

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

הידעתם? רגע קטן של היסטוריה

- במאה השישית לפני הספירה גילו היוונים שאם תשפשף ענבר (amber, שרף עץ מאובן) בבד, למשל צמר, הענבר היה מרים חפצים קלים כמו קש או נוצות.
- הקדומת טריבו פירושו "לשפשף", והמילה "חשמל" באה מהמילה היוונית, amber, elektron.
- האפקט הטריבו-אלקטרי מתייחס לשפשוף חפץ כדי לתת לו תכונה חשמלית, כמו ענבר כאשר הוא משפשף בצמר.
- שנה אחר כך, במאה ה-17 וה-18, מדענים ובהם ויליאם גילברט, אלסנדרו וולטה ובנג'מין פרנקלין ערכו ניסויים בחשמל סטטי, תוך שימוש במכשירי ניסוי כמו האלקטרוסקופ, האלקטרופורוס וצנצנת לייזר.

לאה מרקלס הנדסת בטיחות # 052-4218022 LEAM@SAFETYMARKELS.COM

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

חשמל סטטי – נחלים, מעבדות וכל השאר

לאה מרקלס

1

לאה מרקלס הנדסת בטיחות # 052-4218022 LEAM@SAFETYMARKELS.COM

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

הערכת סיכונים "אלקטרוסטטיות" – הגישה השיטתית

Charge Generation	Charge Accumulation	Electrostatic Discharges	Minimum Ignition Energy	Flash Fire / explosion?
Contact	Isolated Conductors	Spark	Smallest static spark energy to ignite a flammable atmosphere	Ignition occurs if discharge energy > MIE
Induction	Insulating Objects	Brush		
Corona	Personnel	Propagating Brush		
	Powders	Cone		
	Liquids	Corona		

לאה מרקלס הנדסת בטיחות # 052-4218022 LEAM@SAFETYMARKELS.COM

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

NFPA 77, RECOMMENDED PRACTICE ON STATIC ELECTRICITY

- מטרה - לספק סיוע בשליטה על סכנות הקשורות להיווצרות, הצטברות ופריקה של חשמל סטטי.
- מכיל:
- הבנה בסיסית של אופי חשמל סטטי.
- הנחיות לזיהוי והערכת סיכונים של חשמל סטטי.
- טכניקות לבקרת סיכונים הכרוכים בחשמל סטטי.
- הנחיות לבקרת חשמל סטטי ביישומים נבחרים.

3

לאה מרקלס הנדסת בטיחות # 052-4218022 LEAM@SAFETYMARKELS.COM

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

CONTACT CHARGING - דוגמאות

- כוח אדם - עובדים**
 - הליכה על רצוף מבודד
 - הסרת סרבלים במנעול נעליים
 - מבודדות
- אבקות**
 - סינון
 - מזיגה
 - תונה באמצעות חלון
 - טחינה
 - מיקרונזיציה
 - שינוע פנאומטי
- נחלים**
 - העברת נחלים בצינורות
 - וצינורות
 - ערבוב / תסיסה
 - סינון
- חלקים נעים**
 - עגלות מתכת עם גלגל גומי
 - פלטטיק

לאה מרקלס הנדסת בטיחות # 052-4218022 LEAM@SAFETYMARKELS.COM

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

CHARGE GENERATION - CONTACT CHARGING

יצירת טעינה - טעינת מגע

- מטען אלקטרוסטטי נוצר בדרך כלל כאשר שני חומרים מייצרים ואז מפרקים מגע, כאשר האחד הופך לשלילי והשני חיובי.
- הבניית המטען על מוליכים מבודדים חשמלית ו/או על חומרי בידוד, יכולה להוביל פריקות אלקטרוסטטיות.
- ההצתה צפויה אם אנרגיית הפריקה עולה מינימום אנרגיית ההצת (מ.י) של האווירה הדליקה

5

לאה מרקלס הנדסת בטיחות # 052-4218022 LEAM@SAFETYMARKELS.COM

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

HPLC (HIGH PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPH)

שיטת כרומטוגרפיה מתקדמת זאת המכונה High Pressure Liquid Chromatography מיועדת להפרדת תערובת נוזלית בקולונה. HPLC הינה שיטה נפוצה ביותר בתחומה העומדת על כ 80% ונחשבת מדויקת ביותר.

יתרונה המרכזי ביכולתה לזהות ולהפריד מרכיבים רבים ואף בכמויות זעירות באופן סימולטני חאת עד לכדי מאות. לכן, שיטה זאת משמשת בתעשיות שונות כגון תעשיית התרופות, נפט, מעבדות פורנויות, ואף קפה התובעניות בדרישותיהן.

לאה מרקלס הנדסת בטיחות # 052-4218022 LEAM@SAFETYMARKELS.COM

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

אז איך מרגישים עם חשמל סטטי?

- חשמל סטטי יכול להיות בעיה גדולה עבור חלקים אלקטרוניים. בקילו-וולט בודדים גופנו חווה רק תחושת כאב קלה (בהנחה שרמת זרם קלה מאוד), אך חלקים אלקטרוניים יכולים להיהרס על ידי 0.1 קילוואט בלבד.
- המכשירים אנליטיים עצמם כוללים אמצעים נגד הצטברות חשמל סטטי, אך כמויות גדולות של חשמל סטטי עלולות לגרום להם תקלה.

לאה מרקלס הנדסת בטיחות # 052-4218022 LEAM@SAFETYMARKELS.COM

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

היווצרות חשמל סטטי

- כאשר נחל עובר דרך צינורות דקים בקצב (שיעור) זרימה (flow rate) גבוה, כמו במערכות HPLC המטען האלקטרוסטטי של החומר הזורם מייצר חשמל סטטי (flow electrification) (רמת המטען גבוהה יותר עבור ממסים מוליכים גרועים הזורמים דרך צינורות פלסטיק. בנוסף, כמויות גדולות של בועות אוויר הזורמות בצינור יכולות להגביר את החשמל הסטטי).

A: מטען שזו יחד עם זרימת הנחל
B: מטען קבוע למשטח יציב ואינו יכול לזח

Generation of Static Electricity by a Liquid Flowing over a Solid

לאה מרקלס הנדסת בטיחות # 052-4218022 LEAM@SAFETYMARKELS.COM

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

אפשרות לתאונות מחשמל סטטי מיוצר על ידי זרימת נוזלים

חשמל סטטי שנוצר בסמוך ליציאת HPLC למיכל פסולת נוזלית עלול לגרום לתאונה.

1. בקבוקי אנליזה למתנסים
2. מכלב פחמנים
3. שטח פירוק
4. מזל קיבול לריכוז הפחמה העתה
5. משאבה בלחץ גבוה
6. שסתום תאי הדיפוזיה
7. קולונה תרופת זרימה
8. טורם קולונה
9. קולונה
10. מזל
11. מערכת עיבוד נתונים (מחשב)
12. בקבוקי אנליזה לפלט המשרבת

לאה מרקלס הנדסת בטיחות # 052-4218022 LEAM@SAFETYMARKELS.COM

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

שחרור אנרגיה באמצעות פריקה חשמלית

- אם מוליך חשמלי מגיע במרחק מסוים מהמיכל, מתרחשת פריקה חשמלית שמשחררת אנרגיה תרמית.

לאה מרקלס הנדסת בטיחות # 052-4218022 LEAM@SAFETYMARKELS.COM

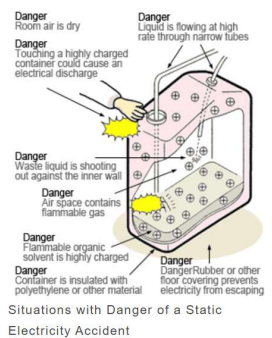
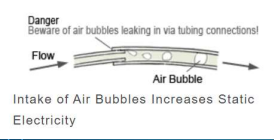
LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

הצטברות מטען חשמלי סטטי

- אם נחל טעון אלקטרוסטטי מצטבר במיכל מבדד חשמלית, כמות המטען גדלה בהדרגה עד לנקודה בה הוא יכול ליצור בקלות מתח גבוה, בסדר גודל של מספר קילוואט.

לאה מרקלס הנדסת בטיחות # 052-4218022 LEAM@SAFETYMARKELS.COM

דוגמאות למצבים מסוכנים



LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

הצתה של חומרים דליקים

⚡ אם יש ריכוז מספיק של גז דליק באטמוספירה שמסביב, הגז נדלק ביתר קלות.



LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

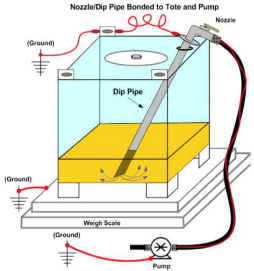
אמצעים למניעת תאונות חשמל ססטי - 1

השתמש במיכל פסולת נחלית ממתכת (עם משטח פנים מוליך, או פח מצופה מתכת) וחבר את המיכל להארקה.

לעיתים מיכלי מתכת הינם מגולוונים או מצופים, ולכן יתכן שהם אינם מוליכים. השתמש בטסטר חשמל כדי לאשר שהמיכל מוארק.

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

מניעת תאונות חשמל סטטי



כדי למנוע תאונות חשמל סטטיות, יש לנקוט אמצעים שיתמקדו במניעת ייצור והצטברות חשמל סטטי. כדי להבטיח ככל שניתן את מניעת התאונות, חשוב ליישם במקביל אמצעי מניעה מרובים.

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

אמצעים למניעת תאונות חשמל ססטי - 3

⚡ הרחק חפצים טעונים אלקטרוסטטיים, כולל גוף האדם, ממכלי הפסולת.

⚡ כדי למנוע את טעינת הגוף, לבש בגדים או נעליים אנטי-סטטיות, יש להאריך את הגוף באמצעות רצועת כף יד אנטי-סטטית (עם נגד 1 MΩ להגנה על הגוף), או לספק משטחי רצפה מוליכים באזורי עבודה, כמו למשל שטיחי רצפה אנטי סטטיים. אם לא נקטת באף אמצעי אנטי-סטטיים, גע בחפץ מתכת מוארק לפני שתיגע למיכל הפסולת על מנת להאריך כל מטען אלקטרוסטטי מגופך.

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

אמצעים למניעת תאונות חשמל ססטי - 2

כדי למנוע כניסה של ניצוצות למיכל הפסולת, שמור על גודל החריצים (פתחים) בפתחי הכניסה והיציאה קטנים ככל האפשר.

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

אמצעים למניעת תאונות חשמל ססטי - 5

- אם לא ניתן להאריק את מיכל הפסולת הנחלית יש לוודא שקצה צינור הניקוז נשאר מתחת לפני השטח של הנחל במיכל הפסולת.
- לחלופין, ניתן להכניס מתכת מוארקת בנחל. יש לציין ששיטה זו אינה יעילה לרוב לנחלים עם מוליכות נמוכה (10-10 S/ m או פחות).

20

LEAM@SAFETYMARKELS.COM # 052-4218022 לאה מרקלס הנדסת בטיחות

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

אמצעים למניעת תאונות חשמל ססטי - 4

- השתמש בצינורות בקוטר פנימי גדול יותר (לפחות 2 מ"מ, למשל) לקווי ניקוז דרכם זורמים כמויות גדולות של נחל.
- בועות אוויר בנחל יכולות להגדיל את המטען האלקטרוסטטי בסדרי גודל. בדוק אם יש דליפות אוויר בחיבורי הצינורות.

19

LEAM@SAFETYMARKELS.COM # 052-4218022 לאה מרקלס הנדסת בטיחות

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

אמצעים למניעת תאונות חשמל ססטי - 7

- העלאת רמת הלחות (מעל 65%, למשל) יכולה להיות "השפעה אנטי-סטטית", לכן, אל תתנו לחדר להתייבש.

22

LEAM@SAFETYMARKELS.COM # 052-4218022 לאה מרקלס הנדסת בטיחות

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

אמצעים למניעת תאונות חשמל ססטי - 6

- השתמש במיכל פסולת נחלית קטן ככל האפשר כדי למזער את הנזק במקרה של שריפה.

21

LEAM@SAFETYMARKELS.COM # 052-4218022 לאה מרקלס הנדסת בטיחות

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

ישנם אזורי רבים אחריים על המעבדה, מלבד מערכת HPLC, הדורשים זהירות מיוחדת בקשר לחשמל סטטי.

26

LEAM@SAFETYMARKELS.COM # 052-4218022 לאה מרקלס הנדסת בטיחות

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

Use a cap to reduce the gap size

Increase the room humidity

Conductive Metal Can
Connect a clip to a metal area and ground it to the instrument ground terminal or other ground.

(If the inner walls of the container are not conductive, hang the conductor wire down to the bottom.)

If the inner walls are conductive, static electricity from the liquid will escape via the container.

Configuration with Measures to Prevent Static Electricity Implemented

23

LEAM@SAFETYMARKELS.COM # 052-4218022 לאה מרקלס הנדסת בטיחות

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

חומרים דליקים

- במעבדות נמצא מגוון חומרים דליקים, כגון ממסים אורגניים.
- יש לשמור על כיסויים של חומרים דליקים כדי למנוע חשיפה (כמו איד).
- ספק אוורור/ניקה לאדים דליקים. (מיקום אמצעי האורור/ניקה יקבעו על פי רוב הממסים במעבדה: הכבדים יותר מאוויר, או הקלים יותר מאוויר, כמו מימן).

לאה מרקלס הנדסת בטיחות # 052-4218022 LEAM@SAFETYMARKELS.COM

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

מקורות לחשמל סטטי במעבדה

- מערכות צנרת** - במערכות צנרת קצב היווצרות והצטברות המטען הסטטי הם פונקציה של קצב הזרימה, מהירות הנחל, קוטר הצינור ואורך הצינור.
- פעולות מילוי** - פעולת מילוי הינה טורבולנטית, הנגרמת על ידי קצב זרימה גדול, התזת נחלים או נפילה חופשית, מגדילה מאוד את הצטברות המטען מעל לרמה הנוצרת במערכות צנרת.
- סינון** - מסננים, בגלל שטח הפנים הגדול שלהם, יכולים לייצר פי 200 מהמטען האלקטרוסטטי שנוצר באותה מערכת צנרת ללא סינון.
- פעולות פיזור** - מבין כל הפעולות בענף הציפויים, פעולות פיזור יכולות להיות מסוכנות במיוחד לאור הקצב הגבוה של היווצרות מטען כאשר ישנם חלקיקים. בנוכחות נחלים מוליכים גרושים, הצטברות המטען עלולה לגרום לניצוץ מסוכן בחלל הפנוי (אדים מצטברים), למשל כאשר הבוחש חשוף במיקר או לצינור מילוי מוליך. שיעורי היווצרות מטענים גבוהים יכולים להתרחש גם בתהליכי ערבוב נחלים, דילול או נחלים מנוערים.

לאה מרקלס הנדסת בטיחות # 052-4218022 LEAM@SAFETYMARKELS.COM

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

אבקות

- אבקות יכולות להיאחז או לקפוץ סביב בגלל חשמל סטטי מחיכוך עם המיכל או מנטילת המטען הסטטי מבני אדם.
- בעת שקילת אבקות ניתן להשתמש במיינן (ionizer) כדי להסיר חשמל סטטי.

לאה מרקלס הנדסת בטיחות # 052-4218022 LEAM@SAFETYMARKELS.COM

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

מערכת החשמל

- לוחות חשמל חשופים במיוחד לחשמל סטטי. בפרט, אם אדם טעון סטטי נוגע במכשיר חשמלי עם כלי מתכת, זה יכול לגרום לתקלה או להפסקת חשמל מיידי.
- התרגלו לגעת באלמנט מאריק כגון צינורות מים בכדי להסיר כל מטען סטטי לפני נגיעה במכשיר חשמלי.

לאה מרקלס הנדסת בטיחות # 052-4218022 LEAM@SAFETYMARKELS.COM

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

איך למנוע תאונות חשמל סטטי על ידי הקפדה על האמצעים שצוינו לעיל. אמצעים אלה עשויים להיראות כמו "טרחה מיותרת", אך ההיערכות למניעת תאונות חשובה.

29

לאה מרקלס הנדסת בטיחות # 052-4218022 LEAM@SAFETYMARKELS.COM

LEA MARKELS - SAFETY ENGINEERING

סיכום

- ניתן למנוע תאונות חשמל סטטי על ידי הקפדה על האמצעים שצוינו לעיל. אמצעים אלה עשויים להיראות כמו "טרחה מיותרת", אך ההיערכות למניעת תאונות חשובה.

לאה מרקלס הנדסת בטיחות # 052-4218022 LEAM@SAFETYMARKELS.COM

