

הנלצות לתכנון מעבדות כימיות

1. כללי

כאשר מתכננים מעבדה כימית יש להגדיר תחילה את המטרות והמאפיינים של המעבדה המבוקשת. ההגדרות הראשוניות צריכות להציג את המטרות כחלק מהמערך הכולל בו תוקם המעבדה:

- האם המעבדה מיועדת לשימוש כללי במפעל כימי; מעבדה, אחת מיני רבות, במכון מחקר; מפעל בתחום ייצור המזון; מפעל אלקטרוניקה בו יש מחלקה לציפויים ומיתקן ניטור תמיסות פסולת; מעבדה בבית ספר וכו'.
- יש להקדיש תשומת לב מיוחדת לתכנון מעבדה במפעל אשר משתמשים בו בחומרים נפיצים ודליקים מקבוצת סיכון מס' 1 ולמעבדה אשר תעשה שימוש בחומרים רדיואקטיביים (קבוצת סיכון מס' 7), או שימוש בקרינת לייזר.
- תכנון מעבדה כימית חייב, בראש ובראשונה, לעמוד בדרישות הכלליות של חוק התכנון והבנייה למבנים בכלל, ולמבנים המכילים חומרים מסוכנים בפרט. יש להביא בחשבון את הדרישות מבחינת ההשפעה הצפויה על הסביבה, דרישות פיקוד העורף, המשרד לאיכות הסביבה, כיבוי אש ומצבי חירום.
- מבנה מעבדה כימית הוא מבנה ייעודי לחומרים מסוכנים. קיימות הנחיות כלליות לגבי התכנון החיצוני של המבנה, תכנון הפנים, הריהוט, הציוד והתכנון הפונקציונלי של החדרים. יש לתת תשומת לב מיוחדת לתכנון מקומות אחסון של חומרים, ומקומות ולטיפול בפסולת המסוכנת הנוצרת במעבדה. יש להתייחס ברגישות מיוחדת לתכנון ולביצוע של מערכות חשמל.
- רצוי להתייחס לתכולת תקן ישראלי - ת"י 1530 בנושא: "הגנה מפני אש במעבדות", המתבסס על NFPA-45.

2. עקרונות תכנון מבנה

מבנה

המבנה ייבנה או יצופה בחומרים חסיני אש, בלתי דליקים - כגון בלוקים, לוחות גבס וכד', או מחומרים אחרים שהם מעכבי בעירה.

צריך שבמבנה תהיינה לפחות שתי יציאות תקניות אשר תיפתחנה כלפי חוץ ותאפשרנה מילוט לאזורים בטוחים.

רצפה

החומר המצפה את רצפת המעבדה צריך להיות בלתי חדיר לנוזלים (חומר לא סופג). מיטטח הרצפה צריך להיות משופע בשיפוע קל לכיוון פתחי הניקוז, כדי לסלק נוזלים שנשפכו.

פני הרצפה צריכים לאפשר ניקוי יסודי ולא להיות חלקים מדי - כדי למנוע החלקה ומעידה.

בהרבה מעבדות משתמשים כיום כציפוי למישטח הרצפה ביריעות PVC (חומר פלסטי בעל תכונות עמידות בפני חומרים אגרסיביים). היריעות, מסוגים שונים, משווקות בד"כ בגלילים שרוחבם כ-1.2 מ'. בחריצים ובתפרים עלולים להצטבר כימיקלים מזהמים. את פסי החיבור בין היריעות יש למלא בשיטת הריתוך (חימום פס מהחומר הפלסטי והתכתו לתוך התפר), כדי ליצור מישטח רציף ללא חריצים.

מאותה סיבה נוהגים להשתמש ביריעה לציפוי קטע הקיר (בגובה של כ-10 ס"מ) המשיק לרצפה. ההגבהות ('פנלים') ללא תפר מונעות הצטברות חומרים לאורך הקירות ומאפשרות ניקוי קל במקומות הבעייתיים האלה.

צבע

מומלץ להשתמש בצבעים לא דליקים ואטומים (לא סופגים).

תאורה

בתכנון המעבדה יש להבטיח תאורה טבעית במשך רוב שעות היום. התאורה המלאכותית (חשמל) צריכה להבטיח רמת תאורה שתאפשר ביצוע עבודות וניסויים במעבדה, בתנאי ראייה ובטיחות טובים - ללא סינוור בתחום עוצמה של כ-300 עד 1000 לוקס, עפ"י ת"י 1529. להבטחת תנאי תאורה טובים - יש להקפיד על תכנון טוב של מערכי התאורה הכללית, ותוספת מתאימה במקומות בהם מתבצעים הניסויים.

לפעמים דרוש להאפיל את המעבדה. אין להתקין וילונות במעבדה - וילונות מהווים מיפגע בטיחותי במקרה של אש.

תריסים במעבדה צריכים להיות חיצוניים.



רצוי שאמצעי החירום השונים ימצאו במסדרונות הצמודים למעבדות

מעברים

רוחב המעברים צריך להיות 1.2 מטר לפחות, כדי להבטיח תנועה חופשית ובטוחה ללא הפרעה. רוחב המעבר ייקבע בהתאם לצרכים השונים. לדוגמה:

- מעבר יציאה ראשי מהמעבדה המשמש גם כיציאת חירום;
- מעבר גישה ליציאת חירום;
- מעבר בין שולחנות העבודה לקיר, לדוגמה, כאשר יש לעבור מצידו האחד של השולחן;
- מעבר בין שולחנות העבודה, כאשר יש לעבור משני צידי השולחנות;
- מעבר כמתואר בסעיפים הקודמים, עבור אספקת חומרים באמצעות עגלת שירות.



יציאת חירום יעילה (הדלת נפתחת כלפי חוץ. מקלחת ומשטפת עיניים מותקנים בסמוך אליה)

יציאות ודרכי מילוט

- בנוסף לפתח הכניסה הראשית למעבדה, צריכה להימצא גם דלת ליציאת חירום. המרחק בין דלת הכניסה ליציאת החירום צריך להיות כ-4 מטרים לכל היותר. יציאת החירום תהיה מסומנת באופן בולט לעין, ומצוידת בשלטי תאורה פלואורו-סנטיים או פוספורסנטיים, למצבים של חשיכה. הפינוי מהמעבדה במקרה של סכנה, יהיה דרך שתי היציאות הנ"ל.
- רוחב דלתות המעבדה לא יהיה קטן מ-1 מ' וכולן תיפתחנה כלפי חוץ.
- הדלתות של המעבדה (או לפחות דלתות היציאה) תהיינה עשויות מחומר לא דליק, או לפחות מעכב בעירה.
- דלת החירום חייבת להיות תמיד לא נעולה והגישה אליה צריכה להיות חופשית, ללא חסימות בחפצים או רהיטים.
- מעברי המילוט אל יציאת החירום חייבים להיות חופשיים מכסאות, ארונות, או כל חפץ אחר שעלול להפריע פינוי מהיר.
- ניתן להסדיר פתחי מילוט דרך חלונות, הנפתחים כלפי חוץ אל מרפסות או מסדרונות.

איורור, מיזוג אוויר

- חלל המעבדה צריך להיות מאוורר ביעילות בצורה טבעית, שתבטיח תנאי עבודה וגיהות טובים במשך כל עונות השנה.
 - אם אין אפשרות להבטיח איורור טבעי יעיל - יש להיעזר ולהפעיל את המינדף של המעבדה, או, לחילופין - להתקין מערכת מיזוג אוויר הכוללת אופציה לתחלופת האוויר בחלל וריענונו באוויר צח.
 - אין לחמם את המעבדה ואזורים אחרים, השייכים למערך הפיזי של המעבדה, באמצעות מיתקני חימום המופעלים באש פתוחה, או באמצעות גוף להט חשמלי גלוי.
 - עבודות הכרוכות בהתנדפות של אדים מחומרים אורגניים, חומצות או בסיסים; או עבודות עם גזים רעילים, דליקים או קורוזיביים; או עבודות בהן משתחררים גזים, בפרט כאלה שריחם לא נעים - חייבות להתבצע מתחת למינדף מאוורר היטב.
 - מסננים המיועדים למניעת שחרור גזים לסביבה ימוקמו באופן שתאפשר גישה אליהם לצורכי תחזוקה. פירוט הנושא נמצא בסעיפים 4 ו-5 בפרק זה, המתארים למערכות איורור מקומיות ולמינדפים.
- תקן ישראלי - ת"י 1839 מתייחס ל"בטיחות במעבדות - מינדפים".

אמצעי עזר לעבודה

- כל שולחן לעבודה במעבדה יצויד באמצעים הדרושים לביצוע העבודות השונות. אמצעים אלה כוללים בין השאר: מערכות לאספקת מים; אוויר דחוס; ואקום; גז; חשמל; כוור לשטיפה ולניקוז ועוד.
- את הברזים והמפסקים הראשיים של חדר המעבדה יש לרכז על הקיר החיצוני של החדר, במסדרון, ליד פתח הכניסה לחדר - במקום ובגובה הנוח לטיפול ולתחזוקה. הברזים והמפסקים צריכים להיות נגישים כל הזמן, גם כשדלת המעבדה פתוחה.
- כל שולחן יצויד בברזי סגירה ומפסיקים משניים לשירותים השונים.
- הברזים וצינורות האספקה לשירותים השונים יסומנו בצבעי היכר מתאימים - סימני היכר ואזהרה לצויד המכיל נוזלים או כבלי חשמל.
- הברזים הראשיים יסומנו, בנוסף לצבע ההיכר, גם בשלטים בכתב בולט וברור.



שולחן עבודה במעבדה

מים

- צנרת המים צריכה להבטיח אספקת מים סדירה לכל צורכי המעבדה, כולל אספקה למערכת כיבוי האש, בלחץ קבוע ככל האפשר.
- יש לאבטח את משאבות הוואקום בעזרת מנגנון שובר ואקום, למקרה של נפילת לחץ המים.

ניקוז שפכים

- הכיורים במעבדה מיועדים לרחיצת ידיים וכלים.
- צנרת ניקוז המיועדת להוצאת חומרים למקום חיצוני למעבדה תהיה עשויה מחומרים עמידים בפני הכימיקלים אותם מותר לשפוך לכיור. לדוגמה: צינורות מחרס.

3. מערכות חשמל

סיכונים חשמליים

במעבדה נעשה שימוש רב ושיגרתי במכשירים חשמליים - לחימום, קירור, בחישה ושאיבה. כמו כן מצויים בה מכשירים רבים המשמשים למדידות פיזיקליות וכימיות.

השימוש הרב במיכשור החשמלי נובע מהתיפעול הקל יחסית, ומרמת הבטיחות הטובה שלהם. לדוגמה: כרית חימום חשמלית עדיפה על אש גלויה של מבער בונזן, בפרט במקום בו נעשה שימוש בממיסים דליקים. למרות שמכשירי חשמל משפרים את רמת הבטיחות במעבדה, עדיין קיימים סיכונים שיש להתייחס אליהם.

עובדי המעבדה נדרשים להכיר את נוהלי החירום, המיועדים לניתוק אדם שנפגע במגע עם זרם חשמל חי, ואת פעולות העזרה הראשונית שיש להעניק לו (פרטים בהוראות עזרה ראשונה). על עובדי המעבדה לדעת היכן נמצא מפסק החירום וכיצד להפילו.

הנזק הנגרם לאדם במקרה של התחשמלות נובע ממעבר זרם חשמל דרך הגוף. עוצמת מעבר הזרם תלויה במתח של המקור החשמלי ובנקודת המגע. זרם של 25 מיליאמפר יכול לגרום, בפרק זמן קצר, לפגיעה קשה בתיפקודי מערכת הנשימה. זרם של 100 מיליאמפר כבר מהווה סיכון קטלני.

התקנת מיכשור חשמלי ותיקונים במערכות החשמל יבוצעו על ידי חשמלאי בעל רישיון

שקעים

- מערכת השקעים חייבת להיות מוגנת באמצעות מימסר פחת, כנדרש בחוק. מימסר הפחת נועד לנתק את הזרם במקרה של סכנת התחשמלות. אחת לחודש, יש להפעיל את מימסרי הפחת באמצעות מתג הבדיקה שלהם, לניסוי.
- כל שקעי החשמל במעבדה חייבים להתאים לתקן הישראלי, ת"י 32.
- שקעים ומפסקים המיועדים לאספקת מתח בתוך המינדף חייבים להיות מקובעים מחוץ למינדף - סידור זה מונע היווצרות של ניצוצות חשמליים בתוך המינדף בזמן חיבור/ניתוק התקע והשקע. כמו כן, יכול עובד המעבדה לנתק/לחבר אליהם מכשירי חשמל המצויים מחוץ למינדף.
- כבלי החשמל המחברים מכשירי חשמל לרשת החשמל ייעברו אישור של גורם טכני מוסמך.
- יש להחליף את כל הכבלים שהתבלו או שאינם תקינים. מומלץ לבצע פעם בשנה בדיקה שיגרתי של כל הכבלים.
- יש להגן על קווי החשמל באמצעות נתיכים בלוח החשמל, כדי לגרום להפסקת הזרם במקרה של קצר או עומס יתר.

כבלי חשמל לניסויים

לעיתים נעשה שימוש בגידי חשמל בודדים בניסויים שונים - ברוב המקרים בגלל הזמניות והארעיות של השימוש. קצוות הגידים גלויים בד"כ ללא הגנת בידוד מספקת. יש להקפיד על עטיפת הקצוות בחומר מבודד כדי למנוע מגע מקרי.

הארקה

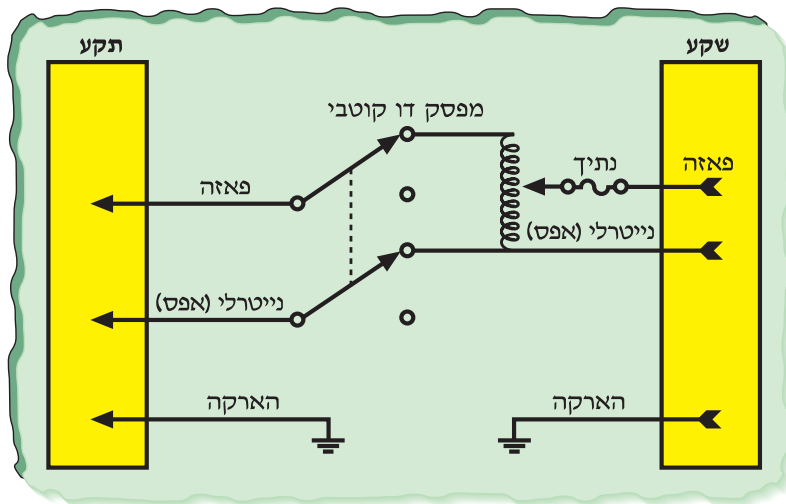
- כל המכשירים החשמליים והאלקטרוניים, המשמשים במעבדה ואינם מבודדים בבידוד כפול או במעטפת מבודדת, יהיו מאורקים.
- מכשירים בעלי בידוד כפול יפעלו דרך מימסר פחת, קבוע בלוח החשמל או נייד (לצד המיכשור).

מנועים חשמליים

- במעבדה מיושמים מנועים חשמליים למטרות שונות, כגון: משאבות ואקום; כלים מיטלטלים מכניים; מערבלים; בוחשים מגנטיים ומאיידים סיבוביים.
- מנועים חשמליים הנמצאים במקום בו מצויים ממיסים דליקים, חייבים להיות מטיפוס מוגן התפוצצות.
- מומלץ שלא להשתמש בשנאים עצמאיים (אוטוטרנספורמטורים) עם מתח משתנה לצורך שינוי מהירות של מנועי השראה. סידור מסוג זה גורם להתחממות יתר של המנוע ועלול לגרום לאש או להתפוצצות.
- כאשר משתמשים במכשירים הכוללים מנועי ליפוף, כגון: שואב אבק או מקדחה חשמלית ידנית - יש לדאוג שלא יימצאו בחלל אדים דליקים.

שנאים עצמאיים משתנים

שנאי עצמאי משתנה מספק חלק ממתח הרשת למכשירי חימום, תאורה, ומכשירים חשמליים אחרים הנמצאים במעבדה. חיבורו לרשת החשמל יעשה בהתאם לאיור:



תרשים חשמלי של שנאי עצמאי

השנאי העצמאי מותקן בתוך מיכלול לא אטום, לצורך איזורו. לפיכך, יכולים ניצוצות להוות סכנה בעת ביצוע שינוי במתח היציאה מהשנאי. יש לדאוג שלא יותזו על המכשיר כימיקלים או מים (סכנת הלם חשמלי), וכן שהמכשיר לא ייחשף לאדים או נוזלים דליקים (סכנת אש). מומלץ לתלות את המכשיר על מישור אנכי, כגון קיר, מחוץ למינדף. יש לאסור הנחה של שנאי עצמאי על שולחן העבודה ובמיוחד אסורה הנחתו במינדפים.

סכנה מרטיבות (מים)

יש להרחיק ציוד חשמלי מכימיקלים או מסביבת מים בגלל החשש שיורטב באופן מקרי. אם נשפך במקרה נוזל על מכשיר חשמלי - יש לנתק מיד את המכשיר מהחשמל, ואין להשתמש בו עד לניקוי ובדיקת תקינותו, ע"י טכנאי המוסמך לכך. מים עלולים לחדור לתוך מכשירים חשמליים הנמצאים במקומות לחים, כגון חדרי קירור או מקררים גדולים, כתוצאה מעיבוי. כאשר יש צורך להכניס מכשירים חשמליים למקומות כאלה, ניתן לצמצם את תופעת העיבוי ע"י תליית המכשירים במאונך. כמו כן ניתן להתקין גוף חימום, או להחזיר גז אינרטי ויבש, שימנעו את תופעת ההתקררות והעיבוי.

שירותים ותחזוקה

כל שירותי תחזוקת החשמל, כולל התקנות חדשות, יבוצעו על ידי חשמלאי מוסמך אשר יקפיד על התאמת המיתקנים לדרישות החוק ולתוכניות. כל פעולות ההכנה לשימוש של מכשירים חשמליים, ייעשו כאשר המכשירים מנותקים מהחשמל. רשת החשמל שבבניין המעבדה איננה בתחום טיפולו של הממונה על המעבדה, אך עליו לדאוג לתחזוקתה ולתקינותה. עם זאת - כל עובד מעבדה חייב לדעת את המיקום המדויק של מפסק הזרם הראשי, כך שידע להפעילו במהירות בשעת חירום.

מתח גבוה

מתח חשמלי גבוה עלול להפוך מכשירים אלקטרוניים למסוכנים. מכשירי חשמל רבים פועלים במתח גבוה מ-500 וולט; ספקי כוח למכשירי לייזר עובדים במתח מעל 1000 וולט. נחוצה הארקה מלאה של כל מכשירי החשמל והמכשירים האלקטרוניים. ציוד תקין חייב לכלול מפסקים אוטומטיים, שינתקו את הזרם למכשיר במקרה שהוא חושף את העובד למתח גבוה.

קבלי מתח גבוה מתוכננים להתפרק בצורה בטוחה דרך הארקה. אם הקבליים אינם מפורקים, עלולה נגיעה אקראית בהם לגרום למכת חשמל חזקה מאוד. ניתן לכסות מכשירים אלה במעטה פלסטי מתאים, המצויד במפסקים מתאימים, שיגרמו להפסקת המתח עם פתיחת המכשיר ולפני המגע בו.

מכשירים לעבודה באווירה דליקה או נפיצה

לעתים נדרשת הפעלת ציוד חשמלי במקומות בהם קיימים אדים דליקים.

בתקנות הבטיחות בעבודה (חשמל), התש"ן-1990, סעיף 10 "מיתקן חשמלי הפועל באטמוספירה נפיצה" כתוב: "מיתקן חשמלי הפועל באטמוספירה נפיצה חייב להיות מהסוג המונע התפוצצות; המיתקן יהיה מותאם לתקן ישראלי ת"י 786". (ת"י 786 בוטל. לכן ראו ת"י 60079).

מכשירי חשמל עמידים לפיצוץ כגון: מפסקים, מנורות, מנועים וכדומה, חייבים להיות נתונים בתוך מיכלול, עמיד בפני התפוצצות של תערובת גזים מוגדרת הנמצאת בתוכו. בנוסף לכך, המיכלול צריך למנוע את הצתת תערובת הגזים הזאת אם היא נמצאת מסביבו. ניתן ליצור מיכלול כזה ע"י בחירה נכונה של חומרים בעלי חוזק היכולים לעמוד בהתפוצצות וע"י תכנון מתאים של כל המתברים.

קיים תכנון ייחודי של מכשירים לגבי קבוצות מסווגות של גזים, אדים או סוגי אבק דליק - מכשירים העומדים בפני פיצוץ עבור רוב הגזים הפחמימניים, אינם עמידים לשימוש באווירה של אתר, מימן או אצטילן.

מכשירי חשמל בטוחים

קיימים מכשירי חשמל המסווגים כ"בטוחים במהותם" בפני הצתת אדי כימיקלים דליקים. משמעות המונח "בטוח במהותו" (intrinsically safe), לעניין מכשירי חשמל היא שהזרם העובר דרך המכשיר במקומות שונים בו, נמוך כל כך - שאפילו במקרה של תקלה או קצר במכשיר לא ייווצר בו ניצוץ בעל אנרגיה גבוהה מספיק, שתגרום להצתת אדים דליקים. ההגדרה "בטוח במהותו" איננה כוללת מכשירי כוח, ואיננה מתייחסת לכל סוגי האדים הדליקים.

כללי בטיחות בשימוש בחשמל



כללי בטיחות חשובים לפיהם יש לפעול בטיפול במערכות ובמכשירי חשמל המצויים במעבדה:

- הטיפול במיתקני חשמל (תיקון, תוספות ציוד, התאמות וכו') יתבצע רק על-ידי חשמלאי מוסמך.
- יש להבטיח את מערכת החשמל באמצעות הארקות ומימסרי פחת.
- יש לחבר להארקה את כל חיבורי הקיר, ואת כל הציוד שאיננו מטיפוס בידוד כפול.
- יש להשתמש בכבל מאריך רק אם אין ברירה אחרת ורק באופן חד-פעמי. השתמש בכבל קצר ככל שניתן. החזר את הכבל למקומו בגמר השימוש.
- אם נמצאה דליפת זרם בציוד פגום - יש להפסיק מיד את השימוש בו ולהעבירו לתיקון. ציוד שנותק מאספקת החשמל, אך לא ניתן להרחיקו - יש לסמן בהתאם.

- השתמשו תמיד במכשירי חשמל תקינים, ובהתאם לייעודם. ודאו את שלמות הבידוד של המכשירים בבדיקה חזותית. ודאו שלא קיים בידוד רופף או שבור.
- ודאו שמישטח העבודה, מתחת ומעל לציוד החשמלי, יבש.
- ודאו שסביבת הציוד החשמלי נקייה מחומרים דליקים.
- ודאו שכל המפסקים במכשירי החשמל נמצאים במצב 'כבוי', לפני חיבור התקעים לשקעי רשת החשמל.
- לעולם אין לגעת בציוד חשמלי בידיים רטובות או מיוזעות, או בזמן עמידה על רצפה רטובה. הקפידו לנעול נעליים מבודדות היטב.
- אל תוציאו את התקע מהשקע ע"י משיכת הכבל; משכו בבית התקע.
- כאשר בודקים מכשיר חשמל לגבי חימום-יתר או סכנת התחשמלות, יש לגעת בו תמיד באמצעות גב יד אחת - נגיעה בגב היד מונעת סכנת לפיתה של המכשיר, במקרה שהוא מעביר זרם.

4. מערכות איורור מקומיות

במקומות עבודה רבים נפלטים לחלל האוויר אדים/גזים אשר מהווים במקרים רבים מיטרד, סיכון ו/או מיטרד בריאותי. הגזים נפלטים תוך כדי עבודה שיגרתית, ולאז דווקא כתוצאה מתקלה בתהליך. לפיכך הם מהווים תופעה קבועה, המתלווה לסוגים מסויימים של עבודות ותהליכים.

כדוגמה יכולים לשמש חומרים נדיפים; גזים הנפלטים בזמן פעולות ריתוך; רסס בפעולות צביעה; אבק הנוצר בזמן פעולות שיבוב שונות; וכמובן - במהלך ביצוע תהליכים במעבדה כימית.

מזהמי אוויר מהווים סיכון בטיחותי בגלל פיזור חלקיקים/גזים רעילים, דליקים או נפיצים בסביבה.

למניעת הסיכונים מאווירה מזיקה מקובלות שתי שיטות:

- **איורור מקומי** - שעיקרו לכידת המזהם סמוך למקום היווצרותו והרחקתו, לפני שהוא נפלט לחלל העבודה ולפני שהגיע לדרכי הנשימה של העובד.
- **איורור כללי** - שעיקרו מיהול המזהמים באולמות הייצור ע"י אספקת אוויר טרי וסילוק האוויר המזהם (שיטה זו אינה ישימה בדרך כלל במעבדות כימיות).

הקמת מערך איורור מקומי

האיורור המקומי מבוסס על מספר עקרונות פשוטים, לעתים מובנים מאליהם, המדריכים את המתכנן לקביעת הטכניקה בה מיושם האיורור. לאחר קביעת הגישה העקרונית, ניתן לגשת לתכנון המפורט ולחשב ספיקות אוויר, מהירויות ופרמטרים פיזיקליים אחרים.

העקרונות הם:

- סגירת אזור היווצרות הזיהום, עד כמה שאפשר;
- התקנת מיתקן היניקה קרוב, עד כמה שאפשר, למקור הזיהום;
- מיקום מיתקן היניקה כך שהעובד לא יימצא בנתיב זרימתו של האוויר המזוהם;

- ניצול תנועתו הטבעית של המזהם, עד כמה שאפשר;
- יצירת מהירות זרימה מספקת לתפיסת המזהמים;
- יצירת מהירות זרימה, אחידה ככל האפשר, באזור תפיסת המזהמים;
- איזון יניקת האוויר באמצעות פתחי כניסת אוויר מתאימים;
- מניעת משבי רוח מקומיים, היוצרים תחושות חום וקור בלתי נעימות;
- הרחקת פתח יניקת האוויר הצח מאזור פליטת המזהמים.

קיימים סוגים שונים של מיתקני יניקה: מעטפת, תא פתוח, תא סגור ו'ונטה'.

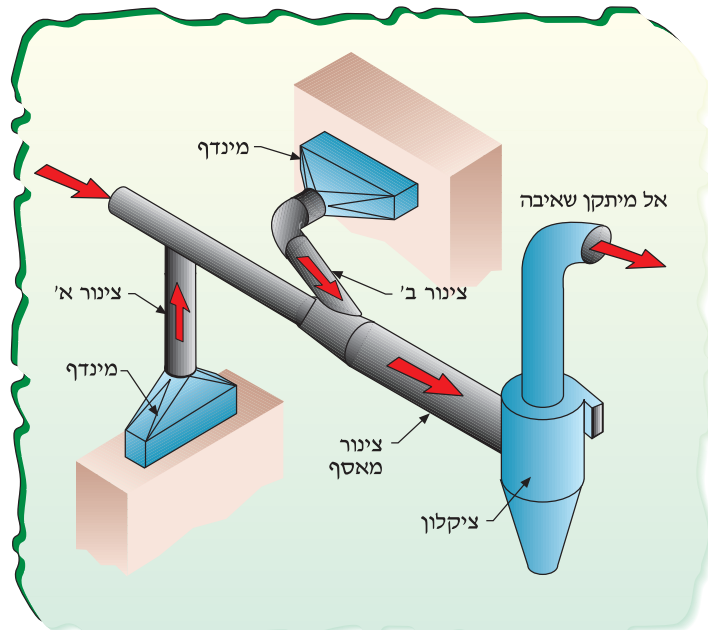
מעטפת - מיתקן המהווה חלל סגור כמעט לחלוטין, המקיף את מקור הזיהום ומותיר רק פתחים מינימליים - לכניסה וליציאה של החומר או החלק המעובד.

תא פתוח - מעטפת, אשר אחת הדפנות שלה חסרה. על התא הפתוח להיות גדול דיו, ובמיוחד עמוק דיו - כדי להכיל את כל תחום יצירת הזיהום. פתח היניקה ימוקם, בדרך כלל, בדופן האחורית. מקומו של העובד יכול להיות בתוך התא או מחוצה לו, אך לעולם לא בין מקור הזיהום לפתח היניקה. דוגמאות טיפוסיות לסוג זה של מיתקנים הן תאי צביעה בריסוס ומינדפי מעבדה.

תא סגור - חלל בו מתבצע תהליך עבודה, כאשר העובד ומקור הזיהום נמצאים בתוכו. בחלל מתקיים מישטר זרימה לכניסה/יציאה מבוקרת של אוויר. דוגמאות טיפוסיות למיתקנים מסוג זה הם תאים סגורים לצביעה בריסוס, ותאים לניקוי חול.

"ונטה" - מאוורר שואב המסלק אוויר מסביבתו המיידית אל מחוץ לחלל החדר.

מינדף מעבדתי הוא, בעיקרון, מינדף מעטפת, והתייחסות בהמשך היא אליו בלבד.



מספר מינדפים עשויים להיות מופעלים ע"י מערכת שאיבה מרכזית

5. מינדפים

במפעלים רבים משתמשים במינדפים בזמן טיפול בחומרים כימיים נדיפים; בתהליכים שבהם נפלטם גזים המהווים סיכון או מיטרד בריאותי; בתהליכים המפזרים עשן/אבק.

"ת"י 1839 - בטיחות במעבדות - מינדפים", קובע את דרישות הבטיחות המינימליות הנוגעות למינדפים במעבדה. המינדף מיועד למנוע בריחת הגזים/החלקיקים אל חלל החדר, על ידי שאיבתם אל מחוץ למבנה, או לכידתם ע"י מסננים מתאימים. כדי שהמינדפים יהיו יעילים - יש למקם אותם בהתאם לעקרונות בדוקים, וכן לבדוק אותם באופן תדיר כדי לוודא שפעולתם תקינה.

מובא כאן תיאור עקרונות מבנה המינדפים, אפשרויות הצבתם והבדיקות שיש לבצע באופן תקופתי, כדי לוודא שהמינדפים אכן ממלאים את ייעודם. התיאור מתמקד בעקרונות הבטיחותיים העיקריים לפיהם יש לנהוג בעת תכנון, הצבה ובדיקה של המינדפים.

הגדרות

מינדף - התקן סגור חלקית הכולל את התכונות הבאות:

- מונע פיזור נדפים לחלל החדר;
 - מאוורר, ע"י זרימה מאולצת של אוויר דרך המיפתח שבחזיתו;
 - מסלק את הנדפים, בעזרת מערכת יניקה, אל מחוץ למבנה - למרחק ולגובה נדרשים.
- נדפים** - מזהמי אוויר בצורת גזים, אדים או חלקיקים מוצקים.

מערכת יניקה - הצנרת, המפוח והציוד הנלווה, המותקנים בין נקודת החיבור למינדף, ובין נקודות שיחרור האוויר והנדיפים אל האטמוספירה החיצונית.

מהירות חזיתית - מהירות האוויר העובר דרך מיפתח המינדף, הנמדדת בניצב למישור המיפתח.

לחץ אוויר - שלילי - נמוך מהלחץ האטמוספרי.

חיובי - גבוה מהלחץ האטמוספרי.

מהירות לכידה - המהירות החזיתית המינימלית המבטיחה 'סחיפה' של המזהמים והאוויר הסובב אותם לכיוון מערכת היניקה. בעיקרון - יעילותו של מינדף נמדדת במהירות לכידה.

אנמומטר (anemometer) - מכשיר למדידת מהירות האוויר.

קיימים 3 סוגי מינדפים:

- **מינדף קליטה (receiving hood)**, מכונה גם מינדף פסיבי. במינדף אין מערכת שאיבה אקטיבית (מפוח), אלא מנוצלת בו תכונתו הטבעית של האוויר להיאסף, יחד עם המזהם, אל תוך המערכת הקולטת (לדוגמה - אוויר חם נוטה לעלות).

- **מינדף מעטפת (enclosing hood)**, מהווה חלל סגור כמעט לחלוטין המקיף את מקור הזיהום ומצויד במערכת שאיבה (לדוגמה - מינדף מעבדה, תא כפפות).

- **מינדף השראה (capture hood)**, מכונה גם מינדף אקטיבי. מינדף המורכב ממערכת יניקה. הסגירה סביב מקור הזיהום היא חלקית בלבד או שאינה קיימת כלל, וקליטת

המזהם מתבצעת ע"י יצירת אזור יניקה בסביבה בה נוצר הזיהום. היניקה משפיעה על תנועת האוויר במקום היוצרות הזיהום עצמו, ויוצרת בו מהירויות אוויר אשר 'לוכדות' את המזהם ומושכות אותו לכיוון פתח היניקה (לדוגמה - תעלות יניקה סביב אמבטיות ציפוי, צינור יניקה גמיש בקרבת אזור ריתוך).

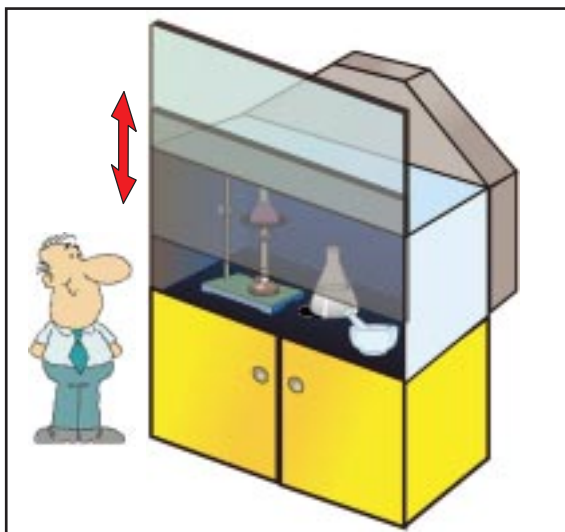
עקרונות תכנון

מיקומו של מינדף מעבדה חייב להבטיח פעולה אופטימלית, ללא הפרעות, בהתאם לתכנון. עצמים בולטים בקירבת המינדף - עמודים; שולחנות עבודה; מסלול מעבר הומה מאנשים; דלתות נפתחות ונסגרות בסביבה המיידית וכו' - עלולים לשבש את פעולתו של מינדף, חרף תכנונו המוצלח.

בתכנון יש להתייחס לנקודות הבאות:

עקרונות בסיסיים בתכנון:

- מומלץ למקם את המינדף צמוד לקיר החיצוני של המעבדה. אין למקם את המינדף בקרבת דלת הכניסה או בקרבת יציאה אחרת במעבדה. כמו כן אין למקם את המינדף ליד מעבר ראשי עמוס יחסית בתנועת עוברים ושבים.
- חומר הבנייה הסטנדרטי ממנו עשויים המינדפים הוא עץ. לפיכך, מומלץ לצפות אותו בפורמייקה מכל הכיוונים - כדי להקשות על בעירה, להקל את הניקוי והחיטוי ולאטום בפני נוזלים.
- מישטח העבודה של המינדף יהיה מוקף במסגרת מתאימה, שתמנע יציאה של נוזלים אל מחוץ למינדף כתוצאה משפיכה מקרית.



שימשת מגן של המינדף - מחומר שקוף ולא שבי

- שימשת המגן של המינדף צריכה להיות עשויה מזכוכית בטיחותית מיוחדת, אשר במקרה של פגיעה נסדקת בלבד ואיננה מתנפצת לרסיסים. ניתן להשתמש בשמשה העשויה מחומרים פלסטיים שקופים כגון: לוח אקרילי (פרספקס, פלקסיגלס) או לוח פוליקרבונט (העמיד בפני פגיעות מכניות).
- כאשר חלון המינדף נפתח כלפי מעלה - יש להתקין מנגנון אבטחה מתאים, שימנע נפילה של החלון ופגיעה בעובדי המעבדה.

- מפוח יניקת האוויר של המינדף יבטיח מהירות זרימה של האוויר, כך שכל האדים והגזים המיועדים לסילוק ישתחררו בצורה יעילה אל מחוץ למעבדה, ויימנעו מערבולת בזרימת האוויר.
- מערכת האיוורור יכולה לשרת מספר מינדפים בתנאי שאין תגובה כימית בין הגזים השונים. אחרת - יש להפריד את מערכות האיוורור. ארובת יציאת האוויר של המינדף תהיה גבוהה ב-1 מטר, לפחות, מעל גובה גג הבניין.



מערכת לאיוורור מקומי עבור מיתקנים במעבדה

עקרונות תכנון - חשמל, גז, מים, אוויר דחוס במינדפים:

- שקעי חשמל, מתגי הפעלה חשמליים ואביזרי הפעל-הפסק חשמליים אחרים ימוקמו מחוץ למינדף.
- תאורת חשמל בתוך המינדף תתאים לדרישות התקן הישראלי: ת"י 1529 - "עקרונות הנדסת אנוש בתחום הראייה: תאורת מקומות עבודה בתוך מבנים".
- רמת המיגון של גופי התאורה ושל אביזרים חשמליים אחרים תותאם, מההיבט הבטיחותי, לסוג ולתכונות החומרים המטופלים במינדף (דליקים, נפיצים וכו').
- הפעלת מיתקני השירות בתוך המינדף, כגון: מים, גז, אוויר דחוס, ואקום וחשמל, תתבצע בעזרת מנגנוני הפעלה הממוקמים מחוץ למינדף.
- גופי התאורה של המינדף ימוקמו מחוץ לתא המינדף, ויאירו את החלל הפנימי של המינדף דרך לוח זכוכית אטום למעבר אדים, או שיהיו מותקנים במיתקנים מוגני התפוצצות.
- נורית סימון תצביע על כך שמפוח היניקה נמצא בפעולה.
- רצוי לצייד מינדפים במפסק חירום חיצוני, אשר יאפשר ניתוק בו-זמני של אספקת מתח החשמל (פרט למתח המסופק למערכת היניקה) ושל הגז בשעת חירום.
- מפסק החירום יסומן בשילוט בולט המבהיר את פעולתו.
- חידוש אספקת הגז יתאפשר ע"י הפעלה ידנית בלבד ("RESET" ידני).

אמצעי בטיחות נוספים:

- על חלון הסגירה האנכי של מינדף יותקנו מעצורים המבטיחים מירווח מינימלי של 50 מ"מ, בין תחתית החלון ובסיס המינדף. מעצורים אלה מיועדים להגן על ידיו של העובד כאשר מערכת התמיכה של החלון (כבלי נשיאה) כושלת.
- לצורך הגנה על פניו של העובד - מפני התזה אפשרית של חומרים, או זכוכית במקרה של פיצוץ. העבודה במינדף תבצע, במשך רוב הזמן, כאשר החלון מורד. ניתן לפתוח את החלון לזמן קצר רק לצורך הכנסה/הוצאה של חומרים או ציוד, או לצורך טיפול במערכת הניסוי.
- כאשר קיים סיכון להיווצרותן של תערובות דליקות או נפיצות - אין לעבוד בתוך המינדף באש פתוחה (מבער בונזף), או להפעיל בתוכו מיתקני חימום חשמליים, בוחשים חשמליים או כל מכשיר חשמלי אחר, היוצר או העלול ליצור ניצוצות.
- במינדפים שבהם מתבצעות עבודות עם חומרים דליקים במיוחד יותקן מיתקן כיבוי אש אוטומטי.



החלל הפנימי של המינדף

שימוש נכון במינדפים

- בהפעלת מפוח היניקה - ודא כי יש שאיבה מתוך המינדף (הפעלת המפוח עדיין איננה מבטיחה שאיבה).
- לצמצום זרמי מערבולת בפתח המינדף - מקם את הציוד והחומרים במרכז המינדף, וקרוב ככל שניתן לדופן האחורית.
- במינדף ימוקמו רק פריטי הציוד והכימיקלים הנחוצים לביצוע התהליך. המינדף לא ישמש כמקום אחסון של חומרים, או שיוכרז כמקום אחסון בלבד ויפסיק לשמש כמינדף לביצוע עבודות.
- חלון המינדף יהיה סגור בזמן העבודה ככל שרק ניתן.

- כאשר חלון המינדף פתוח בזמן העבודה - יש להשתמש בצידוד מגן אישי מתאים (משקפי בטיחות, כפפות, סינר וכו').
- בקירבת המינדף ובהישג יד חייב להימצא מכשיר כיבוי אש.
- בגמר העבודה במינדף, יש לפרק את כל הצידוד ולהחזירו למקומו. כמו כן יש לפנות מהמינדף את כל החומרים. המינדף איננו מחסן לחומרים, למעט חומרים הנמצאים תחת תצפית. יש לנקות את המינדף היטב מכל פסולת לאחר פינויו.

בדיקות מינדפים

- הבדיקה העיקרית לתקינות, שמבוצעת על מינדפים, היא בדיקה לקביעת מהירות האיוורור החזיתית. הבדיקה תבוצע בעזרת אננומטר. לבדיקה שני שלבים: בדיקה מקוצרת ובדיקה מלאה.

• בדיקה מקוצרת:

1. פותחים את המינדף ככל שניתן;
2. מתייצבים כ-0.5 מטר מחזית המינדף;
3. מודדים את המהירויות ב-4 פינות המינדף, בנקודות המרוחקות 100 מ"מ מהמשקוף האנכי והאופקי. יש להימנע מלעמוד מול נקודת המדידה - בצעו את הבדיקה מהצד, כדי למנוע היווצרות טורבולנטיות בהשפעת הגוף הניצב מול נקודת המדידה.

• בדיקה מלאה:

- בדיקה מלאה תבוצע רק אם התגלו בבדיקה המקוצרת סימנים של מהירויות איוורור נמוכות; טורבולנציה מוגזמת (אי-יציבות גבוהה של תצוגת האננומטר); הבדלים גדולים בתוצאות בנקודות הבדיקה השונות וכו'.
1. בצעו את הנדרש עבור הבדיקה המקוצרת.
 2. בצעו בדיקות נוספות. המרחקים בין נקודות הבדיקה הנוספות לא יעלו על 250 מ"מ בכיוון האנכי ו-500 מ"מ בכיוון האופקי. הבדיקות תבוצענה על ידי עובד בעל הכשרה מתאימה.

6. שירותים כלליים

כל מעבדה זקוקה לשירותים כלליים ובכללם: גז בישול; משאבות; מדחסים; קיטור; אספקת גזים אינרטיים ושירותים מרכזיים אחרים. צורת האספקה של השירותים תלויה במיקומה של המעבדה בארגון. השירותים המרכזיים למעבדה במפעלים כימיים, הם בדרך כלל חלק בלתי נפרד מהמערך הכללי של המפעל. כאשר המעבדה היא יחידה נפרדת - יש צורך לספק לה את השירותים בנפרד. השירותים המרכזיים אותם ניתן לספק מהמפעל הם שירותי חשמל; מים חמים; קיטור; מדחסים; גלילי גז וכו'.

שירותי קיטור במעבדה מאפשרים חימום, באותן עבודות להן מספיקה טמפ' נמוכה מ-100°C. השימוש בקיטור עדיף מבחינה בטיחותית על שימוש בגז או חימום בחשמל כאשר בתהליכים מעורבים חומרים נפיצים ודליקים.

ציוד עזר כללי

במעבדות רבות מצוי ציוד המשמש גם ביחידות אחרות בארגון: שימוש במדחסים יכול להיות מרכזי, או שיסופק מדחס מיוחד למעבדה. משאבות ואקום יכולות להיות מורכבות בצורה קבועה. כמו-כן ניתן להשתמש במשאבות ואקום ניידות.

צנרת

כל הצנרת הטכנית (צינורות, ברזים, מתגים) תסומן בגווי היכר ובתוויות זיהוי. לכל סוגי הצנרת (חשמל, מים, אוויר דחוס, גז וכו') חייב להיות מתג/ברז לכניסה ומתג/ברז להפעלה. ברז או מתג זה יהיה נפרד עבור אותו חדר, ויותקן במקום נגיש וקל להבחנה (עדיף בכניסה), כולל סימון מאפיין, לפי סוג האספקה.

שירותים שונים

- כל שולחן מעבדה יציוד בשירותים הדרושים לביצוע העבודות השונות. שירותים אלה כוללים: אספקת מים; אוויר דחוס; ואקום; גז; חשמל; כוור לניקוז ועוד.
- את הברזים והמפסקים הראשיים של המעבדה יש לרכז בפרוזדור המעבדה, ליד פתח הכניסה, במקום ובגובה נוח לטיפול ולתחזוקה. אסור שכנף הדלת הפתוחה תסתיר את הברזים והמפסקים.
- כל שולחן יציוד בברזי סגירה ומפסקים משניים, לשירותים השונים.
- הברזים וצינורות האספקה לשירותים השונים יסומנו בצבעי היכר תקינים - סימני היכר ואזהרה לציוד המכיל נוזלים, או כבלי חשמל, בהתאם לת"י 659.
- בנוסף לסימני ההיכר, יסומנו הברזים הראשיים בשלטים בכתב בולט וברור או סימנים מוסכמים וברורים.