

תיאור אירוע בטיחות במעבדה ביוטכנולוגיה, מחשבות, מסקנות והמלצות

כנס הלאומי ה-4 לבטיחות במעבדות מו"פ

16.07.2025

ויטלי פרוביז MSc
מחלקת מחקר של המוסד לבטיחות ולגיהות

מהות האירוע

אירע פיצוץ בתוך שייקר אינקובטור/תנור.

כתוצאה מפיצוץ דלת של אינקובטור עפה לצידו השני של החדר, ובדרכה שוברה בקר של פרמנטור, ומועכת את מדיח כלים.

הדף מהפיצוץ גורם לפתיחת דלת המקרר, שבירת חלק מהתקרה אקוסטית

חומר פולימרי שהיה בתוך האינקובטור עלה באש

מפסק הפחת ניתק את החשמל

מערכת גילוי אש הופעלה, נשמעה אזעקה



תיאור קצר של התהליך



גידול תרביות של
מיקרואורגניזם

מיצוי באמצעות כלורופורם,
מתנול, אתנול

הפרדה וייבוש ראשוני
בתנאי מנדף כימי

ייבוש סופי בתוך
אינקובטור/תנור בתנאי
טמפרטורה של 70C

בהתאם נתוני דליקות של חומרים כימיים

GHS: Globally Harmonized System of Classification

קטגוריה 4	קטגוריה 3	קטגוריה 2	קטגוריה 1	מדדים/קטגוריה
No pictogram				pictogram
Warning	Warning	Danger	Danger	הגדרה
Combustible liquid	Flammable liquid and vapour	Highly flammable liquid or vapour	Extremely flammable liquid or vapour	

Methanol – Cas 67-56-1

FP- 9.7 C, LEL- 5.5%, UEL- 44%

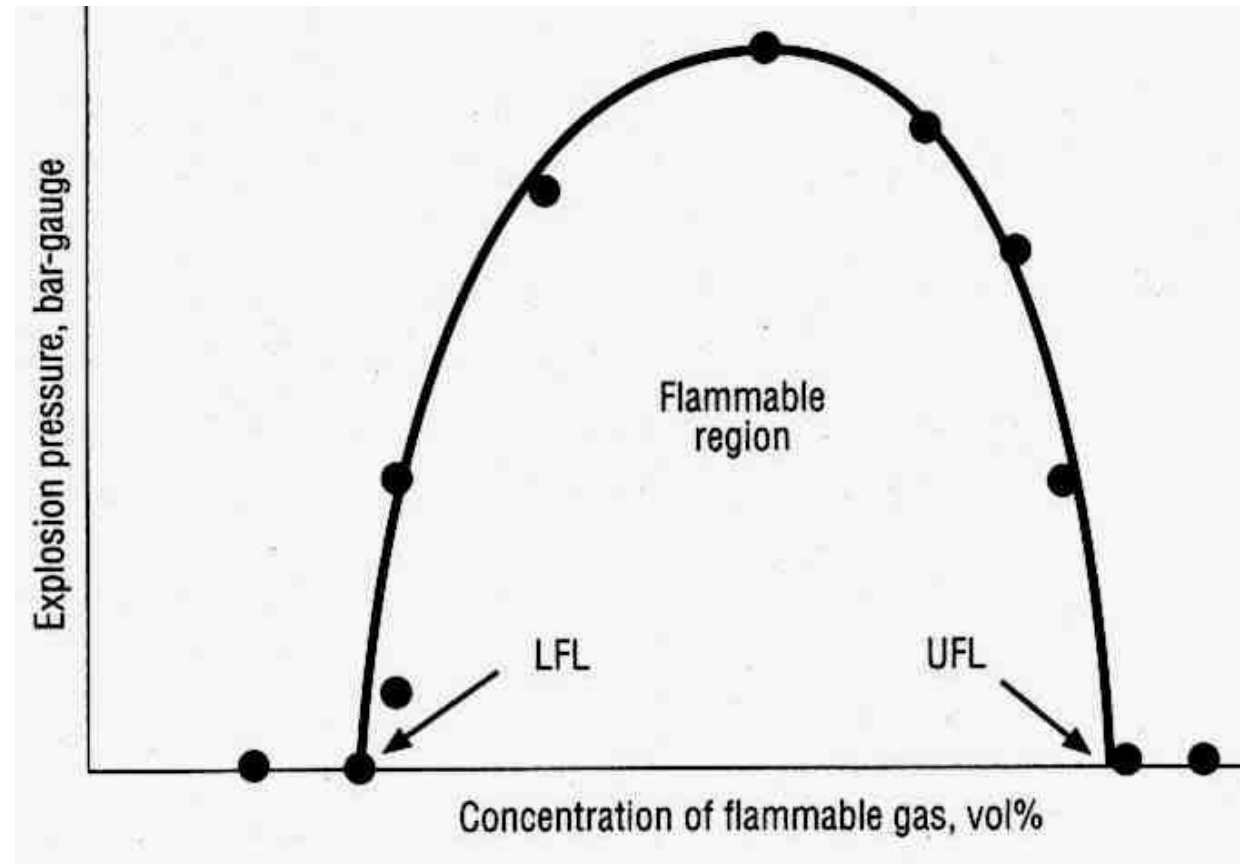
Ethanol – Cas 64-17-5

FP- 13 C, LEL- 2.5%, UEL- 13.5%

גבולות הנפיצות

Lower explosion limit גבול התפוצצות תחתון

Upper explosion limit גבול התפוצצות עליון



גורם ישיר לאירוע - אינקובטור/תנור:



אינקובטור/תנור לא מוגן התפוצצות.

נמצא בשימוש מספר שנים.

עד למקרה הנוכחי אף פעם לא היה מעורב באירוע בטיחותי



דרישות החוק:

מתוך תקנות הבטיחות בעבודה במעבדות

התשס"א 2001 :

במעבדה שבה עובדים עם חומרים דליקים או פציצים יהיו התאורה
וכל מערכות החשמל מוגני התפוצצות (EXPLOSION PROOF)

דילמה כלכלית

עלות תנורים מוגני התפוצצות פי 2.5-3 לעומת תנורים רגילים



תנורים במעבדה – סיכונים עיקריים



❖ התלקחות של אדים דליקים

❖ סיכון מחומרים כימיים בלתי יציבים בחום

❖ רעילות של חומרים נדיפים או גזים הנוצרים כתוצאה

מהתפרקות חומרים בטמפ' גבוהה

❖ התחשמלות כתוצאה מחיבור חשמל לקוי, פגם בחיבורים,

או בגופי החימום

❖ סיכונים פיזיקליים, כמו רסיסי זכוכית

❖ כוויות במגע

❖ סיכוני חשמל



עקרונות לשימוש תנורים במעבדה

מיועד לייבוש כלי זכוכית
או חומרים בלתי מסוכנים בלבד

❌ אסור בהחלט

❌ חומרים דליקים

❌ ממיסים אורגניים

❌ כלים שנשטפו בנוזלים דליקים

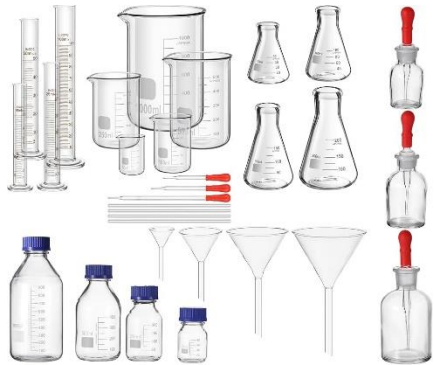
❌ אדים דליקים

✅ שימושים מותרים

✓ ייבוש כלי זכוכית נקיים

✓ חימום חומרים יציבים

✓ סילוק מים בלבד



מכשירים לעבודה באווירה דליקה או נפיצה

מטרת הגנה EP : מניעת מגע אפשרית של חלקים פנימיים של הציוד ומכשור שעלול לגרום לניצוץ, חימום עם סביבה חיצונית דליקה או נפיצה, או למנוע יציאת דליקה או פיצוץ מחוץ לעטיפה של ציוד ומכשור דרך לכידתו מבפנים.

בתקנות הבטיחות בעבודה (חשמל), התש"ן - 1990, סעיף 10 "מתקן חשמלי הפועל באטמוספירה נפיצה" כתוב: מתקן חשמלי הפועל באטמוספירה נפיצה חייב להיות מהסוג המונע התפוצצות, המתקן יהיה מותאם לתקן ישראלי ת"י 60079 "ציוד חשמלי לשימוש באטמוספירות נפוצות"



מסקנות והמלצות מאירוע בטיחות

✓ קיימת סבירות גבוהה מאוד שבזמן התהליך ייבוש במערכת חשמל של האינקובטור התרחש ניצוץ אשר גרם לפיצוץ אדיהם של אתנול ומתנול (או אחד מהחומרים הנ"ל).

✓ על האינקובטור להיות מוגן התפוצצות (EXPLOSION PROOF) בהתאם לתקן ישראלי ת"י 60079 "ציוד חשמלי לשימוש באטמוספירות נפיצות", על מנת למנוע סיכון להצתה והתפוצצות של אדי מתנול ואתנול בעת ביצוע תהליך ייבוש.

✓ ביצוע ניתוח סיכונים מעמיק לתהליכים אשר מבצעים במעבדה

צורך חיוני בביצוע ניתוח סיכונים מעמיק

שיטה JSA (דוגמה: אנליזה/תהליך מיצוי חומצות שומן בחלב)

מס	תיאור השלב/הפעולה	תאונה או תרחיש מסוכן/מזיק אפשרי	הסתברות ¹	חומרה ²	פעילות מונעת נדרשת
1	הכנסת מבחנה עם חלב לאמבט חם	סיכון לקבל כוויה (מגע עם מים חמים T=80 מעלות צלסיוס)	2	3	1. הקפדה על עבודה עם מתקן מתאים למבחנות 2. ביצוע תהליך בעדינות.
2	הכנסת מבחנות לצנטריפוגה	1. סיכון מכני – ריסוק היד (למכשיר קיים מנגנון הגנה – רק בתנאי שמכסה סגור ניתן להפעילו). 2. סיכון דליפת חומר	2	3	1. בדיקת הנוריות בעת הדלקת המכשיר – האם ההגנה לבטח עובדת. 2. בדיקה של סגירת מבחנות לפני הכנסה לצנטריפוגה
3	מהלך כל התהליך של מיצוי חומצות שומן	פגיעה מחומרים מסוכנים (תחולת קיט) – 1. Hexane 2. Isopropanol 3. Methanol 4. Hydrochloric acid 5. Dichloromethane	2	3	1. ביצוע עבודה במנדף כימי. יש להקפיד בשימוש כפפות מגן מתאימות. 2. יש להימנע מהצתה של החומרים (hexane, isopropanol, methanol - הינם דליקים!) 3. חומר דיכלורומתאן – הינו רעיל מאוד! 4. חומצת מלח – הינו חומר קורוזיבי!

סיכון (risk)

תדירות או הסתברות של התרחשות מזיקה מוגדרת (hazardous event), בשילוב עם התוצאה הנובעת מההתרחשות. סיכון הינו, לפיכך, מכפלה של שני אלמנטים:

- (א) ההסתברות שתתרחש תאונה או פגיעה בבריאות ו-
- (ב) גודל או חומרת הנזק הצפוי במידה ותיגרם תאונה או פגיעה כזאת.

$$\text{תוצאה} \times \text{הסתברות} = \text{רמת הסיכון}$$

**סיכון קביל
(acceptable risk)
או
סיכון נסבל
(tolerable risk)**

**רמת סיכון עימה אנו מוכנים להשלים במסגרת
ביצוע עבודה.**



**סביבת עבודה בטוחה היא
סביבה שכל הסיכונים בה
הינם קבילים**

תודה רבה

