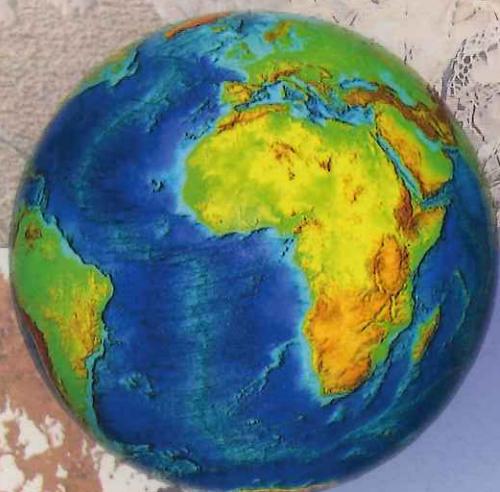


# אלאור הסוגה ים אנרכוּס כדור הארץ רועי הרים עיר כוכבין



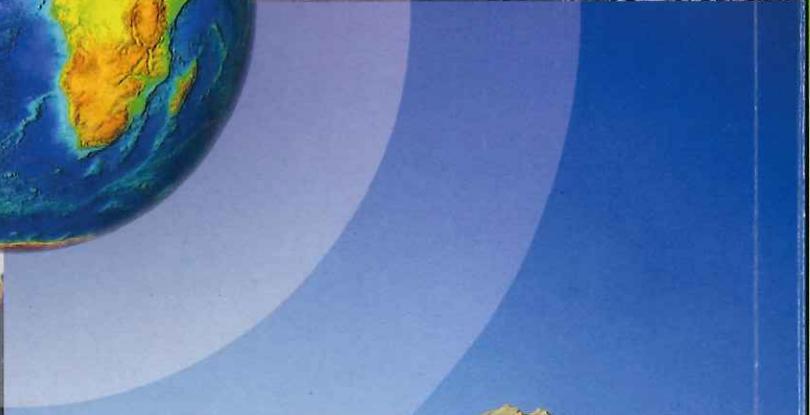
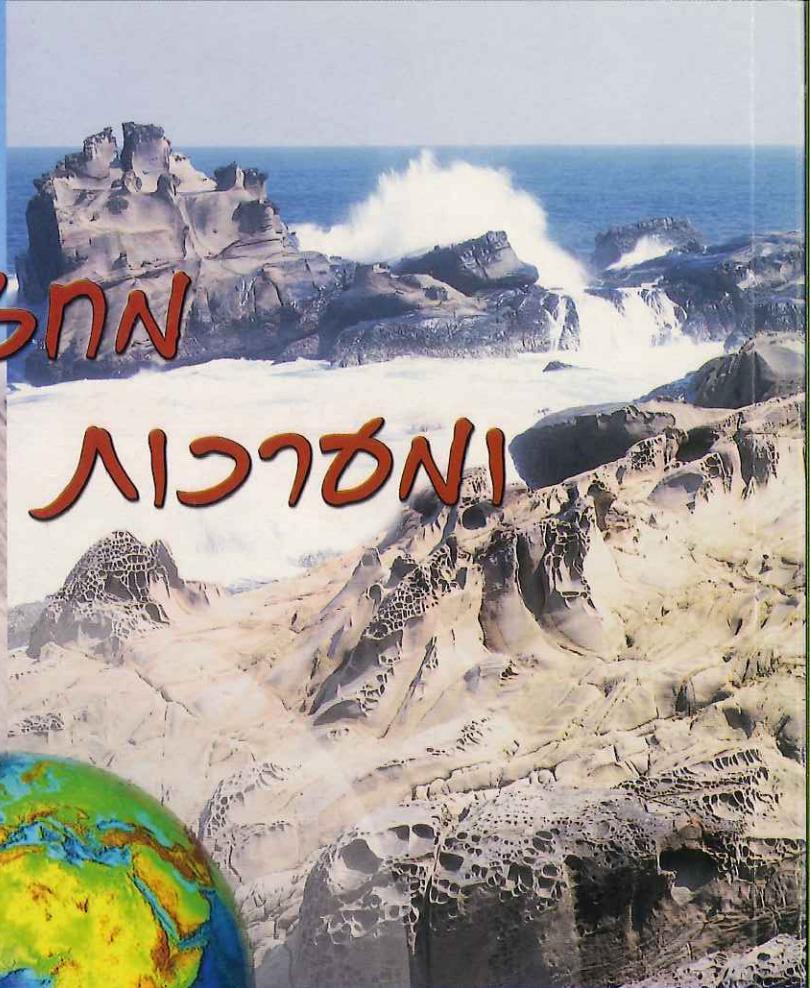
המחלקה להוראת המדעים  
מכון ויצמן למדע



המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי  
ע"ש עמוס דה-שליט



משרד החינוך  
האגף לתוכנון ולפיתוח תכניות לימודים





# אחלור הנטזיא ואנרכו-כזר הילארף

רוני לוי  
עיר טווילין

---

המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע



יצא לאור במסגרת

המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט



---

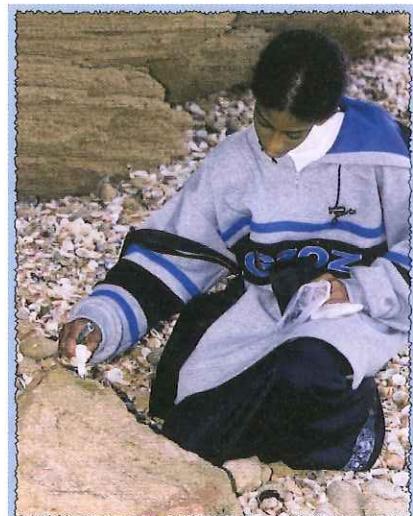
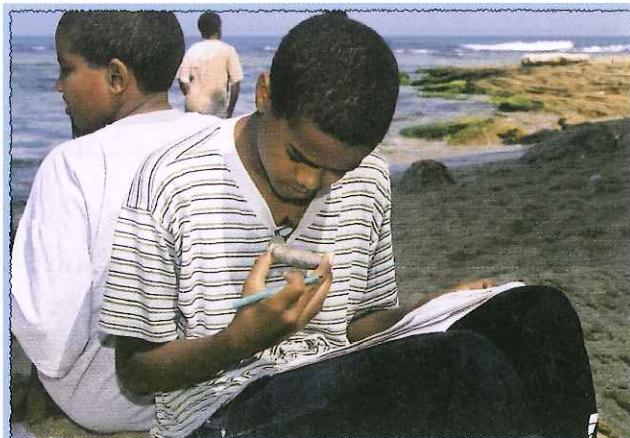
משרד החינוך, האגף לתוכנונ ופיתוח תכניות לימודים



## פתח הדבר

יחידת הלימוד מחזור הסלעים ומערכות כדור הארץ נועדה ללוות את התלמידים הניגשים לבגרות במדעי כדור הארץ והסבירה. מטרתה לסכם, להרחיב ולהעמיק את החומר הנלמד במעבדה, בשדה ובכיתה. הצגת הנושאים ביחידת זו, כמו בכל מרכיבי הלימוד האחרים (מעבדה, שדה ולימוד בכיתה), משתפת את התלמידים באופן פעיל בתהילך המחקר הגאולוגי בפרט ובמחקר מדעי הטבע בכלל. תהילך המחקה כולל איסוף תצפיות על אופחות תופעות טבע, במקורה שלנו - עולם הסלעים, וניסיון להסביר בהיבט רחוב יותר, במקורה שלנו - היבט הכלול את כדור הארץ כולו. בכל פרק מוצגות תחיליה התצפיות שעשו התלמידים על הסלעים במעבדה ובשדה. מידע זה משמש בשלב הבא כדי לפיענוח מנגנונים יוצרים סלעים; סיבות היווצרות של סלעים; מבנה כדור הארץ וכוחות הפעלים בתוכו ועל פניו; הקשר בין מחזור הסלעים לשאר מערכות כדור הארץ, ולבסוף מקומו של האדם במארג הטבע.

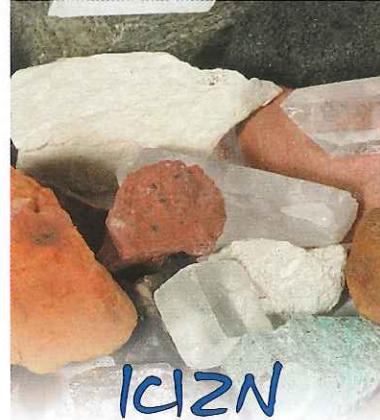
אנו תקווה כי היחידות זו תסייע גם לכל המתעניינים בעולם הסלעים ולעוסקים בהוראת נושאים אלו במסגרת שונות ותעודת אוטם ללמידה ולמד נושאים אלו בשיטה המוצגת בה.



## תוכן העניינים

7 .....	<b>AZOT</b>
פרק 1 – סגנון – הרכז ואצטן פלוארי	
9-24 .....	
11 .....	הגדרת סלע .....
20 .....	המבנה הפנימי של הסלע .....
פרק 2 – סגנון אלטוני	
25-44 .....	
27 .....	מיון סלעים מגמטיים לפ' המבנה הפנימי שלהם .....
33 .....	מיון סלעים מגמטיים לפ' הרכיבם המינרלוגי .....
37 .....	גופי מחדר .....
39 .....	תופעות ולקניות .....
41 .....	הקשר בין תופעות מגמטיות לבין הרכבים שונים של מגמה .....
פרק 3 – סגנון גרגורי	
45-74 .....	
47 .....	הקדמה .....
48 .....	תכונות הגרגירים והמידע הנלמד מהן .....
59 .....	החומר המלכיד והמידע הנלמד ממנו .....
62 .....	מבנים הנראים בסלעים הגרגיריים והמידע הנלמד מהם .....
70 .....	ענnoch סיפורם של סלעים גרגיריים .....
פרק 4 – סגנון האכזוז נזולני	
75-100 .....	
77 .....	הקדמה .....
79 .....	מנגנון הייצורות של סלעים המכילים מאובנים .....
82 .....	שחזור סביבות הייצור של סלעים המכילים מאובנים .....
פרק 5 – סגנון של הטעזוז ונ	
101-110 .....	
103 .....	הקדמה .....
104 .....	מנוגנון הייצורות של סלעי התאזרות יתר .....
106 .....	סביבת הייצור של סלעי התאזרות יתר .....
108 .....	מידע הנלמד מניסוי מעבדה .....
סלעי משקע – סיכום .....	
111-112 .....	

פרק ש' – סגנון אונלאין .....			
113-127 .....	תקדמה .....		
115 .....	מנגנון הייצורות של סלעים מותמרים .....		
118 .....	סביבה הייצורות של סלעים מותמרים .....		
125 .....	סביבת הייצורות של סלעים מותmers .....		
128 .....	טבלת סיכום לסוגי הסלעים השונים .....		
פרק שז' – כוחות הפלוטוניים בסיסיים זריגת חומר וטף עלי .....			
129-143 .....	כוחות הגורמים לעיזותם של סלעים .....		
131 .....	כוחות הגורמים לפירוקם של סלעים – כוחות הבלתי .....		
136 .....	143-162 .....	פרק ש' – אחיזה בסיסית ואיסרכאה זריגת חומר .....	
145 .....	מחזור הסלעים .....		
148 .....	מערכות כדור הארץ .....		
152 .....	יחסים גומליים בין מערכות כדור-הארץ לבין האדם .....		
164 .....	רשימת מקורות .....		



האזורים הקיימים בעולם נועשו במסגרת מנגנון הגאולוגיה (גא-כדור הארץ, לוגיה-תורה) והחוקר עולם זה מכונה גאולוג.

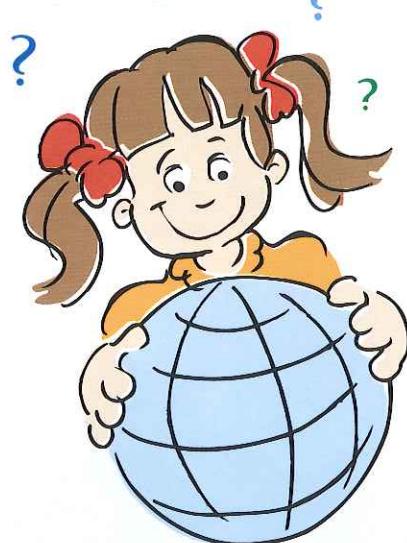
ביחידת לימוד זו עוסוק בעולם זה. נלמד על תוכנות הסלעים וכייז אל מUIDות על הרכיב הسلح ועל מבנהו. דרך ניתנים אליו לנסה לברר מהם מגנוני היוצרים ומהי סביבת ההיווצרות של הסלעים השונים. כמו כן, ננסה להכיר את הכוחות הפועלים על הסלעים בפני השטח ובפניהם כדור הארץ ועל המבנה הפנימי והמבנה החיצוני של כדור הארץ. לבסוף נתאר את מחזור הסלעים במונחים של יחס גומלין בין ארבע תת-מערכות גדולות (גאוספרה, ביוספרה, הידרוספרה ואתמוספרה) הבונות מערכת-על שהיא כדור הארץ. נראה כי אפשר לתאר מחזור של חומר שמסלולו עובר על פני כדור הארץ ובתוכו מתת-מערכת אחות לאחרת, מחזור הבא לידי ביטוי בסוגי הסלעים השונים וביכולתם להפוך מסווג שלע אחד לאחר.

יחידת לימוד זו מלוחה את עבודת המחבר שלבם במעבדה, בטווירים בשטח ואת הלימוד בכיתה. ביחידת הלימוד יש התייחסות לפעולות המudyת המופיעות ביחידת הלימוד "מחזור הסלעים - פעילות לתלמיד", בהוצאתה מכון ויצמן למדע ולטנזאותיהן וכן למצוינותן שדה שנגעו על זיכרם בסיפורים השונים.

כמו כן, יהיו הפניות ליחידת הלימוד "מבנה כדור הארץ ותאוריות הלוחות" שהיא המשך ישיר ליחידת לימוד זו.

מי שירצה להרחיב דעתו בנושאים שלא ניתן היה להרחיב בהם במסגרת יחידת למידה זו, יוכל למצוא הערות מקורות מידע נוספים בגוף יחידת הלימוד.

אנו מוקווים שתפקידו מיוחדת לימוד זו הבנה זההנה.

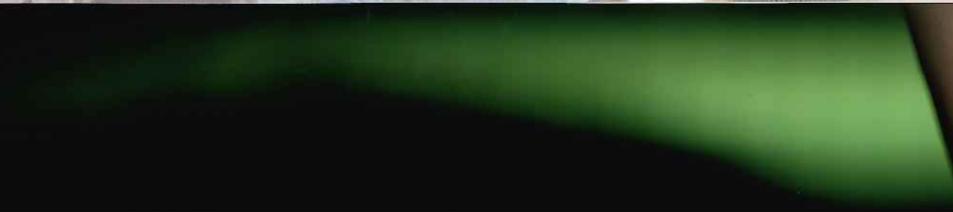


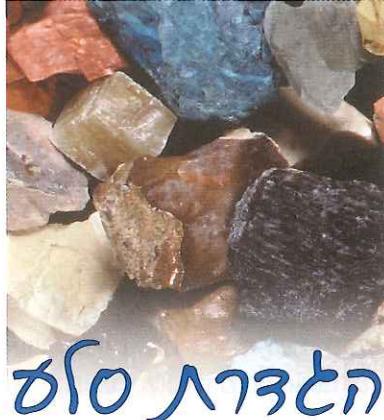


סֶלֶקְטִיבָּן  
סְגַנְסִים  
הַרְכֵּזִין זְנוּזָה כְּעִינָה

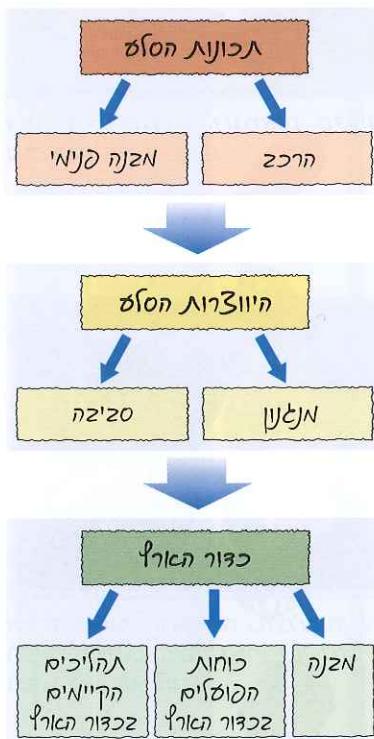
הַלְּבָשָׂת סְגַנְסִים

הַנְּזָעָם כְּעִינָה שְׁלֵמָה סְגַנְסִים





# הסלעים



איור 1.1: תהליכי הלימוד אודוט הסלעים  
השוניים ובאמצעותם הלימוד אודוט כדור הארץ.

הסלעים הם הכלים המרכזיים המשמשים בו לחקור כדור הארץ.  
אך, מהו סלע?

סלע הוא אוסף של יחידות קטנות הנקראות מינרלים. מינרל הוא יחידה בעלת תכונות אופייניות כמו צבע, קושי, טעם, צורה ועוד. קיימים בטבע מינרלים מסוגים שונים. סלע יכול להכיל מינרלים מסווג אחד בלבד או מסוגים שונים. צורת ארגון המינרלים בתוך הסלע גם היא משתנה מסלע לסלע. לכל קבוצת סלעים מבנה פנימי האופייני לה (על המונח מינרל ועל

מבנה פנימיים נורחיב בהמשך הפרק).

סלע מסוים הוא צירוף או אוסף של תכונות אופייניות המהוות ביטוי להרכבו ולמבנה הפנימי שלו. לכל צירוף זה ניתן שם וכך בכל מקום בעולם שבו ימצא סלע בעל צירוף תכונות מסוים, הוא יהיה בעל שם זהה כמו גיר, קוורץ, גראניט בזלת וכו'. שם של סלע הוא מונח בין-לאומי ומقبول בקרב כל

העסקים בתחום והמטעננים בו.

השלב הראשון בתהליך חקר של הסלע הוא איסוף מידע לגבי הרכיב המינרולוגי של הסלע, כוללן אילו מינרלים בונים את הסלע, ומהו המבנה הפנימי של הסלע.

לשם כך אנחנו מבצעים בדיקות שונות המספקות לנו מידע זה.  
בדיקות אלו נעשות בשלבים:

בבדיקה הראשונה, הנעשית אף בשדה, משתמשים באמצעות פשוטים המכונים אמצעי שדה, כגון: כלי ברזל, מים, חומצה מלחתית מהולה ומגנט. המשך התהליך נעשה במעבדה הגאולוגית. בדיקות המעבדה נעשות באמצעות משוכלים ומוסיפות מידע חשוב שアイ אפשר לגלותו בדרך אחרת.

תהליכי איסוף תכונות הסלע וקבעת שמו נקרא הגדרה.  
בסעיף זה (הגדרת סלע), נסקור את הבדיקות שאפשר לבצע באמצעות אמצעי שדה וננסה להבהיר כיצד בדיקות אלו משמשות להבנת הרכיב הסלע ומבנהו.

נתונים מדויקים יותר על הרכיב הסלעים ומבנהו מתקיים על ידי בדיקות שונות הנעשות במעבדה אך אותן נזכיר רק על קצת המזלג.  
לאחר הגדרת הרכיב והמבנה של הסלע מנסים להבין כיצד ובאיזה סביבה נוצר הסלע. נתונים אלו מספקים מידע על כוחות ותהליכי המתקיינים בכדור הארץ וכן על מבנהו הפנימי והחיצוני של כדור הארץ (איור 1.1).  
תהליכי חקר זה ייעשה בפרקם הבאים כאשר בכל פרק נעסוק בקבוצת סלעים שונה.

## הגדירה באמצעות אמצעי שדה

### הכנות דוגמת סלע להגדירה

הסלעים חשופים לאוויר ולמים. הם נוטים להתקשות ביציפוי דק של אבק ולעתים ביציפוי כהה הנגרם מהתהיליכי חימצון שעוביים פנוי הסלע במגע עם האוויר ועם המים. לכן, כשබאים לבחון את תכונות הסלע יש לדאוג כי משטח הסלע הנבדק יהיה נקי מחומרים שהתווסף לפני הסלע לאחר מכן החשפו לפני השטח.

בשדה, אפשר לשבור פיסות סלע ולבוחן את תכונות הסלע במשטח השבר המכונה שבר טרי.

בחינת הסלע במעבדה או בכיתה יש לשטוף את הסלעים היבט מחומרים שונים שמקורם בבדיקות קודמות (איור 1.2).



איור 1.2: הגדרת דוגמאות סלעים באמצעות אמצעי שדה.

### תכונת הצבע

את בחינת תכונת הצבע יש לעורר רק בשבר טרי. צבע אחיד מעיד שהסלע בניו מינרל מסווג אחד או ממינרלים קטנים מאוד שאילו אפשר לבחון בהם בעין בלתי מזוינת. כמה צבעים בסלע בדרך כלל מעידים כי הסלע בניו מאוסף של מינרלים שונים.

### מה אפשר ללמוד על סלע מתכונת הצבע?

תכונת הצבע איננה תכונה חד-משמעות לחיוי סלעים, maar לאחר שישנם סלעים רבים, כגון: גיר, דולומיט, צור, אבן חול, חרסית וחוואר, המכופעים בגווני צבע שונים (איור 1.3). עם זאת, לעיתים הצבע יכול לרמז על נוכחות מינרלים מסוימים. לדוגמה, צבע אדום באבן חול מרמז על נוכחות מינרלים מקובצת תחומות הברזל.



איור 1.3: שתי הדוגמאות בתצלום הן של המינרל קוורץ. המינרל קוורץ יכול להופיע בטבע בצבעים שונים.

### תכונת הקושי

תכונת הקושי נבדקת בדרך שונה בסלעים פרירים ובסלעים שאינם פרירים:

#### בדיקות קושי בסלעים שאינם פרירים

תכונת הקושי בסלעים שאינם פרירים נבדקת על ידי חריצת הסלע באמצעות כלים בעלי דרגות קושי שונות העומדים לרשותנו בשדה: כלי ברזל כגן פטיש או מסמר וציפון (איור 1.4).

סלע שאינו נחרץ על ידי כלי ברזל הוא בעל דרגת קושי גבוהה. סלע הנחרץ על ידי כלי ברזל ולא על ידי ציפורן הוא בעל דרגת קושי בינונית. סלע הנחרץ על ידי ציפורן הוא בעל דרגת קושי נמוכה. בכל בדיקה יש לנסות לשרטוט את הסלע ולראות אם נשאר סימן החריצה. כדי לוודא שהסלע נחרץ ונשׂור יש לנסות לטשטש את קז החריצה במיחיקת או לנוקות במעט מים. אם החרץ נעלם יתכן שהקז נוצר משחיקת הציפורן או כלי חרבzel על גביו הסלע. אם החרץ לא נמחק, הכלים השווים אכן חריצו בסלע. אם לא ברור אם החרץ נמחק מומלץ להתבונן באיזור החריצה מבעד לזכוכית מגדרת.



איור 1.4: בדיקת דרגת הקושי של סלע נעשית על ידי חריצת הסלע. בתמונה חריצת הסלע נעשית באמצעות מסמר - כלי ברזל.

## בדיקות קושי בסלעים פרירים

אם מנסים לחרוץ סלע פריר הוא מתפורר לגרגרים.

מכיוון שקשה לחרוץ במסמר או בциפון את הגרגרים הקטנים, נהוגים לבדוק את תוכנת הקושי על ידי גרסה בשניים.

כיצד נעשית בדיקה זו?

מפורטים מהסלע גרגרים בודדים, שמיים בין השניים הקדמיות גרגר או שניים ומנסים למעור אותם. פועלה צו נקראת גריסת. אם הגרגרים אינם גרגרים בין השניים (אפשר לגלוות זאת אם שומעים את הרעש המוכר לכל מי שאכל חול בשפט הים) פירוש הדבר שהגרגרים קשים מן השניים וכן אמרם כי הם בעלי דרגת קושי גבוהה.

לעומת זאת, אם אפשר למעור אותם בין השניים, במילוי אחרות אם הם נתחים בשניים, משמעות הדבר שהגרגרים קשווים מן הגרגרים וכן בעלי דרגת קושי נמוכה.

**הגדלת דרגת קושי על פי טבלת מוהס** (Mohs Scale of Hardness) בשנת 1824 מינרולוג אוסטרלי ששמו מוהס בחר עשרה מינרלים ודרג אותם על פי דרגת קושי מ-1 עד 10 (איור 1.5).

כל מינרל יכול לחרוץ את המינרלים בעלי המספרים הנמוכים ממנו. למשל: קוורץ בעלי דרגת קושי 7 יכול לחרוץ אורטווקלז בעלי דרגת קושי 6, אולם הפך אינו אפשרי. מכיוון שאין בידינו תמיד את כל סדרת המינרלים של טבלת מוהס, ישנו כלים פשוטים שאפשר להשתמש בהם, חריצה באמצעות תנדר או איזו דרגת קושי מתאימה לחריצה על ידי מינרלים בעלי

דרגות קושי דומות:

ציפורן - חרצת עד דרגת קושי 2.5 (כלומר גבס וטלק)

כלי ברזל - חרוץ מינרלים עד דרגת קושי של 5.5 (מאפטיט ומטה)

זכוכית - חרצת מינרלים עד דרגת קושי של 6 (מאורתוקלז ומטה)

כלי פלאה - חרוץ מינרלים עד דרגת קושי של 6.5 (מאפטיט ומטה).

זכוכית למשל נחתכת על ידי הלהם, שכן דרגת הקושי שלו 10 ולזכוכית דרגת הקושי הדומה לו של מינרל הקוורץ.

**מה אפשר ללמוד על סלע מהתוכנת הקושי?**

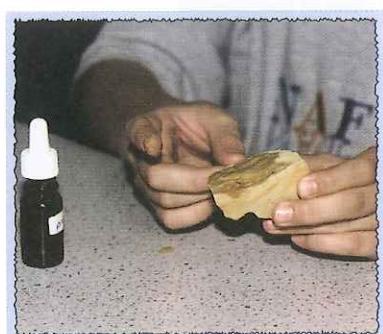
דרגת הקושי של סלע תלויה בהרכבת המינרלים הבונים אותו ובדרגת LICODIM בסלע. אם הסלע בניו מינרל אחד, בדיקת קושי הסלע זהה לבדיקת קושי המינרל על פי טבלת מוהס. אם הסלע בניו מכמה מינרלים, יש לנסות להגדיר קושי של כל מינרל בנפרד. אם הסלע בניו מינרלים קטנים ביותר, שלא ניתן להבחין בהם בעין בלתי מזוינת, בדיקה זו אין משמעות.

דרגת קושי	טבלת מוהס	היאיון
1	סיליקט	סיליקט
2	סיליקט	סיליקט
3	סיליקט	סיליקט
4	סיליקט	סיליקט
5	סיליקט	סיליקט
6	סיליקט	סיליקט
7	סיליקט	סיליקט
8	סיליקט	סיליקט
9	סיליקט	סיליקט
10	סיליקט	סיליקט

איור 1.5: טבלת מוהס. דרגוג מינרלים לפני יכולתם לחרוץ זה את זה. המינרל הרק ביותר הוא בעלי דרגת קושי 1 והקשה ביותר ביחסו בעלי דרגת קושי 10.

## תכונת העיסתיות

כדי לבדוק אם הסלע עיסתי יש לטפוף טיפת מים על הסלע ולעשות את האзор הרטוב בעזרת האצבע (איור 1.6). אם אפשר לולש חתיכת סלע בין האצבעות כפי שלשים מצבים: עיסתי מאוד, עיסתי מעט ולא עיסתי בכלל.



איור 1.6: בדיקת דרגת העיסתיות בסלע נעשית על ידי טפוף טיפה מים על הסלע ועיסוי האзор הרטוב בעזרת האצבע.

## מה אפשר ללמוד על הסלע מתכונת העיסתיות?

תכונת העיסתיות נוצרת בעקבות מגע בין מים לגרגרים קטנים ביותר הנוטים לשפוח אליהם את המים. גרגרים אלו יכולים להיות בעלי הרכבים שונים אולם במקרים רבים הרכbam הוא חרסיטי (בניים מן המינרל חרסיט). לכן, ברוב המקרים ניתן לומר כי מידת העיסתיות של הסלע מעידה על תכולת החרסיט שבו. סלע עיסתי מאוד מכיל הרבה חרסיט, עיסתי מעט מכיל מעט חרסיט וסלע שאין עיסתי אינו מכיל חרסיט כלל.

## תגובה לחומצה מלחית מהולה

כדי לבדוק את תגובת הסלע לחומצה מלחית מהולה יש לטפוף מספר טיפות חומצה על גבי הסלע כדי לנוקתו, ולאחר מכן לטפוף טיפה נוספת נספפת על האзор הנקי (איור 1.7). אם משתחררות בועות בגלגול טפוף החומצה, סימן שהסלע מגיב לחומצה. לתופעה של שחרור בועות אנחנו קוראים תסיסה.



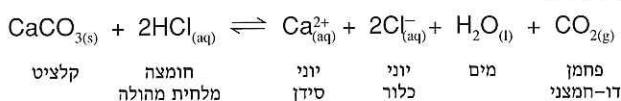
איור 1.7: בדיקת התגובה של סלע לחומצה מלחית מהולה נעשית על ידי טפוף טיפה חומצה על גבי הסלע.

## מה אפשר ללמוד על הסלע מהתגובה לחומצה?

המינרל התוסס במגע עם חומצה מלחית מהולה הוא קלציט. לכן, סלע המגיב לחומצה מלחית מכיל את המינרל קלציט. שימושו לבן מידת התסיסה יכולה להשנותו: תסיסה חזקה יכולה להעיד על נוכחות רבה של קלציט בסלע ואילו תסיסה חלה יכולה להעיד על נוכחות של מעט קלציט בסלע.

## מהי משמעות התגובה לחומצה מלחית?

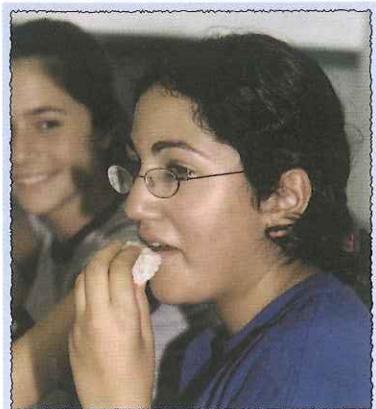
החוומצה המלחית שמטפספים היא תרכובת העשויה ממימן וכלור ונוסחתה CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>. מינרל הקלציט הוא תרכובת של יוני סידן (Ca<sup>2+</sup>) ויאן הקרבונט (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>). נוסחתו הכימית CaCO<sub>3</sub>. חשוב להדגיש שבхиון תכמה זו נעשית באמצעות תסיסה מימית של חומצה מלחית מהולה שרכיבזה 6%. אם מטפספים את החומצה המלחית על הקלציט מתרחשת ביניהם התגובה הכימית הבאה:



בתגובה נוצרת תסיסה מימית המכילה יוני סידן, יוני כלור וגז פחמן דו-חמצני. התגובה שרואים כתסיסה היא בעבור של בועות גז בתוך התסיסה. בועות הגז CO<sub>2</sub>, הן תוצריו התגובה הכימית שבין החומצה המלחית לבין הקלציט.

למשתמש בחומצה מלחית חשוב לדעת: החומצה מהולה במים (ביחס של 5:1) ובריכוז זה החומצה המלחית אינה רעללה ונינה מזיקה לעור הידיים. אך יש כמובן להימנע מלשנות אותה או לטפפה לעיניים ועל הבגדים.

## תכונת הטעם



איור 8.1: בדיקת תכונת הטעם של סלעים  
נעשית על ידי הלשון.

בדרכן כלל לסלעים אין טעם מוגדר אולם לעיתים טעםם מלוח. את תכונת הטעם בודקים כמובן באמצעות הלשון (איור 8.1). יש להקפיד לשטוף היטב במים את הדוגמה הנבדקת לפני הבדיקה.

**מה אפשר ללמוד על הסלע מהתעט המלוח?**  
הLIGHT הוא מינרל מלוח והוא המקור למלח השולחן שבו אנו משתמשים יומיום. סלע בעל טעם מלוח מכיל קרוב לוודאי את המינרל הLIGHT.

## משיכת מגנט

כדי לבדוק אם סלע נushman למגנט יש לחתך חתיכה קטנה ולפורר אותה לאבקה בפטיש. לאחר מכן יש לקרב מגנט לאבקה ולבדוק אם האבקה נמשכת למגנט. שימו לב! אסור לפורר את האבקה באמצעות חריצת הסלע על ידי מסמר. בפעולה זו הברזל המרכיב את המסמר (הנushman למגנט) מתערבב עם אבקת הסלע. אם חלקיקים מן האבקה נמשכים למגנט אי אפשר יהה לדעת אם מקורות בפירורי המסמר בלבד או גם בסלע.

**מה אפשר ללמוד על הסלע מתכונת המשיכת למגנט?**  
הLIGHT מגנטיים נushman למגנט ולכן אם אבקת הסלע נמשכת למגנט - הסלע מכיל את המינרל מגנטייט.

## סיכון

המידע הנלמד מתכונות הסלע הנבדקות באמצעות שדה מסוכם בטבלה שלפניכם (טבלה 1.1):

איזס גלאי הרכב הAIיג'ז'	YCועיה חסוך
עכחות AIיג'ז צהוי קצף-וואלפי	קצף
הרכב הAIיג'ז צוםץ	קושי
ו-זוייר החרסיא צוםץ	סיסוואר
עכחות ג'וונטקה AIיג'ז נטהיה	אלות
עכחות הAIיג'ז היין	ספא (מיוח)
עכחות הAIיג'ז אלטני	נתיחה גלאז'

טבלה 1.1: תכונות הסלע הנבדקות באמצעות שדה והמידע הנלמד מהן.

## הגדרת סלע באמצעות כרטיסיות קס"ם

יש כמה מגדרי סלעים והם מבוססים על שיטות שונות להגדרת סלעים. השיטה המועדףת עליו מtbסת על כרטיסיות זהה לשיטת מיען שבערכת קס"ם (קרקענות סלעים ומינרלים) (איור 1.9).

שיטת מיען הסלעים על פי כרטיסיות זהה זהה לשיטת מיען מגاري מידע על פי מילוט מפתחה. במקורה שלנו מילוט המפתחה הנו תוכנות הסלעים והמاجر הוא הסלעים שבערכת קס"ם או הcartisיות.

להלן הדגמת דרך העבודה בשתי שיטות:

### א. **זהוי סלע מסויים מתוך מאגר הסלעים של ערכת קס"ם**

נניח שלפניכם ערימת סלעים וברצונכם לזהות בה סלע מסוים. לדוגמה, סלע הקירטון. ראשית הוציאו מבון כרטיסיות זהויי הסלעים את כרטיס תעודת הזהוי של סלע הקירטון.

עתה עברו בשיטות על כל תוכנה והפרידו מעירמת הסלעים את כל הסלעים שאינם עונים על התיאור המופיע בcartisits:

התחלו מתכונת הצבע - בcartisits ראשון כי הקירטון יכול להופיע בגוונים בהירים של לבן ואפור בהיר. لكن, הוציאו מהערימה את כל הסלעים שלהם גוון שונה.

את הסלעים שנשארו בערימה מינו עתה על פי תוכנת קושי החרצה - הקירטון נחרץ בציפורן, لكن נוציא מהערימה את כל הסלעים הקשים יותר שאינם נחרצים בציפורן.

את הסלעים שנותרו מינו עתה על פי תוכנת התגובה לחומצה מלוחית - הקירטון תוסס מאד, لكن הוציאו עתה את כל הסלעים שאינם תוססים. אם עדיין נשארתם עם יותר מסלע אחד בערימה נבחן את תוכנת העיסתיות. לאחר שהפרידתם את הסלעים העיסתיים מאוד נשארתם, קרוב לוודאי, עם סלע אחד בלבד והוא הקירטון.



איור 1.9: הגדרת סלעים באמצעות כרטיסיות זהויי שבערכת קס"ם.

### ב. **זהוי סלע מסויים מתוך מאגר כרטיסיות זהוי**

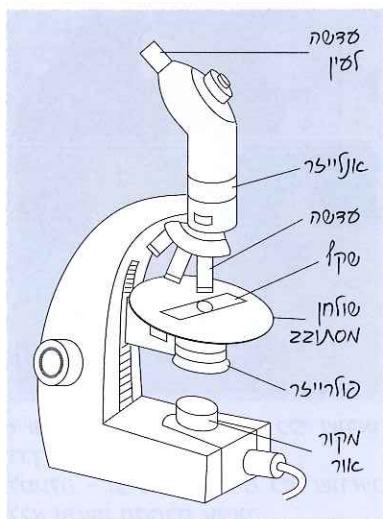
שיטה זו מתאימה לאלו המוצאים סלע ורוצחים לדעת את שמו. בידיכם סלע בודד ועליכם למיין מבין ערימת הcartisits את הcartisits המתוארת באופן המדויק ביותר את תוכנות הסלע.

נסו לעקובו שלב אחר שלב, בעזרת טבלה 1.2, אחר תהליך זהויי של סלע מסוים (גיר).

בשלב הראשון התיחסו לתוכנת הצבע. לסלע שבידיכם יש גוון בהיר לבן-אפור, لكن הוציאו מעירמת הcartisits את כל הcartisits אשר בתוכנת הצבע שלחן לא מופיעים צבעים אלו.

נותרתם אפוא עם שבע cartisits בערימה.

עברו עתה לתוכנת הקושי. הסלע אינו גרגיר, لكن הוציאו מהערימה את כל הcartisits המתיחסות לקושי חרצה. הסלע שבידיכם נחרץ בכלי ברזל, אך אינו נחרץ בציפורן, لكن הוציאו מהערימה את כל cartisits הסלעים הרכים והקשים מאוד ותוודהו עם שתי cartisits בלבד.



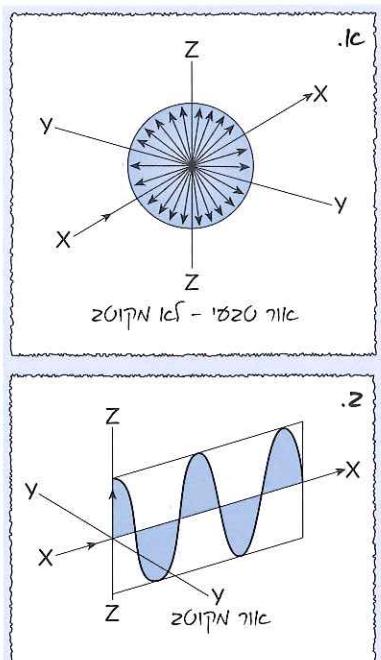
איור 10.10: דגם של מיקרוסקופ אוור מקטב.

כרטיסיה	ולודר הסלע חרצק	ונכון
טייר, אח'ת, לזרס, חוואיה, קירלון, ציל-חומי, חרסין, צוינאיים	גלאס ופליג ← ציער ← לייר ←	לזרס ← קיטוי ↓ ולודר גלאס ופליג ← அமைய அதிகார
טייר, צוינאיים	ציער ← לייר ←	קיטוי ↓
לייר	לייר ←	ולודר גלאס ופליג ← அமைய அதிகார

טבלה 1.2: תהליכי הגדרת סלע הגיר באמצעות כרטיסיות זהויות מערכת קס"ם.

בידיכם שתבי כרטיסיות. כרטיסייה אחת של סלע שניינו תוסס כלל וכרטיסייה אחת של סלע תוסס מאד. הסלע שבידיכם תוסס מאד בתגובה להחומר מליחית מהולה, لكن כל שנותר לכם הוא לקרוא את שם הסלע שעלה גבי הcartisieה הבודדת שנותרה בידיכם.

שיםו לב במקירה זה לא מזקקתם כלל לבחון את תוכנת העיסתיות.



איור 1.11:

- א. אור לא מקטב נע בכל המישורים.
- ב. אור מקטב מורכב קרני אוור הנעוט רוחב במישור אחד. בדוגמה שלפנינו במישור ZX.

## הגדרת הסלע במעבדה

### הגדרת סלע באמצעות מיקרוסקופ אוור מקטב

בדיקת דוגמת סלע באמצעות מיקרוסקופ מחיבת מעבר קרני אוור דרך הסלע. לשם כך משתמשים הгалוגינים בפרוסת סלע דקיקה המודבקת על זכוכית נשאת המכונה שקף. כדי להcin שקף פורסם מודגמת הסלע הנחקרת, באמצעות מסור חשמלי, פרוסה בעובי של 4-2 מילימטר. את הפרוסה מבדיקים על זכוכית נשאת ומשייפים אותה בעזרת אבקה מיוחדת עד שעובייה 0.03 מילימטר. את השקף בוחנים באמצעות מיקרוסקופ אוור מקטב (איור 1.10).

### מיקרוסקופ אוור מקטב

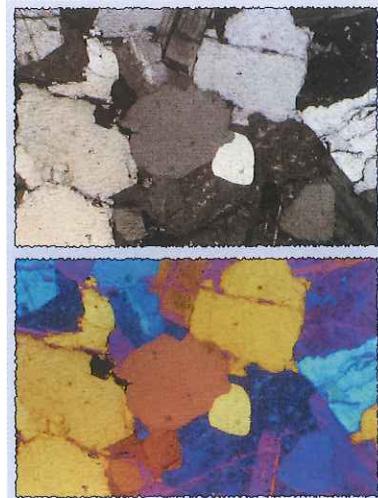
ההבדל העיקרי בין מיקרוסקופ אוור מקטב למיקרוסקופ אוור רגיל הוא שלמיקרוסקופ אוור מקטב יש עדשות מקטבות אוור, הבניות מחומר מיוחד המכונה חומר פולראOID.

קרני האור היוצאות ממקטור אוור נעות לכל הכוונים ברדיוס של  $360^\circ$ . העדשה המקטבת במבנה חומר פולראOID ומאפשרת לקרני האור לנوع במישור אחד בלבד (איור 1.11).

### כיצד פועלות העדשות המקוטבות?

למיקרוסקופ שתי עדשות מקטבות: עדשת הפולרייזר מונחת בקביעות מתחת לשקף המונח על השולחן המסתובב ועדשת האנלייזר נמצאת בחלק העליון של המיקרוסקופ (איור 1.10).

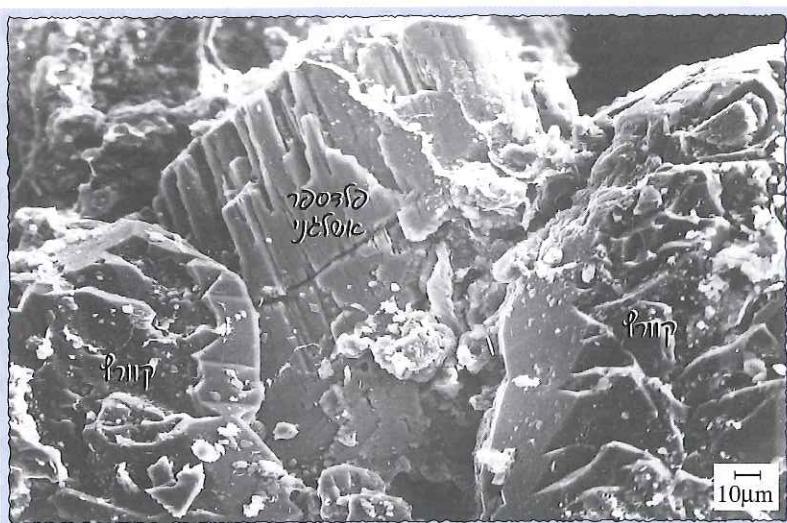
גבישים המינרלים שדריכם עובר האור המקטב על ידי הפולרייזר, גורמים לשבירת קרן האור וההתפצלותה לשתי קרניים הנעות בזווית ישרה. תפקידה של העדשה המקטבת העליונה (האנלייזר) הוא לחבר את שתי הקרניים לקרן אחת. התחברות זו מפנה למינרלים צבעים מיוחדים (המכונים צבעי התאבכות). צבעי התאבכות שונים אופייניים גם הם למינרלים השונים ומאפשרים את זיהויים (איור 1.12).



איור 1.12: שקף של סלע כפי שנראה דרך מיקרוסקופ אוור מקטב. מעלה - גבישים המינרלים כפי שנראים ללא עדשה מקטבת עליונה. למטה - אותן הגבישים כפי שנראים עם עדשה מקטבת עליונה. המינרלים מופיעים בצבעים שונים העוזרים בזיהוים.

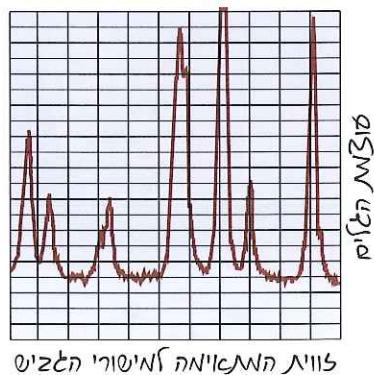
### מיקרוסקופ אלקטרוני סורק

יכולת ההגדלה של מיקרוסקופ אלקטרוני סורק היא עצמה. הוא מגדיל אףיו פי עשרות אלפיים. מיקרוסקופ זה מאפשר להזות את הצורה התלת-ממדית של המינרלים השונים המופיעים בסלע (איור 1.13) ואת ההרכב הכימי המדויק שלהם.



איור 1.13: צילום של אבן חול דרך מיקרוסקופ אלקטרוני סורק. מימין ומשמאלו גרגירי קוורץ וביניהם גביש פלדספָּר אשלגני.

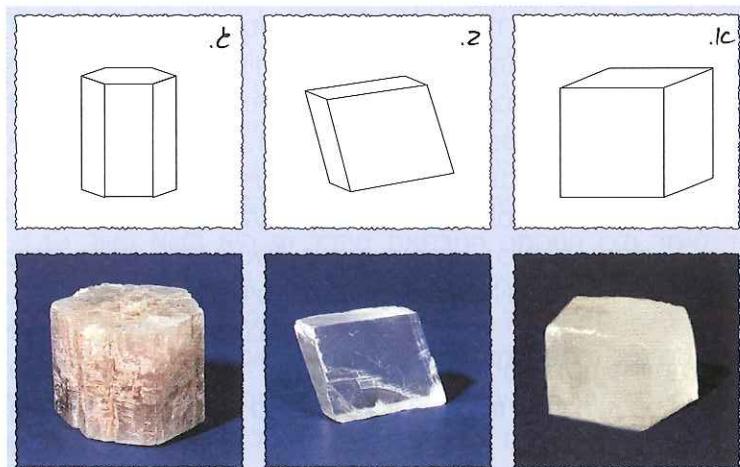
## זהוי מינרלים באמצעות קרני X



איור 1.15: דיפרקטוגרפיה ימיינרלי של סלע.

אחד השיטות החדשניות יחסית לזהוי מינרלים מבוססת על הקרנת המינרל הנבדק בקרני אור בעלות אורך גל קצר מאוד המכונת קרני X. קרן הפוגעת בחומר כלשהו נשברת ומוחזרת. זוויות השבירה והחזרה של קרן האור תלויות בסוג החומר המכורן ובמבנה התלת-ממדי הפנימי שלו. המינרלים השונים בעלי צורות תלת-ממדיות מגוונות כגון: קווביה, פרמידה או מנטרה. כל צורה תלת-ממדית מוגדרת על פי הזוויות שבין המשורים השונים הבונים אותה (איור 1.14).

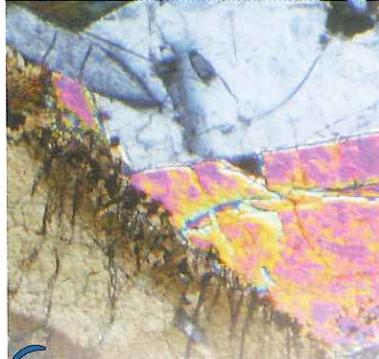
כדי לזהות אילו מינרלים מרכיבים סלע מסוים מכנים למכשיר המדידה דוגמת סלע טחונה. מקרינים את הדוגמה בקרני X והמינרלים השונים מחדירים סדרה של קרניות האופייניות לכל מישור הבונה את הגביש שלהם. ישנים מישורים המצביעים קרינה בדרגה גבוהה ואחרים בדרגה נמוכה יותר. הקרים נקלוטות על ידי המעביר את המידע למחשב, וזה מתרגם את האותות באמצעות נוסחה מתמטית למישורים. רישום התוצאות מוצג בגרף ונקרא דיפרקטוגרפיה (איור 1.15).



איור 1.14: צורות שונות של מינרלים המאפיינות במישורים ישרים וחוויות חדות.

## סיכון

אמצעי המעבדה מוסיפים מידע רב לגבי הרכב הסלע ומבנהו. על בניית הסלע אפשר ללמוד דרך מיקרוסקופ או מקרט ומייקרוסקופ אלקטרוני סורק. על הרכב הסלע אפשר ללמוד באמצעות קרני X, מיקרוסקופ או מקרט ומייקרוסקופ אלקטרוני סורק.



## האזהה הפליאו של הסלעים

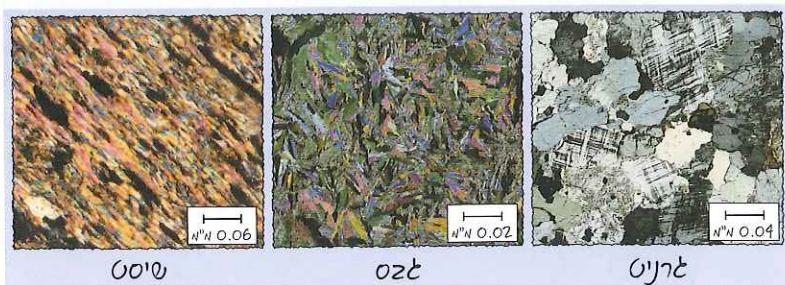
בפעוליות המעבדה שערכתם לגבי מבנה גבישי ומבנה גרגרי – גראניט ואבן חול, וחיוויי מבנים בסלעים (גבישי גרגרי מאובנים) – התבוננתם במבנה הפנימי של הסלע בעין חשופה ובאמצעי הגדלה. הבחנותם בסלעים בעלי מבנה גבישי, סלעים בעלי מבנה גרגרי וסלעים המכילים מאובנים (איור 1.16).

סלע בעל מבנה גבישי בניו יחידות קטנות המכונות גבישים הצמודות זו לזו. יחידות אלו נראות כמעין פסיפס דרך מיקרוסקופ או מיקרומטר (איור 1.17). גודל הגבישים משתנה ממטרים ספורים עד פחות ממיקרומטר (0.000001 מטר). את הגבישים הצעירים אפשר לראות בעדרת מקשרים המסוגלים להגדיל בעוצמות שונות. את הסלעים בעלי המבנה הגבישי אפשר לחלק לтиפוסים שונים (איור 1.18): בגרניט ובסיסט אפשר לבדוקו בסוגים שונים של גבישים (סלעים גבישיים רב-מינרליים) ולעומתם בסלעים בגון מלח ובבסוג אחד של גבישים (סלעים גבישיים חד-מינרליים) בלבד. הגבישים בגרניט מופיעים בסידור אקריאי ואילו בשיסט מופיעים בכיווניות אחת.

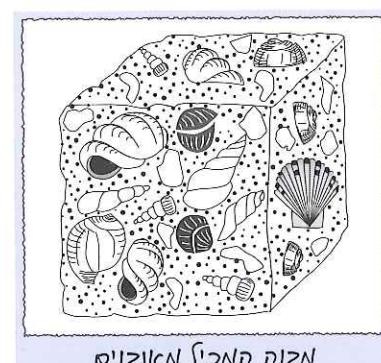
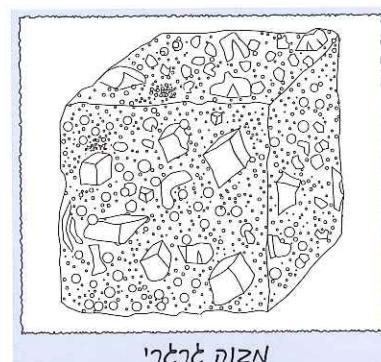
הבדלים בהופעת הגבישים רמזים על תהליכי הייזצרות שונים (על המושג גבישណון בהמשר בהרחבה).

סלע בעל מבנה גרגרי בניו יחידות הנקראות גרגרים ויכולות להיות מלוכדות בחומר מלכד. סלע המכיל מאובנים בניו מאובנים או שברי מאובנים המלוכדים בחומר מלכד.

המבנה השונים הם תוצאה של תהליכים שונים שעברו הסלעים ושל סביבות הייזצרות שונות שבהן נוצרו. אם כך, חיקורת מבנה הסלע מספקת מידע חשוב על נתוניים אלו. אך ישנו מכנה משותף לכל הסלעים: הגבישים, הגרגרים, המאובנים והחומר המלכד הם גבישי מינרלים שנוצרו בתהליכים טבעיות.



איור 1.17: סלעים בעלי מבנה גבישי, תצלומי שקפים דרך מיקרוסקופ או מיקרומטר.



איור 1.18: מבנים פנימיים שונים הקיימים בסלעים.

## מהו מינרל?

מינרל הוא חומר מוצק, טבעי, אנוורגני, בעל הרכב כימי מוגדר הבניי מיסודות או מתרכבות ולוי מבנה פנימי מוגדר. הגדרה זו כוללת בתוכה מידע רב. הנסה להסביר כל מונח המופיע בהגדירה בנפרד.

**מוצק:** ולא נוזל.

**טבעי:** להבדיל מסינתטי. מינרל אינו כולל את אלף החומרים המיוצרים בידי האדם.

**אנוורגני:** חומר הנוצר בתהליכים שאינם קשורים ביצורים חיים. יש לציין, כי אף על פי שמקורם היסודות מכילי המאובנים הם ממוקור אורגני (מחומר שמקורו ביצורים חיים) מתיחסים אליוים כל מינרלים.

**הרכב כימי מוגדר:** מינרל יכול להיות מורכב מיסודות אחד או מתרכבות של שני יסודות ויותר (על מושגיו יסוד כמו אטום, יסוד, וכו'). קשר כימי ותרכובות עינן בהרחבה 1). לחalk מינרלים הרכבים מסוימים הטענו נטען והיחסים התכונות המיחודות של כל מינרל. יסודות הנוכחים במינרל נתנו והיחסים ביניהם נרשמים בנוסחה כימית: שם היסוד מופיע באוטיות לעזיות והיחסים בין היסודות באים לידי ביטוי במספרים הנרשמים ליד כל יסוד. לדוגמה: המינרל הליט (מלח המאכל) בניו מן היסוד נתרן המסומן באוטיות Na ומן היסוד כלור המסומן באוטיות Cl. היחסים בין היסודות בתוך המינרל הם אחד לאחד וכן הנוסחה המבטה את מינרל זה היא NaCl (איור 1.18 א). המינרל קלציט בניו מן היסודות פחמן (C) סידן (Ca) וחמצן (O). היחס בין היסודות השווים הוא על כל סידן אחד יש פחמן אחד ושלושה חמצנים. נוסחת המינרל נכתבת לכן בצורה הבאה: CaCO<sub>3</sub>. (איור 1.18 ב).

**מבנה פנימי מוגדר:** היסודות השונים, הקשורים ביניהם בקשרים כימיים, מסודרים במרחב בצורה האופיינית לכל מינרל ומינרל. סידור זה יוצר צורות תלת-ממדיות שונות כמו קווביה, פרמידה ועוד (איור 1.14). צורה זו נוצרת משומם שסידור היסודות באופן זה במרחב נתן למוצק את דרגת היציבות הגבוהה ביותר. כאשר הגביש גדול, היסודות מסודרים בסידור קבוע החוזר על עצמו (איור 1.18). ישנו מבנים פשוטים יחסית, כמו מבנה הקווביה של גביש המינרל הליט (איור 1.18 א), אך מרבית גבישי המינרלים מופיעים במבנים מורכבים.

מבנה תלת-ממדי החוזר על עצמו במרחב נקרא **מבנה גבישי**, וכך בתיאור מינרלים אנחנו משתמשים במקרים גבישיים: גבישי המינרל הליט, גבישי המינרל קלציט. הדגם התלת-ממדי של הגביש נקרא **שריג**.

איור 1.18 :

א. מבנה גבישי של המינרל הליט (מלח המאכל). יחידה הבסיסית במבנה מיוני נתן כלור הוציארים צורת קווביה.

ב. מבנה גבישי של המינרל קלציט. היחידות הבסיסיות במבנה מיוני פחמן, סידן וחמצן הוציארים צורה מענית.

## הרחבה 1: מונחי יסוד להבנת המונח פינרל

**אטום** - החלק הקטן ביותר של היסוד, אשר אינו ניתן לחלקה נוספת לחזקים זרים. האטום בניו מגען הנמצא במרכזו, ומאלקטرونים הנעים סביב הגרעין.

ברגען מרכזת מרבית המסה של האטום והוא מורכב משני סוגים של חלקיקים: פרוטונים ונייטرونים. פרוטונים מטען חשמלי חיובי (+1) והנייטرونים נייטרליים מבחינה חשמלית. לאלקטרונים מטען חשמלי שלילי (-1).

האטומים של כל אחד מן היסודות מאופיינים על ידי מספר פרוטונים קבוע. באטום במצב ניטרלי קיים אייזון בין מספר הפרוטונים לבין מספר האלקטרונים. האלקטרונים נעים מסביב לגראן בתוחמים הסתבכתיים במרקם, המאפיינים על ידי רמות אנרגיה. כל תחום כזה וכל רמת אנרגיה יכולים להכיל מספר מרבי של אלקטرونים.

כך למשל, רמת האנרגיה הקרובה ביותר לגראן יכולה להכיל לפחות 2 אלקטرونים, הרמה השנייה - 8 אלקטرونים וכו'.

נתגלו 118 יסודות שונים, 26 מהם מלאכותיים ו-92 קיימים בטבע ומהווים את אבני הבניין של כל החומרים המצויים בו.

**יסוד** - חומר הבניי מאטומים שכולם מאותו סוג, ככלומר מכילים מספר זהה של פרוטונים בגרען. במספר הפרוטונים בגרען קוראים מספר אטומי. כך למשל לאטומי מימן פרוטון אחד, לאטומי חמצן 8 פרוטונים ולאטומי אורניום 92 פרוטונים.

**III** - אטום או קבוצת אטומים קשורים שהניתratioות שלו/שליהם מופרta על ידי מסירה או קבלת של אלקטرونים.

**קטיון** - יון בעל מטען חשמלי חיובי. נוצר על ידי "מסירת" אלקטרון/ים. גודל המטען נקבע לפי מספר האלקטרונים שנמסרו.

**אנוון** - יון בעל מטען חשמלי שלילי. נוצר על ידי "קבלת" אלקטרון/ים. גודל המטען נקבע לפי מספר האלקטרונים שנוסףו.

**קשרים כימיים** - אטומים או יוניים יכולים ליצור קשר ביניהם. הקשר הנוצר הוא תוצאה של משיכה חשמלית בין חלקיקים טעונים מטען חשמלי חיובי לבין חלקיקים טעונים מטען חשמלי שלילי.

**קשר קוולנטי** - נוצר על ידי שיתוף של שני אלקטرونים בין שני אטומים. האלקטרונים נמשכים בעט ועונה אחת על ידי שני הגראנים של האטומים היוצרים ביניהם את הקשר.

**קשר יוני** - נוצר על ידי משיכה חשמלית בין קטיונים - חלקיקים טעונים מטען חשמלי חיובי, לבין אנוונים טעונים מטען חשמלי שלילי.

**תרכובת** - חומר הבניי משני יסודות לפחות.

**תרכובות יניות** - חומר הבניי מיוניים. בכל תרכובת היחס המספרי בין הקטיונים לאנוונים קבוע והם מאזנים מבחינה חשמלית. תרכובות יניות מאופיינות בטמפרטורות התיiter ורתחה גבוהות יחסית ולפיכך הן במצב מוצק בטמפרטורת החדר. תרכובות יניות במצב מוצק אין מוליכות חשמל, שכן היוניים בתוכן קבועים במקומות. לעומת זאת במצב מותך או מומס במקרים קיימת הולכה חשמלית, שכן היוניים נעים ויכולים לשנות את מקומם.

## המנגנוןים שבאמצעותם נוצרים גבישים מינרליים בטבע



אפשר להצביע על ארבעה מנגנוןים שונים שבאמצעותם נוצרים גבישים מינרליים בטבע.

### 1. התגבשות מנתך

התגבשות גבישים בתהליך של התקරות נתך של סלעים (מגמה). מגמה היא נתך של סלעים בעלי טופוטרוזות גבוזות מאוד (0°C-1200°C). אם מגמה מתקררת, האטומים מאבדים את אנרגיית החום שלהם ותנוועתם מואatta עד שהם מסוגלים ליצור קשרים ולהתגבש לגבישים.

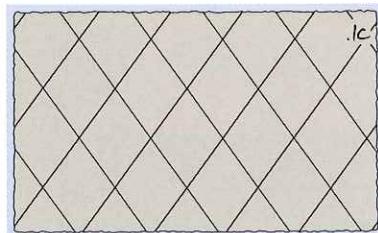
### 2. התגבשות מתוך תמישה רוויה

המים על פני כדור הארץ מופיעים בדרך כלל בצורה תמישה. תמישה מכילה מומס (או מומסים אחדים) וממס. המרכיב המומס שבתמישה המימית מכיל בעיקר יוניים (ראו עמוד 22) שמקורם בהמסת מינרלים הבונים את הסלעים. היוניים שבתמישה יכולים להתגבש חזרה למוץק (מינרל), כאשר ריכוזם בתמישה מגע לרוויה.

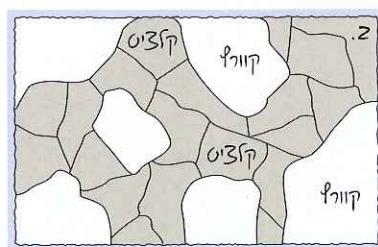
ישן בטבע שתי דרכים להעלות את ריכוז היוניים המומסים בתמישה המימית ולהגיע לנקודת תמישה רוויה:

א. תוספת חיצונית של מומס לתוך גוף המים. תוספת זו יכולה להתרחש כאשר מים באים במגע עם סלעים וממשיכים את המינרלים מהם הם בניים. כאשר תמישת המים מגעה לנקודת רוויה של מינרל מסוים הוא מתגבש מתוך המים.

ב. מנגןן של התאדות. התמישה המימית מכילה יוניים רבים המוקפים מולקולות מים. כאשר המים מתאדים מספר מולקולות המים המקייפות את היוניים חולף וורד (איור 5.3 עמ' 105). כתוצאה לכך היוניים מתקרבים (ריכוז היוניים עולה) ובנקודה זאת הרוויה מתחילה תהליך ההתגבשות.



יש שני מהותי בין שני מנגנון התגבשות הגבישים: התגבשות מנתך והتبששות מתוך תמישה רוויה. בשנייהם מתרחש תהליך גידילת הגבישים במצב צבירה נזול, אך תהליך ההתמצקות בכל אחד מהם שונה לחלוטין. הכרות עמוקה עם שני התהליכים נעורו בהמשך הלימוד: הפרק השני עוסק במנגןן הראשון והפרק החמישי במנגןן השני.



אם גביש מתמקך בצורה חופשית מתוך נזול, נוצר סידור פנימי קבוע של אטומים, סידור היוצר צורה בעל מישורים חלקים הניצבים זה זהה ביחסות מוגדרות. לכל גביש צורה הקשורה ושירותו לסידור הפנימי של האטומים. למשל, למינרל הליט צורת קויביה, המבטאת את הסידור האטומי הפנימי שלו (איור 18.1.א). אם נגדל גביש בתנאים מבוקרים במעבדה נוכל לקבל את צורתו ה"אידאלית" של הגביש ואילו בסלעים הנוצרים בטבע נמצא לעיתים קרובות, גבישים מינרליים מעוויתים במקצת לעומת צורתם האידאלית. עיוזה זה נוצר משום שהגביש הבודד נמצא ב"תחרות" על תפיסת מרחב מוגדר עם גבישים אחרים הגדלים סביבו. המגע בין הגבישים הגדלים יוצר לחצים חזקים שלעתים גורמים לכך שפהה מסוימת של הגביש גדלה לאט יותר מפהה אחרת, וכך נפגמת צורתו האידאלית של הגביש המוסים (איור 1.1.9).

- איור 1.1.9:  
א. גבישי קלציט בעלי צורה אידאלית (מעוינים) שגדלו בתנאי מעבדה.  
ב. גבישי קלציט שגדלו בטבע בין גרגרי קוולץ. דרך כלל צורתם אינה אידאלית.

### 3. התגבותות במצב מוצק

מנגנון נוסף של הייצרות גבישי מינרלים בסלעים, השונה לחלוון משלו המנגנוניים הקדומים, הוא מנגנון ההתמרה. בתחילת ההתמרה נוצרים הגבישים במצב מוצק. יכולתם של היסודות לנوع וליצור קשרים עם יסודות נוספים במצב מוצק מטהפשר רק בתנאי לחץ / או טמפרטורה גבוהה מאוד. על מנגנון זה נרחיב בפרק השביעי.

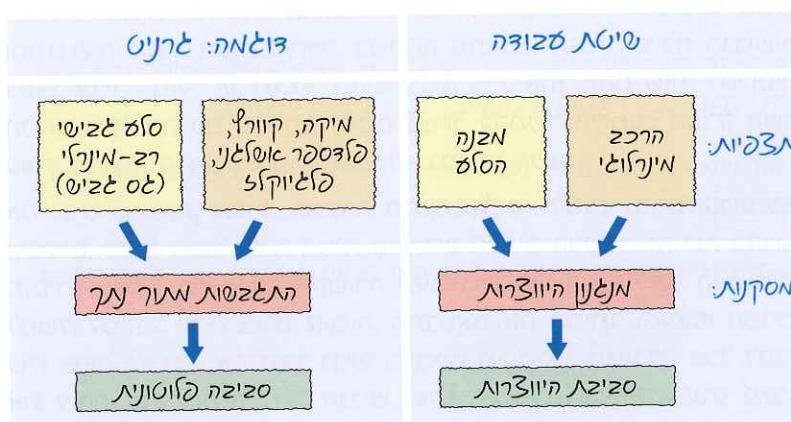
### 4. התגבותות הקשורה ליוצרים חיים וצמחים

בעלי חיים וצמחים החיים במים מסווגים לנצל את היסודות הנמצאים במים לבנית שלד קשה. בלבד זה בני מגבישי מינרלים כמו המינרל קלציט, אופל או אפטיט.

התנאים הקיימים בגוף המים אינם מאפשרים תמיד את התגבותות של מינרלים אלו בתחוםם כימיים. התגבותות מתאפשרת בזכות פעילותם של היוצרים החיים.

לאחר מותם של יצורים אלו, שלדיהם הקשים מצטברים על גבי קרקעית גוף המים והופכים בתחוםם שונים לסלע המכונה סלע מכיל מאובנים או סלע ביוגני. על מנגנון זה נרחיב בפרק הרביעי.

בפרק הבא, נבחן קבוצות סלעים שונות: בעבר כל קבוצה נסעה להגדיר תוכנות הקשורות בהרכבת ובמבנה הסלעים, ובעזרתן ננסה לשחזר את המנגנונים השונים האחראים להיווצרותם של הסלעים ואת סיבותיו ההיווצרות שבחן מתאפשרים קיומם של מנגנונים אלו (איור 20.1).



איור 20.1: שיטת העבודה שבאמצעותה נחקרים מנגנון היווצרותם של סלעים וסביבת היווצרותם.