

מדע וטכנולוגיה

מערכי שיעור בגישת ה STEM בנושא הביומימיקרי

הציפורים כמקור השראה לבניית מטוסים

שיעורים מס. 1-2: שכבות ה' – ו'

המפציץ החמקני (B-2 Spirit) בהשראת הבז הנווד (Peregrine Falcon)

שיעור מס. 3: שכבה ז' – ט'

מפמ"ר מדע וטכנולוגיה	בילי פרידמן
צוות פיתוח	הדס כץ שדה חן
ייעוץ פדגוגי	ד"ר עירית חוף – נהור
ייעוץ אקדמי	ד"ר מירי דרסלר
קראה והעירה	פרופסור יוסי לשם
שנה"ל	יוחאי וסרלאוף
	גלית ניב
	תשפ"ו



Leonardo da Vinc's Dream of Flying. [Credit](#)

הציפורים כמקור השראה לבניית מטוסים

המפציץ החמקני (B-2 Spirit) בהשראת הבז הנווד (Peregrine Falcon)

ההשראה מעולם הציפורים באה לידי ביטוי במגוון רחב של כלי טיס - ממטוסי תובלה וקרבי, דרך מסוקים וכלי ריגול ועד למטוסי נוסעים. השפעה זו מתמקדת בעיקר בהתמודדות עם אתגרים אווירודינמיים ובפיתוח פתרונות הנדסיים מדויקים, שמטרתם לשפר את יעילות הטיסה ולצמצם את צריכת הדלק. כל זאת כחלק מגישה חדשנית בתחום הביומימיקרי, השואבת רעיונות מהטבע לטובת טכנולוגיה מתקדמת.

דפי עבודה וציוד נדרש למהלך הפעילות

החינוך היסודי

- נספח מספר 1: דף תצפית להתבוננות בתנועות של העופות
- נספח מספר 2: איורים של לאונרדו דה וינצ'י (להקרנה)
- נספח מספר 3: שרטוט לקיפול אוריגמי לתיבה / קופסה
- נספח מספר 4: טבלה כיתתית לרישום נתונים בשני מקצים

ציוד לכל תלמיד, תלמידה או קבוצה:

חמישה דפים A4 (מומלץ להשתמש בדפי טיוטה), מספריים, נייר דבק / סלוטייפ, טוש

לכיתה:

מד מטר, נייר דבק לסימון מרחקים ברצפה, לוח מטרה

למורה:

כדור פינג פונג (או כל כדור אחר שהינו קל), מייבש שיער, גופים שונים, בצורה אווירודינמית ובצורה חוסמת אוויר (תיבה)

חטיבת ביניים

- נספח מס. 5: תמונות של בז נודד Peregrine falcon
- נספח מס. 6: טבלה כיתתית לרישום נתונים למעבר אוויר
- נספח מס. 7: תמונות של בז והמפציץ החמקני ה-B-2 Spirit
- נספח מס. 8: טבלה להשוואה בין איברי הציפור לבין חלקי המטוס ותפקודם

ציוד לכל תלמיד, תלמידה או קבוצה:

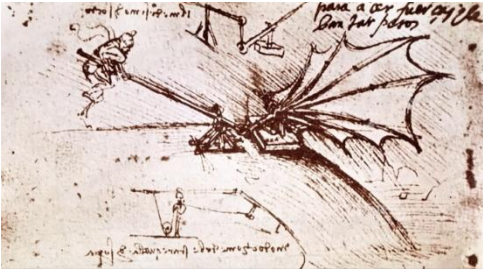
2 דפי 4A (ניתן להשתמש בנייר טיוטה), חתיכת נייר קטנה, 2 ניירות טישו, סרט דבק, מספריים, סרגל או סרט מדידה

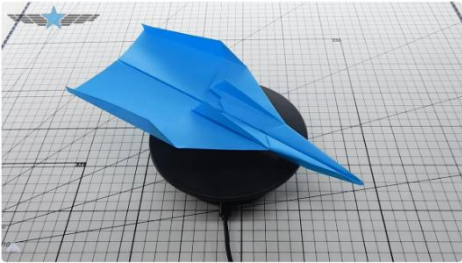
מקרא: המלל המסומן בצבע ירוק הינו מחוון תשובות והנחיות למורה

הציפורים כמקור השראה לבניית מטוסים

מהלך הפעילות לחינוך היסודי כיתות ה' – ו' על פי מעגל הלמידה (שיעור כפול 90 דקות)

רכיב השיעור	תיאור הפעילות	ציוד, קישורים, דפי עבודה
רקע / פתיחה התנסות פעילה התבוננות בטבע 20 דקות	<p>1. התנסות פעילה</p> <p>א. מבקשים מהתלמידים לנסות לעוף כמו ציפור מהקרקע. האם הצלחתם? מה היה הקושי? למורה: להציף את הקשיים: להתנתק מהרצפה, להישאר מרחפים באוויר, לנוע באוויר.</p> <p>ב. שואלים: כיצד אפשר להתגבר על הקושי שלנו לעוף?</p> <p>ג. לומדים מהטבע: האם לציפור (לעטלף ולחרקים מעופפים) יש קושי לעוף?</p> <p>ד. מה מאפשר להם לעוף? (איתור ידע מוקדם)</p> <p>2. מתבוננים במעוף של ציפורים - למורה: מומלץ לצאת לחצר בית הספר לתצפית חיה בתעופה של עופות. פנו אל דף התצפית בנספח מספר 1 שואלים:</p> <p>א. אילו סוגי תעופה שונים אתם מזהים אצל הציפור? לדוגמא: חבטות כנף מהירות, דאייה (ריחוף) איטית, נחיתה לקרקע.</p> <p>ב. כיצד הציפורים משנות כיוון? מה תפקיד הכנפיים והזנב? במידה ולא ניתן לקיים תצפית חיה ניתן לצפות על תעופת עופות באמצעות סרטונים. מצורפים קישורים לסרטונים המציגים עופות בהמראה, בתעופה, בנחיתה ובלהקה.</p> <p>3. משלימים את דף התצפית (נספח מס. 1)</p>	<p>קישורים לסרטונים המדגימים עופות בהמראה, בתעופה, בנחיתה ובלהקה.</p> <p>Eagle landing in super slow motion. Credit: Mark Smith photography</p> <p>A huge flock of common grackles fly in unison from the ground to a tree. Credit: Nature Cadence</p> <p>Slow Motion Pigeon Flight Credit: BBC Earth</p> <p>נספח מס. 1: דף תצפית להתבוננות בתנועות של העופות</p>
בני האדם לומדים מן הטבע לפתור בעיות דיון בתובנות מן ההתבוננות בסביבה ההתבוננות בסביבה א. הרחבת הידע ב. לאונרדו דה וינצ'י 15 דקות	<p>חוזרים לכיתה:</p> <p>1. דיון בתובנות מן ההתבוננות בסביבה והרחבת הידע תוך התמקדות בשני היבטים: שואלים:</p> <p>א. היבט ראשון: היכולת של הציפור להתנתק מהמצע ולהמריא. מה מאפשר לעופות להתנתק מן המצע ולהמריא? למורה: כוח העילוי - התנתקות</p> <p>ב. היבט שני: היכולת של העוף להתקדם בתנועה באוויר. מה מאפשר לעופות לנוע באוויר? למורה: הצורה האווירודינמית של התעופה – התקדמות באוויר.</p>	

ציוד, קישורים, דפי עבודה	תיאור הפעילות	רכיב השיעור
<p>Leonardo's Flight</p> <p>Credit: Smithsonian National Air and Space Museum</p> <p>07:40 – 05:20 טווחי צפייה מומלצים</p> <p>נספח מס. 2: איורים של לאונרדו דה וינצ'י</p> 	<p>אווירודינמיות (Aerodynamics), או אירודינמיות, היא תכונה שמאפשרת לגוף נייד, כמו מטוס, ציפור, מכונית או אפילו דג, להתגבר על התנגדות האוויר בעת התנועה.</p> <p>2. לאונרדו דה וינצ'י 1452-1519</p> <p>כבר בתקופות קדומות, בני האדם התפעלו מהיכולת של ציפורים לעוף – מהחופש, הדיוק והחוזק. לאונרדו דה וינצ'י היה מהראשונים שתיעדו את תנועות הציפורים ושרטט מכוונות מעופפות בהשראתן.</p> <p>א. צופים בסרטון Leonardo's Flight החל מ 05:20</p> <p>ב. מציגים את האיורים של לאונרדו דה וינצ'י</p> <p>ג. שואלים: אילו חלקים במכונה תכנן לאונרדו בהשראת מבנה גוף הציפור? (נספח מס. 2)</p>	
<p>ציוד:</p> <ul style="list-style-type: none"> גופים שונים, בצורה אווירודינמית, כמו צורה אובלית של בננה, כדור וכ"ו וגופים בצורה חוסמת אוויר אשר חוסמים את ההתקדמות (תיבה) לכל תלמיד / קבוצה – 4 עמודים <p>נספח מס. 3: קיפול לתיבה הנחיה איך להכין קופסה / תיבה מנייר</p>	<p>1. מקיימים דיון בכיתה על בסיס שאלת שאלות:</p> <p>א. 'כאשר אנו הולכים נגד רוח חזקה או נמצאים בבריכה או בים, האם קל לנו להתקדם?' הסבירו.</p> <p>ב. העלו רעיונות: מה יכול להקטין את הקושי לנוע באוויר או במים?</p> <p>ג. חשבו: האם יש קשר בין צורת הגוף לבין ההתנגדות של התנוד? (מים, אוויר) שבו הוא נע?</p> <p>רמז: הצורה הגיאומטרית של חפץ אשר יכול להקל עלינו את ההתקדמות בתנוד?</p> <p>למורה: מציגים גופים שונים, אשר מקשים על ההתקדמות (תיבה), וגופים אשר מאפשרים להתקדם צורה קלה יותר (צורה אובלית של בננה, כדור)</p> <p>הידרודינמיקה- בתוך של המים אווירודינמיקה- בתוך של האוויר</p> <p>2. התנסות: יתרונות המבנה האווירודינמי.</p> <p>תחרות כיתתית של דגמי תעופה בשני מקצים:</p> <p>מקצה א': צורה אווירודינמית מול צורה חוסמת אוויר כל תלמיד או קבוצה מכינים שני דגמים: - צורה שאינה אווירודינמית (תיבה) למורה: ניתן להדפיס את פריסת התיבה (נספח מס. 3) או לצפות בקישור המצורף</p> <p>- צורה אווירודינמית (מטוס בסגנון אישי) הגדירו קו זינוק, וודאו שיש לפניכם מרחב פנוי.</p>	<p>פעילות א</p> <p>איך מתקדמים קדימה? מבנה אווירודינמי</p> <p>התנסות: מקצה א'</p> <p>יתרונות המבנה האווירודינמי. הטסת דגם של מטוס בעל צורה אווירודינמית לעומת דגם של מטוס עם חזית ישרה</p>

ציוד, קישורים, דפי עבודה	תיאור הפעילות	רכיב השיעור
<p>המלצה לאוריגמי של קיפול למטוס בקישור: גלשן הבז - צור את מטוס הנייר המושלם</p>  <p>נספח מס. 4: טבלה כיתתית לרישום נתונים</p>	<p>התלמידים עומדים על קו זינוק ומטיסים את כל אחד מהדגמים לפחות 3 פעמים (על מנת שעוצמת הזריקה לא תשפיע על התוצאות יש לנסות לזרוק כל פעם באותה עוצמה), מודדים נתונים ומעדכנים בטבלה הכיתתית:</p> <ul style="list-style-type: none"> - כמה זמן כל אחד מהדגמים שהה באוויר? - לאיזה מרחק התקדם כל אחד מהדגמים? <p>מקצה ב': צורה אווירודינמית מול צורה שאינה אווירודינמית למורה: עוקבים אחר ההנחיות של האוריגמי לקיפול מטוס כל תלמיד או קבוצה מכינים שני דגמים:</p> <ul style="list-style-type: none"> - צורה אווירודינמית א' – קיפול למטוס בהתאם להנחיות האוריגמי שבסרטון - חרטום מחודד - צורה אווירודינמית ב' - מטוס בהתאם להנחיות האוריגמי שבסרטון- בסוף הבנייה מקפלים את החרטום כך שיהיה שטוח - חרטום לא מחודד <p>התלמידים עומדים על קו זינוק ומטיסים את כל אחד משני הדגמים לפחות 3 פעמים, מודדים נתונים ומעדכנים בטבלה הכיתתית (נספח מס. 4):</p> <ul style="list-style-type: none"> - כמה זמן כל אחד מהדגמים שהה באוויר? - לאיזה מרחק התקדם כל אחד מהדגמים? <p>3. דיון כיתתי ושאלת שאלות אודות הנתונים הכיתתיים</p> <ul style="list-style-type: none"> - איזה דגם עף רחוק יותר? מדוע? - איזה דגם שהה יותר זמן באוויר? מדוע? <p>דיון כיתתי ושאלת שאלות:</p> <ul style="list-style-type: none"> - מדוע יש לזרוק כל מטוס 3 פעמים ולא ניתן להסתפק בזריקה בודדת? למורה: להתייחס לחשיבות החזרות - מדוע חשוב להטיס את המטוס בעוצמת זריקה זהה ככל הניתן? למורה: על מנת שעוצמת הזריקה לא תשפיע על התוצאות אלא צורת המטוס בלבד 	<p>התנסות: מקצה ב'</p>



ציוד, קישורים, דפי עבודה	תיאור הפעילות	רכיב השיעור
<p>הדגמה של מורה לכוח העילוי. ציוד נדרש: מייבש שיער וכדור פינג-פונג (או כל כדור קל אחר)</p>	<p>כוח העילוי: איך מתנתקים ועולים לאוויר מהקרקע? למורה: כוח עילוי וכוח התנגדות למול שטח הפנים. ככל ששטח הפנים קטן יותר, כך ההתנגדות תהיה קטנה יותר. הנחיות:</p> <ul style="list-style-type: none"> חברו את מייבש השיער לחשמל והפעילו אותו על מצב אוויר קר. כוונו את זרם האוויר כלפי מעלה. הניחו בזהירות את כדור הפינג פונג בתוך זרם האוויר. צפו כיצד הכדור "מרחף" באוויר מבלי ליפול. <p>הסבר מדעי:</p> <ul style="list-style-type: none"> זרם האוויר מהמייבש יוצר לחץ נמוך סביב הכדור. האוויר שזורם במהירות סביב הכדור יוצר כוח עילוי שמאזן את כוח הכובד. הכדור נשאר "מרחף" כי כוח העילוי שווה (או כמעט שווה) למשקל הכדור. <p>קשר לכנפי ציפור (כוח העילוי):</p> <ul style="list-style-type: none"> כנפי הציפור מעוצבות בצורה שמאפשרת לאוויר לזרום מהר יותר מעל הכנף מאשר מתחתיה. כנפיים קמורות כמו של ציפורים מאפשרות זרימת אוויר חלקה ויצירת כוח עילוי <p>למורה: יצירה של הבדלי לחץ: לחץ נמוך מעל הכנף ולחץ גבוה מתחתיה.</p> <p>קשר לכנפי מטוס (כוח העילוי)</p> <ul style="list-style-type: none"> כשהמטוס נע קדימה (בעזרת מנועים), האוויר זורם סביב הכנפיים. כמו בהדגמה, זרימת האוויר יוצרת כוח עילוי שמאזן את משקל המטוס ומאפשר לו לטוס. ככל שהמטוס טס מהר יותר – כוח העילוי גדל, והוא יכול להתרומם גבוה יותר. כנפי מטוס מעוצבות בצורה דומה לכנפי ציפור – עם חלק עליון קמור וחלק תחתון שטוח יותר. בדיוק כמו בכדור הפינג פונג שמרחף – נוצר כוח עילוי שמרים את הציפור באוויר. כשהציפור מנפנת בכנפיים, היא יוצרת תנועה קדימה שמגבירה את זרימת האוויר וכך כוח העילוי גדל. 	<p>פעילות ב כנפיים כוח העילוי</p> <p>הדגמה כוח העילוי (ריחוף כדור פינג פונג)</p>

ציוד, קישורים, דפי עבודה	תיאור הפעילות	רכיב השיעור
<p>מקור: אאוריקה</p>	<p>מהי אווירודינמיות?</p> <ul style="list-style-type: none"> • אווירודינמיות (Aerodynamics) או אירו דינמיות, היא תכונה שמאפשרת לגוף נידד, כמו מטוס, ציפור, מכונית או אפילו דג, להתגבר על התנגדות האוויר בעת התנועה. • כללית, צורת הכנף היא שמאפשרת למטוסים לטוס ולא ליפול. צורת הכנף יוצרת כוח עליוי בזכות המשטח המקומר שלה. צורת הכנפיים היא שגורמת ללחץ האוויר שמתחת להן לגדול יותר מלחץ האוויר שמעליהן (למורה: כפי שהומחש בפעילות ההדגמה עם הפינג פונג והמייבש שיער) ולדחוף את הכנפיים וביחד איתן את המטוס כולו, כלפי מעלה. • אווירודינמיות מתאפשרת לרוב גם תודות לצורה מעוגלת בקצה האחד של הגוף ומחודדת בקצה האחר. תורם לה גם שטח הפנים החלק והאחיד שלו, שמזכיר צורה של טיפה. • תכונת האווירודינמיות אומצה בהנדסה המודרנית לגופים נעים, כמו מטוסים, מכוניות, צוללות וכדומה. 	<p>מסכמים וממשיגים:</p> <ul style="list-style-type: none"> • צורה אווירודינמית • כוח עליוי
<p>זה מטוס? זו ציפור? זה בעצם שניהם - הידען Hayadan -</p> <p>מקור: חדש(נות) מהטבע ידיעון הביומימיקרי הישראלי. הידען</p> <p>בז נודד - מיהו העוף הדורס הכי מהיר בעולם? - אנציקלופדיה אאוריקה</p> <p>Fastest Animal Makes a Kill World's Deadliest Nat Geo Animals</p> <p>הציפור שהיוותה השראה לבניית המטוס המטורף שהפציץ באיראן - וואלה תיירות</p> <p>Peregrine falcons use speed to feed July 22, 2025 Grant Schulte environment, falcons, infographic</p>	<p>ביו-מימיקרי המשגה</p> <p>פעילות זו הוקדשה לנושא של הציפורים כמקור השראה לבניית מטוסים כדוגמה לתחום הביומימיקרי. המילה מורכבת מ"ביו" (חיים) ו"מימיקרי" (חיקוי). כלומר: חיקוי הטבע.</p> <p>ביומימיקרי הוא תחום מדעי והנדסי שבו בני אדם לומדים מהטבע כדי לפתור בעיות מורכבות. המדענים מתבוננים בפתרונות שהטבע יצר ולומדים מהם לפתור בעיות. הביומימיקרי עוסק בזיהוי עקרונות פעולה מן הטבע, כמו מבנה, תנועה, או תפקוד, ומשתמש בהם לפתרונות הנדסיים, טכנולוגיים או עיצוביים.</p> <p>הביומימיקרי מלמד אותנו שהטבע הוא מקור להשראה ולחדשנות. מי שילמד להתבונן בטבע ולהקשיב לו יוכל לגלות בו רעיונות להמצאות ולפתרונות טכנולוגיים חדשים. תחומי המדע, הטכנולוגיה, ההנדסה והמתמטיקה הם הדרך שלנו להבין את עקרונות הטבע, ולהפוך אותם להמצאות של הדור הבא.</p>	<p>ביומימיקרי – כשאנחנו לומדים מהטבע סיכום -</p> <p>ביומימיקרי בניית מטוסים בהשראת ציפורים</p>



הידעתם? על פירושים ושמות

הידעתם כי על הבקבוקים של בירה "נשר" ובלוגו של "נשר מפעלי מלט ישראלים" מופיע דווקא עיט?

בספרות העברית לדורותיה ועד ימינו אלה מחליפים תכופות בין הנשר ובין העיט. בעברית המתחדשת התקבעה ההבחנה הבאה:

נֶשֶׁר – עוף דורס גדול המתאפיין בהיעדר נוצות לראשו ולצווארו וניזון מנבלות (Vulture)

עֵיט – עוף דורס גדול ממדים ומהיר מעוף הניזון מטרף חי (Eagle)

מקור: האקדמיה ללשון העברית



נשר מפעלי מלט ישראלים בע"מ
NESHER ISRAEL CEMENT ENTERPRISES LTD.

[מקור](#)



Eagle עיט
Credit: Saffron Blaze

הידעתם כי חיל-האוויר הישראלי בחר לקרוא למטוסי F-15 מטוסי בז, בעוד שבתרגום מילולי מאנגלית הם נקראים עיט Eagle ?

McDonnell Douglas F-15 Eagle ("Baz"); F-15 איגל (בז)





[Israeli Air Force](#) : מקור

שיעור מס. 3 לחטיבת ביניים

המפציץ החמקני (B-2 Spirit) בהשראת הבז (Falcon)

בחודש יוני השנה מטוסי B-2 השתתפו במבצע "פטיש חצות" והטילו פצצות חודרות בונקרים במתקני גרעין באירן. ההשראה לבניית המטוס היקר בעולם (כ-2.1 מיליארד דולר לאחד) מגיעה מהטבע - מציפור יחסית קטנה ומדהימה בשם בז נודד Falcon Peregrinus

		רקע / פתיחה התבוננות בטבע
<p>נספח מס. 5 – תמונות של בז נודד ושל מגל</p>  <p>מגל מקור: האקדמיה ללשון העברית</p>  <p>בז נודד Peregrine Falcon מקור התמונה</p> <p>קישורים לסרטונים של צלילה מהירה של הבז לכיוון הטרף שלו:</p> <p>Top 10 Falcon Facts – The Sky's Fastest Hunter Revealed Credit: Facts Facility</p> <p>PEREGRINE FALCON - Bird Slayer and Dive master! The Fastest Animal on the Planet Credit: WILDOPEDIA</p>	<p>1. מראים לתלמידים תמונות של בז נודד (נספח מס. 5). שואלים: האם אתם מכירים את העוף הזה? לאיזו קבוצה של עופות הוא שייך? מה מאפיין את הקבוצה הזו? למורה: מאפייני עופות דורסים הבז הנודד חי גם בישראל. פירוש שמו הלטיני: מגל או חֶרְמֵשׁ, כלי קצירה קטן בעל ידית קצרה וסכין מעוגלת מאוד, כעין אנקול, המציין את צורת כנפיו הפרושות בשעת תעופה. (תמונה בנספח מס. 5)</p> <p>2. משתפים את התלמידים בתיאור הבא: גבוה גבוה, רחוק מהעיניים, למעלה בשמים, מתרחש אחד המראות המדהימים ביותר בטבע: בז נודד, עוף נפוץ ברוב העולם, משתמש ביכולתו לעמוד במקום תוך שהוא מרפרף בכנפיו ומאתר את טרפו הנמצא תחתיו. ברגע הנכון, הבז מקפל את כנפיו לגופו וצולל לעבר הטרף שלו בבת אחת במהירות של כ-389 קמ"ש. הבז הנודד נחשב לבעל החיים המהיר בעולם. למורה: המשגה: לסוג התנועה בו הבז נע במהירות לעבר הטרף קוראים צלילה.</p> <p>רק להשוואה – אופניים 40 קמ"ש מכונית בעיר 50 קמ"ש ציטה חייט היבשה המהירה ביותר – 90 קמ"ש מכונית בנסיעה בכביש מהיר 100 קמ"ש צניחה חופשית ממטוס כ-180 קמ"ש בז בתעופה רגילה כ-80 קמ"ש בז בצלילה לעבר טרף כ-389 קמ"ש</p> <p>3. מקרינים סרטונים בהם רואים צלילה מהירה של הבז לכיוון הטרף שלו. מבקשים מהתלמידים לשים לב למעוף של הבז.</p>	

	<p>4. מקיימים דיון המתבסס על שאלת שאלות:</p> <ul style="list-style-type: none"> • תארו מה ראיתם בסרטון? • כיצד פעל הבז כדי להגיע אל הטרף? <p>5. מזמינים את התלמידים לשאול שאלות לאור הסרטונים.</p> <p>לדוגמא:</p> <ul style="list-style-type: none"> • כיצד ציפור קטנה, שמשקלה פחות מקילוגרם, מצליחה להיות מהירה יותר ממטוס קרב? <p>למורה: על ידי צלילה אנכית מגובה רב, תוך כיווץ כנפיו לגופו בדומה לצורה אווירודינמית של טיפה. יחד עם כוח הכבידה, הבז מתגבר על התנגדות האוויר (נֶרֶר) ומגיע למהירות שיא, מהירה יותר מרוב מטוסי הקרב שטסים בצורה אופקית.</p> <ul style="list-style-type: none"> • כיצד מתמודדים עם רוח חזקה שנכנסת לפה ולאף ומקשה לנשום רגיל? <p>למורה: בתוך כל נחיר של הבז יש עצם אשר שוברת את מהירות הרוח הנכנסת דרך האף, ובכך מאפשרת לו לנשום במהירויות שחיות אחרות היו נחנקות. הגבשושיות הגרמיות (bony tubercles) שבנחיריים פועלות כמעבירי זרם (baffles) כדי לווסת בבטחה את מעבר האוויר למערכת הנשימה.</p> <ul style="list-style-type: none"> • כיצד מתמודדים עם הטמפרטורות הנמוכות השוררות בגובה רב? <p>למורה: כמו ציפורים רבות הבז מתמודד עם הקור ע"י בידוד האויר באמצעות הנוצות. לנוצות יש מבנה צפוף מאוד הכולל שכבת פלומה (נוצות קטנות ורכות) מתחת לנוצות הכיסוי החיצוניות, הלוכדת שכבת אוויר חם קבועה קרוב לגוף.</p> <p>מקיימים בכיתה דיון המבוסס על שאלת השאלות שהתלמידים העלו.</p>	
<p><u>Peregrine falcons use speed to feed</u></p>	<p>שואלים את התלמידים:</p> <ul style="list-style-type: none"> • מה מאפיין את תנועת הצלילה של הבז? • מה במבנה הבז מאפשר לו לצלול במהירות ובדייקנות? <p>למורה:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. כנפיים מחודדות 2. גוף צר 3. ראייה חדה 	<p>פעילות 1 לומדים / חוקרים את העופות הדורסים דיון בתובנות מן</p>

	<p>צורת הגוף של הציפור – צרה, קמורה, מקור מחודד, התכנסות הרגליים והגוף זורמת – שימשה השראה לעיצוב גוף המטוס כדי לשפר עילוי</p> <p>הידעת? הבז לא דורס באמצעות הטפרים (ציפורניים חדות ומעוקלות) כפי שנוהגים רוב הדורסים, אלא באמצעות עוצמת ההתנגשות עם עצמות החזה שלו.</p>	<p>ההתבוננות בסביבה הרחבת הידע</p> <p>10 דקות</p>
<p>ציוד:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 דפי 4A • (ניתן להשתמש בנייר טיוטה) • חתיכת נייר קטנה • 2 ניירות טישו • סרט דבק • מספריים • סרגל או סרט מדידה <p>נספח מס. 6: טבלה כיתתית לרישום נתונים למעבר אוויר</p> <p>נספח מס. 7: תמונות של הבז והמפציץ</p> <p>Credit : Interesting Facts: The SR-71 Blackbird & Peregrine Falcon The Outdoors Trader</p>	<p>איך מתמודדים עם הרוח החזקה שנכנסת לפה ולאף ומקשה על הנשימה בצלילה לעבר הטרף? מתנסים (דגם):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. צרו משני דפי הנייר שני גלילים צרים בצורה של קשיות – גלגלו את הנייר לאורכו והדביקו. חשוב להקפיד שקוטר הגלילים זהה. 2. הדביקו בפתח העליון של אחת הקשיות חתיכת נייר בצורת חרוט קטן אשר מאפשר מעבר אוויר. את הקשית השנייה השאירו כפי שהיא. 3. החזיקו נייר טישו מול כל קשית. 4. נשפו דרך כל קשית באותה העוצמה ובדקו – באיזו קשית נייר הטישיו מגיע רחוק יותר? חשוב - נושפים שלוש פעמים בכל אחת מהקשיות ומשלימים בטבלת הנתונים. (נספח מס. 6) <p>מקיימים דיון כיתתי אודות הנתונים שנאספו:</p> <p>באיזו קשית נייר הטישיו מגיע רחוק יותר? מדוע יש לנשוף לעבר נייר הטישיו 3 פעמים? מדוע חשוב לנשוף בעוצמה זהה ככל הניתן?</p>	<p>התנסות</p>

	<p>מהבז והעיט למפציץ החמקני (מטוס קרב) הפּוֹאֵיִים והעיטיים העניקו השראה למהנדסי תעופה, בתכנון אחד המטוסים המתקדמים בעולם: ה-B-2 Spirit</p> <p>למורה: מבנה גופו הצר והקמור ומקורו המיוחד יחד עם כיווץ כנפיים לגוף והתכנסות הרגליים לצורה אווירודינמית של טיפה, היוו השראה לעיצוב מטוסי קרב כדי לשפר את העילוי והמהירות שלהם.</p> <ul style="list-style-type: none"> מתבוננים בתמונות שבנספח של ציפור הבז בתעופה ובצלילה ובמטוס המפציץ החמקני. שואלים: אילו חלקים במטוס דומים לאיברי הציפור? מה תפקידם בתעופה? <p>למורה: חלקי המטוס בהשראת איברי תעופה של ציפורים: הגאים, מדפים ומייצבים משלימים את טבלת השוואה בין חלקי המטוס לבין איברי הציפור המבוססת על ביומימיקרי (נספח מס. 8)</p> <p>למורה: המפציץ החמקני תוכנן בדומה לבז: גוף רחב ללא זנב בולט מאפשר לו לטוס בצורה יציבה, יעילה ושקטה. שליטה בצניחה חדה, כמעט ללא גילוי על ידי רדאר</p>	<p>מהבז והעיט למפציץ החמקני (מטוס קרב)</p> <p>השוואה בתכונות של הבז</p> <p>שמושמות במטוס הקרב.</p>
<p>Credit : Interesting Facts: The SR-71 Blackbird & Peregrine Falcon The Outdoors Trader</p> <p>בז והמפציץ החמקני ה-B-2 Spirit מקור: בינה מלאכותית יוצרת נספח מס. 8: טבלה להשוואה בין חלקי המטוס לבין איברי הציפור</p>		

הרחבה לחטיבה: הסבר על האווירודינמיות שמקנה למטוס את יכולת הטיסה. מקור

ארבעה כוחות פועלים על המטוס. השילוב ביניהם וההתגברות על כוח הכבידה, הם שמאפשרים לו לטוס ולא ליפול. ארבעת הכוחות הללו הם עילוי, דחף, גָּרָר ומשקל. המשקל הוא כוח הכבידה כמובן והוא דווקא מושך אותו לאדמה. העילוי מאפשר לו להידחף כלפי מעלה, הדחף שמושג בזכות המנועים דוחף את המטוס קדימה והגָּרָר הוא ההתנגדות המסוימת וההכרחית לתנועה קדימה.

בעוד המנועים של המטוס דוחפים קדימה, צורת הכנפיים היא שמחזיקה אותו למעלה. מבנה הכנפיים גורם לדחיפת האוויר שמתחת לכנף כלפי מעלה, וזה בזכות לחץ האוויר הגבוה יותר מתחת לכנף. זה יוצר את כוח העילוי, כלומר גורם לכך שהמטוס "מורם" למעלה על ידי האוויר.

נספחים - החינוך היסודי

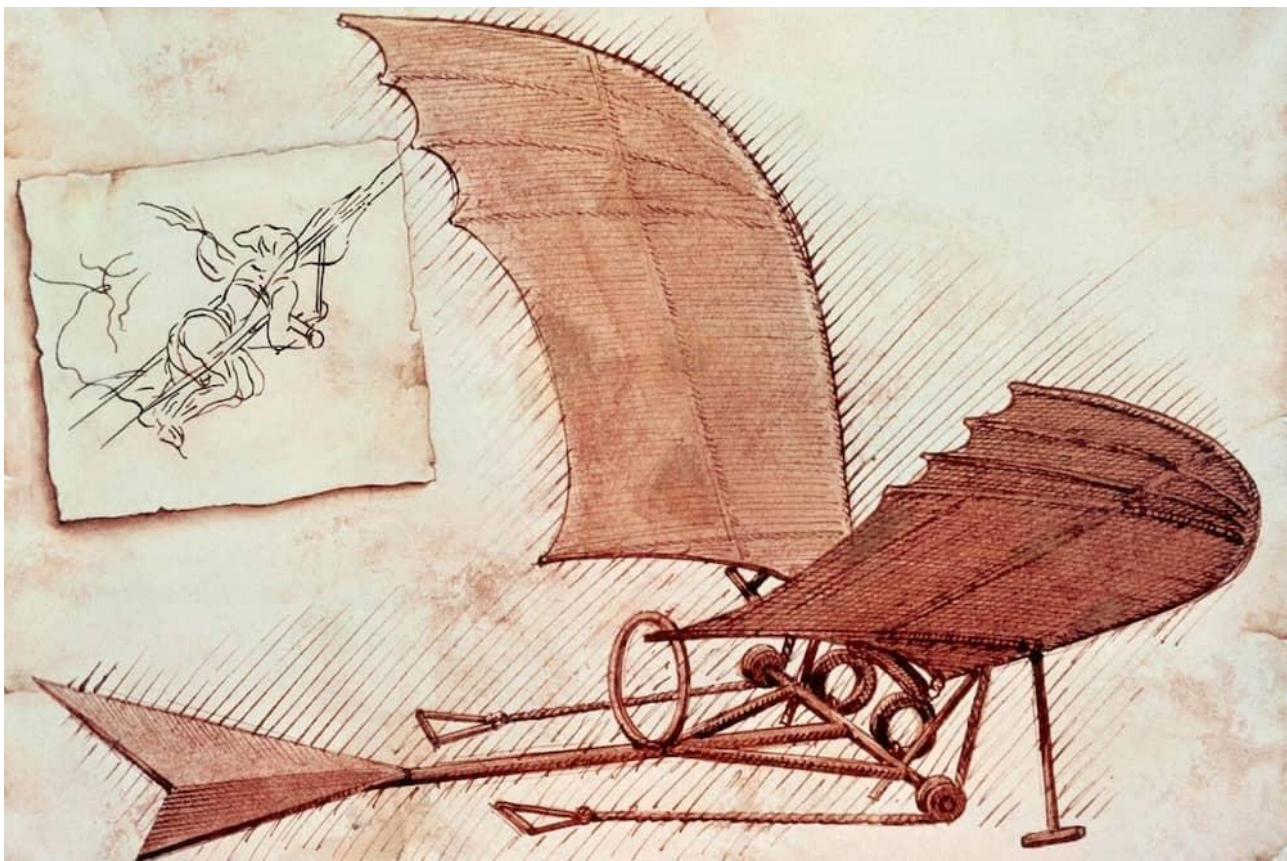
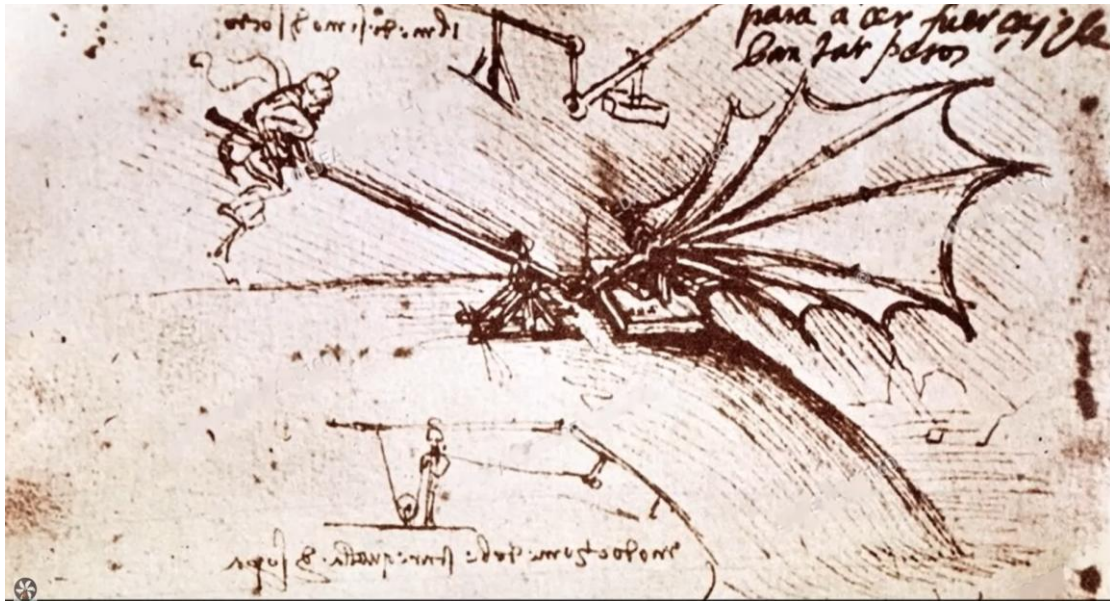
הציפורים כמקור השראה לבניית מטוסים

נספח מס. 1 : דף תצפית – התבוננות בטבע

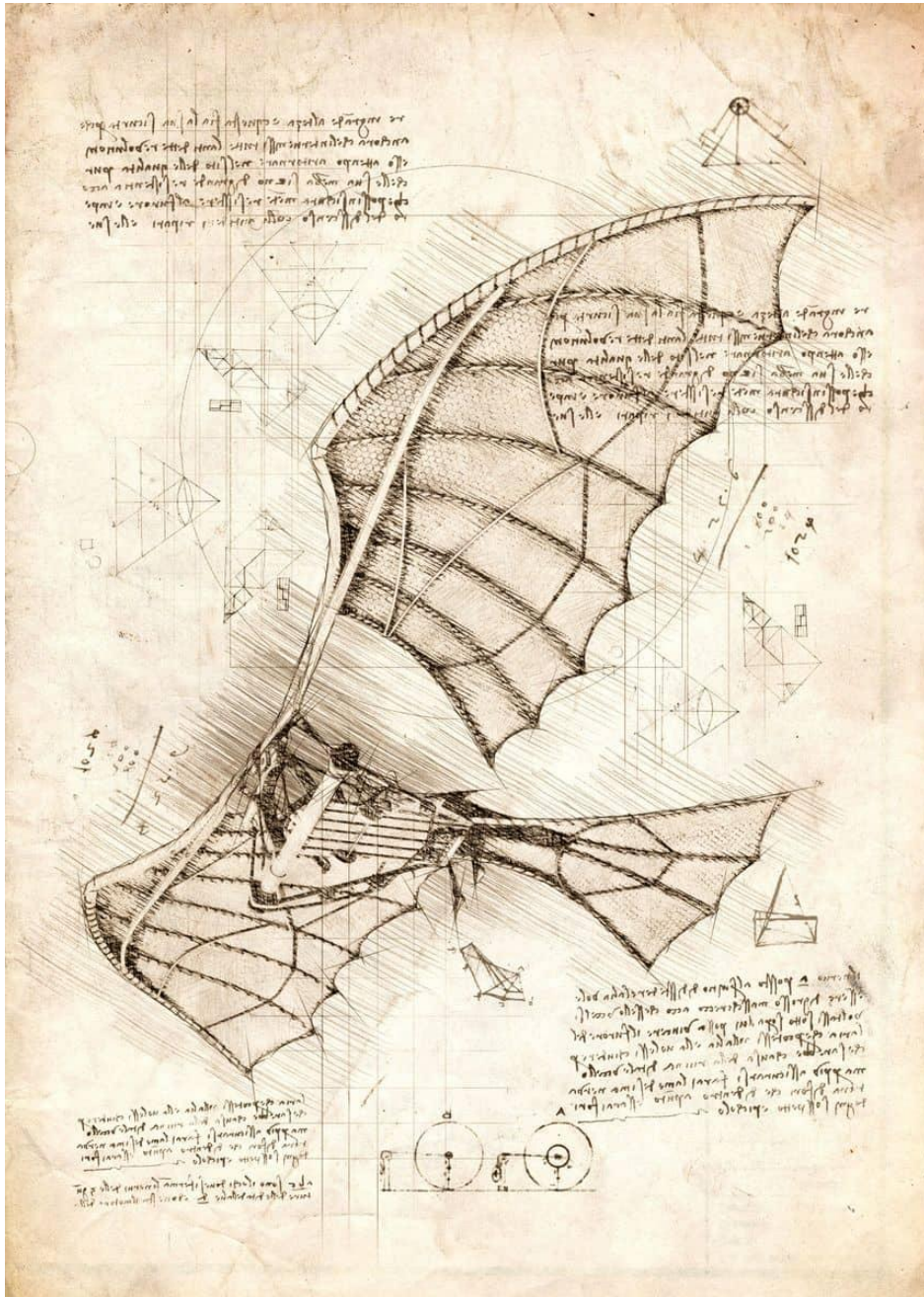
שאלות	תשובות
1	אילו סוגי תנועה שונים אתם מזהים אצל הציפור? לדוגמא: חבטות כנף מהירות, דאייה (ריחוף) איטית, נחיתה לקרקע
2	כיצד הציפור משנה כיוון בזמן התעופה? לדוגמא: האם היא מטה את הגוף, מזיזה כנף אחת יותר מהשנייה, או משתמשת באיבר אחר?
3	כיצד הציפור משתמשת בכנפיה כדי ליצור תנועה? כיצד תנועת הכנפיים משפיעה על גובה הציפור ומהירותה?
4	כיצד הזנב נע? לדוגמא: האם הזנב נפתח או נסגר? עולה או יורד?
5	כיצד הציפור משתמשת בזנב בכדי להשפיע על התנועה: לנווט או להאט באוויר? לדוגמא: מה הוא המנח של הזנב כאשר הציפור דואה קדימה?
6	מה קודם לשלב הנחיתה? לדוגמא: כיצד הציפור מאיטה? כיצד הציפור שומרת על יציבות לפני שהיא נוגעת בקרקע / ענף?
7	האם ראיתם יותר מציפור אחת עפה יחד? אם כן, כיצד הן שומרות על מרחק זו מזו או מתואמות ביניהן?
	הציעו שאלות נוספות:
8	
9	
10	

נספח מס. 2: איורים של לאונרדו דה וינצ'י

Leonardo da Vinc's Dream of Flying. [Credit](#)

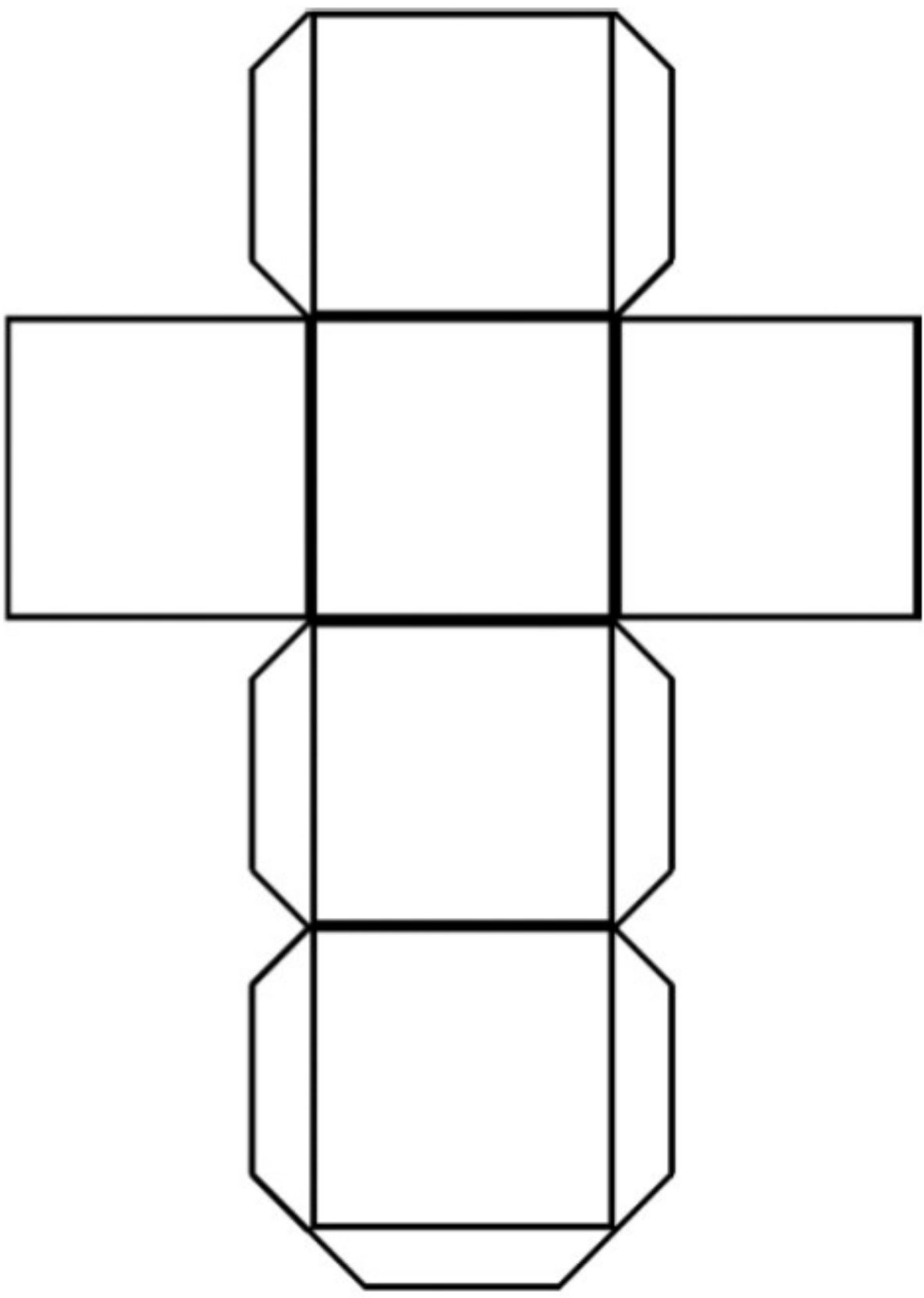


Gilder with Bat's Wings by Leonardo da Vinci





נספח מס. 3: קיפול נייר לצורת תיבה



נספח מס. 4: תחרות כיתתית של דגמי תעופה בשני מקצים

התנסות: יתרונות המבנה האווירודינמי.

מקצה א': צורה אווירודינמית מול צורה חוסמת אוויר

כל תלמיד/ה או קבוצה מכינים שני דגמים:

- צורה שאינה אווירודינמית (תיבה) (נספח מס. 3)
- צורה אווירודינמית (מטוס בסגנון אישי)

הגדירו קו זינוק, וודאו שיש לפניכם מרחב פנוי. התלמידים עומדים על קו זינוק ומטיסים את כל אחד מהדגמים לפחות 3 פעמים, מודדים נתונים ומעדכנים בטבלה הכיתתית:

המרחק אליו הגיע הדגם (ס"מ)				משך הזמן שהדגם שהה באוויר (שניות)				הדגם
ממוצע	ניסיון 3. מס.	ניסיון 2. מס.	ניסיון 1. מס.	ממוצע	ניסיון 3. מס.	ניסיון 2. מס.	ניסיון 1. מס.	
								צורה חוסמת אוויר – קופסא
								צורה אווירודינמית – בז בקיפול אישי

מקצה ב': צורה אווירודינמית עם חרטום מחודד מול צורה אווירודינמית עם חרטום לא מחודד

כל תלמיד או קבוצה מכינים שני דגמים:

- צורה אווירודינמית א' (מטוס בהתאם להנחיות האורגימי שבסרטון - חרטום מחודד)
- צורה אווירודינמית ב' (מטוס בהתאם להנחיות האורגימי שבסרטון - בסוף הבנייה מקפלים את החרטום כך שיהיה שטוח - חרטום לא מחודד)

התלמידים עומדים על קו זינוק ומטיסים את כל אחד מהדגמים לפחות 3 פעמים, מודדים נתונים ומעדכנים בטבלה הכיתתית:

המרחק אליו הגיע הדגם (ס"מ)				משך הזמן שהדגם שהה באוויר (שניות)				הדגם
ממוצע	ניסיון 3. מס.	ניסיון 2. מס.	ניסיון 1. מס.	ממוצע	ניסיון 3. מס.	ניסיון 2. מס.	ניסיון 1. מס.	
								צורה אווירודינמית עם חרטום מחודד
								צורה אווירודינמית עם חרטום לא מחודד

מקיימים דיון כיתתי אודות הנתונים שנאספו ומקדישים זמן לשאלת שאלות:

איזה דגם עף רחוק יותר? מדוע? איזה דגם שהה יותר זמן באוויר? מדוע?

נספחים - חטיבת ביניים

נספח מס. 5: תמונות של בז נודד ושל מַגֵּל

מַגֵּל – כלי קצירה קטן בעל ידית קצרה וסכין מעוגלת מאוד, כעין אנקול

מקור: [האקדמיה ללשון העברית](#)



Falcon Peregrinus בז נודד

מקור התמונה



נספח מס. 6: טבלה כיתתית לרישום נתונים למעבר אוויר

ציוד:

- 2 עמודי 4A (ניתן להשתמש בנייר טיוטה)
- חתיכת נייר קטנה
- 2 ניירות טישו
- סרט דבק
- מספריים
- סרגל או סרט מדידה

שלבים:

1. צרו משני העמודים שני גלילים צרים בצורה של קשית – גלגלו את הנייר לאורכו והדביקו. חשוב להקפיד שקוטר הגלילים יהיה זהה.
2. הדביקו בפתח העליון של אחת הקשיות **נייר בצורת חרוט קטן** אשר מאפשר מעבר אוויר. את הקשית השנייה השאירו כפי שהיא.
3. החזיקו נייר טישו מול כל קשית.
4. נשפו דרך כל קשית שלוש פעמים באותה העוצמה.
5. משלימים בטבלת הנתונים.

המרחק אליו הגיע נייר הטישיו (ס"מ)				הדגם
ממוצע	ניסיון מס. 3	ניסיון מס. 2	ניסיון מס. 1	
				גליל נייר צר / קשית
				גליל נייר צר / קשית עם חרוט קטן בפתח העליון

מקיימים דיון כיתתי אודות הנתונים שנאספו:

- באיזו קשית נייר הטישיו מגיע רחוק יותר?
- מדוע יש לנשוף לעבר נייר הטישיו 3 פעמים?
- מדוע חשוב לנשוף בעוצמת זהה ככל הניתן?

נספח מס. 7: תמונות של הבז והמפציץ החמקני ה-B-2 Spirit



Credit : [Interesting Facts: The SR-71 Blackbird & Peregrine Falcon | The Outdoors Trader](#)



B-2 Stealth Bomber: How the Peregrine Falcon Inspired Its Design

Akpan, W. A., Orazulume, C. M., & Oduobuk, E. J. (2023). **Aerodynamics of birds' flight: analysis and applications.** *International Journal of Applied Science and Research*, 177, 2581-7876. Figure 4: Nature and its imitation; A stooping peregrine falcon and a B-2 Bomber [11]



Credit : Interesting Facts: The SR-71 Blackbird & Peregrine Falcon | The Outdoors
Trader



בז והמפציץ החמקני ה-B-2 Spirit . מקור : בינה מלאכותית יוצרת



THE PEREGRINE PLUNGE

A deep dive into its dive

1 The peregrine falcon prepares for a high-speed dive, or **stoop**, straight toward the ground.

The peregrine falcon (*Falco peregrinus*) is renowned for its extreme speed, typically reaching **240 mph** during its spectacular hunting dives. As the fastest member of the animal kingdom, the falcon's incredible maneuverability at such speeds is attributed to its specialized morphology.

2 The falcon tucks its long, pointed wings and tail to form a **streamlined silhouette**, enabling the raptor plummet downward with little resistance.

The peregrine has a **nictating membrane** that spreads moisture across the eye and clears debris during the high-speed plunge.

The nostrils have a central **bony tubercle** that causes the air to curve in a spiral manner and slow down, allowing the peregrine to breathe safely at high speeds.

3 As the peregrine reaches its prey it clenches its talons and strikes the target with a 200+ mph punch. The prey is stunned or killed.

If the targeted bird survives the initial blow, the peregrine uses its sharp **tomial tooth** to snap the bird's vertebrae.

Source: ORIO, Peregrine falcons Lincoln-Nir group on Facebook, Nitzan
Credit: Jon Cornsack
Blue Energy Water™
UPPO
Water. Made. Right. Here.™

Peregrine falcons use speed to feed

נספח מס. 8: טבלת השוואה בין חלקי המטוס לבין איברי הציפור

המבוססת על ביומימיקרי

חלקי המטוס / איברי הציפור	כיצד פועל החלק / האיבר = המבנה	התפקיד בתעופה
כנפיים במטוס ובציפור		
זנב במטוס ובציפור		
גוף המטוס והציפור		
מנועים במטוס שרירים בציפור		
מדפים במטוס / נוצות פנימיות בכנפיים		

מחונן למורה

חלקי המטוס / איברי הציפור	כיצד פועל החלק / האיבר = המבנה	התפקיד בתעופה
כנפיים במטוס ובציפור	הכנף מעוקלת מעלה אוויר זורם מהר יותר לחץ נמוך הגוף עולה	יצירת עילוי – הרמה של הגוף באוויר
זנב במטוס ובציפור	תנועה אופקית הציפור מניעה את הזנב מעלה / מטה	שמירה על יציבות אנכית – ומניעת התהפכות
גוף המטוס והציפור	תנועה אנכית הציפור מניעה את הזנב ימינה/שמאלה	שימוש בזנב לביצוע פנייה
מנועים במטוס שרירים בציפור	שניהם בעלי מבנה אווירודינמי	צורה אווירודינמית תורמת לתעופה מהירה וחסכונית באנרגיה
מדפים במטוס / נוצות פנימיות בכנפיים	שרירי החזה של הציפור מניעים את הכנפיים. מנועים דוחפים את המטוס קדימה	תנועה קדימה
	הציפור פורשת את הנוצות בהמראה, נחיתה ותמרון המטוס מקפל מדפים להמראה ונחיתה	בציפור הגברה של עילוי בהמראה, תמרון ונחיתה. במטוס שליטה בטיסה.