

משהו כמו משהו

פרק ראשון: אנלוגיות ורב תחומיות

הקדמה

האם מדידת טמפרטורה באמצעות מדחום כספית זהה למדידת טמפרטורה באמצעות חיישן אלקטרוני? האם זרם מים בצינור וזרם אלקטרוני במעגל חשמלי פועלים על פי אותם עקרונות? ומה הקשר בין העין שלנו לחוש המישוש? ובעיקר - מה אנחנו יכולים ללמוד מכל ההשוואות הללו?

בשיעור זה התלמידים יחשפו לדרך החשיבה האנלוגית. זוהי חשיבה שמעודדת חיבור בין תופעות שונות - לעיתים אף מתחומים (דיסציפלינות) שונים. זיהוי אנלוגיות הוא כלי חשוב בלמידה, מאחר והוא מאפשר להכיר בקלות תופעות שונות, ותורם להבנה של תופעות חדשות על בסיס תופעות מוכרות. שלב מתקדם יותר בפיתוח יכולת חשיבה זו הוא יצירה של אנלוגיות חדשות (לעומת זיהוי בלבד).

מטרות

1. התלמידים יבינו מהי חשיבה אנלוגית
2. התלמידים יכירו דוגמאות לאנלוגיות מהעולם האמיתי
3. התלמידים יתנסו בזיהוי וביצירה של אנלוגיות
4. התלמידים יסבירו את הקשר בין חשיבה אנלוגית לחש

משך זמן

90 דקות

גיל

ז'-י'

התאמה לתחומי דעת

מדעים, טכנולוגיה

ידע מוקדם

לא נדרש

מושגים מרכזיים

אנלוגיה, רב-תחומיות, ליאונרדו דה-וינצ'י, טורבינת רוח

מיומנויות נלמדות

השוואה, המצאה, חשיבה אנלוגית

להכין מראש

מחשב, מקרן, מצגת הוראה, כרטיסיות גזירה

התפשטות תרמית כתופעה אנלוגית- דגם הוראה

עזרים	סוג פעילות	דק'	הפעילות	
מצגת הוראה, מקבץ קלפים	 עבודה בצוותים	30	חלק 1- משחק הדמיון עבודה בצוותים ליצירת קבוצות קלפים בעלי דמיון או מכנה משותף. הצגה במליאה ודיון כיתתי.	1.
	 דיון	20	חלק 2- רב תחומיות בעולם האמיתי וחשיבה אנלוגית הצגת דוגמאות למערכות רב תחומיות, עקרון פעולה של טורבינת רוח.	2.
	 עבודה בצוותים	20	חלק 3- מהי אנלוגיה הסבר אודות המושג אנלוגיה וזיהוי אנלוגיה בתופעות שונות .	3.
	 דיון כיתתי עבודה בצוותים	20	חלק 4- משחק הדמיון- 3 אנלוגיות הצגת הקלפים עם הצעה לחלוקה ל-3 קבוצות על פי 3 אנלוגיות. לאחר מכן- התלמידים יחשבו על 3 תופעות שונות לכל אחת מהאנלוגיות.	4.

מהלך השיעור

חלק 1- משחק הדמיון- עבודה בצוותים 20 דקות

בפעילות זו על התלמידים לנסות ליצור קבוצות של קלפים בעלי דמיון או מכנה משותף. הערה: אין תשובה אחת נכונה. עודדו את התלמידים להעלות רעיונות באופן חופשי ולנסות למצוא דמיון בין התופעות שעל הקלפים.

- חלקו את התלמידים לצוותים של 4-5 תלמידים בצוות.
 - בשלב הראשון על התלמידים לשחק עם הקלפים המאוירים ולהניח בצד את שלושת הקלפים הריקים.
 - בצוותים, הנחו את התלמידים להתבונן על כל הקלפים, ולקבץ אותם לקבוצות בעלות דמיון כלשהו או מכנה משותף.
- על התלמידים לרשום - מהו הדמיון או המכנה המשותף לכל קבוצת קלפים שיצרו.

הצגה במליאה: בשלב השני זה נתמקד בהצגת בקבוצות הקלפים השונות שיצרו הצוותים. מגוון הרעיונות שיבנו הצוותים מדגיש את מגוון האפשרויות ליצירת קבוצות קלפים בעלי דמיון או מכנה משותף ואת החשיבות של עבודת הצוות בהעלאת רעיונות.

- הנחו את הצוותים לבחור תחילה קבוצה אחת להצגה מבלי לומר מהו המכנה המשותף.
- פנו לשאר התלמידים בשאלה - מה לדעתם המכנה המשותף?
- בשלב הבא על הצוות שמציג, להסביר המכנה המשותף שמצאו לקלפים שנבחרו על ידם.
- בקשו מכל שאר התלמידים לציין האם גם הם חשבו על הרעיון המוצג.
- בסיום על התלמידים להגדיר במילה אחת או שתיים את הקריטריון ו/או הדמיון המשותף בין הקלפים. את התשובה רושמים על הלוח.

חוזרים על כך עם יתר הקבוצות, עד שמתקבלת על הלוח רשימה של קריטריונים ו/או דמיון משותף בין קלפים.

חלק 2- רב תחומיות בעולם האמיתי

המושג רב-תחומיות מדגיש את הרעיון של שילוב בין תחומי דעת שונים וטיפול תפיסה מערכתית. גישה זו שמה דגש על חיבור בין תחומים שונים. להבנת המושג רב-תחומיות, הציגו לתלמידים את הדוגמה הבאה:

בית הספר שונה ממה שאנחנו רואים בעולם האמיתי. בבית הספר לומדים בדרך כלל לפי מקצועות לימוד – כל תחום מקבל שיעור משלו: מתמטיקה, אמנות, היסטוריה, פיזיקה, ספרות וכו'.

לעומת זאת, רוב התופעות שאנו פוגשים בעולם האמיתי, או פרויקטים שאנשים עובדים עליהם, הם רב-תחומיים – כלומר, כוללים בתוכם מרכיבים מתחומים שונים ש"מולחמים" יחדיו.

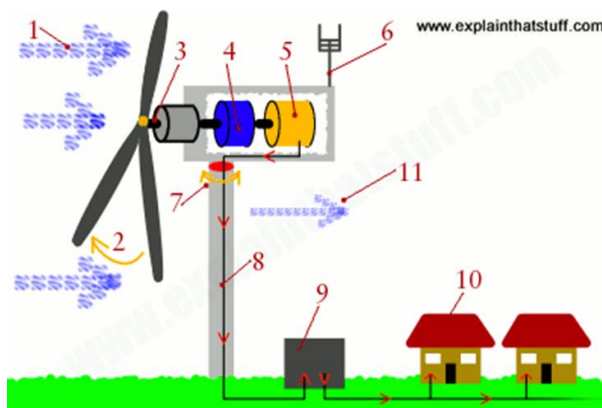
מערכת רב-תחומית: טורבינת רוח



טורבינות רוח הן דוגמה (אחת מיני רבות) למערכת מורכבת בעולם האמיתי הכוללת מרכיבים מתחומים שונים. טורבינת רוח היא דרך מקובלת כיום להפקת אנרגיה חשמלית "ירוקה" – אנרגיה זולה שמקורה ברוחות (זרמי אוויר), כתחליף לדלקים פוסיליים מזהמים שבהם משתמשים בתחנות הכוח המסורתיות (פחם או גז).

הפקת חשמל באמצעות טורבינות רוח

Image by: www.explainthatstuff.com; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>



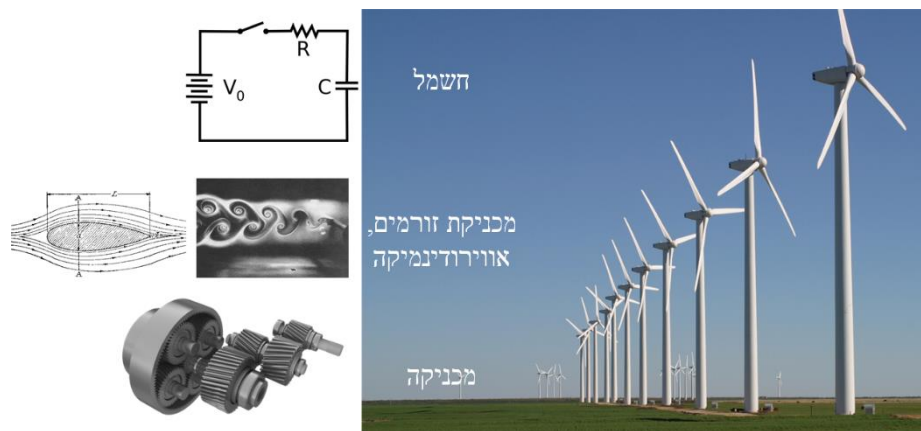
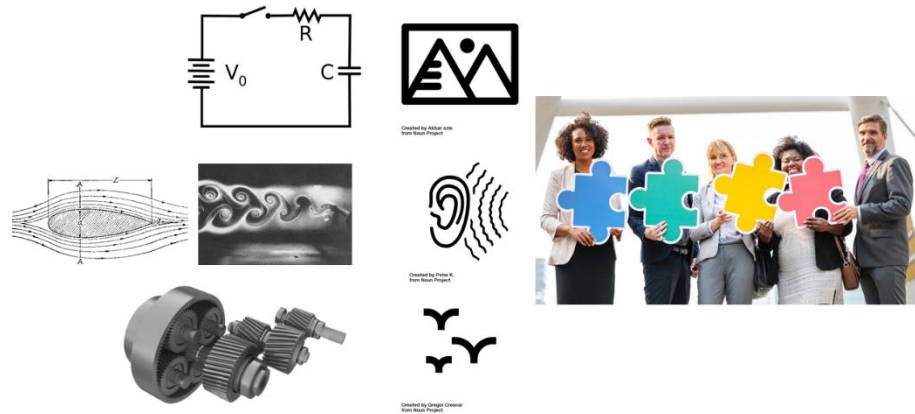
טורבינות רוח מוקמות במקבצים (או "חוות"), במקומות שבהם יש זרימה רבה של רוח (רוח חזקה ורציפה לאורך שעות רבות). זרמי האוויר פוגעים במדחפי הטורבינה, ואלה מפעילים מערכת תמסורות ודרכה מסובבים סליל חשמלי המייצר חשמל (מעין גנרטור).

זרמי האוויר פוגעים במדחפי הטורבינה, ואלה מפעילים מערכת תמסורות ודרכה מסובבים סליל חשמלי המייצר חשמל (מעין גנרטור).

החשמל המיוצר בכל טורבינה מועבר בסופו של דבר לרשת חשמל המעבירה אותו לצרכנים (בתים, מפעלים וכו').

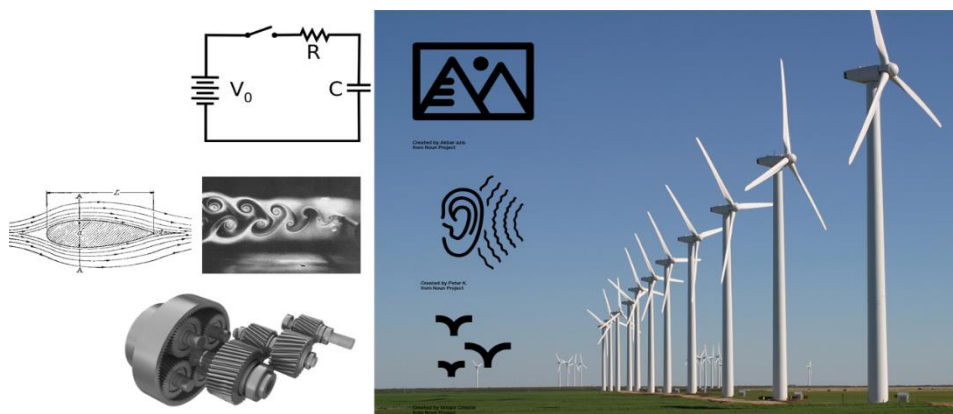
החשמל המיוצר בכל טורבינה מועבר בסופו של דבר לרשת חשמל המעבירה אותו לצרכנים (בתים, מפעלים וכו').

הסרטון הקצר הבא המדגים את אופן הפעולה של טורבינת רוח: <https://www.youtube.com/watch?v=DILJwsFl3w>



טורבינת רוח משלבת בתוכה – לכל הפחות מרכיבים משלושה תחומים שונים:

- חשמל
- אווירודינמיקה ומכניקת זורמים
- תמסורות מכניות



ישנם תחומים נוספים הקשורים במעגל החיצוני יותר, שיש לקחת בחשבון כאשר מקימים חוות טורבינות רוח. תחומים אלה קשורים גם להשלכות הסביבתיות של השימוש בטורבינות רוח:

- עיצוב סביבתי (דבר כזה ענק תקוע באמצע הנוף)
- אקוסטיקה (הטורבינות מאוד מרעישות ועלולות להפריע לתושבים באזור)
- נדידת עופות (הם נתקעים לפעמים בטורבינות).

טורבינת רוח היא מערכת רב-תחומית הכוללת מרכיבים מתחומים שונים, הפיתוח, הבנייה והתפעול שלה דורשים שיתוף פעולה בין אנשים מתחומים שונים. אין צורך שכולם יהיו מומחים בכל התחומים, אך חשוב שכולם יוכלו לדבר עם אנשים ממקצועות שונים. לכן, חשוב לפתח יכולת חשיבה בין-תחומית ומיומנויות עבודה בצוותים. בנוסף חשוב לפתח יכולת חשיבה בין-תחומית ודרך חשיבה של אנלוגיות.

חשיבה רב-תחומית ואנלוגיות

כדי לענות על השאלה מהי אנלוגיה, נציג בפני התלמידים את הדוגמה של ליאונרדו דה וינצ'י (1452-1519). מגדולי אמני תקופת הרנסאנס, איש אשכולות בעל השכלה נרחבת: מדען, צייר, פסל, מהנדס, ממציא, מתמטיקאי ואדריכל. דה וינצ'י ידוע בחשיבה פורצת דרך, יצירתית חשיבה אנלוגית.



דה וינצ'י חקר רבות תופעות מסוגים שונים ומתחומים שונים, כולל אנטומיה ובעלי חיים. בניירות ובכתבים שהשאיר אחריו ניתן למצוא שרטוטים רבים ויפהפיים הקשורים באנטומיה של בעלי כנף. דה-וינצ'י התעניין מאוד בתעופה, וחקר את מעוף הציפורים. ניתן למצוא השפעות של חקר זה בגרסאות מוקדמות של מכונות מעופפות, כמו זו שרואים באיור המאופיינת במעין כנפי עטלף (סביבות שנת 1480). מכונה זו אמורה הייתה להיות מופעלת על ידי אדם הנמצא במרכזה ומשתמש בידיו לנפנוף בכנפיים הגדולות.



שרטוט מאוחר יותר (שנת 1489 לערך) מראה מכונה מעופפת מסוג אחר. ניתן לראות כי דה-וינצ'י משתמש כאן בעיקרון שונה לגמרי ליצירת כוח העילוי של המכונה: במקום נפנוף בכנפיים, הוא מנסה לשחזר כאן את עקרון הפעולה של בורג. כפי שהבורג המוכר לנו מתברג בתוך חומר כלשהו (למשל עץ), כך ה"בורג" המעופף מתברג לתוך האוויר – כלומר, דוחף אותו למטה, ועל ידי כך מתרומם בעצמו כלפי מעלה.

דה-וינצ'י יצר למעשה אנלוגיה בין הבורג ה"רגיל" לבין בורג מעופף – הן מבחינת המבנה שלו והן מבחינת הפונקציונליות שלו, כלומר עיקרון הפעולה שלו והמטרה של פעולתו.

המכונה המעופפת הזו של דה-וינצ'י לא נבנתה מעולם בתקופת חייו (כמו יתר המצאותיו, שנותרו על הנייר). אך הפנו את תשומת הלב של התלמידים לדמיון הרב בין המכונה המעופפת של דה-וינצ'י למסוק. הרוטור של המסוק המודרני פועל על פי אותו העיקרון שעליו חשב לאונרדו דה-וינצ'י - הבורג.

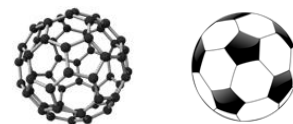
חלק 3- מהי אנלוגיה?

בהגדרת המושג אנלוגיה 2 מרכיבים:

- דמיון בין שני מושגים



- תבניות זהות הקיימות בין שתי תופעות שונות



במהלך המשחק עם קבוצות הקלפים, התלמידים יצרו בשלב ראשון קבוצות בעלות דמיון או מכנה משותף. אולם, לא כל דמיון או מכנה משותף נחשבים לאנלוגיה.

אנלוגיה היא דמיון בין שני מושגים, או תבניות זהות שקיימות בין שתי תופעות שונות.

מהי האנלוגיה בתופעות הבאות?

ההגדרה של אנלוגיה אשר הוצגה לעיל, מעט מופשטת. ננסה להבין את ההגדרה באמצעות הדוגמה הבאה. הציגו תחילה לתלמידים את ארבעת האיורים הבאים, ושאלו אותם מהי לדעתם האנלוגיה ביניהם, או משהו המשותף לכל



התופעות.

חזרו והציגו את 4 התופעות המוצגות באיורים (משמאל לימין) כולל הכותרות:

- מבנה יציב של מתעמלים
- התקררות כוס תה לטמפרטורת החדר
- דיפוזיה של נוזל בנוזל אחר עד לקבלת תמיסה אחידה
- מאזניים מאוזנים



הדגישו את הדמיון המשותף לארבעת האיורים - **שיווי משקל**, ואת השוני בין האיורים המייצגים תחומים שונים: כימיה, תרמודינמיקה ומכניקה.

בקשו כעת מהתלמידים בכל קבוצה, להמציא 3 קלפים חדשים לכל אחד אנלוגיה שמוצגת במצגת.

איזו תנועה אנלוגית לתנועת הבלון?

שאלו את התלמידים: מבין שלוש התופעות שלפניכם, איזו תנועה אנלוגית לתנועת הבלון?



התשובה לשאלה היא: המשגר ("טיל") שבקליפ השמאלי.

מדוע יש כאן אנלוגיה? בשתי התופעות מסתתר עיקרון דומה של תנועה. הבלון נע לכיוון אחד כתוצאה מהאוויר שבתוכו שמשחרר ונע לכיוון הנגדי (יש כאן ביטוי לחוק השלישי של ניוטון: חוק הפעולה והתגובה). באופן דומה, המשגר נע למעלה כתוצאה מהדלק ("סילון") שיוצא מהמנוע שבתחתיתו (שוב, זהו ביטוי לחוק השלישי של ניוטון). לעומת זאת, בשתי התופעות האחרות (דגים שוחים ורכבת נוסעת) התנועה נעשית על ידי דחיפה של חומר שנמצא מחוץ לאובייקט עצמו (המים שבהם הדגים שוחים או המסילה שעליה נוסעת הרכבת).

חלק 4- משחק הדמיון: 3 אנלוגיות

הציגו בפני התלמידים את הצעה הבאה לחלוקה של קלפי המשחק ל-3 קבוצות, על פי 3 אנלוגיות:

יתרון פיזיקלי העלאת העוצמה ללא הוספת אנרגיה			
קצב קצב של פעילות או תנועה			
סימטריה מבנים סימטריים			

❖ בקבוצה הראשונה האנלוגיה בין התמסורת לזכויות המגדלת ולמגבר הקול, מתבסס על תכונה פיזיקלית - העלאת העוצמה ללא הוספת אנרגיה.

יתרון פיזיקלי העלאת העוצמה ללא הוספת אנרגיה			
	מגבר קול (לא אלקטרוני) מעלה את עוצמת הקול ללא הוספת אנרגיה (ע"י תיעול מכני של הקול)	זכויות מגדלת עדשה קמורה שיוצרת תמונה מוגדלת ללא הוספת אנרגיה (ע"י תיעול קרני האור)	תמסורת מערכת גלגלי שיניים היוצרת יתרון מכני ע"י הגדלת מומנט הפיתול ללא הוספת אנרגיה

❖ בקבוצה השנייה האנלוגיה בין לב, מכונית ותוף היא קצב. קצב של הפעילות או תנועה.

קצב קצב של פעילות או תנועה			
	תוף	מכונית	לב
	בדרך כלל משמש לשמירה על קצב בקטע מוזיקלי. ניתן להגדיר את הקצב על ידי יחידות של מספר נקישות חלקי זמן.	מהירות המכונית נמדדת ע"י יחידות של ק"מ בשעה (או באופן כללי יותר: אורך חלקי זמן)	קצב הלב נמדד על ידי יחידות של מספר הפעימות בדקה (או באופן כללי יותר: מספר פעימות חלקי זמן)

❖ בקבוצה השלישית האנלוגיה בין פרפר, LEVEL וציור האדם הוויטרובי של לאונרדו דה וינצ'י היא: סימטריה..

סימטריה מבנים סימטריים		LEVEL	
	"האדם הוויטרובי"	LEVEL	פרפר
	הציור המפורסם של ליאונרדו דה-וינצ'י מייצג את הסימטריה והפרופורציות בגוף האדם	פלינדרום הוא מערך של אותיות, מילים, שורות, מספרים או סמלים אחרים שמופיעים באותו הסדר מהתחלה לסוף ולהיפך	מינים רבים של פרפרים (אך לא כולם) מאופיינים ע"י כנפיים סימטריות מבחינת צורות וצבעים

משחק הדמיון: ועבשיו תורכם!

לסיום בקשו מהתלמידים להתחלק שוב לצוותים (אותם הצוותים שבהם עבדו בחלק הראשון של השיעור).

המשימה של כל צוות: לחשוב על 3 תופעות נוספות (שלא מופיעות בקלפים המקוריים) – אחת לכל אנלוגיה. על התלמידים לצייר את התופעה ולמקם את הקלף בקבוצת הקלפים המתאימה לאותה האנלוגיה. בקשו מכל קבוצה להציג בקצרה את הקלפים החדשים שיצרו.

יתרון פיזיקלי העלאת העוצמה ללא הוספת אנרגיה				
קצב קצב של פעילות או תנועה				
סימטריה מבנים סימטריים				

סיכום השיעור

בשיעור זה התלמידים נחשפו לדרך החשיבה האנלוגית.

ראינו כי זוהי חשיבה שמאפשרת לנו לחבר בין תופעות שונות, חלקן דומות יותר וחלקן דומות פחות אחת לשנייה. זיהוי אנלוגיות מאפשר לנו להכיר לעומק תופעות חדשות על בסיס תופעות מוכרות. ראינו גם כי חשיבה אנלוגית תורמת לפיתוח של חשיבה רב-תחומית, מפני שהרבה פעמים ניתן לזהות אנלוגיה בין שתי תופעות מתחומים שונים. חלק חשוב בפיתוח חשיבה אנלוגית הוא היכולת לא רק לזהות אנלוגיות, אלא אף להמציא אנלוגיות חדשות המחוברות בין תופעות שונות בדרכים שלא חשבנו עליהן קודם לכן.

בשיעורים הבאים נתנסה ב-3 אנלוגיות רב-תחומיות העוסקות ב-3 מושגים:

- התפשטות תרמית
- אנרגיה פוטנציאלית
- רחלוציה

בכל אחת מהאנלוגיות הללו נראה את הקשר בין תופעות שונות ונאמוד את הדומה והשונה ביניהן.