מתמטיקה ומדעים
25 במרץ 2018, אוניברסיטת תל-אביב

כיצד הבנת החשיבה מאחורי בניית מודלים עשויה לתרום ללמידה מבוססת-מודלים של מושגים מדעיים?



ד"ר שרונה ט. לוי

המעבדה ללמידת מערכות ולהתפתחות

Systems Learning and Development Lab (SLDL)

stlevy@edu.haifa.ac.il <https://sites.google.com/site/sharonatlevy/>

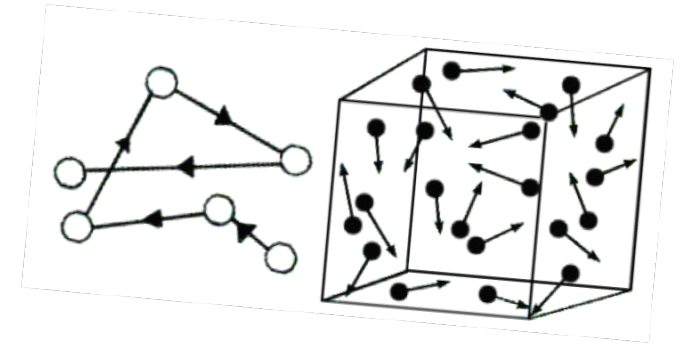
הפקולטה לחינוך, אוניברסיטת חיפה

מבנה ההצגה

- **מידול (בניית מודלים) כפעילות מרכזית במדע**
- **למידה עם מודלים:** חקירה ובניה של מודלים, ובאופן ספציפי מודלים ממוחשבים של מערכות, מאפשרים למידה עמוקה של מושגים מדעיים על-ידי פישוט ומיקוד של תופעות במציאות, תוך הבלטה של יחסי הגומלין בין עצמים במודל, קישור למדדים ועוד.
- **הבנת הייצוגיות של מודלים (היבטים אפיסטמיים):** שילוב פעילויות המדגישות את החשיבה מאחורי בניית המודל - כלומר הבחירות שנעשות בעת עיצובו, האפשרות לקיום יותר ממודל אחד לתופעה ועוד – חשובים לצורך הבנה של תהליכים אלו , ובעקבות הבנה זו – גם למידה עמוקה יותר של הנושאים המדעיים.



מודלים במדע



אין חלק משמעותי בעולם שהוא כל כך פשוט שניתן לתפוס ולשלוט בו ללא הפשטה. הפשטה כרוכה בהחלפה של אותו חלק מן היקום בו מתמקדים במודל דומה אך בעל מבנה פשוט יותר. מודלים, פורמליים ואינטלקטואליים, מצד אחד, או חומריים מצד שני, הם צורך מרכזי בתהליך המדעי.

... את השימושיות ואת המגבלות של מגוון רחב של מודלים מדעיים.

רוזנבלות' ווינר (1945).

אבי הקיברנטיקה, הגדיר באופן פורמלי מושגים כמו משוב

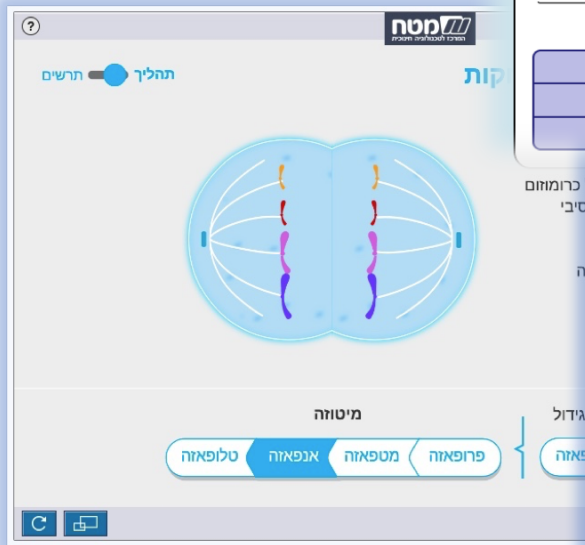
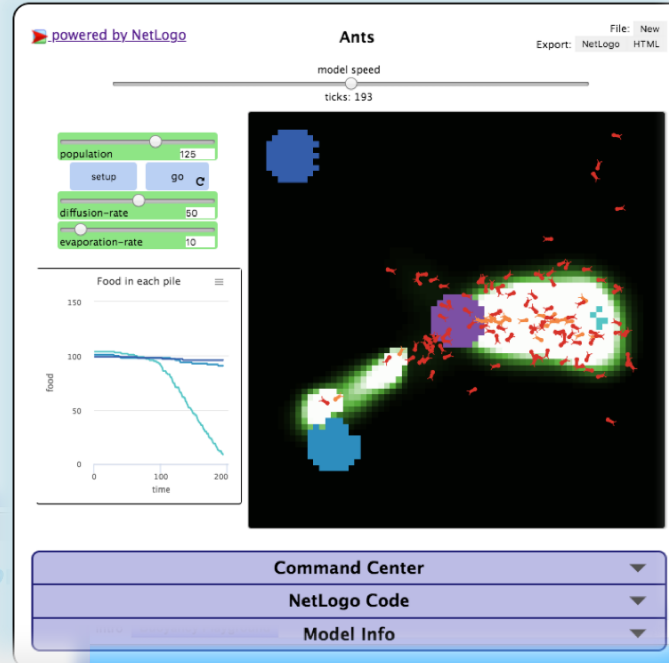
תהליך של מידול:
הבלטה ↔ הבלעה

Arturo Rosenblueth & Norbert Wiener (1945). The role of models in science. Philosophy of Science, 12(4), 316-321.

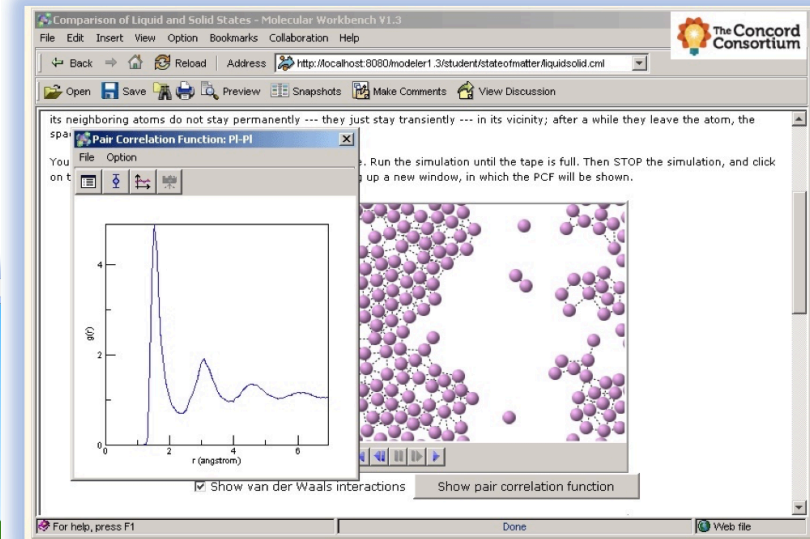
כנס החינוך המדעי: חדשנות במחקר ובפרקטיקה בהוראת מתמטיקה ומדעים. 25 במרץ, 2018, אוניברסיטת תל-אביב

למידה דרך חקירה של מודלים ממוחשבים

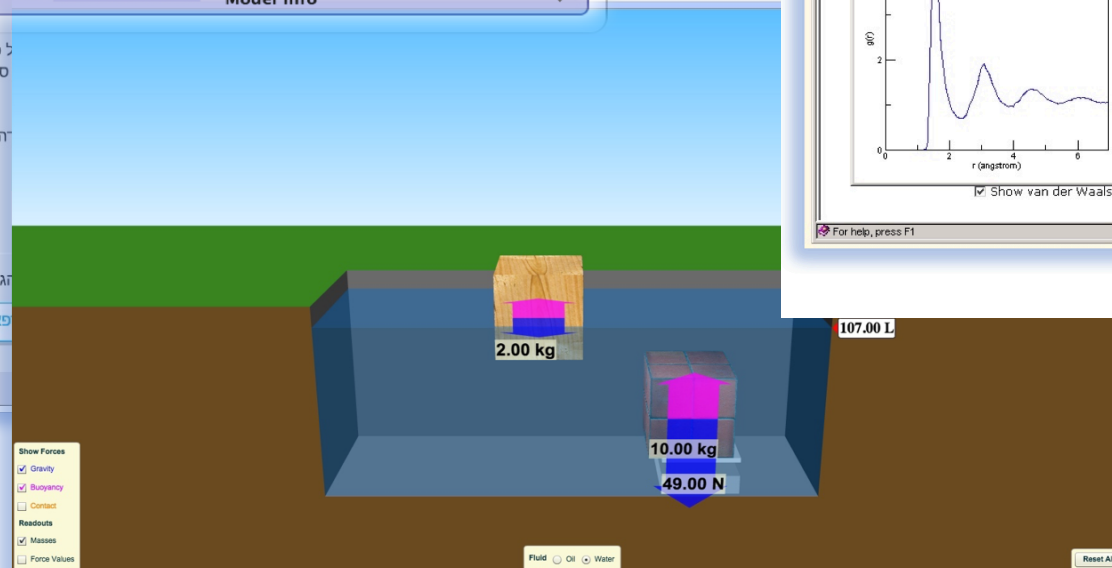
<http://www.netlogoweb.org/>



<http://www.home.cet.ac.il/>



<https://concord.org/>



<https://phet.colorado.edu/>

כנס החינוך המדעי: חדשנות במחקר ובפרקטיקה בהוראת מתמטיקה ומדעים. 25 במרץ, 2018, אוניברסיטת תל-אביב

למידה דרך חקירה של מודלים ממוחשבים של מערכות

מידול של מערכת בגישת "מערכות מורכבות":

Complex Systems,
Complexity Science
<https://www.santafe.edu/>

- המערכת עשויה מפרטים רבים
- היא מאופיינת באמצעות לפחות שתי רמות תיאור (מיקרו, מאקרו)
- הפרטים פועלים לפי סט קטן של כללים פשוטים
- מתוך האינטראקציות ביניהם, ולא בהכרח מקיומה של בקרה מרכזית, נוצרת ההתנהגות הכוללת של המערכת.

דוגמה

- סוכרת נעורים (ביולוגיה): הבנת מאזן הסוכר בגוף

סוכרת נעורים

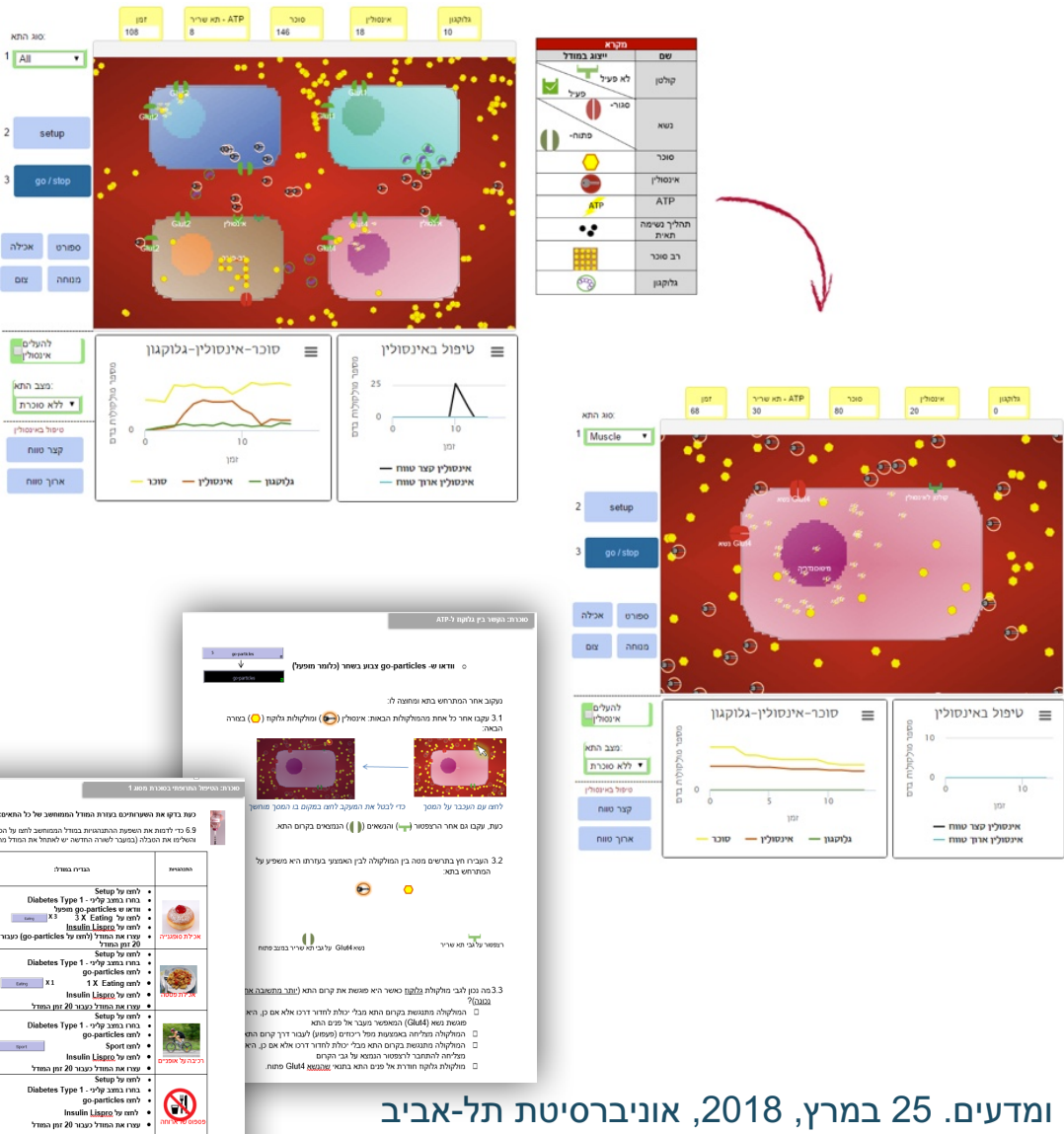
מחקר עם 115 נערים ונערות בגילאי 12-18, דוברי עברית וערבית: 60 בקבוצת ניסוי, 55 בקבוצת ביקורת מיקום: מרפאת סוכרת בבית-חולים.

התערבות: שימוש ביחידת לימוד בשתי השפות, המבוססת על חקירת מודלים ממוחשבים (שווה-ערך של 3 שיעורים) כדי להבין את הביוכימיה מאחורי מאזן הסוכר בגוף האדם, השפעת הסוכרת על מנגנונים אלה והשפעה של פעילויות מגוונות, מאכלים שונים ותרופות מסוגים שונים על מנגנונים אלה.

נתונים:

- מבחני קדם וסיכום – ידע ביוכימי, ניהול המחלה
- מדידות קליניות של רמות המוגלובין HbA1c, המשקף את רמות הסוכר בדם לאורך תקופה של מספר שבועות

כנס החינוך המדעי: חדשנות במחקר ובפרקטיקה בהוראת מתמטיקה ומדעים. 25 במרץ, 2018, אוניברסיטת תל-אביב



מודל ביוכימי של מאזן הגלוקוז בגוף



כנס החינוך המדעי: חדשנות במחקר ובפרקטיקה בהוראת מתמטיקה ומדעים. 25 במרץ, 2018, אוניברסיטת תל-אביב

סוכרת נעורים

תחילת הניסוי

אין הבדל בין הקבוצות בהתייחס לידע הביוכימי הקשור במאזן הסוכר, או לגבי ניהול עצמי של אנשים סוכרתיים. גם אין הבדלים ברמות הממוצעות של ההמוגלובין A1c, סמן לרמת הסוכר בדם לאורך פרק זמן של שבועות.

לאחר שלושה חודשים (ניסוי-ביקורת)

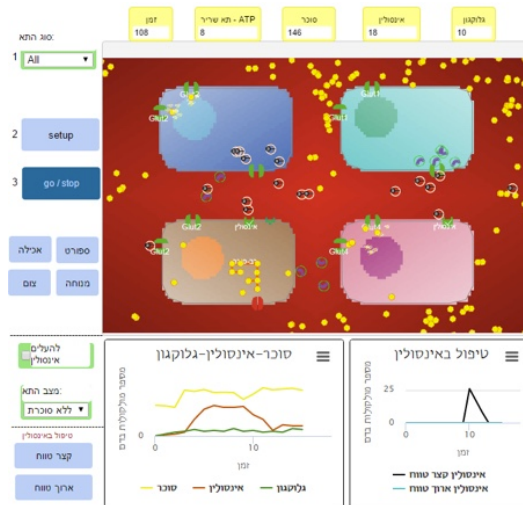
רווחי למידה של הידע הביוכימי: 22% לעומת 2% ($p=0.02$)
 רווחי למידה של ניהול המחלה: 11% לעומת 4% ($p=0.01$)
 מידת ייצוב הסוכר בגוף (HbA1c): $8.6\% \pm 1.7\%$ לעומת $9.6\% \pm 1.6\%$ ($p=0.019$). [טווח ערכים רגיל: 4-5.6%]

לאחר חצי שנה

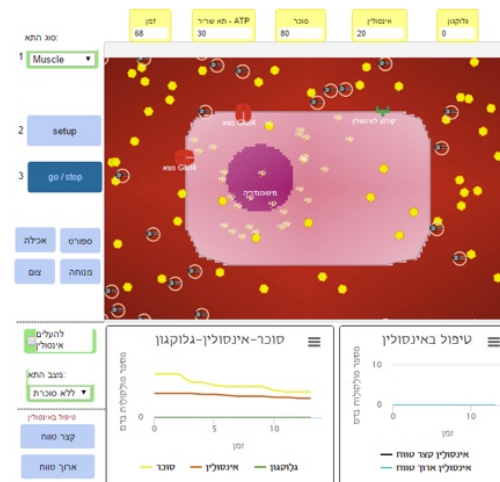
השינויים במידת ייצוב הסוכר בגוף נשמרים: $8.7\% \pm 1.7\%$ לעומת $9.8\% \pm 1.7\%$ ($p=0.02$)

This study was funded by D-Cure, advancing diabetes care to cure fund, medical funds and the Israeli Ministry of Health, OTZMA project #3-12108 2808

כנס החינוך המדעי: חדשנות במחקר ובפרקטיקה בהוראת מתמטיקה ומדעים. 25 במרץ, 2018, אוניברסיטת תל-אביב



הקרא	שם
קולטן	לא פעיל
סוכר	סוכר
אננסולין	אננסולין
ATP	ATP
תהליך שיטת תאית	תהליך שיטת תאית
רב סוכר	רב סוכר
גלוקון	גלוקון



התא	הגדרות
Diabetes Type 1	<ul style="list-style-type: none"> לחץ על Setup בחור מבין קלי-1 אחרי ש particles נוסף לחץ על 3 X Eating לחץ על Insulin Ligo קבע את מידת (particles) קבוע 20 קבע
Diabetes Type 1	<ul style="list-style-type: none"> לחץ על Setup בחור מבין קלי-1 לחץ על go-particles לחץ על 1 X Eating לחץ על Insulin Ligo קבע את מידת (particles) קבוע 20 קבע
Diabetes Type 1	<ul style="list-style-type: none"> לחץ על Setup בחור מבין קלי-1 לחץ על go-particles לחץ על 1 X Eating לחץ על Insulin Ligo קבע את מידת (particles) קבוע 20 קבע

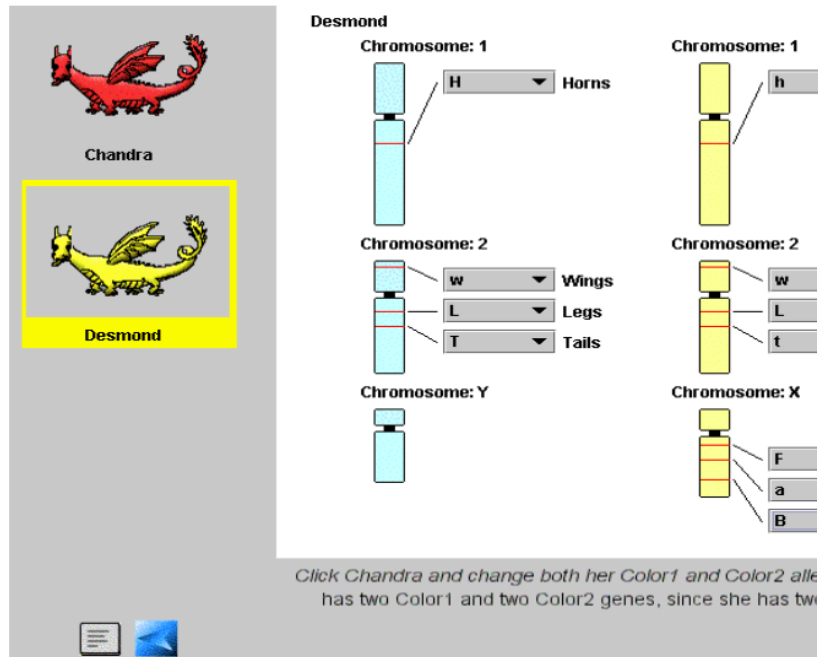
אם כל-כך טוב...

- בשיחות עם מורים לאורך השנים וגם דרך המחקר, אנו מוצאים שתכונותיהם של מודלים ככלי חשיבה להבנה ולניבוי אינן נתפשות כך אצל תלמידים.
- למודלים יש תכונות שונות - ייצוגיות (חלקיות), התאמה למטרת יוצר המודל, תלות בידע של יוצר המודל, תלות בכלים מהם נבנה המודל, האפשרות לקיומם של מספר מודלים לתופעה אחת, מודלים משתנים לאור ידע חדש או כלים חדשים.
- ללא ההבנה של תכונות אלה של מודלים – מאפיינים אפיסטמיים הכרוכים בבניית מודלים – וללא מידע נוסף על התופעות הנלמדות, ישנה סכנה שאכן מתממשת, שתלמידים רואים במודל את התופעה עצמה. במקום שכדורים ומקלות ייצגו אטומים וקשרים במולקולה, הם הופכים לדבר עצמו. האטום הוא כדור. הקשר הוא עצם שמחבר ביניהם. התלמידים אינם מודעים לבחירות שנעשו בעיצוב הייצוגים ורואים את המציאות כזו המתוארת במודל הממוחשב.
- אנשים לא מעטים נרתעים משימוש במודל ללמידת מדע בשל העיוות והחלקיות של מודלים ביחס למציאות שמנסים להבין.

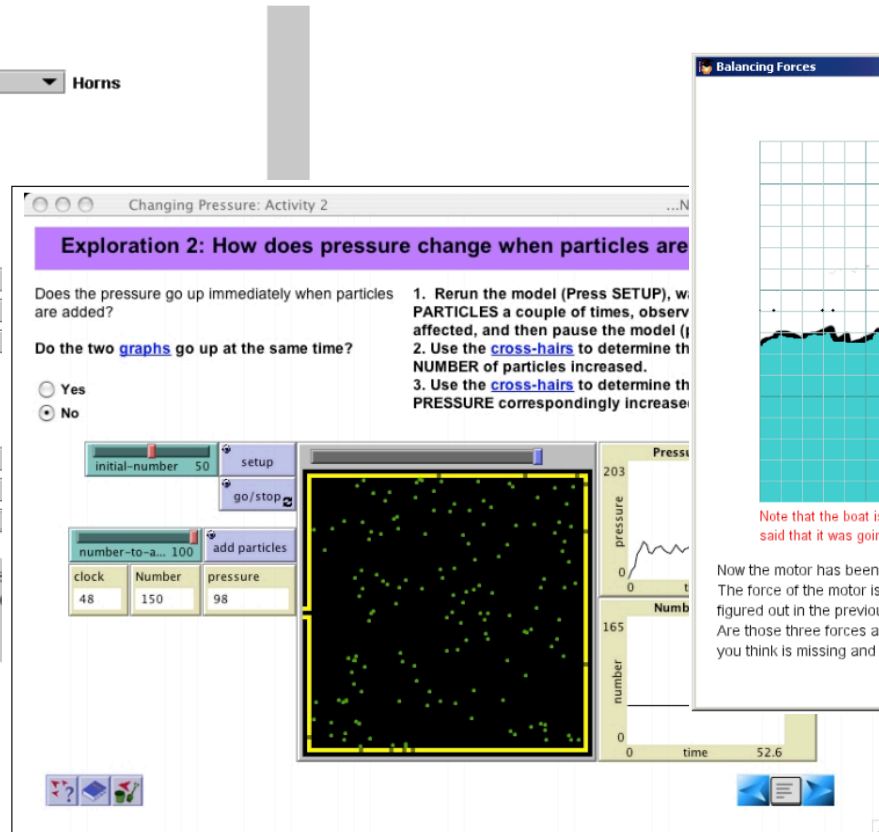
למידה באמצעות מודלים



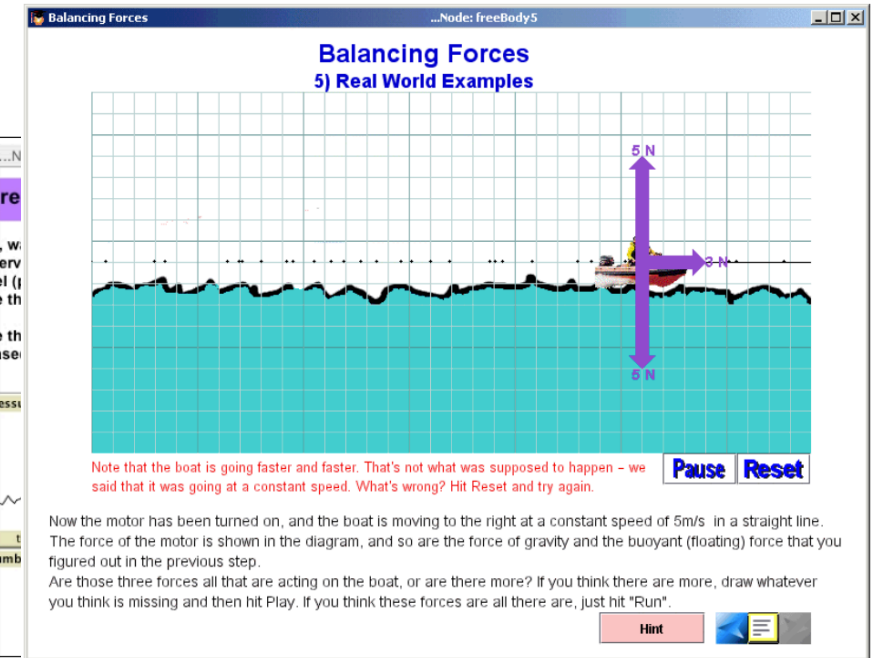
הבנה אודות מודלים



Biologica
Genscope



Connected Chemistry
GasLab



Dynamica
TinkerTools

למידה באמצעות מודלים



הבנה אודות מודלים

שתי שאלות:

1. מהו הקשר בין הבנה אודות בניית מודלים - הבנה אפיסטמית לגבי הבחירות האנושיות, העיוותים שיוצר תהליך הייצוג וכולי - לבין למידת הנושאים המדעיים?
2. האם חקירה של מודלים במסגרת יחידות הלימוד מובילה להבנה אודות מודלים?

כלי המחקר:

- שאלוני ידע מדעי לפני ואחרי כל יחידה
- שאלון הבנה של מודלים (Treagust, Chittleborough & Mamiala, 2002)

Gobert, J., O'Dwyer, L., Horwitz, P., Buckley, B., Levy, S.T., & Wilensky, U. (2011). [Examining the relationship between students' epistemologies of models and conceptual learning in three science domains: Biology, Physics, & Chemistry](#). *International Journal of Science Education*, 33(5), 653-684.

למידה באמצעות מודלים



הבנה אודות מודלים

שתי שאלות:

1. מהו הקשר בין הבנה אודות בניית מודלים - הבנה אפיסטמית לגבי הבחירות האנושיות, העיוותים שיוצר תהליך הייצוג וכולי - לבין למידת הנושאים המדעיים?
2. האם חקירה של מודלים במסגרת יחידות הלימוד מובילה להבנה אודות מודלים?

1. עבור שלושת יחידות הלימוד, היה קשר חיובי מובהק בין מידת ההבנה אודות מודלים במבחן המקדים לבין מידת הלמידה באמצעות היחידה.

2. רק עבור יחידת הכימיה, השתתפות ביותר פעילויות הייתה קשורה באופן חלש אך מובהק להעמקת ההבנה אודות מודלים.

Gobert, J., O'Dwyer, L., Horwitz, P., Buckley, B., Levy, S.T., & Wilensky, U. (2011). [Examining the relationship between students' epistemologies of models and conceptual learning in three science domains: Biology, Physics, & Chemistry](#). *International Journal of Science Education*, 33(5), 653-684.

כנס החינוך המדעי: חדשנות במחקר ובפרקטיקה בהוראת מתמטיקה ומדעים. 25 במרץ, 2018, אוניברסיטת תל-אביב

כיצד ניתן לפתח הבנה של מודלים , כדי ליהנות מן היתרונות בשימוש בהם ללמידה?

Levy, S.T., & Wilensky, U. (2009). [Students' Learning with the Connected Chemistry \(CC1\) Curriculum: Navigating the Complexities of the Particulate World](#). *Journal of Science Education and Technology*, 18(3), 243-254.

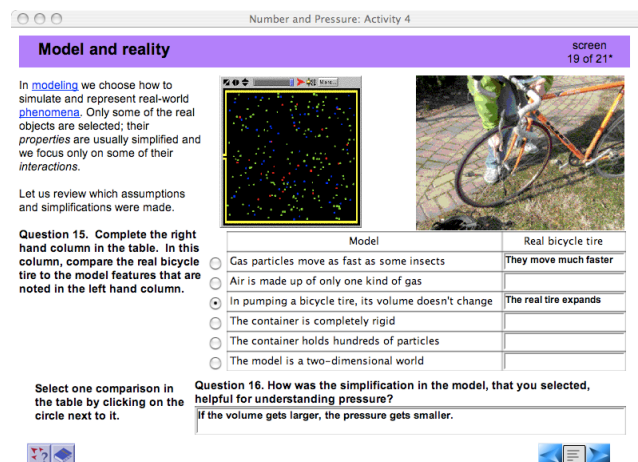
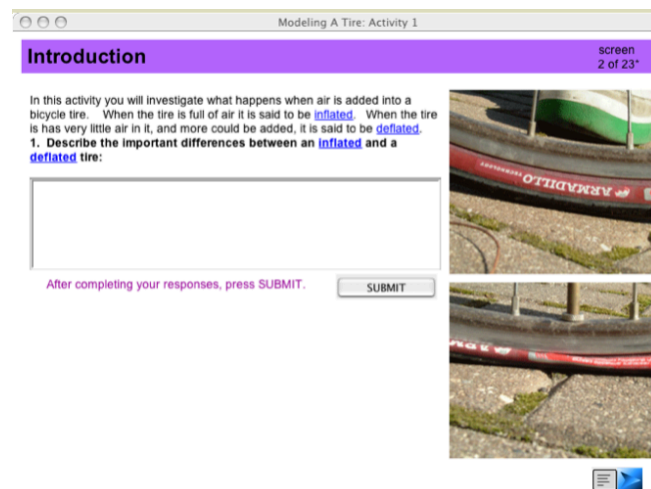
Levy, S.T., & Wilensky, U. (2009). [Crossing levels and representations: The Connected Chemistry \(CC1\) curriculum](#). *Journal of Science Education and Technology*, 18(3), 224-242.

עיצוב למידת מדעים, הכוללת הבנה של מודלים

עיגון בתופעה פיזית

במחקר, נמצא שעיון זה מכפיל את הישגי הלמידה ביחס לשימוש במודלים כאשר התופעה הנחקרת אינה מוצגת פיזית.

Samon, S., & Levy, S.T. (under review). Not without Labs: The role of physical and digital experiences in learning chemistry using a complex systems approach.



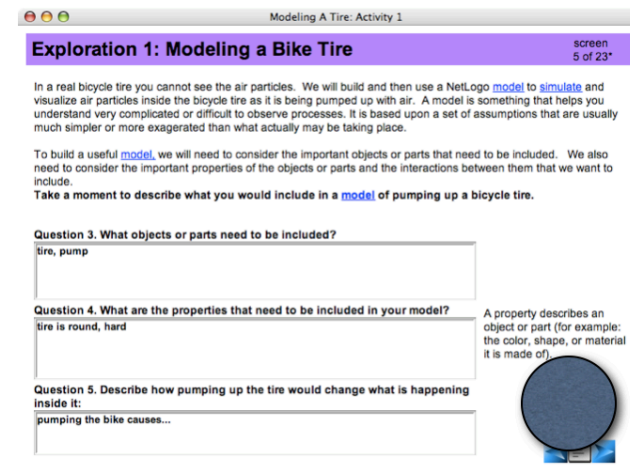
השוואה בין מודל לבין מציאות

עיצוב למידת מדעים, הכוללת הבנה של מודלים

מידול תיאורטי

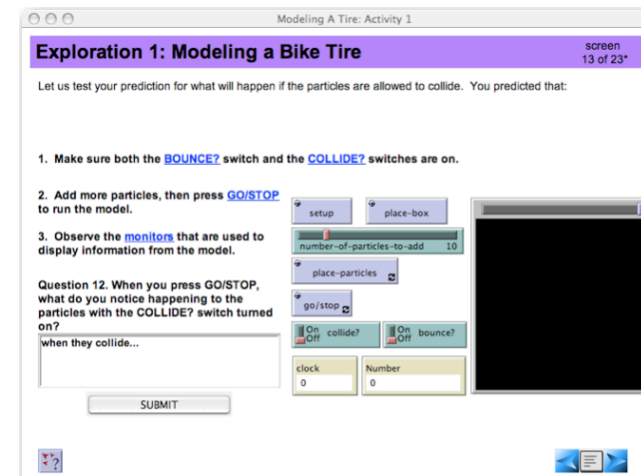
- לאחר ההתנסות בתופעות הפיזיות , התלמידים בונים מודלים תיאורטיים עוד לפני שניגשים למודלים המוכנים
- מאוחר יותר חוזרים למודלים אלו לדיון השוואתי

לימוד תהליך
בנייתם של
מודלים



התנסות בבנייה של המודל הממוחשב

- הוספה הדרגתית של כללים למודל והחלפה ביניהם
- אפשרויות לשינוי קוד בתוך תכנית המחשב (פתיחה חלקית של הקופסה השחורה)




עיצוב למידת מדעים, הכוללת הבנה של מודלים

Modeling A Tire: Activity 1


screen 6 of 23

Exploration 1: Modeling a Bike Tire

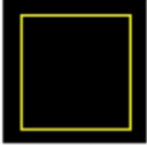
The [model](#) you will be using in the remainder of the activity will include only two types of objects: the walls of the tire and the air particles.



In a bike tire there are often other parts besides the tire wall and the air inside (such as the rim and the inner tube).




If you draw a picture of the inside of the bike tire in this photo, you might draw the walls of the bike tire as an uneven circle, oval, or teardrop shape.



In this picture the bike tire is represented as a yellow box. Although a real bike tire is not box shaped, using a box shaped container is a simplified model of the walls of the bike tire.

The NetLogo model you will be using on the next page will represent the rubbery (but relatively rigid) walls of the tire as a yellow box that does not change its size at all. It will show the walls of the box as continuous lines, instead of modeling them as being made of many molecules in a solid state.

TIP: In the bottom left corner is a button with a picture of a glossary on it. This is the Chemistry glossary. Click on this button to learn more about the meaning of words that you are unfamiliar with or want to review.



הבהרה מדויקת של הייצוגים

- היכרות הדרגתית עם הייצוגים והכללים
- קישור שיטתי ומדויק בין התופעה במציאות לבין המודל הממוחשב
- אפשרויות לשינוי הייצוגים
- דיון בתרומתם היחסית של הייצוגים השונים

יצירת מרחב של
ייצוגים הניתנים
להחלפה

עיצוב למידת מדעים, הכוללת הבנה של מודלים

הצגה של מודלים חלופיים

מתוך השוואה בין המודלים ודרגת ההתאמה שלהם לתופעה הנחקרת במציאות, ניתן לעמוד על היתרונות והחסרונות של כל אחד, כמו גם על ההחלטות שנעשו בעיצובם

הגדלת מרחב המודלים

Ideal Gas Law: Activity 7 ...Node: reality6 screen 26 of 28

Exploration 4: Model and Reality

Again, imagine you are asked to help outline the requirements for a new computer model. This computer model will be used by weather forecasters to predict the temperature, pressure, and rainfall in different cities around the country. You include a method to model gravity and the attraction between gas particles. You also include the OBJECTS and PROPERTIES of the OBJECTS you described earlier.

You setup the model to use the average atmospheric conditions that exist near the are where you live today. The model is run and predicts that the temperature and pressure will be a little bit lower tomorrow then it is today.

A different group of scientists develop their own model of the weather and run it. It predicts that the temperature and pressure in your area will not change tomorrow.

The next day the temperature decreases, but the pressure does not.

Question 17. How is it possible that these models would give different predictions?

מידול מתמטי

כאשר זה אפשרי ומתאים לגיל, שילוב של מידול מתמטי, בניית המשוואות הרלוונטיות המתייחסות לתופעות הנחקרות

Volume and Pressure: Activity 6 screen 18 of 30

Exploration 2: What equation connects the volume to pressure?

Below are four representations of the data you collected:

- Your **data chart**
- A **Scatter-plot** of your data chart
- **Pressure vs. Time** from your model run
- **Volume vs. Time** from your model run

Question 14. How does the scatter-plot of the charted data connect with the data from the model run?

☐ There is no relationship between the pressure and the volume of the container.

☒ Pressure is inversely related to the volume of the container.

☐ The scatter-plot is the same shape as the Pressure vs. Time graph.

SUBMIT

Yes. The scatter-plot graphs pressure vs. number of particles. These values can be found on the y-axis from the two model graphs: p or the two the columns in the data table (each point on the scatter plot representing a row). The scatter-plot shows that the volume of the gas and pressure are inversely related.

Scatter Plot of Your Data Chart (Pressure vs. Volume)

Your Data Chart

Level	Volume	Pressure
1	605	826
2	990	521
3	1375	350
4	1980	243
5	2915	180

ולסיכום...

- **מידול (בניית מודלים) כפעילות מרכזית במדע**
- **למידה עם מודלים:** חקירה ובניה של מודלים, ובאופן ספציפי מודלים ממוחשבים של מערכות, מאפשרים למידה עמוקה של מושגים מדעיים על-ידי פישוט ומיקוד של תופעות במציאות, תוך הבלטה של יחסי הגומלין בין עצמים במודל, קישור למדדים ועוד.
- **הבנת הייצוגיות של מודלים (היבטים אפיסטמיים):** שילוב פעילויות המדגישות את החשיבה מאחורי בניית המודל - כלומר הבחירות שנעשות בעת עיצובו, האפשרות לקיום יותר ממודל אחד לתופעה ועוד – חשובים לצורך הבנה של תהליכים אלו, ובעקבות הבנה זו – גם למידה עמוקה יותר של הנושאים המדעיים.