

2 נדנדת נרות

שיווי משקל

איזון הנדנדה

בניתם את נדנדת הנרות, איזה יופי!

אבל הנדנדה אינה מאוזנת. זאת, למרות ששני הנרות נראים זהים, ונדמה שהם בעלי מסה ["משקל"] זהה.

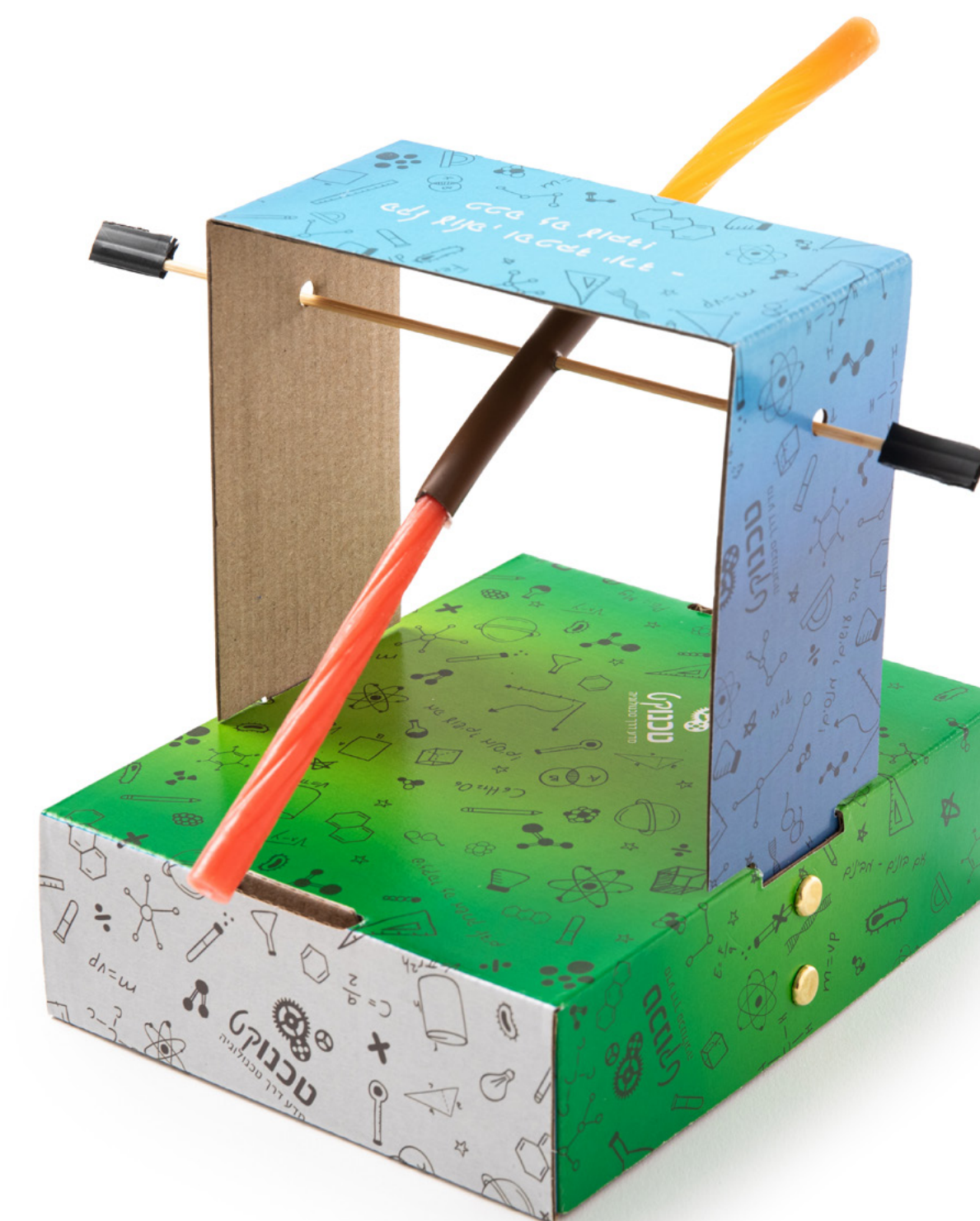
איך נאזן את הנדנדה?

כיוון שאיננו יכולים לשנות את המסה של הנרות - נעשה זאת בדרך של "ניסוי וטעייה":
הזיזו את אחד הנרות פנימה לתוך הצינור וממנו החוצה עד שתגיעו לאיזון.
ועכשיו - נחבוש את "כובע המדענים", נכיר שתי תופעות פיזיקליות, ונאזן את הנדנדה בדרך מדעית.

התופעות הן:

א. איזון ושיווי משקל בין שני גופים.

ב. מצבי צבירה.



2 נדנדת נרות

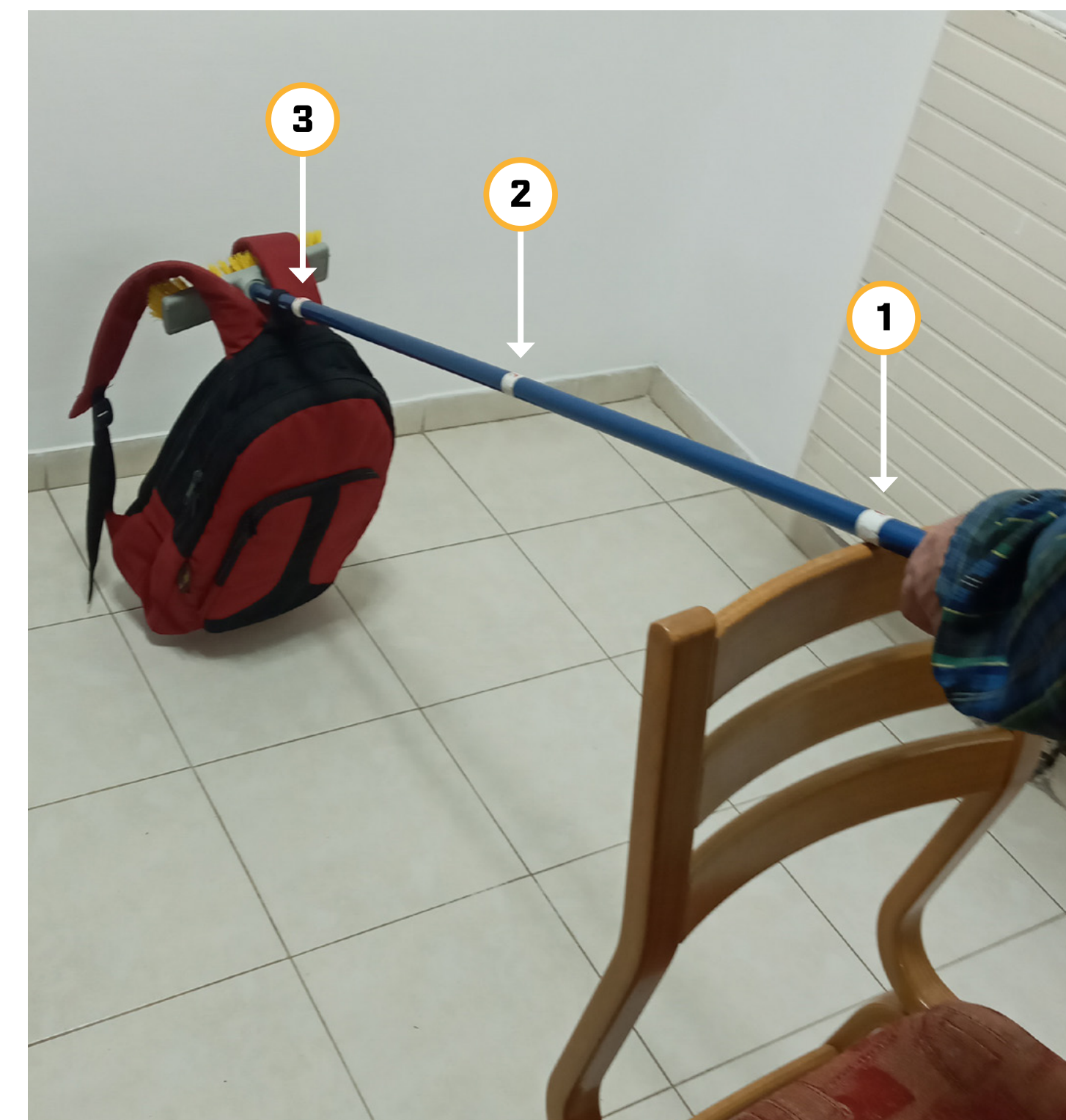
ניסוי מספר 1

ציוד

תיק כבד עם ידית [ילקוט בית ספר, למשל]
מטאטא או מגב
כיסא עם משענת

התנסות

השחילו את מברשת המטאטא דרך ידית התיק.
העבירו את המקל מעל למשענת הכיסא, כך שרוב המקל יהיה באוויר,
מעבר למשענת.
סמנו 3 קווים קטנים על המקל במרחקים שווים -
אחד סמוך למברשת המטאטא, אחד באמצע המקל, ואחד בקצה המקל.



2 נדנדת נרות

ניסוי מספר 1



לחצו על קצה המטאטא, והרימו את התיק.

עשו זאת ב־3 מצבים:

1. כאשר קצה המטאטא נשען על הכיסא, קרוב לכיסא, ואילו התיק עם המברשת רחוקים מהכיסא.
 2. כאשר המטאטא נשען על הכיסא בנקודת האמצע: התיק וקצה המטאטא נמצאים במרחק שווה משני צידי הכיסא.
 3. כאשר התיק עם המברשת קרובים לכיסא, והמטאטא נשען סמוך אליהם. ואילו קצה המטאטא מרוחק ביותר מהכיסא.
- מתי קשה לכם ביותר ומתי קל לכם ביותר, להרים את התיק באמצעות לחיצה בקצה המטאטא?

2 נדנדת נרות

למה זה קורה?

המטאטא שימש לכם כ"מנוף". כדי להבין את עקרון הפעולה של המנוף, עלינו להכיר מספר מונחים:
הנקודה שבה מקל המטאטא נשען על משענת הכיסא נקראת **נקודת המשען**.
התיק שאותו אנחנו רוצים להרים נקרא **משא**.
קצה המטאטא, המרוחק מהמברשת, נקרא **נקודת המאמץ**.
ארכימדס, שהמציא את המנוף, ניסח את עקרון הפעולה שלו כך:
ככל שנקודת המאמץ רחוקה יותר מנקודת המשען - כלומר זרוע המנוף ארוכה יותר -
כך יש צורך להפעיל פחות כוח כדי להרים את המשא.
ולכן -
כאשר המטאטא נשען על הקו הקרוב ביותר לתיק [המשא],
והמרוחק ביותר מקצה המטאטא [נקודת המאמץ]
קל ביותר להרים את התיק. אפשר אפילו באצבע אחת!



2 נדנדת נרות

ניסוי מספר 2

שלב א'

החזיקו בכף יד אחת את משענת הכיסא.
הרימו את הכיסא כאשר היד שלכם פשוטה, מתוחה הצידה, מרוחקת מרחק מקסימלי מן הגוף שלכם.
נסו לספור עד 10 כשאתם במצב הזה.

מה קורה?

זה קשה. הכיסא מכביד...
היד מתעייפת.



2 נדנדת נרות

ניסוי מספר 2

שלב ב'

כופפו את המרפק.
הצמידו את הזרוע והאמה אל גופכם.
הרימו שוב את הכיסא.
נסו לספור עד 10 כשאתם במצב הזה.
מה קורה?
הפעם, זה קל מאוד.
תוכלו להמשיך לספור אפילו עד 50...



2 נדנדת נרות

למה זה קורה?

האם זה הגיוני לאור מה שלמדנו בניסוי הקודם?
הרי, לכאורה, יש לנו מנוף ארוך - כל היד שלנו.
אבל, בעצם המצב הפוך -
נקודת המשען היא מפרק הכתף שלנו.
זו גם נקודת המאמץ.
המשא הוא הכיסא המצוי בקצה היד שלנו.
כלומר - לנו אין בכלל מנוף.
לעומת זאת -
הכיסא "משתמש" ביד שלנו כמנוף שלו.
לכיסא יש מנוף ארוך מאוד - כל היד שלנו.



2 נדנדת נרות

ניסוי מספר 3

מרימים משקולות

קחו משא כבד - תיק, כיסא, או כל דבר אחר.
הרימו את המשא בשתי ידיים כמו מרים משקולות.

הרימו בשני אופנים:

1. כאשר הידיים פשוטות קדימה, מרוחקות מהגוף.
 2. כאשר המרפקים צמודים לגוף.
- באיזה אופן קל יותר להרים את המשא?

למה?

כדי להקל על עצמו - מרים המשקולות מצמיד, ככל האפשר,
את המשקולות לגופו.
כך הוא גורם לכך שלמשקולות יהיה מנוף קצר מאוד.



2 נדנדת נרות

ניסוי מספר 4

שומרים על הגב

קחו תרמיל כבד.

האריכו מאוד את רצועות הכתף של התרמיל.

קחו את התרמיל על הגב.

מה קורה?

התרמיל מאוד כבד.

למה זה קורה?

לתרמיל יש מנוף ארוך מאוד - הרצועות הארוכות.

קצרו את הרצועות, והתאימו אותן לגב שלכם.

חיזרו על ההתנסות.

עכשיו קל יותר, כי המנוף של התיק קצר יותר.



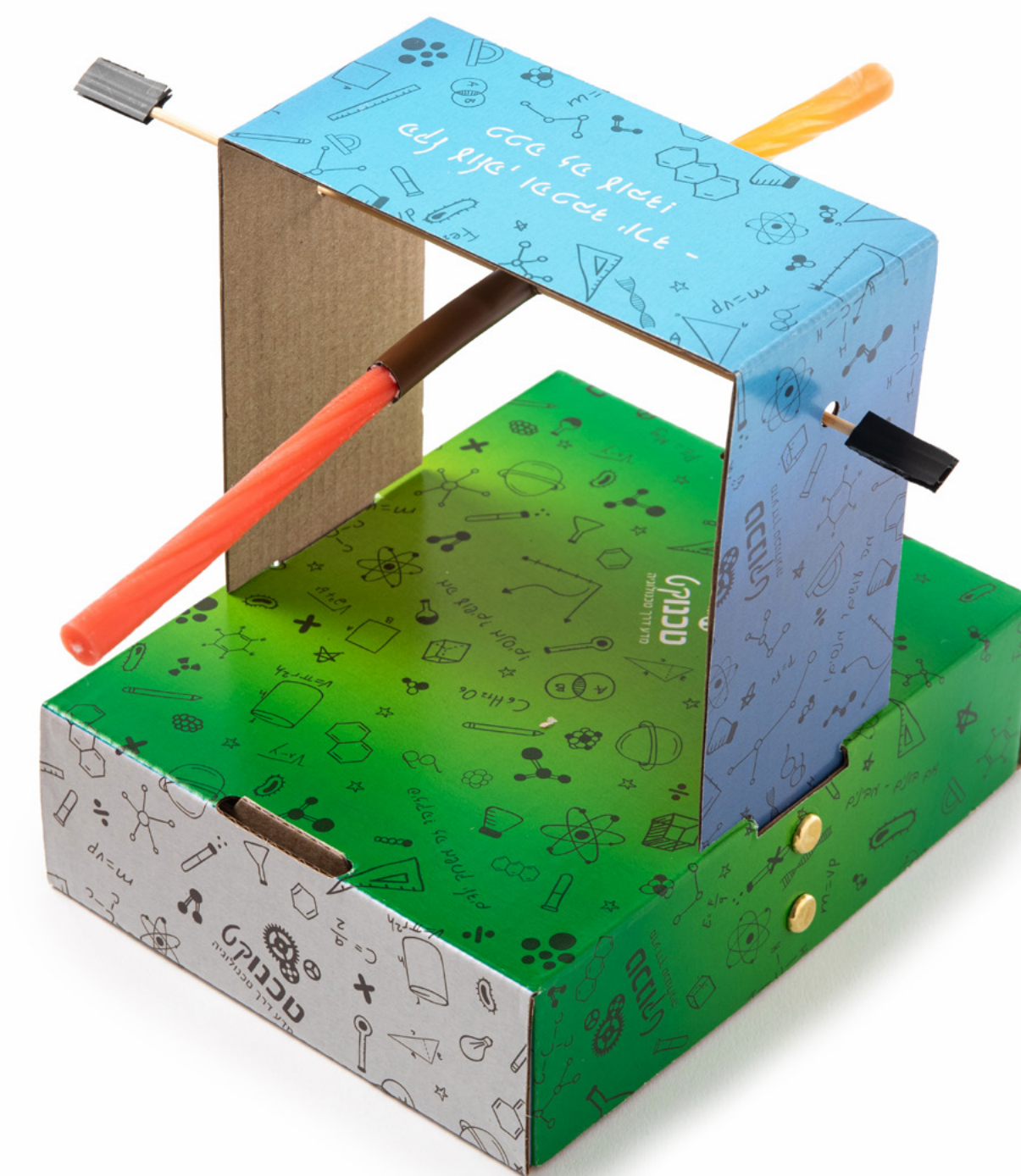
2 נדנדת נרות

חזרה לנדנדת הנרות

אחרי שהבנתם את עקרון המנוף, בואו נאזן גם את הנדנדה.
שני גורמים משפיעים על האיזון: המסה (ה"משקל"), והמרחק מן הציר.
הזיזו את אחד הנרות פנימה והחוצה כדי לשנות את המרחק שלו מן הציר.
יופי! הגענו למצב שבו הנדנדה מאוזנת.

אבל, היא נחה במקומה. איך נגרום לה להתנדנד?
אנחנו יודעים, מניסיוננו בגן השעשועים, שבנדנדת שיווי משקל, בכל פעם צד אחד עולה
והשני יורד, כמו בשירו של ביאליק "נד-נד עלה ורד".
אנחנו יכולים לגרום לעלייה ולירידה של הנדנדה כאשר יש פער במסה של שני המתנדנדים.
אם "שנינו שקולים במאזניים", אחד משני המתנדנדים עושה זאת על ידי דחיפה קלה כלפי
מעלה בכוח שרירי הרגליים שלו.

אבל, איך יעשו זאת הנרות?



2 נדנדת נרות

חזרה לנדנדת הנרות

נתחיל מהסוף - עם חיוך:

טפטוף נרות במעבדה של פולקע ועקיבא.

בסרטון זה גילינו שתי תופעות.

כאשר מדליקים את הנר, האש מתיכה את השעווה והיא מטפטפת.

הנר מתקצר והולך.

כאשר הנר זקוף - הטפטוף איטי.

כאשר הנר מוטה כלפי מטה, טפטוף השעווה מהיר.



הניסויים הבאים הם ניסויים בנרות ובאש.

כיוון שאש היא דבר מסוכן, אנחנו מעדיפים להימנע ככל האפשר מעריכת הניסויים עם ילדים צעירים. לכן, חלק מהניסויים יודגמו בסרטונים בלבד.

2 נדנדת נרות

אבל למה השעווה מטפטפת?

מצבי צבירה

חומרים בטבע נמצאים באחד משלושה מצבי צבירה: **מוצק**, **נוזל**, **גז**.
המעבר ממצב צבירה אחד למשנהו נגרם על ידי שינויים בטמפרטורה.
הנרות עשויים משעווה.

בתחילת הניסוי השעווה נמצאת במצב צבירה **מוצק**.
כאשר אנחנו מדליקים את הנרות, הטמפרטורה שלהם עולה ועולה.
בשלב מסוים, השעווה עוברת למצב של **נוזל**,
וכהרף עין, גם למצב של **גז**.

במעבר זה, הנרות הולכים ומתקצרים - כי החומר המוצק, שממנו הנרות עשויים - השעווה, הפך לנוזל - טיפות שעווה, שטפטפו למטה. חלק מהנוזל הפך לגז - אדי שעווה, שהתאדו באוויר. כתוצאה מ"איבוד החומר", המסה של הנרות הולכת וקטנה.

אם שני הנרות מתקצרים, איך הם מתנדנדים ולא נשארים מאוזנים?



2 נדנדת נרות

ולמה יש הבדל בקצב הטפטוף?

כאשר הנר זקוף הטפטוף איטי, וכאשר הנר מוטה כלפי מטה - קצב הטפטוף מהיר הרבה יותר. חום הבעירה מתיך את השעווה ממצב מוצק, למצב של "שעווה נוזלית", ומיד הוא הופך אותה משעווה נוזלית ל"אדי שעווה" - גז. לתהליך המהיר הזה קוראים "המְרָאָה".

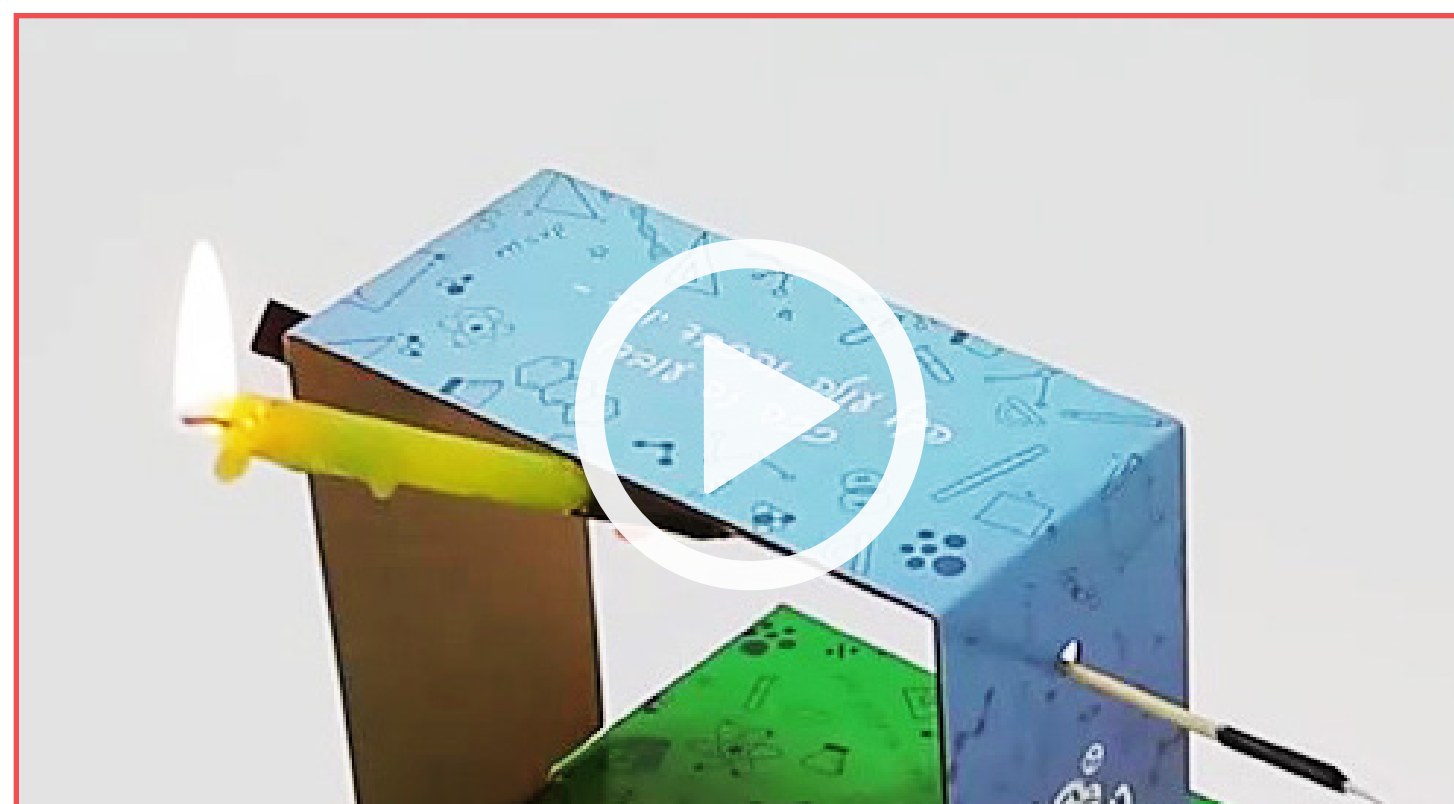
גז חם הוא קל, ולכן הוא עולה למעלה. לכן, כל האזור שמעל לפתילה של הנר רווי באדי שעווה חמים. האש הבוערת בפתיל, מציתה את אדי השעווה שמעליה.

כאשר הנר זקוף - הלהבה פוגשת אך ורק את אדי השעווה. בין הפתילה הבוערת, לבין אדי השעווה לא נמצאת שעווה מוצקת. לפיכך, כמעט ואין התכה. לכן, כשהנר זקוף - קצב הטפטוף איטי. לעומת זאת, כאשר הנר מוטה כלפי מטה, הלהבה הבוערת בפתיל ומטפסת למעלה, נתקלת בדרכה בשעווה מוצקת. הלהבה מתיכה את השעווה, וקצב הטפטוף מהיר.

2 נדנדת נרות

מרחק או מהירות?

בסרטון ראיתם, שאנחנו יכולים להשפיע על קצב הטפטוף של הנר, על ידי הטייה שלו כלפי מטה. קצב הטפטוף משפיע, כמובן, גם על קצב הנדנוד. בנדנדה שלכם יש גורם נוסף המשפיע על קצב הנדנוד. צפו בשני הסרטונים. הם נראים דומים מאוד, אבל יש בהם שוני. האם תוכלו לגלות מהו? שימו לב: יש לצפות בסבלנות כדי לגלות את התשובה...



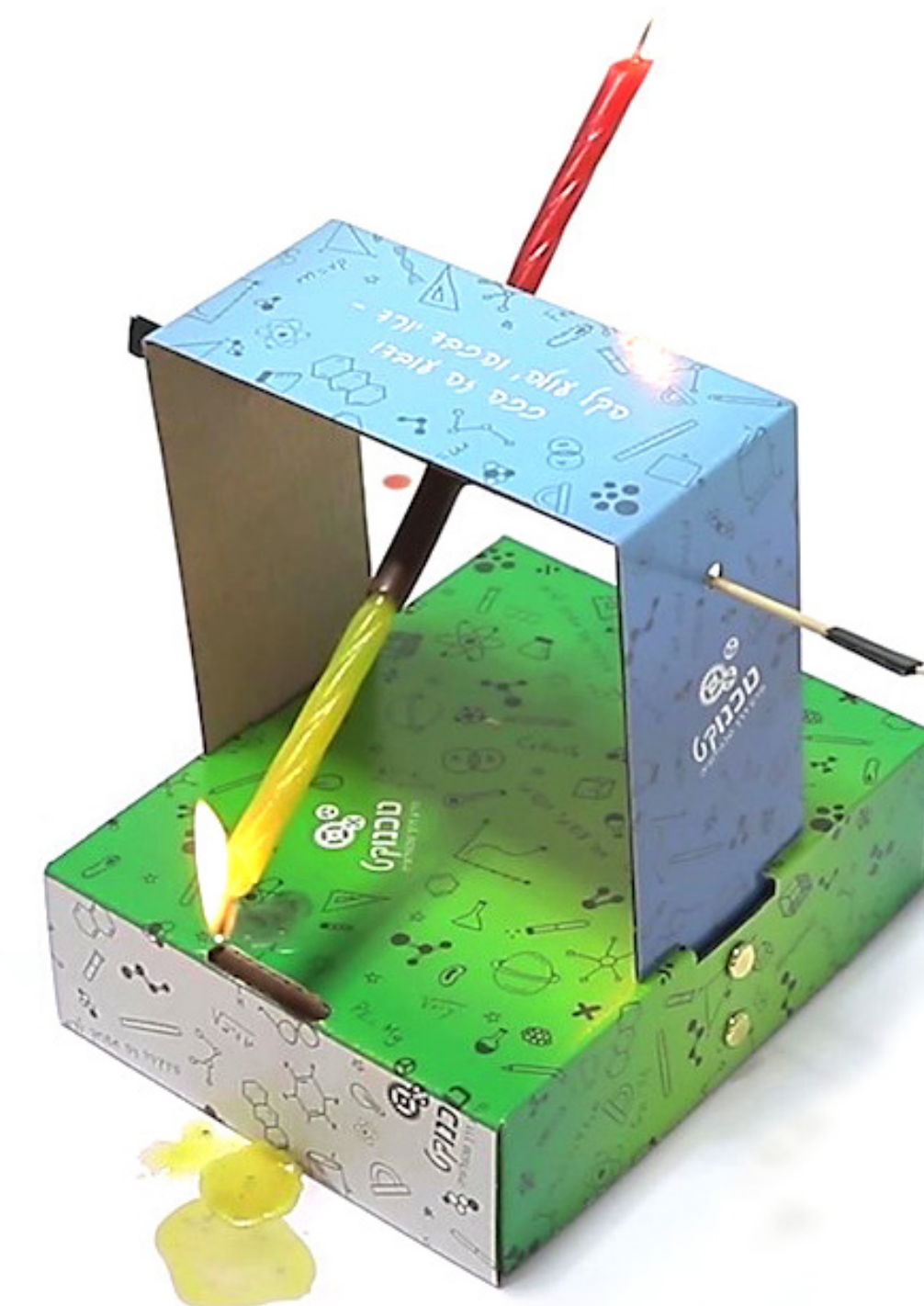
2 נדנדת נרות

מרחק או מהירות?

ודאי שמתם לב לשני הבדלים בין שני הסרטונים:

1. המְשׁוּרֶעַת - המרחק שעובר הנר מעלה-מטה
2. קצב הנדנוד - המהירות של תנועת הנרות.

בהתנסות הראשונה, ה"משרעת" שיוצרת הנדנדה - קטנה: נר אחד יורד כשני סנטימטרים, הנר השני עולה כשני סנטימטרים, וחוזר חלילה.
בהתנסות השנייה - המשרעת ארוכה יותר, אולם - קצב הנדנוד איטי יותר.



2 נדנדת נרות

למה זה קורה?

בסרטון הראשון החור בצינורית היה צר. השיפוד התחכך בדופן הצינור. החיכוך בלם את התנועה. לקראת הסרטון השני הרחבנו את החור בצינורית. כתוצאה מכך, הקטנו את החיכוך שבין השיפוד לבין הדופן של החור. החיכוך כבר לא בלם את תנועת הנדנדה. וכך - הגדלנו את המשרעת.

אבל היה לכך מחיר -

כיוון שהדרך שצריך נר אחד להעלות את הנר הנגדי ארוכה יותר, הנר העולה צריך להיות קל יותר. כדי שהוא יהיה קל יותר, יותר שעווה צריכה לטפטף. התהליך לוקח יותר זמן. לכן קצב הנדנוד איטי יותר.

2 נדנדת נרות

המלצות לחוקר הצעיר

אנחנו מציעים לערוך קודם את הניסוי ללא הרחבת החור.
ואז - תוכלו להחליט מה אתם מעדיפים: משרעת ארוכה או קצב נדנוד מהיר.
אם תחליטו להגדיל את המשרעת, תרחיבו את החור בצינורית באופן הבא:
פרקו את מחזיק הנרות שבנדנדה.
הרחיבו את החור שקדוח במרכז הצינורית, באמצעות השיפוד.
הרכיבו מחדש את מחזיק הנרות.

הערה:

גם כאשר המשרעת גדולה, אין מה לדאוג. הלהבות לא יכולות להגיע עד הקרטון ולהצית אותו.
המרחק הקצר שבין השיפוד לבין גג המיתלה, לא מאפשר לנרות להגיע עד לבסיס הבמה.

2 נדנדת נרות

המלצות לחוקר הצעיר

אזהרה!

בניסוי זה אנחנו מדליקים אש. לכן – הוא ייעשה רק בנוכחות מבוגר!
נניח את נדנדת הנרות על גבי מגש, תבנית אפייה או נייר אלומיניום. נכין לידינו בקבוק או דלי מים.

ציוד

נדנדת הנרות, גפרורים

התנסות

הדליקו את אחד הנרות. כיוון שהצד שבולט החוצה הוא הצד העבה של הנר, והצד שבו הפתילה מוסתר בתוך גוף הנר – צריך להמתין בסבלנות כ-20-30 שניות עד שהפתילה תיחשף, ותידלק.
אחר כך – הדליקו גם את הנר השני. התבוננו.

מה קורה?

אחרי זמן קצר, הנדנדה מתחילה לעלות ולרדת.

2 נדנדת נרות

אבל איך כל זה עוזר למכבים?

יהודה המכבי רוצה לקבוע שעת יציאה מדויקת לקרב, שכל הגדודים יפעלו לפיה. אבל הם רחוקים זה מזה, ואין להם שעונים.

במהלך ההיסטוריה פותחו מגוון שעונים. אחד מהם היה שעון אש. באנגליה מדדו את הזמן בעזרת נרות. הנר היה מחולק בקווים לחלקים שווים. בכל פעם שהנר התקצר בקו אחד – עברה יחידת זמן אחת.

אז... אולי יש לכם הצעה בשביל המכבים?

נכון!

אתם יכולים לצייר על הנרות שנתות – סימונים קבועים על כל נר, ולשלוח לכל מפקד את הנדנדה עם הנרות המסומנים. הפקודה שתצטרף לזה תקבע מתי יוצאים. למשל, בסימון השלישי כל הגדודים יוצאים להתקפה.

או אולי כששני הנרות מתכלים?

אתם היועצים, אתם קובעים את שעת היציאה!