

בטיחות במעבדות כימיות

מהנדס יצחק שלדוב

מהנדס זהר שטרן



המוסד לבטיחות ולגיהות
מחלקת הוצאה לאור
נובמבר 2004

קוד: ח-092

ייעוץ:

מהנדס אריה אוקסמן

עריכה מקצועית והפקה:

אלכס אפשטיין

עריכה לשונית:

רחל קמה

עיצוב:

מוטי קדם

איורים:

אווה כהן

מס' ISBN 965-490-027-0

© כל הזכויות שמורות

למוסד לבטיחות ולגיהות - מחלקת הוצאה לאור.

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי, או מכני או אחר - כל חלק שהוא מהחומר שבספר זה אלא ברשות מפורשת בכתב מהמוציא לאור. חוברת זאת נועדה למסור מידע לקורא בתחומים שבהם עוסק הפרסום, ואיננה תחליף לחוות דעת מקצועית לגבי מקרים פרטיים. כל בעיה או שאלה מקצועית, הקשורות במקרה פרטי - יש לבחון, לגופו של עניין, עם מומחה בתחום.

תוכן העניינים

7	פתח דבר
9	הקדמה
	פרק א - סיכונים עיקריים במעבדות כימיות ומניעתם
11	1. גורמי הסיכונים במעבדות כימיות
12	2. דירוג סיכוני בטיחות וגיהות
15	3. התופעות המסוכנות המתרחשות במעבדות כימיות
	פרק ב - עקרונות כלליים בבטיחות וגיהות במעבדות כימיות
23	1. סוגיית הבטיחות במעבדה
24	2. המלצות כלליות לעבודה מעשית בטוחה במעבדות כימיות
30	3. תוכנית בטיחות
34	4. ארגון הבטיחות
34	5. אחריות הארגון לבטיחות במעבדה
35	6. אחריות מנהל המעבדה לבטיחות
37	7. אחריות העובד לבטיחות במעבדה
37	8. הנחיות והוראות בטיחות במעבדה כימית
39	9. היבטי התחיקה
40	10. תקנות הבטיחות בעבודה (בטיחות, גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים בגורמים מסוכנים במעבדות), התשנ"ח-1998 - הצעה
	פרק ג - חומרים במעבדה*
41	1. הגדרות של חומרים - כללי
42	2. הגדרת חומרים מסוכנים
44	3. אפיון של נוזלים דליקים (Flammable) ובעירים (Combustible)
46	4. אפיון של חומרים רעילים
47	5. דוגמאות של חומרים מסוכנים
51	6. עבודה עם חומרים מסוכנים (חומ"ס)
53	7. אחסון חומרים כימיים
	פרק ד - מערכות גזים דחוסים וחומרים קריאוגניים
57	1. שימוש בגזים דחוסים
69	2. מערך בדיקה למערכת לחץ
69	3. עבודה בחומרים קריאוגניים
70	4. מידע על גזים השכיחים במעבדה
73	5. הוראות בטיחות כלליות בשימוש בגלילי גזים דחוסים

* בספר אין התייחסות לחומרים מקבוצות סיכון 1 ו-7.

פרק ה - המלצות לתכנון מעבדות כימיות

- | | |
|----|---------------------------|
| 75 | 1. כללי |
| 75 | 2. עקרונות תכנון מבנה |
| 79 | 3. מערכות חשמל |
| 83 | 4. מערכות איוורור מקומיות |
| 85 | 5. מינדפים |
| 89 | 6. שירותים כלליים |

פרק ו - ציוד במעבדה

- | | |
|-----|---|
| 91 | 1. תכנון פנים - ריהוט |
| 92 | 2. תנורים |
| 96 | 3. ציוד זכוכית |
| 98 | 4. חומרים פלסטיים וקרמיים |
| 99 | 5. ציוד כללי במעבדה |
| 100 | 6. ציוד מגן אישי: מסכות, ביגוד, נעליים |
| 101 | 7. ציוד חירום: ציוד כיבוי אש, ציוד ניטור, גלאים |
| 104 | 8. מיתקני עזרה ראשונה: שטיפת עיניים, מקלחות חירום |

פרק ז - עבודה עם כלי זכוכית במעבדה

- | | |
|-----|---|
| 105 | 1. הסכנות העיקריות מכלי זכוכית במעבדה |
| 106 | 2. הוראות כלליות לשימוש בכלי זכוכית |
| 108 | 3. הנחיות לשימוש בכלי זכוכית מיוחדים |
| 113 | 4. כלי זכוכית עבור תהליכים מיוחדים |
| 113 | 5. ניקוי כלי זכוכית |
| 115 | 6. קבלה, אחסון וסילוק כלי זכוכית פגומים |

פרק ח - פעולות במעבדה

- | | |
|-----|---|
| 117 | 1. הוראות עבודה כלליות |
| 118 | 2. הוראות בטיחות מיוחדות |
| 120 | 3. הוראות עבודה עם חומרים קורוזיביים |
| 122 | 4. הוראות עבודה עם חומרים רעילים |
| 122 | 5. הוראות עבודה עם חומרים דליקים ונפצים |
| 123 | 6. הוראות עבודה עם גזים דחוסים |
| 124 | 7. עבודות מיוחדות במעבדה |
| 131 | 8. עבודות במעבדה עם מיכשור אלקטרוני |
| 132 | 9. פעולות שונות במעבדה |
| 134 | 10. שימוש בציוד ומיתקנים |
| 134 | 11. פעולות במחסן |

פרק ט - טיפול בפסולת

135	1. כללי
135	2. הגדרות
136	3. סיכונים
136	4. פעולות בטיפול בפסולת
137	5. הנחיות שונות לטיפול בפסולת במעבדה
139	6. איסוף, אריזה ושילוט - הנחיות נוספות
140	7. העברת הפסולת מהמעבדה (הארגון) לאתר ברמת חובב
141	8. תקנות רישוי עסקים (סילוק פסולת חומרים מסוכנים), התשנ"א-1990
143	9. מידע ללקוח מהחברה לשירותי איכות הסביבה (רמת חובב)
	10. דוגמת הוראת בטיחות במעבדה:
144	טיפול בפסולת מעבדה (אתר הפסולת ברמת חובב)

פרק י - מצבי חירום במעבדה כימית

145	1. נוהלי חירום
146	2. שירותי עזרה ראשונה
148	3. הנחיות כלליות לכיבוי אש במעבדה
149	4. נהלים לשמירת כוננות האמצעים לשעת חירום

נספחים

153	1. תקנים ישראליים המוזכרים בספר
154	2. ספרות עזר ופרסומים של המוסד לבטיחות ולגיהות
155	3. אינטרנט לשירות הבטיחות במעבדות כימיות
156	4. רשימת חומרים אופייניים למעבדות ומספרי הזיהוי שלהם
158	5. ראשי תיבות הכלולים בגיליונות בטיחות
	6. תקנות הבטיחות בעבודה (בטיחות וגיהות תעסוקתית בעבודה עם
161	גורמים מסוכנים במעבדות רפואיות, כימיות ובילוגיות), התשס"א-2001
	7. חוקים ותקנות בנושא החומרים המסוכנים
169	♦ חוק החמרים המסוכנים, התשנ"ג-1993.
183	♦ תקנות החומרים המסוכנים (סיווג ופטור), התשנ"ו-1996.

פתח דבר

מספר המעבדות, המוגדרות כ"מעבדות כימיות", בישראל הוא גדול ביותר, ומספר המועסקים בהן הוא רב.

מעבדות כימיות קיימות במוסדות חינוך ואקדמיה, במוסדות מחקר ובבתי חולים, וכמובן - בתעשייה על ענפיה השונים.

מספרם של המועסקים והלומדים במעבדות אלה, וכן המיגוון העצום של הסיכונים הפוטנציאליים במעבדות הללו - הם הבסיס להחלטה להוציא לאור את הספר הזה.

עיון ולימוד של הפרקים, הרלוונטיים לכל מעבדה ומעבדה, יתנו בידי המנהלים והצוותים כלים יישומיים לתכנון הבטיחות במעבדה - החל משלב ההחלטה על הקמתה וכלה בשלב העבודה המעשית בה - להעלאת רמת הבטיחות והגהות בעבודה.

דרך נוספת ומומלצת לשימוש ולניצול נכון של ספר זה היא בהכנת נהלים פנימיים, שיתבססו על החומר המצוי בספר ועל התנאים והחומרים המיוחדים לכל מעבדה.

הכלים וכמובן ההחלטות, הם בידך, הקורא.

אני מקווה שתפעלו בדרך שתקדם את המטרה של כולנו - הקטנת מספר הנפגעים בתאונות עבודה ובמחלות מקצוע.

בברכה



מנחם שורץ

מנהל המוסד לבטיחות ולגיהות

הקדמה

מעבדה כימית היא במובן מסוים 'מפעל כימי' בזעיר אנפין - מיגוון גדול של פעולות ותהליכים, המרוכזים יחד במקום אחד, קטן יחסית.

העבודה והפעילות המתבצעת במעבדות השונות היא ייחודית, ואיננה משקפת בהכרח את המתבצע במפעל.

במעבדה הכימית ולצידה, מאוחסנים חומרים מסוכנים מקבוצות סיכון שונות. חלקם חומרים בשימוש יומיומי (כמו גז בישול בשימוש כללי), אחרים הם גזים הנמצאים בשימוש כללי - לא רק במעבדה הכימית אלא גם במחלקות התחזוקה, כמו: ארגון, חנקן וחמצן. אולם, מרבית החומרים המצויים במעבדות הם חומרים מסוכנים בשימוש, וחשוב למנוע בוודאות עירוב לא נכון ביניהם באחסון ובטיפול.

במעבדה הכימית מתבצעים תהליכים כימיים רבים, במסגרת בדיקות וניסויים שונים בתחום המחקר והפיתוח של המפעל: עוסקים בה בהפעלת תהליכים כימיים כהכנה לתהליכי ייצור, לבדיקת טיבם והמאפיינים של חומרים המשמשים במפעל ועוד. בדיקה אנליטית פשוטה מצריכה שימוש בחומצות או בסיסים וגם בממיסים אשר עלולים להיות דליקים.

לשמירה על כללי הבטיחות במעבדה הכימית יש משקל רב במערך ניהול המעבדה והמפעל. ישנם מקרים שבהם נחשבת המעבדה, בהיבטים של פעילות כימית, לגורם סיכון גדול יותר מאשר המפעל עצמו - מפעלי אלקטרוניקה או מפעלי מזון, לדוגמה, שבהם מספר התהליכים הכימיים בשלבי הייצור מצומצם. כדי למנוע תקלות, יש להקפיד על ביצוע הוראות הבטיחות הייחודיות לכל מעבדה, הנגזרות מאופן הפעילות בה, ולהקפיד על שמירת הוראות הבטיחות והגהות ברמת הפרט - כולל שימוש בביגוד מגן נאות, הימצאות ציוד לעזרה ראשונה וציוד למצבי חירום וכיבוי אש.

צמצום הסיכונים במעבדה כימית יכול להתגשם כתוצאה מהקפדה על:

- ביצוע הוראות הבטיחות של המעבדה; הכרה של אמצעי העזרה הראשונה וציוד החירום - במעבדה ובמערכת הכוללת של המפעל או של המוסד בו היא ממוקמת;
- עבודה על פי תהליכים בדוקים ומאושרים;
- אחסון מיזערי, ככל שניתן, של חומרים מסוכנים;
- מיון החומרים במחסן ובחדרי המעבדה, בהתאם לסוג הסיכונים, לרמתם ולמיקומם, בהתאמה בין הקבוצות השונות של החומרים;
- שימוש בכמויות קטנות בלבד של חומרים מסוכנים, כפי שייקבע על-ידי הגורמים המוסמכים;
- לימוד והכרה של הפעולות האמורות להתבצע במעבדה, הכרת החומרים שבשימוש, אופן התרחשות התהליכים (אקזותרמיים, אנדותרמיים) והכרת התוצרים ותוצרי הלוואי;
- טיפול נכון בפסולת של החומרים המסוכנים הנוצרת במעבדה;
- עבודה המבוססת על השכל הישר וההגיון, על-ידי כל עובד ומנהל במהלך העבודה היומיומית במעבדה.

הנתונים המובאים בספר זה מציגים את הפעילות הכוללת האופיינית למעבדה כימית, בשילוב עם הנחיות בטיחות כלליות למפעלים כימיים ואחרים, למצבי חירום כלליים - במישור האישי (עזרה ראשונה וציוד מגן) ובמישור הכללי (כיבוי אש והקטנת סיכונים במעבדה).

בספר נכללים גם:

- נתונים המתייחסים לתכנון בטיחותי של מעבדות כימיות;
- חוקים, תקנות ותקנים הקיימים בארץ, בתחום הבטיחות בטיפול בחומרים מסוכנים;
- הגדרות והסברים על פעילויות ושימושים של חומרים במעבדה, וכן הוראות בטיחות כלליות רלוונטיות לעבודה במעבדות בכלל.

מאז שנכתבה החוברת פורסמו "תקנות הבטיחות בעבודה (בטיחות וגיהות תעסוקתית בעבודה עם גורמים מסוכנים במעבדות רפואיות, כימיות וביולוגיות), התשס"א-2001". פרטים אודות התקנות נמצאים בנספחים.

ולסיום - תודתנו נתונה לכל הגורמים שסייעו לנו בהכנת הספר, ובמיוחד למינהלי הבטיחות של הארגונים הבאים:

אוניברסיטת תל-אביב;

החברה לשירותי איכות הסביבה (רמת חובב);

התעשייה הצבאית לישראל;

מכון התקנים הישראלי;

מכתשים מפעלים כימיים.

יבואו על הברכה גם עובדי המוסד לבטיחות ולגיהות אשר סייעו לנו בהכנת הספר.

זהר שטרן יצחק שלדוב

סיכונים עיקריים במעבדות כימיות ומניעתם

מעבדות כימיות, מסוגים שונים ובסדר גודל כזה או אחר, קיימות בסקטורים השונים של התעשייה, החקלאות, מכוני המחקר ואחרים. במעבדות משתמשים במיגוון גדול של כימיקלים, חלקם רעילים; קורוזיביים; דליקים או נפצים. עובדים בהן עם כלי זכוכית עדינים, עם אמצעי חימום וקירור שונים ועם מיכשור ייחודי כגון: צנטריפוגות; מאיידים; כלי מיצוי; מערכות זיקוק; מערכות בחישה מכניות או מגנטיות ועוד. לאופי העבודה במעבדה יש השלכות אופייניות לעניין הבטיחות והגיהות.

העובדים במעבדה נמצאים בה, בראש ובראשונה, הודות למיומנותם המקצועית ולא בגלל הסמכתם בתחום הבטיחות והגיהות. לפיכך, חובה להביא לידיעת כל עובד מעבדה את המידע המצטבר בתחום הסיכונים הקיימים במעבדה, ואף לשנן אותו מפעם לפעם, וכן לידעו על הדרכים המומלצות למניעת תאונות ולעבודה בבטיחות.

1. גורמי הסיכונים במעבדות כימיות

במעבדה הכימית קיימים מוקדים רבים של סיכונים פוטנציאליים. ישנם סיכונים 'שיגרתיים': אפשרות של פציעה מזכוכית שבורה, סכינים, מכשירי חיתוך, חדירת גופים זרים לעין, או ממעידות, חבלות בגב או 'בקע מיפשעתי' (Hernia) כתוצאה מהרמה לא נכונה, וכן אפשרות של התחשמלות.

כמו כן קיימים סיכונים ייחודיים למעבדות שמקורם בחומרים משתכים (קורוזיביים), חומרים דליקים, כימיקלים רעילים, כימיקלים רדיואקטיביים וכן סיכונים מתגובות כימיות העלולות לצאת משליטה.

הסיכונים העיקריים במעבדה נובעים מהמקורות הבאים:

- ציוד בעל פוטנציאל של סיכון;
- חומרים קורוזיביים;
- חומרים רעילים;
- חומרים דליקים;
- חומרים נפצים;
- חומרים מחמצנים;
- חומרים רדיואקטיביים;
- גזים דחוסים, מעובים ומומסים;
- גזים קריאוגניים (המצויים בטמפ' נמוכות מאוד).

חומרים רעילים כגון: ציאנידים, מימן גופריתי, תרכובות ארסניות ויוד - עלולים לגרום להרעלה מיידי (אקוטית). חומרים רעילים כגון: כספית, פורמאלדהיד, ותרכובות שש-ערכיות של כרום - עלולים לגרום גם להרעלה הנובעת משימוש מתמשך בהם (כרונית).

חומרים דליקים הנמצאים במעבדה כוללים ממיסים אורגניים רבים, כגון אצטון ואתיל אצטט.

חומרים רבים הם נפצים בתנאים מסוימים; לדוגמה: אצטילן, אתר, ומימן. חומרים רדיואקטיביים משמשים לעתים קרובות במעבדות אנליטיות לצורכי סימון ומעקב אחר חומרים שבבדיקה. לדוגמה: טריטיום (איזוטופ של מימן) משמש כלוכד אלקטרונים בגז כרומטוגרפיה וכבולע קרני X בגלאים. סמנים רדיואקטיביים מקובלים מאד לצורכי מעקב בתהליכי מיצוי ואחרים. גזים דחוסים נמצאים בשימוש במעבדות אנליטיות בכל הציוד הקשור לכרומטוגרפיה (במיוחד עבור בליעה אטומית) ושיטות אנליטיות אחרות. גזים קריאוגניים המצויים בטמפ' נמוכות ביותר, משמשים כמלכודות קירור (בתהליכים אורגניים) ובכמה יישומים אנליטיים מיוחדים, כגון בספקטרוסקופיה של תהודה גרעינית מגנטית (NMR - Nuclear Magnetic Resonance). כל הנושאים שהוזכרו עד כה, נדרשים כדי לקיים את העבודה השוטפת במעבדה. אין אפשרות להימנע לחלוטין מסיכונים. צריך רק לפקח עליהם ולצמצמם.

2. דירוג סיכוני בטיחות וגיהות

סיכוני בטיחות וגיהות מדורגים בסולם שבין אפס (0) לארבע (4):
דרגה אפס (0) לעבודה מסוימת משמעה סיכון קטן יחסית.
דרגה ארבע (4) מצינת סיכון חמור שיש בו פוטנציאל לגרימת מוות.
דירוג הסיכון הגיהותי מבוסס על רעילות, או על אפשרות של גרימת מחלה ע"י חומרים, או אורגניזמים מסוימים.
דירוג בטיחות מבוסס על דליקות וכושר ההגבה של כימיקלים וחומרים, אופי התהליכים, סוג כלי הזכוכית, הציוד, המיכשור וכלים קטנים המסייעים בעבודה. לניסויים מוענק דירוג כולל, לאחר שנלקחו בחשבון כמויות החומרים המשמשים בניסוי, מידת היעילותם תוך כדי ביצוע התהליכים, וכן התנאים ושיטות היישום בהם נמצאים החומרים המסוכנים.
הקריטריונים המשמשים לצורך הגדרת דירוגם של ניסויים: רעילות הכימיקלים; קריטריון סיכון גיהותי לפי NFPA (National Fire Prevention Association); דליקות החומרים המשמשים בניסויים; ריאקטיביות החומרים לפי NFPA; פוטנציאל סיכון ביולוגי; סיכון להתחשמלות; סיכון בעבודה עם כלים קטנים ועם מיכשור לחיתוך; טיב הנהלים הקשורים לניסויים; סיכונים בשעת טיפול בציוד מעבדתי וכלי זכוכית; סיכונים בעת אחסנה - התיישנות של חומרים ודגירה.

דירוג סיכוני הבריאות - מבוסס על רעילות

דירוג הסיכון הגיהותי נעשה, במידת האפשר, על בסיס כמותי. השיקולים מתבססים על רמת החשיפה המשוקללת המירבית המותרת (אם קיימת), וכן על הערך LD_{50} , שהוא מנה של מוצק או נוזל רעיל, הגורם למוות של 50% מאוכלוסיית חולדות מעבדה במידגם נתון, לאחר בליעת החומר או ספיגה דרך העור (מבוטא ב-mg רעל לק"ג משקל גוף); מתבססים גם על הערך LC_{50} , שהוא ריכוז החומר, באוויר הננשם (מבוטא בד"כ ב-ppm), שגורם למוות של 50% מאוכלוסיית חיות מעבדה במידגם נתון, לאחר נשימת החומר במשך זמן נתון (בד"כ 1 שעה). כאשר נתונים אלה אינם זמינים, נעשית הערכת הדירוג על סמך מידע טוקסיקולוגי אחר הנוגע לעניין.

דירוג הסיכונים הבריאותיים מתואר בטבלה הבאה:

LC ₅₀	LD ₅₀	דירוג הסיכונים
<100 ppm	<50 mg/kg או מסרטן	4
100-1,000 ppm	50-500 mg/kg	3
1,000-10,000 ppm	500-5,000 mg/kg	2
>10,000 ppm	>5,000 mg/kg	1

דירוג סיכוני בטיחות - סיכונים פיזיקליים

כמו שכבר צוין, דירוג הסיכונים נעשה בסולם שבין אפס (0) לארבע (4). את דירוג הסיכונים הפיזיקליים קשה ליישם באופן כמותי.

ערך דרגת הסיכון ארבע (4) ניתן לניסויים בהם נעשה שימוש בחומרים מסוכנים מאוד, או עבור ציוד מסוכן מאוד. באופן מעשי נכללים בו חומרים בעלי נקודת הבזקה הנמוכה מ-23°C, ובעלי נקודת רתיחה הנמוכה מ-38°C; חומרים היוצרים תערובות נפיצות עם אוויר; ציוד המסוגל לגרום למוות מהתחשמלות; ציוד המכיל מעגלים החשופים למתח גבוה ומספרי חיתוך חשמליים שאינם מוגנים.

ערך דרגת הסיכון שלוש (3) ניתן לניסויים בהם משתתפים חומרים בעלי נקודת הבזקה שבין 23°C ל-38°C; חומרים המסוגלים לגרום לפיצוץ אך ורק בהשפעת מקור חום רב או לאחר חימום; ציוד הגורם להלם, לכוויות ולחתכים עם תוצאות קשות לנפגע.

ערך דרגת הסיכון שתיים (2) ניתן לניסויים בהם משתמשים בחומרים אותם נדרש לחמם לטמפרטורה גבוהה מטמפ' הסביבה לפני שהם ניצתים (אלה הם נוזלים עם נקודת הבזקה של 38°C ומעלה, שאינם מגיעים לטמפ' של 93°C); מגיבים שונים שתגובתם יכולה להיות חריפה אך הם אינם מתפוצצים; מכשירים חשמליים מוגנים למניעת פגיעה.

ערך דרגת הסיכון אחת (1) ניתן לניסויים בהם מעורבים חומרים שחייבים לחממם לפני שהם ניצתים. בין החומרים האלה נכללים לדוגמה, חומרים שצריך לחממם לטמפ' של 80°C במשך 5 דקות לפני שהם ניצתים, וכן נוזלים בעלי נקודת הבזקה מעל 93°C; חומרים שהם יציבים בדרך כלל או עלולים להפוך בלתי יציבים בטמפ' גבוהה ומכשירים ידניים המסוגלים לחורר או לחתוך.

ערך דרגת הסיכון אפס (0) ניתן כאשר קיימת אפשרות קלושה להיפצע מהציוד או מהתהליכים המבוצעים במעבדה. החומרים המשתתפים בניסויים אלה אינם דליקים ואינם יוצרים תגובה כימית חריפה עם מים או בחשיפה לאש, ולא נעשה שימוש בציוד מסוכן.

סיכום ערכי דרגות הסיכון (לפי NFPA) מובאים בטבלה הבאה:

דרגת הסיכון	גיהות	בטיחות
4	חשיפה קצרה העלולה לגרום למוות.	תאונה קשה בעלת הסתברות של 80% עד 100%. תאונה המסתיימת בסבירות גבוהה במוות או בפציעה קשה.
3	חשיפה ממושכת עלולה לגרום למוות. חשיפה קצרה עלולה לגרום לפגיעה קשה.	תאונה קשה בעלת הסתברות של 60% עד 80%. תאונה המסתיימת בסבירות גבוהה במוות או בפציעה קשה.
2	חשיפה ממושכת עלולה לגרום לפציעה קשה. חשיפה קצרה עלולה לגרום לפגיעה בינונית.	תאונה בעלת הסתברות של 40% עד 60%. תאונה המסתיימת בפציעה.
1	חשיפה ממושכת עלולה לגרום לגירוי או לפגיעה בינונית.	תאונה בעלת הסתברות של 20% עד 40%. תאונה המסתיימת בפציעה קלה.
0	חשיפה ממושכת אינה גורמת לגירוי כלשהו או לפגיעה.	תאונה בעלת הסתברות של 0% עד 20%. תאונה שאינה מסתיימת בפציעה.

סיכונים כימיים

הכימיקלים הרבים בהם משתמשים במעבדות מיועדים למטרות שונות: מחקר, פיתוח מוצרים ותהליכים, אנליזות שיגרתיות, או לשם לימוד. השימוש בכימיקלים השונים חייב להתאים ליעדי המעבדה. למעבדות לימוד ולמעבדות מחקר יעדים שונים מאשר למעבדות בתעשייה. גם תנאי העבודה שונים ממעבדה למעבדה. העבודה המבוצעת במעבדות להוראה, לדוגמה, יכולה להיות מתוכננת כך שיעשה שימוש בכימיקלים שתכונותיהם ידועות היטב, בעוד שבמעבדות למחקר מעורבים לעתים חומרים שתכונותיהם אינן ידועות כלל. מעבדות הוראה משמשות לעתים קרובות מספר גדול יחסית של סטודנטים חסרי ניסיון, בעוד שבמעבדות מחקר נמצא צוות קטן יחסית של חוקרים מנוסים, המסתייעים בעבודתם גם בטכנאים מנוסים.

הסתברות הסיכונים נובעת מעצם הימצאות החומר והשימוש שנעשה בו, והיא תלויה בגורמים הבאים:

- ידיעה ומחויבות לעבודה מעשית בטוחה במעבדה, על ידי כל הנוגעים בדבר.
- התכונות הפיזיקליות והכימיות של החומרים.
- כמות החומר, צורת האחסנה וחלוקתו במעבדה.
- דרך השימוש בחומר.
- הדרך בה מסלקים את שאריות החומר ותוצריו.
- משך הזמן שהחומר נמצא במעבדה.
- מספר העובדים הנמצאים במעבדה ומספר העובדים שיש להם נגישות לחומר.



עצם ההחלטה להזמין כמות מסוימת של חומר, כרוכה במחויבות לקחת אחריות לטיפול בו - מרגע קבלתו ועד לסילוקו המוחלט מהמעבדה. כל פעולה בחומר, או אפילו עצם נוכחותו במעבדה לתקופה שבין פעולה אחת לשנייה, מזמינות סיכון.

יש להחזיק בהישג יד גיליונות בטיחות ובהם נתונים מעודכנים על הסיכונים הכימיים והטוקסיקולוגיים (רעילות), עבור כל הכימיקלים שנמצאים במעבדה. אם קיימים גם נתוני מידע על שירותי חירום, כגון: מגן דוד אדום, מרכז הרעלים ומכבי האש - המידע חייב להיות נגיש וזמין לכל עובדי המעבדה והנוגעים בדבר.

כל פעולות הרכש, השימוש וסילוק החומר, חייבים להיות בפיקוחו של אחראי הבטיחות וצוות הבטיחות. כמו-כן יש לספק לעובדי המעבדה הוראות פעולה ברורות לסילוק חומר לא יציב או מסוכן, במקרה של שפיכה או הצטברות.

3. התופעות המסוכנות המתרחשות במעבדות כימיות

התופעות המסוכנות העלולות להתרחש במעבדה כימית והסיבות להתהוותן הן:

התפוצצות

בעבודה עם תרכובות נפיצות או בתרכובות בלתי יציבות, עלולה להתרחש התפוצצות כתוצאה מנגיעה, שפשוף או התחממות.

יש להתקין את מיכשור הניסוי בתוך תא ניסוי סגור, הנותן הגנה לעובד ולסביבה. בזמן פתיחת התא, יש להרכיב מגן פנים העשוי, לדוגמה, מפוליקרבונט. במערכות בהן הפעילות מסוכנת במיוחד, כגון ניטרציה (Nitration), מומלץ להכניס אמצעים אוטומטיים לתיפעול ולבקרה אוטומטיים.

דליפת גז דליק, כגון מימן או אצטילן, מהווה סיכון של התפוצצות. יש לדאוג לאיוורור טוב של המעבדה ולאסור עישון, או שימוש באש גלויה (למעט במינדף ייעודי). הרכיבים החשמליים במעבדה, במקומות בהם יש חשש להתפוצצות, יהיו מוגנים בפני פיצוץ. כמו כן יותקנו גלאי דליפות גז עם התקן אזעקה.

בזיקוק תרכובות אורגניות מסוימות, כגון אתר אתילי, עלולים להיווצר עם הזמן פראוקסידים (תרכובות עשירות בחמצן), העלולים לגרום להתפוצצות. לפני תחילת ביצוע הזיקוק, יש לבצע בדיקה אנליטית מתאימה כדי לוודא אי נוכחות של פראוקסידים.

אדים המשתחררים מנוזלים דליקים, המאוחסנים במקרר בכלי קיבול שאינם סגורים הרמטית, עלולים לגרום להתפוצצות או לשריפה. נוזלים דליקים יאוחסנו במקרר שאין לו מנורה לתאורת פנים ושהתרמוסטט שלו ממוקם מחוץ לחלל הקירור.

הגבה כימית ללא שליטה

תגובה כימית בין מרכיבים כימיים שונים המלווה בפליטת חום (תגובה אקזותרמית) עלולה - בתנאים מסוימים - לצאת משליטה ולגרום להתזתם של נוזלים חמים או אדים מסוכנים.

מומלץ להוסיף את המרכיבים הנחוצים לכלי בו מתבצעת התגובה הכימית לפי סדר וכמויות שנקבעו מראש, כדי למנוע עלייה קיצונית של הטמפרטורה. רק לאחר זמן קירור מתאים ניתן להוסיף מנה נוספת. לדוגמה:

הוספת חומר אבקתי לנוזל הנמצא על סף רתיחה עלולה לגרום לפליטה פתאומית של אדים בכמות גדולה; תיתכן גם גלישת הנוזל מהכלי והיווצרות לחץ. כדי להימנע מתופעות אלה, יש להוסיף את האבקה לנוזל בכמויות קטנות, במידת האפשר, בעודו קר.



אין לשפוך מים לחומצה!

חייבים להזרים את החומצה לאט לתוך המים, תוך בחישה, ועל-ידי כך לווסת את שחרור החום, ולמנוע היווצרות כמות גדולה של אדים שתגרום להתזת תמיסת החומצה

באוטוקלב, בו מתבצעת תגובה כימית בין מרכיבים שונים בלחץ גבוה, קיים סיכון של פיצוץ.

לפני ביצוע התגובה יש לוודא את תקינות פעולת האוטוקלב עפ"י הוראות הבטיחות המיוחדות לו, וכך-בהתחשב בסוגי החומרים והתהליכים המתבצעים. יש לוודא כי האוטוקלב מצויד במד-לחץ ובשסתום בטיחות או דיסקית פריצה.

סימון לא נכון על גבי אריזת החומר עלול לגרום לשימוש מוטעה בחומרים, שיגרום לתגובה כימית לא נשלטת בין חומרים שונים.

יש להקפיד שעל כל אריזה תימצא מדבקה עם סימון ברור וקריא. יש לקרוא היטב את הכתוב על גבי התווית לפני השימוש בחומר. לעולם אין להחזיר כימיקלים לכלי הקיבול שלהם, בגלל החשש מחדירת חומרים זרים, מסוכנים.

שריפה

שימוש בו-זמני בחומרים דליקים ומחמצנים, הנמצאים במעבדה בקירבה זה לזה, עלול לגרום להתלקחות.

יש להקפיד שלא להשתמש בחומרים דליקים ובחומרים מחמצנים בעת ובעונה אחת. אם מכינים תערובות מחומרים כאלה, יש להכין רק כמויות קטנות ולהימנע מחימום.

שימוש במבערים בקירבת נוזלים דליקים-נדיפים עלול לגרום לשריפות. אסור להשתמש במבערים בקרבת נוזלים דליקים. לצורך חימום מומלץ להשתמש במים או בשמן, המחוממים על גבי פלטת חימום חשמלית, או באמצעות כריות חשמל יעודיות למטרה זו.

שימוש במכשירים חשמליים היוצרים ניצוצות-אש עלול לגרום לשריפה. חובה להרחיק מכשירים חשמליים ממקומות שבהם משתמשים בנוזלים או בגזים דליקים. יש לצייד מכשירים חשמליים בנורת ביקורת, לציון העובדה שהמכשיר נמצא בפעולה. מומלץ, במידת האפשר, להשתמש במנועי אוויר דחוס. יש לדווח למחלקת התחזוקה על כל פגם בצידוד החשמלי או התחממות-יתר של חוטים חשמליים.



אם במהלך זיקוק של נוזל דליק, החום לא מסולק מהמערכת (באמצעות מקרר עיבוי) - קיים חשש רציני שאדי הנוזל ייפלטו החוצה ויתלקחו.

יש לדאוג להידוק טוב של צינורות המים המחוברים למקרר העיבוי. מומלץ להשתמש במפסק אוטומטי, שיפסיק את פעולת החימום במקרה שזרימת המים נפסקת מסיבה כלשהי.

לפעמים קורה שהרתחת נוזל דליק בתוך גולת ריאקציה מזכוכית אינה אחידה, והיא מלווה בהתזה פתאומית של הנוזל.

כדי להסדיר קצב רתיחה מתון, יש להכניס לתוך הגולה מספר כדוריות זכוכית, או שברים של חומר קרמי.

אדי נוזל דליק, שנשפך בטעות, מתפזרים במהירות ומהווים סיכון גבוה לפריצת שריפה.

במקרה זה, יש לכבות מיד את כל המכשירים בהם יש אש גלויה או שהם מחוללים ניצוצות. את הנוזל שנשפך יש לאסוף בעזרת מגבות נייר, או אבקה המשמשת לספיגת נוזלים.

תרכובות כימיות מסוימות, זרחן לדוגמה, מתלקחות באוויר באופן ספונטני. הטיפול בחומרים אלה ייעשה באטמוספירה אינרטית (לדוגמה: באווירה של חנקן).

הרעלה

כימיקלים רבים במצבי צבירה שונים: גזים, נוזלים ומוצקים - אשר לחץ האדים שלהם גבוה יחסית - הם חומרים רעילים בשאיפה לגוף האדם (חשיפה נשימתית). הרעלות הנגרמות ע"י בליעה נדירות במעבדות כימיות.

טלטול כלי זכוכית שונים, הכוללים חומרים נדיפים, כרוך בסכנת שבירה ושחרור של אדים רעילים. סכנת ההרעלה עלולה להחריף במקרה שהאירוע מתרחש בחלל סגור וקטן, כגון מעלית.

מומלץ לטלטל כימיקלים המאוחסנים בכלי זכוכית כשהם ארוזים בתוך אריזה מגינה. הובלת כימיקלים במעלית תיעשה רק במעלית משא ולא במעלית לבני אדם.

בכל מעבדה נמצאים בשימוש שכיח כימיקלים שונים בעלי דרגת רעילות שונה. לדוגמה: פחמן ארבע-כלורי וכוהל מתילי. שימוש בכימיקלים אלה באוויר הפתוח יוצר סיכון הרעלה בשאיפה לריאות, או בחדירה דרך העור.

אין לפתוח כלי קיבול של חומרים נדיפים כאלה באוויר הפתוח; יש לבצע את הפעולות הנדרשות בשימוש בחומר כזה בתוך מינדף מאוורר היטב. בגמר השימוש בחומר, גם לאחר שהכלי רוקן מתוכנו, יש להקפיד לסגור היטב את כלי הקיבול.

טיפול בחומרים רעילים ומסרטנים ייעשה אך ורק בתוך מינדף, בעזרת כפפות ואמצעים אחרים (מלקחיים וכד').

במהלך תגובה כימית בין כימיקלים מסוימים נפלטים אדים רעילים.

יש לבצע תגובות מסוג זה במינדף מאוורר.

גם בזמן ייבוש חומרים מסוימים בתנור, עלולים להיפלט אדים רעילים. לפיכך, יש לצייד את תנור הייבוש במיתקן לשאיבת האדים אל מחוץ לבניין המעבדה.

פחמן דו-חמצני מוצק ("קרח יבש"), המשמש כאמצעי לקירור נוזלים, מתנדף לחלל המעבדה וריכוזו עלול לעלות מעל הריכוז המותר.

יש לאחסן קרח יבש שאינו בשימוש מחוץ למעבדה, במקום מאוורר היטב.

שטיפה של כלי זכוכית מלוכלכים בעזרת ממיסים אורגניים, כגון אצטון, אלכוהול או ממיסים פחמימנים נדיפים, גורמת לפליטת אדים מזיקים.

מומלץ, עד כמה שניתן, לנקות את כלי הזכוכית המלוכלכים במדיח כלים ייעודי למעבדות. ניקוי של כלי זכוכית בממיסים ייעשה בתוך מינדף מאוורר היטב.

שפיכה של כימיקלים, כתוצאה מטעות-אנוש או תקלה בעבודה, עלולה לגרום לזיהום של כל חלל המעבדה.

במידה וריכוז המזהם באוויר נמוך, יש לפתוח את חלונות המעבדה לצורך איוורור. אם ריכוז המזהם באוויר גבוה - יש להתפנות מיד מהמעבדה ולטפל בניקוי ואיוורור החלל ע"י צוות שאומן לכך. רק לאחר סילוק המזהם וניטור המעבדה ניתן להתיר חזרה לעבודה שגרתית.

חומרים רעילים עלולים לחדור לפעמים לגוף ע"י בליעה. לדוגמה: בעת העברה של נוזלים מכלי לכלי בעזרת פיפטה, בשאיבה עם הפה; טעימת חומר כימי לצורך זיהוי; אכילה ושתייה במעבדה; העברת כימיקלים לכלים המיועדים לאכילה ולהיפך; עישון ועוד.

יש להשתמש תמיד במיתקן ייעודי למילוי פיפטה בשאיבה. אין לטעום שום חומר כימי הנמצא במעבדה, וכן - אין לאכול, לשותות או לעשן במעבדה. אין להחזיק מזון או משקה במקרר המיועד לכימיקלים. אין לחמם מזון בתנור מעבדה.

כוויות כימיות

כוויות כימיות נגרמות כתוצאה ממגע עם חומרים משתכים (קורוזיביים) מסוימים היכולים להימצא במצב צבירה של מוצק, נוזל או גז. חומרים העלולים לגרום לכוויות כימיות הם: חומצות חזקות; בסיסים חזקים; מלחים מסוימים; הלוגנים; פנולים, ועוד שורה ארוכה של תרכובות כימיות.

בזמן העברת נוזלים משתכים מכלי אל כלי, קיימת סכנה של התזה או שפיכה של חומר על העובד.

להגנה מפני שפיכה או התזה, יש להשתמש בצידוד מגן אישי: כפפות ניאופרן, או מסוג אחר, בהתאם לחומר הנשפך, משקפי מגן מסוג אטום ומסכת פנים. כמו כן, במידת האפשר, יש להשתמש לצורך ביצוע עבודות מסוג זה במשאבה ידנית.

חימום ישיר של כלי זכוכית, מעל להבה חמה, עלול לגרום להתבקעותם ולהתזתם. תכולתם.

כדי להימנע מחימום בלהבה בטמפרטורה גבוהה ובלתי אחידה, יש להקפיד ולהניח רשת מתכת כחציצה בין כלי הזכוכית לבין הלהבה. חימום מבחנה המכילה נוזל ייעשה מעל להבה לא חמה מדי, תוך כדי נענוע המבחנה מצד אל צד, כדי להבטיח את אחידות הטמפרטורה לאורך המבחנה. אין לכוון מבחנה, בשעת חימום או ביצוע הגבה כימית, אל פני העובד או כלפי עובדים אחרים. אין להריח חומר הנמצא במבחנה או בכלי אחר, ע"י קירוב האף אל הכלי - אלא ע"י נפנוף זהיר של כף היד מעל הכלי להפניית אדי החומר לעבר האף.

עדשות מגע עלולות לספח אליהן חומרים משתכים ולגרום נזק לעין. יש להימנע מהרכבת עדשות מגע בזמן שהייה במעבדה. יש להרכיב במקרה זה משקפי מגן בעלי עדשות אופטיות מתאימות.

בנוסף לפעולות הללו, מתבצעות במעבדה פעולות נוספות העלולות לגרום לסיכון של כוויות כימיות.

חובה להתקין בכל מעבדה מקלחות חירום המופעלות בעזרת שרשרת יד או דוושה. כמו כן יש להתקין משטפת עיניים ייעודית. במקרה של התזת חומר על העובד, יש לשטוף מיד במים כל חלק גוף, בגד או שולחן, שבאו במגע עמו.

כוויות תרמיות

חום

המוקדים העיקריים של סיכון מכוויות תרמיות הם: מים או שמן, חמים או רותחים, מתכת מותכת או להבה גלויה.

יש להקפיד שלא למלא אמבטים בנוזלים חמים מעל לנדרש.

טבילת כלי זכוכית המכילים נוזלים נדיפים, באמבט חם, עלולה לגרום להתבקעות הכלים ולהתפזרות הנוזל החם.

יש לעבוד עם כלי זכוכית שלמים, ללא כל סדק, עמידים להלם תרמי. הכלים יוטבלו באמבט החם בהדרגה.

קור

בדומה לכוויות חום, קיימת במעבדה סכנה לפגיעה מכוויות קור - כתוצאה ממגע בחומרים קריאוגניים הנמצאים בטמפ' נמוכות במיוחד. לדוגמה: שימוש בחנקן נוזלי (רותח בטמפ' של -196°C) למטרות קירור.

אין לגעת בנוזל הקר או בקרח יבש. קרח יבש יש להחזיק באמצעות מלקחיים בלבד.

את כלי הקיבול אותו מעוניינים לקרר חייבים לטבול באיטיות באמבט הקירור. אין להכניס כלי קיבול חם לתוך נוזל קריאוגני, מחשש לרתיחה ספונטנית של נוזל הקירור והתזתו על העובד.

התחשמלות

במעבדות כימיות נעשה שימוש רב במספר גדול של מכשירים חשמליים במתח של 220 וולט. שולחנות העבודה גדושים לא פעם בכבלים רבים, במיוחד במקומות בהם השקעים מרוחקים מהשולחנות.

כאשר הכבלים והמפסקים אינם תקינים והבידוד בלוי - קיים סיכון של התחשמלות. יש לבדוק לעתים מזומנות את תקינותם של הכבלים והשקעים. ציוד פגום לא יתופעל והתיקון יתבצע אך ורק ע"י חשמלאי מוסמך.

פגם בבידוד החשמל עלול לגרום לדליפת זרם אל מעטפת המכשיר.

חובה לדאוג שכל מעטפות מכשירי החשמל תהיינה מוארקות היטב.

אין לגעת במכשיר חשמלי בידיים רטובות.

בגמר העבודה יש לנתק כל מכשיר מרשת החשמל. הניתוק ייעשה אך ורק ע"י הוצאת התקע מהשקע ובשום אופן לא במשיכת הכבל החשמלי.

מומלץ, ככל האפשר, להשתמש בכלים הפועלים במתח נמוך מ-50 וולט, במיוחד בקירבת חומרים רטובים.

קרינה

קרינה מייננת

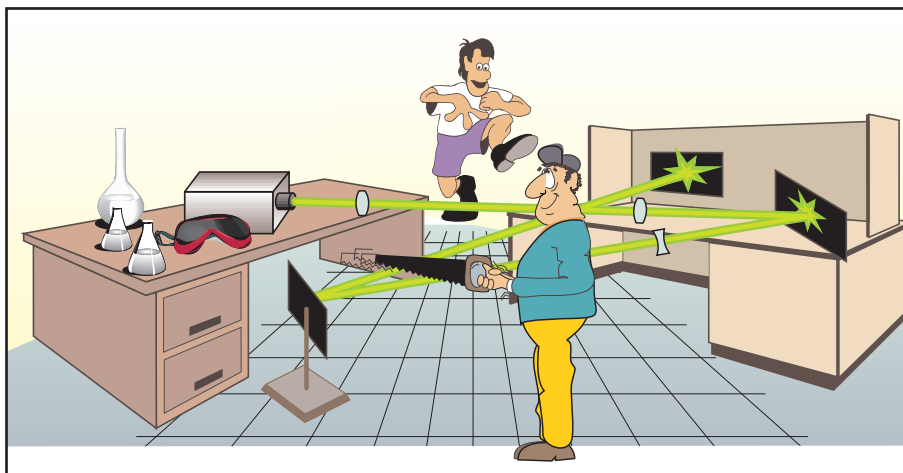
השימוש במכשירים הפולטים קרינה מייננת חושף את עובדי המעבדה לסיכוני קרינה. הקרינה המייננת יוצרת יונים העלולים להשפיע על פעילות הרקמות בגוף האדם. קרינה מייננת כוללת את סוגי הקרינה הבאים: אלפא (α); ביתא (β); גמא (γ); X; ונויטרונים. קרינת X, וקרינת גמא הן פליטה של פוטונים בעלי אנרגיה גבוהה באורכי גל קצרים בספקטרום האלקטרומגנטי. מקורן של הקרינות החלקיקיות היא חלקיקים הנפלטים מאיזוטופים רדיואקטיביים של יסודות שונים. הקרינה אינה נראית לעין ויש לה אפקט מצטבר.

כללי הבטיחות החשובים, לגבי קרינה חיצונית שמקורה מחוץ לגוף האדם, הם: שמירת מרחק, הימנעות מחשיפה לאורך זמן ושימוש במיסוך מגן. כאשר האוויר מכיל אירוסולים רדיואקטיביים יש להשתמש בציוד מגן נשימתי ובביגוד מגן אחר.

קרינה לא מייננת

קרינה באור על-סגול (אולטרה-סגול) - קרינה באור על-סגול עלולה לגרום לנזק גופני, חולף או מתמיד. קיים סיכון חמור לעיניים ולראייה, וכן סיכון לעור, כולל סכנה לסרטן העור.

במקומות בהם קיימת קרינת UV (לדוגמה: מיתקני פילמור מיוחדים), יש להתגונן באמצעות לבוש מתאים; משקפי מגן מיוחדים; מגן פנים; כפפות גומי ולבוש עשוי מ בד עבה.



קרינה ממכשירי לייזר

קרני לייזר הן אלומת אור מרוכזת, בתחום האור הנראה או הבלתי נראה. קרינה הנפלטת ממכשירי לייזר עלולה לגרום לנזקים קשים לאיברים ולרקמות. קיים יחס ישר בין מידת הנזק הביולוגי הנגרם לרקמות לבין עוצמת האנרגיה הנפלטת מהמכשיר.

יש להימנע מחשיפה ישירה של העיניים לקרן. חובה להרכיב משקפי מגן מיוחדים להגנה מפני קרינת לייזר. יש להתקין במכשירים דפנות הגנה, למניעת פליטת קרינה אל מחוץ למסלול הקרן, ולהתקין מפזרי אנרגיה מעבר לטווח האפקטיבי של הקרן.

פציעות שונות

כלי זכוכית שרוקנו מאוויר ונמצאים במשטר של "ואקום", עלולים לקרוס, להתפוצץ ולהתיז רסיסים מסוכנים.

יש לעטוף את כלי הזכוכית האלה באמצעים שונים, כגון: סרט דביק, נייר אלומיניום או רשת מתאימה. אין להשתמש בכלים שאינם מיועדים לעבודה בוואקום, כמו לדוגמה: כלים עם תחתית שטוחה או כלים בעלי עובי דופן דקה.

כשמזרימים אוויר דחוס לתוך כלי זכוכית, לצורך ייבוש לאחר רחיצה, הכלי עלול להישבר ולגרום לפציעות.

מומלץ לאפשר לכלי הזכוכית להתייבש על מיתקן ייעודי, או לייבשם בתנור.

צנטריפוגות המסתובבות במהירויות גבוהות ואינן סגורות היטב, עלולות להוות סיכון של פגיעה חמורה.

חובה לצייד את הצנטיפוגות בהתקן נעילה שלא יאפשר הפעלה כשהן פתוחות, ושלא תתאפשר פתיחת המיכסה כל זמן שהרוטור מסתובב.

פעולות חיתוך של צינוריות מזכוכית; ניקוב פקקים משעם או מגומי בעזרת מנקב מתאים; החדרת צינור זכוכית בידיים חשופות לתוך צינור או פקק גומי - הן פעולות העלולות לגרום לפציעה.

מומלץ להחליק את הקצוות החדים של כלי הזכוכית מעל להבה, למרוח מעט חומר סיכה סיליקוני על קצה הצינור ולהשחיל את הצינור תוך כדי פעולה סיבובית, כאשר החלקים עטופים בבד.

יש להימנע משימוש בפקקי לטש במקום שאין בהם צורך, ובפרט לא בכלי זכוכית המכילים בסיסים חזקים התוקפים את הזכוכית.

ניסיון חילוץ - בידיים חשופות - של פקקי לטש התקועים בתוך כלי זכוכית, עלול להיות מסוכן.

שחרור פקקים כאלה ייעשה ע"י חימום מבוקר, או השרייה בממיסים מתאימים ע"י עובדים מיומנים.

כלי זכוכית שבורים הנזרקים לפח האשפה עלולים לגרום לפציעת העובדים האחראים לניקיון המעבדה.

את כלי הזכוכית השבורים, הניתנים לתיקון, וגם כאלה שאינם ניתנים לתיקון, יש לאסוף במיתקנים ייעודיים.

הגלילים של הגזים הדחוסים כבדים ולא יציבים, ועלולים לגרום לפציעה בנפילה.

יש להצמיד את גלילי הגז בעזרת שרשרת לקיר, או לכל מבנה יציב אחר.