

# פרק ו' ציוד במעבדה

## 1. תכנון פנים - ריהוט

### שולחנות העבודה

- השולחנות יהיו עשויים מחומרים עמידים בפני כימיקלים, קלים לניקוי וחיטוי, אטומים בפני נוזלים ומעכבי בעירה.
- מסביב למישטח השולחנות תהיינה מסגרות מוגבהות או תעלות איסוף, שתימנעה שפיכת נוזלים אקראית ותאפשרנה העברת השפכים למקום ניקוז מוסדר.
- גובה השולחן מהרצפה יאפשר עבודה ללא מאמץ, בישיבה ובעמידה.
- המדפים מעל שולחן העבודה, המיועדים להנחת ציוד וחומרים, ימוקמו בגובה מתאים, כך שהגישה אליהן תהיה קלה. בחזית המדפים יותקן סרגל עצירה כדי למנוע נפילת חפצים.
- השולחנות יצוידו בארונות עם מגירות הנפתחות בקלות. בקצה המגירות נדרש מעצור, למנוע חריגה מהמסילות.
- יש לתכנן את השולחנות כך שהעבודה עליהם תתבצע מצד אחד בלבד.
- שולחנות עבודה כפולים יופרדו ביניהם לאורכם, במחיצה שקופה עשויה מחומר פלסטי בעל עמידות מכנית וכימית טובה (כגון פוליקרבונט).
- כל שולחן מעבדה יצויד באמצעים הדרושים לביצוע העבודות השונות. אמצעים אלה יכולים לכלול: אספקת מים; אוויר דחוס; ואקום; גז; חשמל; כוור לניקוז ועוד.
- כל שולחן יצויד בברזים לסגירה ובמפסקים מישניים לאמצעים השונים.



### ארונות ומדפים

- בחירת סוג הארונות והמדפים תיעשה במסגרת התכנון הכולל של המעבדה, תוך התייחסות לדרישות הבטיחות במעבדות. אין להתייחס לארונות ולמדפים כריהוט משרדי, אלא כחלק ממעבדה כימית.
- הארונות והמדפים יהיו עשויים מחומרים עמידים בפני כימיקלים, קלים לניקוי ולחיטוי, אטומים בפני נוזלים ומעכבי בעירה.
  - אין למקם את ארונות הכימיקלים ליד דלת יציאה - הם עלולים לחסום את דרך המילוט במקרה של שריפה.
  - המדפים במעבדה ובארונות, לאחסון ציוד וחומרים, יותקנו כך שתימנע נפילת הציוד והחומרים המונחים עליהם. מומלץ להתקין בקצה המדף סרגל עצירה למניעת נפילת חפצים.

- בדופן העליונה של הארון ובבסיסו חייבים להיות נקבים לפליטת גזים, שיאפשרו איורור.
- ארונות המיועדים להכיל ציוד וחומרים בעלי רגישות מיוחדת, חייבים להיות נעולים. הם יצוידו בדלתות ובמנעולים בהתאם.



ארון להחזקת כימיקלים במעבדה

## 2. תנורים

תנורי מעבדה חשמליים, המשמשים לייבוש או חימום של חומרים שונים, מהווים סיכון בתחום רחב של טמפרטורות, לחצים, ובקצב נידוף משתנה. בזמן השימוש בתנורים אלה נדרשת התייחסות מתאימה לבטיחות.

בתנורים המעבדתיים קיימים שני סוגי סיכונים עיקריים:

- התלקחות של אדים דליקים.
- סיכון מחומרים כימיים בלתי יציבים בחום.

וסיכונים מישניים נוספים:

- סיכון רעילות של ממיסים נדיפים או גזים הנוצרים כתוצאה מהתפרקות חומרים בטמפ' גבוהה (לדוגמה: אדים מהתפרקות פולימר פחמימני המכיל פלואור, או התנדפות של חומר רעיל מאוד כתוצאה מחימום יתר).
- התחשמלות כתוצאה מחיבור חשמל לקוי; פגם בחיבורים, או בגופי החימום.
- סיכונים פיזיקליים, כמו רסיסי זכוכית המועפים כתוצאה מכשל חלון הזכוכית בתנור ואקום, לדוגמה.
- כוויה במגע.

פתח שחרור גזים המכוון כלפי חוץ, או לתוך מינדף, יקטין את סיכוני הרעילות למינימום ויאפשר עבודה בתנאים בטיחותיים יותר.

סיכוני חשמל בתנורים נמנעים ע"י שימוש נכון בהארקה מתאימה.

אפשר למנוע התעופפות רסיסי זכוכית מתנור ואקום שבור על ידי כיסוי חלון הזכוכית ברשת פלדה מתאימה, וכן בשימוש בזכוכית עמידה בטמפרטורות גבוהות. התלקחות של תערובת אוויר-אדים נמנעת ע"י תכנון נכון של התנור, הרחקה של מקורות חום גבוהים מהתנור ואבטחת תקינותו של מאוורר התנור לסילוק האדים.



תנורים במעבדה



חלל פנימי של תנור מעבדה

### בחירה של תנור

בחירת סוג התנור חייבת להיות מותאמת לצורכי השימוש בו. תנורים המבוססים על הסעת חום, יכולים לשמש לייבוש כלי זכוכית, או לסילוק מים או ממיסים שאינם דליקים. הם אינם מתאימים לנידוף חומרים דליקים. אין להכניס לתנורים אלה כלי זכוכית שנשטפו בנוזלים דליקים (כמו אצטון או אלקוהול), אלא רק לאחר שויבשו תחילה באוויר, לצורך סילוק כל האדים הדליקים מתוכם.

על התנורים יש להציב שלט האומר:

**מיועד לייבוש כלי זכוכית או חומרים בלתי מסוכנים  
אינו מתאים לסילוק אדים דליקים.**

**אין להכניס.....(יפורט על ידי המנהל)**

**תנור ואקום** יכול לשמש לסילוק אדים דליקים, בתנאי שהוא מצויד באביזרים הבאים:

1. מפסק בלתי תלוי, המפסיק את פעולת החימום כאשר בקר הטמפרטורה הראשי אינו מתפקד מסיבה כלשהי. התקן זה אמור להתאים לטמפרטורה השוררת בתנור וכן לטמפ' במקום בו נמצא אלמנט החימום. המפסק אמור להיות מכוון לטמפ' הגבוהה ב- $5^{\circ}\text{C}$  מעל לטמפרטורה של בקר התנור. בגמר השימוש בתנור, יש להשאיר את המפסק במצב כבוי עד לכיוונו מחדש באופן ידני. נורה דולקת או סימן אחר אמור לציין שהתנור נמצא במצב עבודה.
2. דלת התנור חייבת להיות סגורה באמצעות ואקום (לא באמצעות סגר). הסגירה ואטימות התנור מושגות באמצעות אטם גומי עמיד בטמפרטורה גבוהה, או באמצעות מהדקים מגנטיים, או בכל אמצעי אחר - שיבטיח את פתיחת הדלת כאשר הלחץ עולה, כדי למנוע נזק לדלת או לתנור.
3. מלכודת או כל התקן דומה אחר, המצוי בקו הוואקום, ימנע את זיהומה של מערכת הוואקום ויגן על התנור כאשר קווי הוואקום הזדהמו ממקורות אחרים.
4. קו לאספקת גז אינרטי לצורך 'שבירת' הוואקום ללא חדירת אוויר.

#### **תנורי הסעה מכניים** לסילוק אדים דליקים חייבים לכלול:

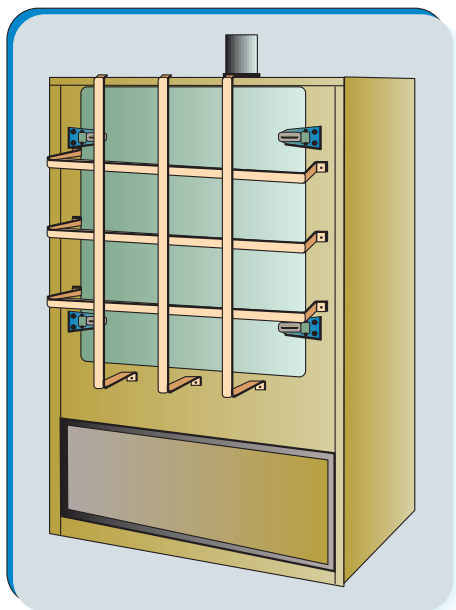
1. לוח אחורי המשמש כשסתום בטיחות במקרה של עליית הלחץ בתנור, וכן סגר 'חיובי' לדלת הקדמית (רק ב'תנור בטיחותי'). הלוח המשמש כשסתום בטיחות חייב

להימצא בכיוון בו לא שוהים עובדים. בנוסף, המקום צריך להיות מצויד בכלוב ללכידת הלוח במקרה חירום. רצוי שקטע הלוח, המשמש כשסתום בטיחות, יהווה כ-75% לפחות משטח הלוח האחורי של התנור.

2. מפסק בלתי תלוי, להפסקת פעולתם של גופי החימום, במקרה שבקר הטמפרטורה הראשי יוצא מכלל פעולה.

3. מפסק בקרה, המפסיק את פעולת החימום במקרה בו נפסקת פעולת המאוורר.

4. כל אביזרי החשמל חייבים להימצא מחוץ לתא התנור ולאזור גופי החימום, והם חייבים להיות מותאמים לאווירה המסוכנת.



קיר אחורי "נפרץ" בחלקו האחורי של התנור

## סילוק מקורות הצתה

כאשר חומר מחומם לטמפ' ההבזקה שלו או לטמפרטורה שמעליה, קיימת סכנה של אש או פיצוץ. גודל הסכנה תלוי באיזו מידה המקום סגור, מהי רמת האיוורור ומה זמינות מקורות ההצתה. בגלל השפע של מקורות הצתה - כולל חשמל סטטי - קשה לסלק את כולם. מכל מקום, יש לעשות כל מאמץ לסלק מקורות הצתה ידועים. לפיכך, כל מכשיר חשמלי המסוגל לייצר ניצוצות חייב להיות מבודד מהאוויר שבתא או מהאוויר סביב גופי החימום של התנור, וזאת כדי למנוע מגע בין הניצוצות לאדים החמים. האיוורור חייב להתאים לכמות החומר אותה מעוניינים לייבש.

מקור הצתה שכיה יותר הוא פני שטח גופי החימום, או תא העבודה עצמו. אין להניח בתנורי מעבדה חומרים שטמפרטורת ההצתה העצמית שלהם נמוכה. יש למדוד את הטמפרטורה המירבית של שטח פני התנור הפנימיים. ליד התנור חייב להימצא שלט האומר:

**התנור אינו בטיחותי לחומרים בעלי נקודת הצתה עצמית**

**מתחת ל-.....(יפורט על ידי המנהל)**

הטמפרטורה המופיעה בשלט צריכה להיות 125% מהטמפרטורה המירבית שנמדדה על פני שטח פנים התנור, או זו שנמסרה ע"י יצרן התנור.

טיפול לא זהיר במוצקים או בנוזלים יכול לגרום לשפיכת כימיקלים ויצירת מגע ישיר שלהם עם גופי החימום. שריפת הכימיקלים עלולה להיות אקזותרמית, תוך יצירת טמפרטורה גבוהה מאוד. טמפרטורה זו עלולה להיות גבוהה בהרבה מהמותר בהיתר של התנור, להכנסת חומרים עם נקודת הצתה עצמית מוגדרת.

כאשר מצויים בתנור אדים דליקים חייבים כל המיתקנים החשמליים מחוללי הניצוצות להימצא מחוץ לתא התנור. התנור עצמו שרוי באווירה המסווגת כמסוכנת חשמלית, וכל הרכיבים החשמליים חייבים להיות מתאימים לאווירה מסוכנת מוגדרת.

## איוורור תא התנור

תנורי הסעה ללא סחרור אוויר אינם מספקים איוורור לתא התנור, כך שניתן ליבש בהם חומרים המכילים נוזלים דליקים. רמת האיוורור חייבת להישמר כך, שריכוז האדים הדליקים - כאשר קצב ההתנדפות הוא מירבי - יהיה נמוך ב-25% לפחות מגבול הבעירה התחתון, כאשר גבול הבעירה התחתון מוגדר כריכוז מינימלי של אדים דליקים בתערובת עם האוויר, אשר מתחתיו לא תתקיים בעירה. תנורי הסעה עם סחרור אוויר מספקים איוורור יעיל במקרים רבים. בתנורי ואקום נמנעת הבעיה הודות לסילוק אדים עצמי. "שבירת" הוואקום בייבוש חומרים דליקים חייבת להיעשות באמצעות גז אינרטי, כגון חנקן.

## אזהרה כללית

ניתן לחמם בבטיחות בתנור חומר שהיציבות התרמית שלו ידועה למשתמש, אם מתמלאים התנאים הבאים:

1. קיים בתנור בקר-מפסק בלתי תלוי, המפסיק את פעולת החימום במקרה שבקר הטמפרטורה הראשי יצא מכלל פעולה. בקר-מפסק זה צריך להיות מכון כ-5°C - 10°C מעל הטמפרטורה שנקבעה לבקר הראשי. כמו כן, אסור לכוונו לטמפרטורה הגבוהה ב-85% מטמפרטורת ההצתה העצמית של החומר המחומם. תנאים אלה אינם מספיקים כאשר מדובר בתנורים לייבוש חומרים נפיצים.

2. תנור ואקום יכול להיחשב בעל רמת בטיחות סבירה, הודות ליכולתו לסלק את האוויר/או חימום הנעשה בטמפרטורה נמוכה יותר/או שניהם; תנורים אלה אינם כוללים שסתום בטיחות, ויש צורך לגדרם במחסום. כדאי לזכור שחוסר בחמצן לגבי חומרים מסוימים, בלתי יציבים, אינו תנאי מספיק, והחומרים עלולים לגרום לפיצוץ.

3. כאשר נדרש לטפל במתכות ריאקטיביות באווירה ללא חמצן, יש להזרים גז אינרטי שאינו מכיל חמצן. כאשר נדרשים תנאים של חוסר חלקי בחמצן - כדי להימנע מתערובות דליקות - ניתן להשתמש בגז המכיל כמות מסוימת של חמצן. עבור נוזלים דליקים, צריכה כמות החמצן בגז להיות נמוכה מ-5%; עבור אבק פציץ צריכה כמות החמצן להיות נמוכה מ-1%.

4. בתנור אשר משמש לחימום מוצקים עלול להיווצר זיהום על גבי הדפנות, עקב פיזור אבק או תהליכי המראה (סובלימציה) של החומרים שבייבוש. בהמשך העבודה מהווה הזיהום סכנת התפוצצות, במיוחד כאשר מעלים את טמפרטורת העבודה של התנור.

יש לנקות את תא התנור המזוהם (בחומר שעבר סובלימציה, חומר אבקתי או נוזל שנשפך) לאחר כל שימוש. אם משתמשים בממיס לצורך ניקוי התנור - יש לדאוג לייבוש קפדני של התנור, באוויר יבש לאחר הניקוי.

### 3. ציוד זכוכית \*

#### מ ב ו א

הזכוכית היא אחד מהחומרים היותר מקובלים בשימוש במעבדות. רוב כלי הקיבול הנמצאים במעבדה עשויים מזכוכית, גם מרבית הפעולות במעבדה נעשות בכלים מזכוכית.

זכוכית מיוצרת מתערובת של סיליקטים המכילים בד"כ נתרן, סידן, ומגנזיום. לתערובת הבסיסית מוסיפים חומרים אחרים כגון: בורן, עופרת או פוספטים, במטרה להשיג תכונות פיסיקליות מסוימות.

לזכוכית יתרונות רבים: היא מתנקה בקלות; מחירה אינו גבוה בהרבה ממחירים של חומרים מלאכותיים/אחרים; היא בעלת עמידות מצוינת להתקפה כימית ואיננה מזהמת את תכולת החומר הנמצא בכלי.

לזכוכית חיסרון גדול אחד, המבטל את כל היתרונות שהוזכרו: הזכוכית נשברת בקלות. השברים חדים מאוד והם יכולים לחתוך את רקמות הגוף.

#### בחירה של כלי זכוכית

##### דרישות מיוחדות

- כאשר בוחרים כלי זכוכית לצורכי המעבדה יש להביא בחשבון מספר גורמים:
- איכות הזכוכית - סוג הזכוכית מוגדר בהתאם למטרות ולצורה בה משתמשים בה. כשל של כלי זכוכית עלול להיות מסוכן.
  - עלות - מחירים של סוגי הזכוכית השונים איננו אחיד.

\* ראו הרחבה בנושא בפרק ז' של הספר

## סוגי זכוכית

במעבדות משתמשים בשני סוגים עיקריים: זכוכית נתרן דו-פחמתי ותחמוצת הסידן, וזכוכית בורוסיליקטית, הנבדלים - מלבד בהרכב הכימי - גם בטיפול התרמי שעובר החומר בתהליכי הייצור. לסוגי הזכוכית יש תכונות פיזיקליות וכימיות שונות:

**זכוכית נתרן דו-פחמתי עם תחמוצת הסידן** (זכוכית 'סודה') מכילה 72% סיליקה, 15% נתרן דו-פחמתי, 10% מגנזיה, 2% אלומינה, ו-1% תחמוצות אחרות.

**זכוכית בורוסיליקטית** מתקבלת ע"י הוספה של תחמוצת הבורון לזכוכית נתרן דו-פחמתי עם תחמוצת הסידן. זכוכית זו קשה מאוד והיא מתרככת בטמפרטורה גבוהה יותר מאשר הזכוכית הרגילה. זכוכית בורוסיליקטית עמידה היטב בפני כימיקלים והלם תרמי ומכני. הזכוכיות הבורוסיליקטיות השכיחות במעבדה הן PYREX ו-KIMAX. השימושים האופייניים בכלי זכוכית: בקבוקי ריאגנטים; מיכלי תהליך שונים; מבחנות; מוטות בחישה; צינורות זכוכית ועוד.

הכלים השונים עשויים סוגי זכוכית שונים ובעוביים שונים, למטרות השונות. זכוכית עבה, לדוגמה, משמשת עבור עבודות הנעשות בוואקום או במערכות שקיים בהן לחץ.

## תכונות

### תכונות פיזיקליות

הזכוכית היא חומר נוח לעיבוד ולעיבוד. לזכוכית המוצקה, יש תחום טמפרטורות התרככות רחב - בניגוד למוצקים רבים, עם נקודת התכה חדה. הזכוכית כולאת בתוכה מאמצים תרמיים ומכניים, אם לא מופעלת עליה הרפיה מבוקרת בשלבים האחרונים של הייצור הכלי.

### תכונות מכניות

התכונות האלסטיות של הזכוכית המוצקה גרועות: פגיעה מכנית גורמת לסדיקה, לרסיסים ובמקרים מסוימים למאמצים שיוריים בתוך מבנה החומר, הגורמים מאוחר יותר לכשל בכלי הזכוכית. החיבורים בין כלי זכוכית שונים חייבים להיות משוחררים ממאמצים. יש לדאוג שהחיבורים יהיו גמישים.

שריטות מקומיות בזכוכית יוצרות מאמצים אותם ניתן לנצל לצורך שבירת החומר (לדוגמה: חיתוך צינור מזכוכית ע"י שריטה עם פצירה). שריטות כאלה עלולות לגרום מאוחר יותר לשבר פתאומי.

### תכונות תרמיות

לזכוכית המכילה תחמוצת סידן יש מקדם התפשטות תרמי גבוה יחסית. המקדם הזה קטן כאשר מוסיפים לתערובת הזכוכית בורון, או סיליקה טהורה ( $\text{SiO}_2$  - קוורץ; או חומרים בעלי שמות מסחריים, לדוגמה: 'VICOR'). גם מקדם התפשטות התרמי של זכוכית בורון (PYREX) הוא נמוך. המקדם התרמי הנמוך ביותר הוא של הקווארץ (בסביבות האפס).

הזכוכית במדי-חום (תרמומטרים) איננה ניתנת להרפיה לאחר הייצור, ולכן יש לנהוג במדי-החום במישינה זהירות.

### עמידות כימית

הזכוכית היא חומר אינרטי לגבי רוב הכימיקלים, מלבד הפלואורידים, הבסיסים החזקים ובסיס האמוניום. ריאגנטים אלה מחלישים את הזכוכית והורסים את שלימות פניה.

זכוכית סופחת בעוצמה כימיקלים רבים, מה שמשנה או מפריע לדגימה ולאנליזה כימית של עקבות חומרים (לדוגמה: עקבות של סבון; תחמוצות של חנקן; כספית; ברזל; בנזן וכו').

## תכונות אופטיות

זכוכית רגילה יכולה להיות שקופה מאוד בספקטרום הנראה, אך היא אטומה לקרינה על-סגולה (UV) ולקרינה אינפרא-אדומה (IR). זכוכית קווארץ וסיליקה מותכת הן בד"כ שקופות בתחום קרינת ה-UV.

## עמידות בקורוזיה

זכוכית סיליקה עומדת היטב בפני רוב הכימיקלים המצויים במעבדה. זכוכיות אחרות נאכלות ע"י ריאגנטים שונים, בסדר היורד הבא:  
חומצה הידרופלואורית; חומצה זרחתית; בסיס הנתרן; פחמת הנתרן; בסיס האמוניום.

## 4. חומרים פלסטיים וקרמיים

את ציוד המעבדה העשוי מחומרים פלסטיים בוחרים בהתאם לעמידות הכימית של החומרים. ניתן להשיג כמעט את כל הציוד והאביזרים הקיימים בזכוכית גם מחומרים פלסטיים שונים על בסיס רחב ומגוון של פולימרים. לדוגמה: PVC; פוליאתילן; פוליפרופילן; ניילון 66, טפלוך ועוד.  
צריך לוודא את עמידותם של החומרים מהם עשויים הכלים בפני החומרים המאוחסנים בתוכם.



## חומרים קרמיים

ציוד עשוי מחרסינה מקובל במעבדה לשימוש בתהליכים בהם נדרש חימום לטמפרטורות גבוהות.

## כוריות וצלוחיות נידוף

את הציוד העשוי מחרסינה ניתן לחמם ישירות מעל להבה. הפעולה מתבצעת בשימוש בלהבה גלויה. בזמן התכה של דוגמאות כימיקלים קיימת סכנה גדולה בשלב הראשוני של השימוש בכורית.

קיימים אביזרים מיוחדים להחזקת כלים קרמיים. השימוש באביזרים נדרש בגלל צורתם המיוחדת ורגישותם של כלי הקרמיקה לפגיעות מכניות (מכות).

במקרים מסוימים ולפי הצורך, יש להעדיף כלים מניקל, פלבי"ם או פלטינה. כל התהליכים חייבים להתבצע במינדף.

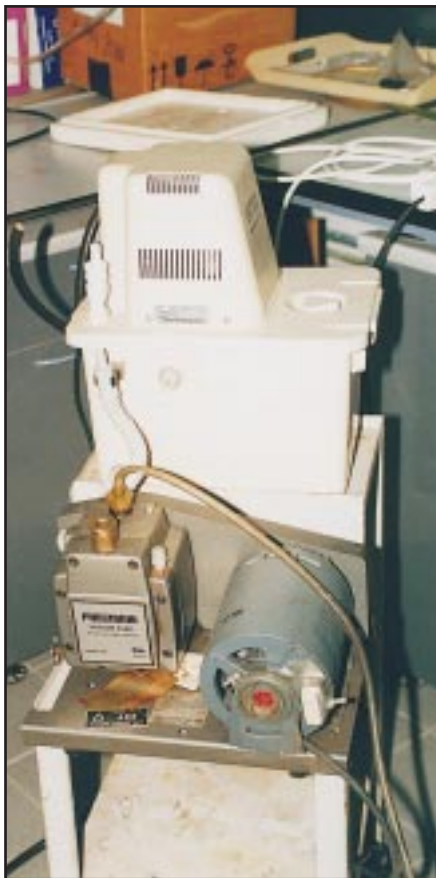
## משפך ביכנר

משפך ביכנר עשוי בדרך כלל מחומרים קרמיים ומשמש לסינון בעזרת ואקום.



## 5. ציוד כללי במעבדה

קיים מיגוון רחב מאוד של סוגי ציוד עזר. הרשימה להלן היא רק דוגמה לציוד העזר הנדרש במעבדה. סוג הציוד ייקבע בהתאם לצרכי המעבדה המסוימת.



משאבת ואקום ניידת

### ציוד עזר כללי

- ציוד כללי הקיים בכל מפעל.
- ציוד משרדי, במיוחד מערכות מחשב שונות.
- מערכות טלפון ותקשורת.

### ציוד עזר לעבודות במעבדה

- מערכות מים קרים וחמים, כולל מיתקני סינון למים.
- מערכות חשמל.
- גלילים של גזים שונים לפי הצורך.
- משאבות ואקום ומדחסים.
- מערכות איורור ומינדפים.

### ציוד כללי לעבודות מעבדה

- ציוד המיועד לשינוע של כימיקלים אל המחסן, וממנו למעבדה.
- ציוד חימום חשמלי במעבדה כולל: כירות חימום; שרוולי חימום; אמבטיות שמן; אמבטיות אוויר; אקדחי חימום אוויר; אקדחי התכה בחום של דבקים ועוד.

החימום בחשמל בטוח יותר מחימום ע"י להבה גלויה. צריך להתייחס לכך ששיטת החימום בחשמל איננה מתאימה לכל התהליכים והחומרים במעבדה, בגלל האפשרות ליצירת ניצוץ. מערכות החשמל בשימוש המעבדה, עבור חומרים ותהליכים מיוחדים, צריכות להיות מוגנות בפני פיצוץ (explosion proof).

- מערכות גז ומבערי בונזן לשימוש בלהבה ישירה.
- כלי עבודה בטיחותיים מחומרים פלסטיים, או כלים שאינם יוצרים ניצוצות.
- ציוד עזר לשימוש שוטף במעבדה, בזמן בדיקות אנליטיות (כמו: משאבות יד עבור שאיבת חומרים בפיפטות).
- ציוד מיוחד כמו מערבלים, בוחשים, צנטריפוגות ועוד.

## 6. ציוד מגן אישי: מסיכות, ביגוד, נעליים

את מיגוון ציוד המגן האישי הקיים ניתן למצוא בפרסומים הרבים בארץ ובעולם. המוסד לבטיחות ולגיהות ערך והוציא לאור ספר יסודי בנושא: "ביגוד וציוד מגן אישי" (אוקטובר 1997).

ההנחיות המיוחדות לשימוש בציוד המגן האישי במעבדות הכימיות נכונות גם לגבי תחומים אחרים.

לציוד המגן שתי מטרות עיקריות:

1. הגנה בפני כימיקלים קורוזיביים (חומצות ובסיסים).

2. הגנה בפני חומרים מזהמים, בעיקר חומרים רעילים.

כל עובד חייב להבין היטב את אופן השימוש בבגדי המגן ואביזרי המגן השונים ואת ייעודו של כל פריט.

פריטי ציוד המגן האישי נועדו לשימוש האישי של העובד ואין להעבירם לשימושם של אחרים.

### הגנת העיניים

כל עובד, גם אם אינו מטפל ישירות בכימיקלים, חייב שיהיו בחזקתו משקפי מגן אישיים בכל זמן שהותו במעבדה. משקפי מגן אישיים מהווים הגנה בסיסית על העיניים, אך הם אינם מהווים הגנה מספקת, ובהרבה פעולות יש הכרח להשתמש באמצעי הגנה נוספים, כגון: מסיכות פנים.

### מסיכות פנים

מסיכות פנים מגינות על הפנים והעיניים בזמן ביצוע פעולות מסוכנות, כמו טיפול במתכות אלקליות, הידרידים מתכתיים, חומצות מרוכזות וכו'. את המסיכות ניתן לנקות במים וסבון.

### חלוקים

עובדי המעבדה חייבים ללבוש חלוקים, להגנת הגוף והבגדים בפני כימיקלים. החלוקים צריכים להיות שלמים ותקינים, ולהיות רכוסים היטב בזמן השימוש.

### כפפות

כפפות המגן משמשות בזמן טיפול בכימיקלים קורוזיביים ו/או מסוכנים. יש להתאים את סוג הכפפות לסוג החומרים בהם מטפלים.

בזמן עבודה עם חומרים רעילים או מסוכנים, יש לשטוף את הכפפות לעתים קרובות. יש להימנע מזיהום כלים, מתגי חשמל וכל ציוד אחר, באמצעות הכפפות. יש להסיר את הכפפות לפני נגיעה בברזים, ידיות של דלתות וכו'.

### מסיכות נגד אבק

בשעת טיפול באבקות: טחינה, ניפוי או העברה מכלי לכלי יש להצטייד במסיכה המאושרת לעבודה באבק.

כאשר מדובר בכמויות גדולות של אבקה - יש לבצע את הפעולות האלה במקום המרוחק משאר אנשי המעבדה, או, לחילופין, במינדף או במערכת יניקה אחרת.

## הגנת השמיעה

ברוב המעבדות אין בדרך כלל מיטרדי רעש. במעבדות בהן מבצעים בדיקות פילוג גודל גרגרים של אבקות באמצעות נפות, לדוגמה, הרעש הוא גדול, והמיתקנים מוחזקים בחדר מבודד.

חשיפה ממושכת לרעש מזיק עלולה לגרום נזק בלתי הפיך למערכת השמיעה.

יש לעשות כל מאמץ להפחתת רמת הרעש עד לתחום המותר. במקרים של רעש חזק או טורדני ישתמשו העובדים החשופים לרעש במגיני אזניים תקינים.

## נעלי בטיחות

נעלי הבטיחות חייבות להגן על רגלי העובד מפני הסיכונים הבאים:

- סיכון מכני - עמידה בפני פגיעה מכנית.
  - סיכון כימי - עמידה בפני איכול או כל פגיעה אחרת מהחומרים השונים.
  - סיכונים חשמל - זרם חשמל עלול לגרום להתחשמלותו של העובד.
- אין לשכוח את הצורך בהתאמה אורטופדית.

קביעת סוג נעלי הבטיחות הדרושות במעבדה או בעבודה מסוימת בה, היא חלק מהותי בתכנון מערך הבטיחות הכולל של הארגון.

## 7. ציוד חירום: ציוד כיבוי אש, ציוד ניטור, גלאים

### אמצעים לאיתור וכיבוי שריפות

#### מניעת שריפות

בתכנון המעבדה יש לכלול פריטים ואביזרים למניעת שריפות ולהקטנת הנזק העלול להיגרם במקרה של פריצת אש.

אסור למקם פלטות חימום חשמליות, או מכשירי חימום אחרים, ליד קירות/מחיצות עץ. אם משתמשים במבער גז - יש לבודדו ממישטח השולחן העשוי עץ באמצעות חומרים לא דליקים שגם אינם מעבירים חום, פלטות קרמיות לדוגמה.

שימוש במכשירי חימום עם להבה גלויה מחייב בדיקות מוקדמות, להרחקת מכשירים היכולים להינזק.

בדוק בתכיפות את צנרת הגז. צינור גומי שהתקשה או נסדק - פסול.

אפקט "זכוכית המגדלת" (מיקוד קרני השמש ע"י עדשות) של צלוחיות כדוריות או בקבוקים עגולים המלאים נוזל, הניצבים במסלול קרני השמש, עלול לגרום לעתים להתלקחות אש. שים לב!

#### מכשיר אזעקה וציוד כיבוי-אש:

• בכל מעבדה, חדר הכנה או מחסן - יותקן אמצעי הפעלת מנגנון אזעקה, שלא יהיה תלוי באספקת החשמל הכללית.

• בכל מעבדה יימצאו המכשירים המקובלים לכיבוי-אש.

אין להשתמש במעבדות, בחדרי הכנה ובמחסנים של מעבדות, בשיטות כיבוי העוללות לגרום לקצר חשמלי; התחשמלות; כוויה או לפגיעה פיזית אחרת.

בפרוזדורים המובילים למעבדות ובתוכן תותקנה עמדות כיבוי גדולות יותר, המצוידות בהתאם לנדרש.



אמצעים לכיבוי אש מותקנים במסדרון

## מטפים לכיבוי-אש

### אבקה (סודה)

אפשר להשתמש במטפה אבקה כזה לכיבוי שריפות של ממיסים הנמהלים במים (כגון כוהל או אצטון).

אין להשתמש במכשיר זה לכיבוי שריפות חשמל או שריפות הקשורות במתכות אלקליות. כמו כן, אין להשתמש בו לכיבוי שריפות ממיסים או שמנים שאינם נמהלים במים.

### קצף

במטפי קצף ניתן להשתמש בשריפות של נוזלים דליקים קלים מן המים (והנמהלים במים), ממיסים אורגניים, שמן וכו'. גם במטפים אלה אין להשתמש לשריפות שבקרבן נמצאים כבלים חשמליים חיים, או מתכות אלקליות.

## **פחמן דו-חמצני (CO<sub>2</sub>)**

מטפי פחמן דו-חמצני מיועדים לשימוש כללי. הם אינם גורמים ללכלוך הסביבה. אפשר להשתמש בהם לשריפות חשמל ולשריפות בהן מעורבות מתכות אלקליות.

כדי להשיג כיבוי יעיל יש להתקרב מאוד למוקד השריפה. מטפים אלה אינם מקררים את הסביבה. בשריפות ממיסים - תיתכן התלקחות חוזרת אחרי הכיבוי.

## **הלון**

חומרי הכיבוי הללו מכילים נגזרות הלוגניות של תרכובות פחמן. שימוש בהם במעבדות ובמקומות סגורים מחייב זהירות רבה, כיוון שתרכובות הפחמן עלולות להתפרק בחום וליצור תרכובות רעילות (פוסגן וחומצות קורוזיביות).

## **ציוד כיבוי-אש משלים**

### **חול**

החול הוא, כנראה, אמצעי הכיבוי הטוב ביותר לדליקות של מתכות אלקליות (אפשר להשיג יעילות טובה גם עם אבקת סודה יבשה). בנוסף, החול עשוי לספוג נוזלים שנשפכו על הרצפה.

### **שמיכות כיבוי**

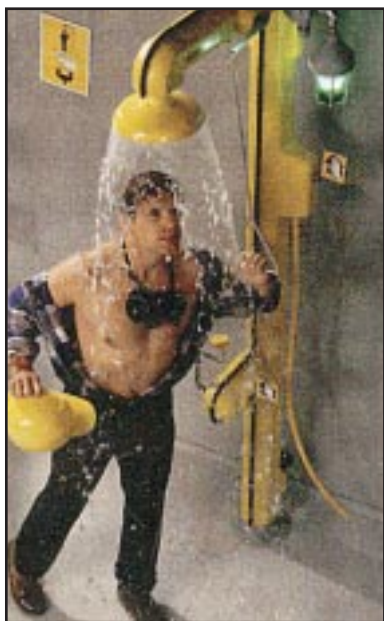
בכל מעבדה, חדר הכנה ומחסן תהיינה שמיכות כיבוי, לכיבוי בגדים שנדלקו. אין להשתמש בשמיכות לכיסוי מכשיר שנדלק.

לעיטוף גוף האדם שנפגע בכוויות נדרשות שמיכות סטריליות.

## 8. מיתקני עזרה ראשונה: שטיפת עיניים, מקלחת חירום

בתוך כל מעבדה, חדר הכנה ומחסן תותקן מקלחת חירום. בקירבת פתחי היציאה של חדרי מעבדות חייבת להימצא: מקלחת חירום עם צינור אספקה בקוטר של 1" לפחות; 'ראש' מקלחת בקוטר 15 ס"מ לפחות; וברז מטיפוס מהיר (מנוף), שאינו חוזר מעצמו.

בכל מעבדה כימית יותקנו מיתקנים לשטיפת עיניים, משולבים או בסמוך למקלחות החירום.



## עבודה עם כלי זכוכית במעבדה

### 1. הסכנות העיקריות מכלי זכוכית במעבדה

הזכוכית היא חומר שביר מאוד! רוב תאונות הפציעה במעבדות נגרמות משברי כלי זכוכית, שכשלו כתוצאה משימוש לא נכון.

את הכללים לטיפול נכון בכלי זכוכית ניתן לסווג בהתאם לסכנות השונות:

#### סכנת שבר

כאשר נשברת זכוכית, יוצרים הקצוות החדים של הרכסים סכנה ממשית לחיתוך. לשברים ולרכסים של זכוכיות מיוחדות, העוברות טיפול תרמי, יש שברים ורכסים בעלי קצוות פחות חדים והם פוצעים רק לעתים רחוקות.

#### סכנות תרמיות

- יש להעדיף, ככל שניתן, שימוש בכלי זכוכית שעברו הרפיה תרמית, אך לזכור: גם כלי זכוכית אשר עברו הרפיה תרמית, עלולים להיכשל, כאשר מחממים אותם לטמפרטורות גבוהות ומקררים אותם לאחר מכן במהירות. כלי זכוכית שלא עברו תהליך נכון של הרפיה תרמית, עלולים להיכשל ללא אזהרה מוקדמת.

- הימנעו מיצירת הלם תרמי. אל תגרמו לשינויים פתאומיים בטמפרטורה. אפילו זכוכית 'פירקס' תיסדק כתוצאה מהלם תרמי קיצוני. בתנאי עבודה קשים במיוחד - יש להשתמש בזכוכית קוורץ.

- בזמן קירור הזכוכית לאחר חימומה, הזכוכית רגישה מאוד להלם תרמי, בגלל נוכחות מאמצים שיוריים בחומר. אי אפשר להבחין בקיומם של מאמצים אלה ללא בדיקה מוקדמת (הבדיקה באמצעות - אור מקוטב).

- לכלים העשויים מזכוכית "רכה" יש התנגדות נמוכה להלם תרמי. במעבדות נעשה שימוש רב בצנרת העשויה מזכוכית רכה, מכיוון שקל לכופף אותה בעזרת מבערים המצויים במעבדה.

- הזכוכית שממנה מיוצרים מדי-חום (תרמומטרים) איננה עוברת תהליך הרפיה תרמית. לכן קיימים בהם מאמצים תרמיים העלולים לגרום לשבר בזכוכית, לפציעה וכמו כן - לשיחרור כספית רעילה.

- עיצוב כלי זכוכית (בניפוח) בשיטת "עשה זאת בעצמך" יוצר מאמצים תרמיים וסיכונים, לדוגמה: כיפוף צינור זכוכית ללא הרפיה בלהבה מופחתת (מעשנת). גם מאמצים שיוריים בכלי זכוכית, הנוצרים כתוצאה מריאקציות כימיות בטמפרטורות גבוהות, עלולים להחליש את הזכוכית.

- זכוכית מתקררת לאט. כדי להימנע מכוויות - טפל בזכוכית חמה בזהירות. לעתים נדרשים גם אמצעי הגנה לידיים.

- השתמשו במלקחיים כדי לאחוז בכוסות חמות; בקבוקי מדידה; בקבוקים וכו'. השתמשו בתפסניות או במלקחיים עם ידיות ארוכות כדי לאחוז בצלחות נידוף חמות, כוריות וכו'.

- אין לחמם כלי זכוכית בעלי דופן עבה העשויה מזכוכית רכה (בקבוקים, כדים, וכו'). הזכוכית תישבר באזור שבין הדופן העבה לדקה.
- אל תחממו בקבוקים; משורות; כלי מדידה נפחיים; משפכים; כדים; טפטפות; שעוני זכוכית; דסיקטורים; לוחות זכוכית ושפופרות מדידה. כלים אלה, בפרט כלים מיושנים, עשויים לעתים מזכוכית רכה.
- אין לחמם פיפטות, בקבוקי מדידה נפחיים וביורטות - כלים אלה יכולים לשנות את ניפחם כתוצאה מהתפשטות והתכווצות, וגם עלולים להישבר.

## 2. הוראות כלליות לשימוש בכלי זכוכית

- אסור להשתמש בכלי זכוכית סדוקים, שרוטים, או שבורים בקצותיהם. כשל כלי זכוכית מתפתח בד"כ על פני השטח. פגיעות מקומיות מחפצים חדים, שריטות או חוס, עלולות לגרום למאמצים קיצוניים על פני הזכוכית. במקומות התורפה הללו יכול להתפתח במהירות כשל מוחלט של הכלי.
- יש להוציא משימוש כלי זכוכית שפני השטח שלהם פגומים. כדאי לנסות ולתקן את הפגמים במידת האפשר ולא - יש להשבית את הציוד.
- אסור לשלוף בכוח פקק גומי עקשן מכלי זכוכית.
- יש לחתוך את הפקק במקביל לציר הכלי ולחלץ אותו מהכלי. מחירו של פקק גומי אינו משתווה למחיר החלפת תרמומטר או ראש מעבה, שלא לדבר על סיכון פציעה אפשרי.
- בהחדרת ציוד זכוכית, כגון: הכנסת צינור זכוכית לתוך פקק גומי, יש להגן על הידיים בכפפות עור או במספר שכבות של בד. אם נחוץ - חמם את הזכוכית בזהירות כדי להקל על ההחדרה.
- במקרים מסוימים יש חשיבות לסוג הזכוכית שבשימוש. ניתן לזהות את סוג הזכוכית לפי מקדם השבירה האופטי שלה בשיטה הבאה: טובלים את הכלי, או הצינור הנבדק, בתמיסה של 59 מ"ל פחמן-טטראכלוריד ו-41 מ"ל בנזן. זכוכית 'רכה' נראית בבירור בתמיסה זו. זכוכית פיירקס אינה נראית בה. בגלל רעילותם הגבוהה של הממיסים הקפד לבצע פעולות אלה במינדף.

### בקבוקי זכוכית

- אין למלא בקבוקים בריאגנטים, בכמות העולה על 90% מנפחם הרשום של הבקבוקים. יש להשאיר פנויים לפחות 10% מהנפח, כדי לאפשר התפשטות של הנוזל במקרה של עליית הטמפרטורה.
- אין להחזיק בקבוקים, ביקרים (Beakers) וכד' בקצוותיהם, אלא רק בגופם ובבסיסם. את הבקבוקים יש לשאת בנושאים סטנדרטיים. אין להעמיס על הנושא יותר בקבוקים מיכולת הנשיאה שלו.
- בקבוקים ארוכי צוואר (כגון בקבוקים וולומטריים) יש לאחוז בזמן הניעור, גם בצווארם וגם בחלקם הרחב.
- בקבוקים המכילים חומצות חזקות, אלקלים חזקים או חומרים קורוזיביים ודליקים, יש לשאת במיכלי מתכת או פלסטיק ייעודיים. נפח המיכלים חייב להיות זהה לפחות לנפחם של הבקבוקים, כדי שיכילו את תוכן כל הבקבוקים במקרה של שבירה.



## הגנת כלי זכוכית

### הוראות הגנה כנגד הלם מכני

- יש להגן על התחתיות של בקבוקי מדידה או כוסות ע"י הדבקתם על מישטח גומי או חומר פלסטי.
- יש להתקין רפידות מגן בתחתיתם של כלי זכוכית אותם מרימים ומניחים על שולחן העבודה בתדירות גבוהה.
- הגנו על בקבוקי מדידה ובקבוקים אחרים באמצעות ציפוי חיצוני, למשל מוויניל.
- כאשר אתם עובדים עם כלי זכוכית או מובילים כלי זכוכית - הרכיבו משקפי מגן עם הגנות צידיות.
- במידת האפשר - יש להעדיף כלים העשויים מחומרים פלסטיים (בבקבוקי שטיפה, לדוגמה).
- אחסנו כלי זכוכית כך שלא יהיה מגע בין הכלים השונים, ותימנע פגיעה בהם.

### הוראות להגנה בפני מאמצים מכניים

- בהרכבות בין כלי זכוכית - השתמשו בחיבורים גמישים.
- הימנעו משימוש מופרז במהדקים כתמיכה בחיבורים הגמישים. יש להעדיף שימוש בפלטפורמות ובתמיכות "צפות".
- **זכרו!** תחתיות שטוחות של כלי זכוכית עמידות פחות בהלם מכני, בהשוואה למישטחים בעלי עקמומיות, הכולאים מאמצים במקומות שונים.

### הוראות להגנה בפני סכנת התפוצצות וקריסה של כלי זכוכית

- בתהליכים המתבצעים בכלי זכוכית קיים בד"כ סיכון להתזה, במקרה של כשל בזכוכית.
- בנוסף, קיים סיכון פוטנציאלי משברים ורסיסים, העלולים לעוף במהירות גבוהה. רסיסים אלה עלולים לגרום לפציעות בעיניים ולאיבוד דם מכלי דם שנחטבו.
- כלי זכוכית שבהם מבצעים עבודה בוואקום מהווים סיכון. ככל שעקמומיות פני שטח הזכוכית קטנה (פני השטח יותר שטוחים), הסכנה גדלה.
- גולות ריאקציה גדולות חייבות להיות מוגנות.
- יש להתקין מגינים מסביב לציוד הנמצא במשטר ואקום, או שקיימת סכנת פיצוץ (ביצוע ריאקציה כימית או הרתחה, לדוגמה, מסכנות את המפעיל ואת העומדים לציודו). זכרו: קיים אדם נוסף מעבר לשולחן העבודה במעבדה!
- כאשר אתם עובדים בוואקום או בלחץ - כסו את כלי הזכוכית בסרט, או עטפו אותם באריזה פלסטית או ברשת מתכת. הכיסוי יצמצם את פיזור רסיסי הזכוכית בחלל המעבדה במקרה של פיצוץ או קריסה של המערכת.

### הוראות נוספות מיוחדות

- יש להגביל אחסון נוזלים דליקים או מסוכנים לבקבוקים בנפח של 500 מ"ל.
- אל תעמידו ואל תאחסנו יחד כימיקלים השונים במהותם (שאינם תואמים). לדוגמה: אין לאחסן חומצות עם בסיסים, או חומרים מחמצנים עם חומרים מחזרים (כמו אמוניום הידרוקסיד מרוכז עם חומצה חנקתית).
- השתמשו בכלי הובלה בטיחותי לצורך שינוע חומרים מסוכנים, ובפרט שינוע נוזלים.
- השתמשו במגשים כולאי נוזלים (מאצרות), מתחת לכלי זכוכית בהם מתבצעות ריאקציות כימיות.

### 3. הנחיות לשימוש בכלי זכוכית מיוחדים

בחרו את כלי הזכוכית המתאימים לסוג העבודה שאתם עומדים לבצע. השתמשו אך ורק בכלים שלמים. אין להשתמש בכלים פגומים, סדוקים או שבורים; כלים כאלה יש להשליך למיכל לכלים פגומים שיועד למטרה זו.

יש להציב מגינים עשויים זכוכית בטיחותית או פרספקס לפני מערכות כלי זכוכית בתהליך עבודה (סינתזה, זיקוק וכו').

במקרים של עבודה עם גזים: הפעלת לחץ בתוך כלי הזכוכית, או שחרור לחץ מתוכם, ייעשו באיטיות - כדי למנוע שינויי לחץ מהירים.

למניעת עליית לחץ במערכת הזכוכית, במהלך תהליכי העבודה, יש לנקוט באמצעים המתאימים - הפעלת ואקום; מלכודת; נשם (VENT) פתוח וכו'.

אין להשתמש ב'דחפנים' (שימוש בחנקן או כדומה) בתוך כלי זכוכית לצורך העברת חומר מכלי אחד לשני - ההעברה תבוצע רק בשפיכה או ביניקה.

#### צנרת מזכוכית

צינור או מוט זכוכית נשבר בקלות, כאשר דוחפים אותו בכוח לתוך חור קדוח בתוך פקק גומי או שעם. לפיכך - לפני כל החדרה של צינור/מוט זכוכית, יש לוודא שקוטר החור בפקק הוא במידה הדרושה.

צינור זכוכית לא יחדור לתוך פקק רק בגלל שקיים בו חור. קוטר החור צריך להיות קטן במקצת מקוטר הצינור או מוט הזכוכית. כאשר הפער בין הקטרים גדול - יידרש כוח רב כדי לדחוף את צינור הזכוכית דרך הפקק. הפעלת כוח מזמינה צרות. יש למקד את הכוחות הדרושים להחדרת הצינור לאורך ציר הצינור. אין להפעיל על הצינור או על מוט הזכוכית כוחות כפיפה בזמן ההחדרה לתוך הפקק.

דאגו למרוח חומר סיכה על צינור הזכוכית לפני החדרתו לפקק הגומי. כלל זה מתאים לצנרת מזכוכית; מוטות; מדי-חום; שפופרות; מעבים; חיבורי לטש וכלי זכוכית אחרים. חומרי סיכה מתאימים הם גליצרין או מים. בשעת החדרת צינור, או מד-חום דרך פקקי גומי ובמקרים דומים - לבשו כפפות עור, או כותנה עבה מצופה בחומר פלסטי.

האזהרות שהוזכרו, מתאימות גם להחדרת זכוכית לתוך צנרת מגומי או מפלסטיק - הזכוכית חייבת להיות משוחה בחומר סיכה לפני החדרה לתוך צנרת הגומי או החומר הפלסטי.

את צנרת הגומי יש לחתוך באווית. זוויית החיתוך מאפשרת החדרה קלה יותר של הזכוכית.

במעבדה חותכים בד"כ צינורות או מוטות העשויים מזכוכית. בזמן החיתוך חייב החותך ללבוש כפפות עור ולהרכיב משקפי מגן. אין לחתוך צינור זכוכית באמצעות פצירה! הצינור יישבר כתוצאה מהפעלת הלחץ והתוצאה תהיה פציעה. עבור צנרת בקוטר של 12 מ"מ ומעלה - השתמש בחותך ייעודי לצינורות. בנוסף, שטח החתך שיוצרת הפצירה איננו חלק.

כדי לחתוך צנרת זכוכית או מוטות שקוטרם קטן מ-12 מ"מ, שרוט את מקום החיתוך בפצירה משולשת חדה. יש לאחוז במוט בשתי הידיים, כל יד מצד אחר של החריץ המסומן, כשהאגודלים לוחצים על צידו התחתון של המוט. יש לכופף את המוט, כך שהחריץ המסומן יימתח הרחק מגוף העובד. פעולת הכיפוף צריכה להיות פתאומית - כך מובטח שבר נקי בדיוק במקום החריץ. לאחר החיתוך יש לחמם את פני החתך מעל להבה חמה, כדי לעגל קצוות חדים.

חיתוך של צנרת או מוט זכוכית הוא פעולה פשוטה מאוד, העלולה להיות לפעמים מסוכנת. לכן הידיים חייבות להיות מוגנות (בכפפות) כדי למנוע פציעה. את המאמץ על הזכוכית יש להפעיל מהגוף והלאה.

### החדרת זכוכית לתוך פקק

1. בחרו פקק בעל נקב מתאים.
  2. השתמשו בכפפות מתאימות (מומלצות כפפות עור), או עטפו את כפות הידיים במגבת.
  3. הרטיבו את הזכוכית או הפקק (במים או בגליצירין), כדי להבטיח הכנסה קלה ונוחה של חלק הזכוכית דרך הפקק.
  - כך גם לגבי הכנסת פיטה לתוך משאבה ידנית, או כלי עזר אחר, לצורך נטילת דגימות.
  4. החזיקו את הפקק בין אצבעות יד אחת והחדירו לתוכו את קצה חלק הזכוכית, תוך סיבוב ולחיצה קלה, בעזרת היד השניה.
- יש להקפיד שהידיים תהיינה מעבר לתחום קטע הזכוכית המיועד להחדרה דרך הנקב שבפקק.
- להחדרת חלק הזכוכית לתוך הפקק השתמשו, במידת האפשר, במקדח כמוביל. בעת החדרת הזכוכית, אין להפעיל בשום מקרה לחץ מיותר. תמיד צריך לנהוג בזהירות ובעירנות.

### ניפוח זכוכית

ניפוח זכוכית, מבוצע ע"י מומחים לכך העובדים אצל יצרני זכוכית שונים. מחלקה לניפוח זכוכית קיימת גם במעבדות כימיות גדולות מסוימות. הניפוח משמש בדרך כלל לתיקון כלי זכוכית יקרים, או להכנת מערכת מיוחדת מזכוכית המתוכננת לניסוי מוגדר מראש.



מנפח זכוכית בעבודתו

- יש לוודא שאין נוכחות של שאריות חומרים דליקים בכלי הזכוכית לפני חימום (בפרט בכלים משומשים).
- הימנעו ממוגע באבק סיליקה - הוא עלול להיות מסוכן לעור ולנשימה.
- בזמן ביצוע פעולת ניפוח של זכוכית יש לחבוש מגן לעיניים, להגנה מפני חבלה מכנית וסינוור מבוהק אדי נתרן.
- שמרו על עירנות קבועה, כדי להימנע מכוויות תרמיות.

### כלי זכוכית עם לטשים

בכלי זכוכית המצויים כיום במעבדות, נפוץ השימוש בהתקנים בעלי מבנה קוני, עשויים מזכוכית, ובעלי לטש מחוספס (זכר/נקבה) לצורך חיבור וסגירה בין כלים שונים. הלטשים הנגדיים מותאמים זה לזה באופן המאפשר הצמדה באופן מושלם ואפילו אטימה - המאפשרת בניית ואקום. התקנים אלה מחליפים בהצלחה פקקי שעם וגומי בכלים העשויים מזכוכית כגון: קולבות, מעבים, בראים לבירטות ולמשפכים מפרידים, וכדומה.

כדי למנוע היתפסות של החיבורים - מומלץ לגרז את הלטשים בשכבה דקה של שמן או גריז סיליקוני. במקרים שבהם אין אפשרות להשתמש בחומרי סיכה אלה, ניתן להפריד בין הלטשים באמצעות שרול טפלון קוני מתאים.

לפעמים קשה להפריד בין חלקי הזכוכית לאחר השימוש במחבר מסוג זה, כתוצאה מהיתפסותו עקב חימום, או כתוצאה מחדירת חומרים כימיים לרווח שבין הלטשים. במקרים כאלה, מומלץ לחמם את אזור הלטש בעדינות ולאחר מכן לחזור ולנסות להפריד את החלקים בתנועה סיבובית, כשהם עטופים במגבת (או בד אחר), תוך הפעלת כוח חלש יחסית. אם פעולה זו אינה משחררת את החלקים - יש להשרות אותם לזמן מה בממיס מתאים, ולחזור על פעולת ההפרדה.

### כלי זכוכית למדידה ולמזיגה של נוזלים

#### כוסות

בכוס רגילה אוחזים בכף יד אחת העוטפת אותה. כוסות גדולות (מעל 500 מ"ל) יש להחזיק בכף יד אחת מסביב לכוס, כשהיד השנייה תומכת בכוס בתחתיתה.

כוסות גדולות צריכות להיות עשויות מזכוכית עבה.

הכוסות נוטות להישבר בזמן הנחתן על שולחן המעבדה. לכן: היזהר בעת הנחת כוס על השולחן! דאג למישטח מרופד או גמיש מתחת לכוס. בהרמת הכוס - ודא שהשטח סביבה פנוי, למניעת חבטות מהצד.

כוסות חמות תוחזקנה בעזרת מלקחיים מיוחדים. הנח כוסות חמות על חומר מבודד.

#### פיפטות

טיפול בנוזלים בעזרת פיפטות הוא כנראה אחד מהסיכונים הגדולים ביותר במעבדה. יש להימנע משימוש בפה לצורך שאיבת הנוזלים.



פיפטות במיתקן אחסון בטיחותי



**ביורטות במיתקן אחסון בטיחות**

יש להשתמש בהתקן מיוחד המיועד למטרה זו והמבטיח תנאי בטיחות מירביים. במקרים מסוימים ניתן לשאוב תמיסות מימיות של חומרים לא רעילים בעזרת הפה, אולם - שיטה זו של שאיבה באמצעות הפה, איננה מומלצת.

כאשר השאיבה נעשית דרך הפה - יש להיזהר שלא יכנס אוויר דרך קצה הפיטה, בגלל החשש שתכולת הנוזל תתרוקן לתוך הפה. שאיבת ממיסים בעלי לחץ אדים גבוה חייבת להתבצע תמיד, בעזרת התקן מיוחד.

קצות הפיטה עלולים להישבר בקלות ולגרום, כתוצאה מכך, לחתכים קשים בידיים ובאצבעות. אין להפעיל מאמצים מכניים על הפיטה.

### **ביורטות**

הסכנה העיקרית בשימוש בביורטות היא בזמן פעולת המילוי. יש להוסיף את הנוזל בזהירות, כדי שלא יותז החוצה. בזמן מילוי ביורטות גבוהות עלולות להיגרם כוויות קשות כאשר ריאגנטים שונים נוזלים לאורך הזרוע. שימוש בכוס קטנה ומשפך מצמצמים את הסיכון. בזמן המילוי יש לחבוש שגורמים חומרים אלקליים קשות יותר מכוויות שגורמות חומצות מדוללות.

אין לחמם ביורטות - הביורטות עלולות לשנות את ניפחן כתוצאה מהתפשטות והתכווצות בחימום וקירור.

ביורטות ופיפטות חייבות להיות נקיות מאוד.

### **בקבוקי מדידה**

הסיכון העיקרי בשימוש במיכלי כיוול הוא כשל מכני של הבקבוק כתוצאה מניעורו. בזמן הניעור, יש לתמוך בו זמנית, בצוואר הבקבוק ובחלקו הרחב של הבקבוק - כדי למנוע שבירה באזור הצוואר.

אל תשתמשו בבקבוקי מדידה לצורך אחסון תמיסות. בקבוקים אלה שבירים במיוחד.

אין לחמם בקבוקי מדידה - ניפחם משתנה כתוצאה מהתפשטות והתכווצות, והם עלולים להישבר, כיוון שרובם אינם עוברים תהליך הרפיה בחום.

### **משפך מפריד בתהליכי מיצוי**

בתהליכי הפרדה או מיצוי משתמשים, לעתים, בציוד ובחומרים שיש בהם פוטנציאל של סיכון.

משפכי הפרדה עלולים להישבר בחלקם הצר. נדרשת זהירות מיוחדת כאשר עוסקים בחומרים רעילים או בממיסים דליקים. חובה להשתמש בציוד מגן אישי מתאים. עבודה עם ממיסים מסוכנים צריכה להתבצע במינדף.



משפכים מפרידים מונחים על גבי טבעות משען

אל תנסו למצות תמיסה לפני שהיא התקררה לטמפרטורה נמוכה מנקודת הרתיחה של הממיס הממצה.

אל תכוונו את קצה משפך ההפרדה לעבר אדם כלשהו ואל תקרב אותו למקור אש.

כאשר משתמשים בממיס נדיף - יש לערבב תחילה את הנוזלים בתנועות סיבוביות של המשפך המפריד, ולאחר מכן לפקוק אותו.

כאשר הופכים את המשפך תומכים בפקק ופותחים מיד את הברז. את הפעולה יש לבצע כאשר קצה המשפך מכוון מהגוף והלאה, והברז נתמך כדי שלא יצא ממקומו.

**זכרו:** ברז זכוכית חייב להיות מגורז (לברז טפלון לא נדרש גירוז). חוזרים על פעולת שחרור הברז, עד שאין יותר לחץ עודף במשפך. את המשפך מסובבים כשהוא תלוי על כן, וחולצים מיד את הפקק. לאחר השהיה מתאימה מפרידים בין החומרים לתוך כוס איסוף רחבה, המוצבת מתחת למשפך כדי למנוע נזילות מסביב.

כאשר משתמשים במשפך הפרדה גדול (מעל 1 ליטר), לצורך טיפול בממיסים נדיפים, עלול לחץ האדים של הנוזל לגרום להעפתו של פקק המשפך. עדיף לעבוד בצורה בטוחה יותר - באמצעות משפך יותר קטן, ולבצע את פעולת ההפרדה במספר שלבים.



הפרדה בקולונה



**מעבה - מקרר ליביג**

מיתקן המשמש לקירור אדים, לצורך עיבוי ולאיסוף נוזלים מתזקיקים.

זהו צינור כפול. לצינור הפנימי יש בדרך כלל צורת ספירלה, כדי להגדיל את משך השעות של האדים במיתקן, ולהשיג זמן קירור ארוך. הצינור החיצוני מכיל, בדרך כלל, מי קירור בטמפרטורת מי ברז או מקוררים - לפי הצורך - המוזרמים אליו וממנו באופן רצוף.

## 4. כלי זכוכית עבור תהליכים מיוחדים

כאמור כלי זכוכית צריכים לעבור תהליך הרפיה (קירור איטי לשחרר מאמצים תרמיים). יש לבחון, בעזרת אור מקוטב (מקטבים מוצלבים), אם קיימים מאמצים בכלי הזכוכית. אין להשתמש בזכוכית שקיימים בה פסי מאמצים.

ככלל, יש לוודא את שלמותם ותקינותם של כלי זכוכית המיועדים לשימושים מיוחדים.

עגל קצוות חדים של כלי זכוכית, לפני השימוש בהם, ע"י חימום בלהבה.

## תהליכים במשטר ואקום



דסיקטורים

הוואקום משמש במעבדות לצורך סינון, ייבוש וזיקוק. הלחץ המקובל במערכות וואקום הוא בערך 10-20 מ"מ כספית. בקבוקי סינון, דסיקטורים ואחרים, הנמצאים במצב של ריק, חייבים להיות מוגנים באמצעות סרטים כנגד אפשרות של קריסה. למיכלי זכוכית המשמשים לעבודות בוואקום חייבת להיות דופן עבה ללא סדקים. גלגל משאבת הוואקום חייב להיות מוגן. בנוסף, חייבים להשתמש במשקפי בטיחות ובציוד מגן אישי אחר.

## 5. ניקוי כלי זכוכית

ניקוי כלי זכוכית עלול לגרום לפציעות רבות. כתוצאה משבירת הזכוכית, קיימת בנוסף, סכנה להיפגע מתמיסות הניקוי.

### אמצעי זהירות

- לבשו כפפות גומי כאשר אתם רוחצים כלי זכוכית - חתכים רבים נגרמים בזמן הפעילות הפשוטה הזאת.

- הרכיבו משקפי מגן לקראת פעולת הניקוי/השטיפה.
- ודאו שכל הכלים המועברים לשטיפה יהיו נקיים משאריות של חומרים כימיים.
- אין לגרד כלי זכוכית, להכות עליו או להפעיל עליו לחץ, כדי להסיר חומר שנדבק לדפנותיו.
- הסרת עקבות חומרים מסוכנים בעזרת ממיסים או תמיסות מיוחדות, תיעשה אך ורק ע"י אדם מוסמך, בתנאים מבוקרים ובטוחים.
- חל איסור על אדם בלתי מוסמך (שאינו כימאי או טכנאי מעבדה) להשתמש בחומרים כימיים כלשהם לניקוי ולשטיפת כלי זכוכית בחדר השטיפה.
- שוטף הכלים, בחדר השטיפה או במקום שיועד במיוחד לכך, ישתמש לשטיפת הכלים רק בתמיסת סבון ומים.
- במהלך ניקוי הכלים יש לבדוק את שלימותם והיעדר סדקים בזכוכית.
- לאחר הניקוי הכלים יונחו על מיתקן ייבוש מיוחד, והם יאובטחו כנגד נפילה וכנגד לחץ הדדי ביניהם.
- שברי זכוכית יש לאסוף בעזרת מטאטא/מברשת ויעה, ולהכניסם למיכל מיוחד, שיועד לכך וסומן בהתאם. אין להשליך שברי זכוכית לתוך סל או מיכל לפסולת רגילה.

## חומרי ניקוי

את רוב כלי הזכוכית ניתן לנקות ביעילות באמצעות אחד מהדטרגנטים המקובלים במעבדות. ניתן להשרות כלי זכוכית מלוכלכים בתמיסת דטרגנט, לקרצף - כדי להסיר לכלוך שנדבק לכלים ולשטוף במי ברז, ולאחר מכן במים מזוקקים. לבסוף מייבשים באוויר. כאשר חשוב לסלק עקבות של דטרגנט מכלי הזכוכית - יש לשטוף אותו בחומצה מדוללת לפני השטיפה במים.

כל חומרי הניקוי שאינם דטרגנטים הם מסוכנים. החומרים המקובלים למטרות ניקוי כלים במעבדות הם תמיסה של מלח-ביכרומט בחומצה; תלת-פוספט הנתרן; ותמיסה של בסיס האשלגן באלכוהול. כאשר מעוניינים בניקוי מוחלט של זיהומים מכלי הזכוכית יש להשתמש בחומר ניקוי חומצי.

ביכרומט-חומצה היא תמיסה של המלח אשלגן ביכרומטי וחומצה גופרתית מרוכזת. הרכב זה ממיס ומחמצן חומרי סיכה אורגניים ואחרים. אי לכך, תמיסה זו גורמת לייבוש העור, לכוויות בדרגה שניה; לחימצון ולשלפוחיות על העור.

לפני ניקוי כלי זכוכית בחומצה, שוטפים אותם בתמיסה של דטרגנט. לאחר מכן טובלים את הכלי בתמיסה של חומצה-ביכרומט. משך הטבילה משתנה, בהתאם לייעודם של כלי הזכוכית. לאחר הטבילה שוטפים את הכלים במי ברז ובמים מזוקקים, ומאפשרים להם להתייבש.

מי שמבצע תהליך ניקוי חומצי כזה חייב להגן על עצמו בצידוד מגן אישי: משקפי מגן בטיחותיים; מגן לפניים; כפפות גומי; סינור גומי וחלוק מעבדה. עליו להיזהר מאוד ולהימנע מהתזת חומצה, על עצמו ועל הסובבים אותו.

חומצות אחרות כמו חומצה חנקתית או חומצה הידרוכלורית יכולות, במידת הצורך, להחליף או להשלים את הניקוי בחומצה-ביכרומט. יש לזכור שמלבד הסיכון הרב לעובד - בשימוש בחומצה לצורך ניקוי - קיימת סכנה של פגיעה גם בצידוד המעבדה. בנוסף, קיימת בעיה סביבתית של סילוק ביכרומטים.

תמיסות הניקוי הן חומרים מסוכנים ויש לטפל בהן בהתאם. כל הסכנות הידועות, הצפויות מתמיסות אלה, חייבות להיות רשומות על מדבקה שתתנוסס במקום בולט על גבי מיכלי החומרים.



תהליכי ניקוי מסוימים חייבים להתבצע בתוך מינדף.

#### זהירות:

**תלת-פוספט הנתרן** הוא חומר אלקלי חזק, העלול לגרום לצריבה או לכוויה בעור. **תמיסה אלכוהולית של בסיס האשלגן** יכולה לגרום לכוויות והיא גם דליקה מאוד. קיימים חומרים "פעילי שטח" שיכולים, במקרים מסוימים, להחליף את חומרי הניקוי החומציים. לפיכך, יש לבדוק ולשקול אפשרות שימוש בתחליפים אלה, בגלל הסכנה הטמונה בחומרי הניקוי החומציים והבסיסיים.



כיור ומיתקן לייבוש כלי זכוכית

## 6. קבלה, אחסון וסילוק כלי זכוכית פגומים

בזמן קבלת כלי זכוכית חייבים לטפל בהם בזהירות, כפי שמטפלים בכל ציוד שבר. כלי זכוכית, שלא היו ארוזים היטב, מגיעים לעתים כשהם שבורים. עובדי המעבדה חייבים להיות ערים לכך בעת פתיחת משלוח כלי זכוכית. יש לפתוח כל קרטון של כלי זכוכית בזמן הקבלה ולבדוק את תכולתו, כדי לוודא שהכלים אינם סדוקים או מחורצים. כלים פגומים עלולים להיכשל מאוחר יותר בזמן השימוש, ולכן חייבים להחזירם לספק או להשמידם.

יש להקדיש תשומת לב מיוחדת לאחסון של כלי זכוכית. חייבים לאחסן אותם על מדפים שיועזו לכך, במקום מואר היטב. המדפים עליהם מניחים כלי זכוכית צריכים להיות מוקפים במעקה, כדי למנוע נפילה של הכלים.

## כללים לאחסון בטוח של כלי זכוכית

- יישום ההמלצות הבאות יבטיח אחסון בטוח לכלי זכוכית:
- כלי זכוכית, שאינם נתונים באריזות, יוצבו על מדפים מרופדים בחומרים רכים מתאימים.
- כלי זכוכית קלי משקל חייבים להיות מוצבים על גבי המדפים העליונים. כלים כבדים יש להניח על המדפים התחתונים.
- כלי זכוכית גבוהים יוצבו בצידו האחורי של המדף, והנמוכים קרובים לחזית.
- חייבת להיות אפשרות גישה לכלי הזכוכית שבמדפים העליונים, ללא צורך בשרפרף או סולם.
- מוטות וצינורות זכוכית יש לאחסן במצב אופקי, כך שלא יבלטו מעבר לקצה המדף.
- כל המעברים באזור האחסון חייבים להיות תמיד חופשיים ממכשולים.
- יש לסלק מיד זכוכיות שבורות לתוך מיכל ייעודי ומשולט, שיוצב בפינת המעבדה. אין לזרוק זכוכית שבורה לפח האשפה הרגיל - עובדי הניקיון ואחרים עלולים להיפצע משברי זכוכית הנמצאים במיכל לא מסומן.
- שברי זכוכית גדולים אוספים בעזרת מטאטא ויעה. את השברים הקטנים יש לאסוף בניגוב, בעזרת סמרטוט ריצפה לח, או ע"י שאיבה באמצעות שואב אבק.