



לשכת המהנדסים
האדריכלים והאקדמאים
במקצועות הטכנולוגיים
בישראל

AEAI

מהפכת התאורה והשלכותיה

ד"ר אינה ניסנבאום, יו"ר האגודה הישראלית לתאורה

**איי בי אן מעבדות בע"מ
תכנון תאורה ומדידות תאורה**

אהרונסון 23, ר"ג
טלפון: 03-6776892
פקס: 03-5748159
inna@light-eng.com

מהפכת התאורה והשלכותיה

שדרוג תאורה,
לד = מילת קסם

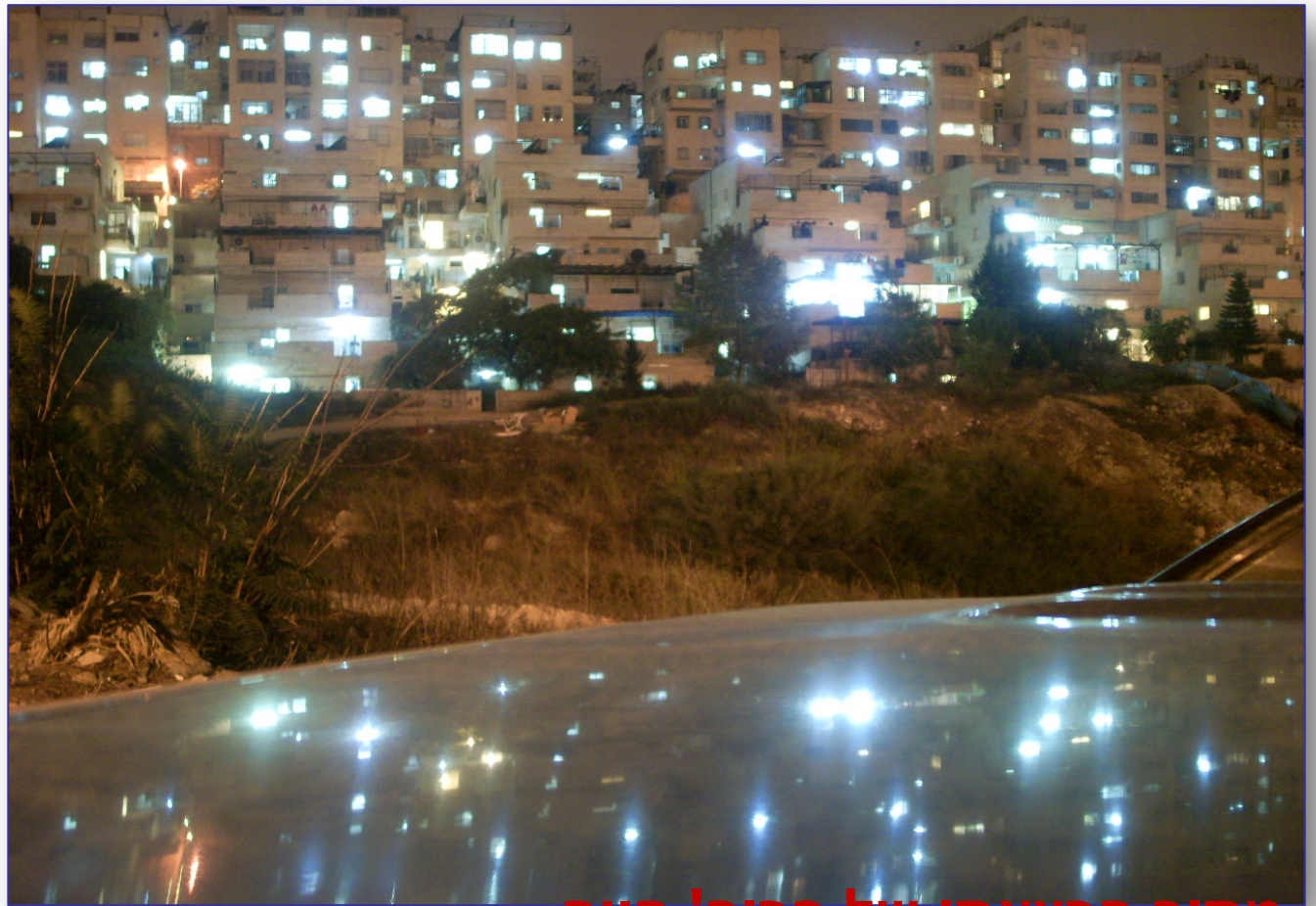


תאורה חסכונית

- יעילה?
- תחזוקה?
- בטיחותית?
- זמן החזר השקעה?
- תקנים?
- צמצום של CO2?

תאורה נעימה, נוחה, בריאה?

Rebound effect



מתוך הרצאתו של פרופ' חיים

האגודה הישראלית לתאורה (ע"ר)

תאורה - מקצוע עצמאי

לו תהליך תכנון מובנה בעל השלכות רבות:

- מתקן לא תקני
- אי עמידה באיכות הנדרשת
- אי עמידה בזמנים
- חריגה מהתקציב
- תמורה לא מיטבית למחיר
- מתקן בעיתי בתחזוקה



בסוף הפרויקט תמיד מצליח

תאורה בעלת השפעה על
בריאות האדם והסביבה

תאורה לא נוחה !!!!!!!!

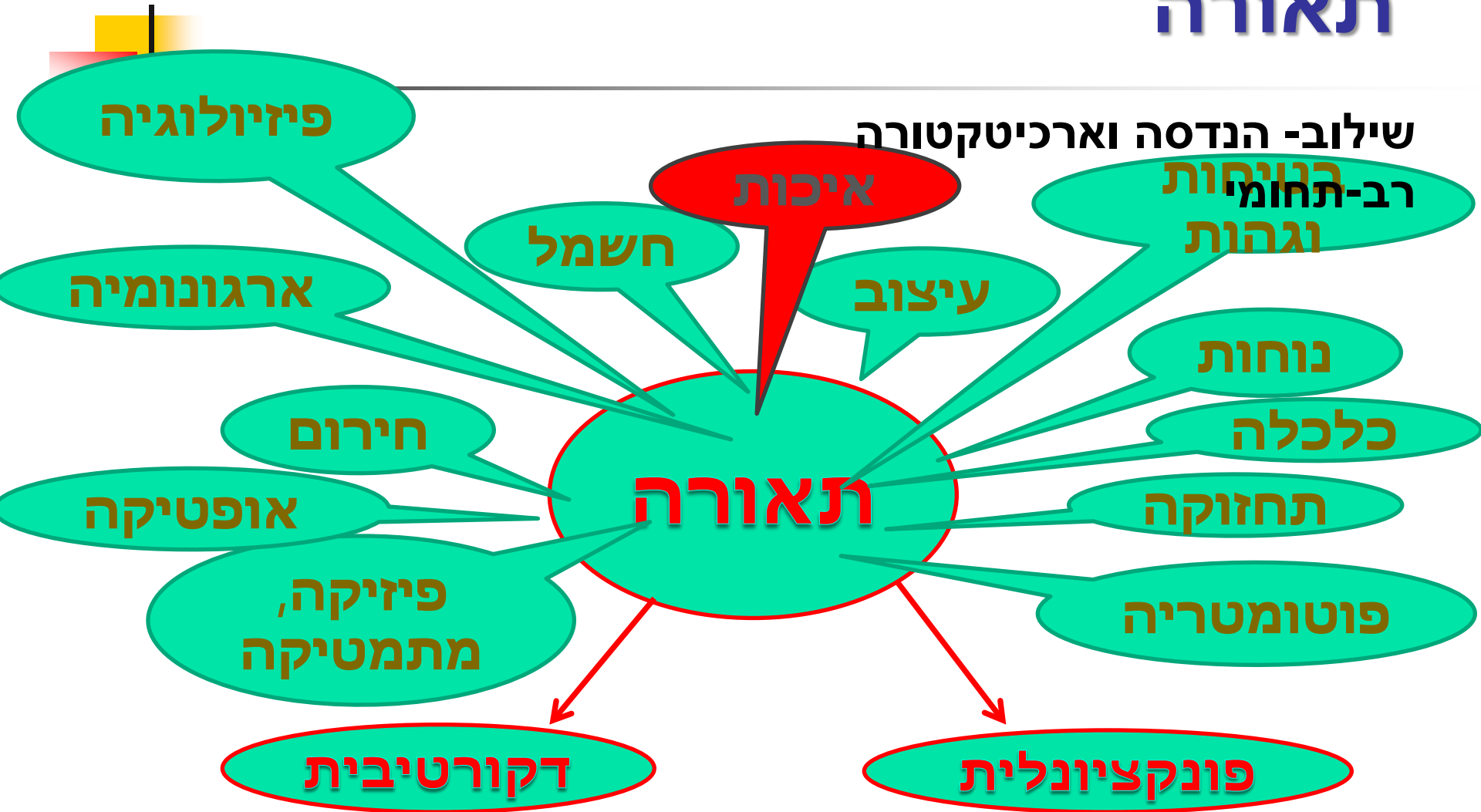


האגודה הישראלית לתאורה (ע"ר)

תאורה נכללת בתכנון חשמל- ולא כמקצוע עצמאי!

- העדר **תקנות** בתחום התאורה
- העדר **הסמכה** בתחום התאורה
- העדר **השכלה ייעודית** בתחום התאורה

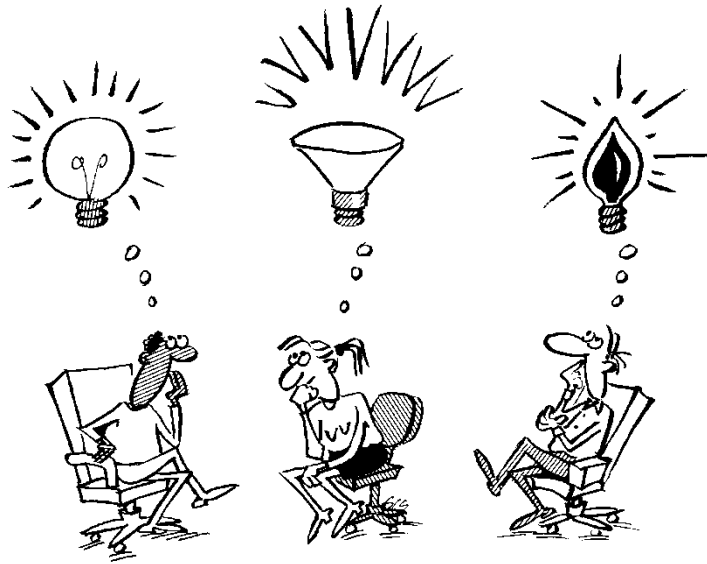
תאורה



תאורה

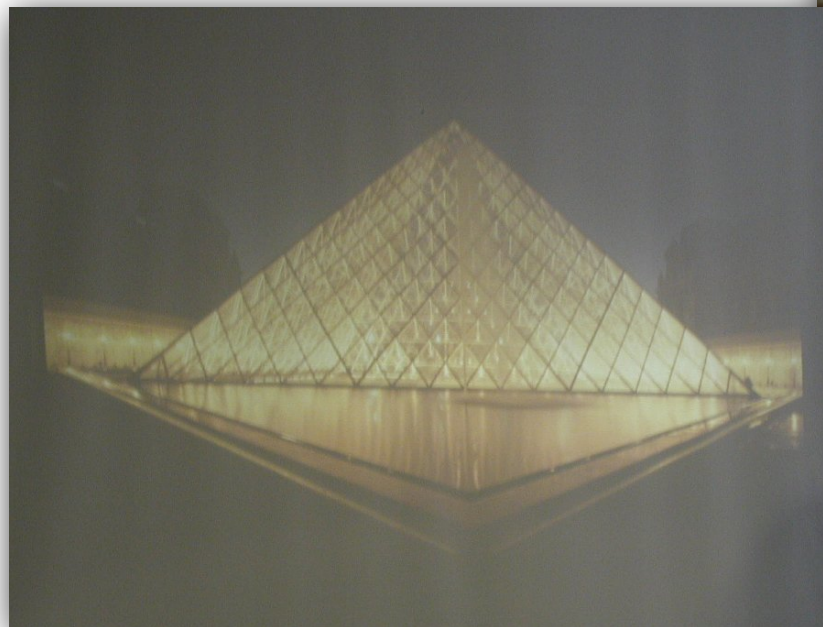


תאורה - מקצוע עצמאי

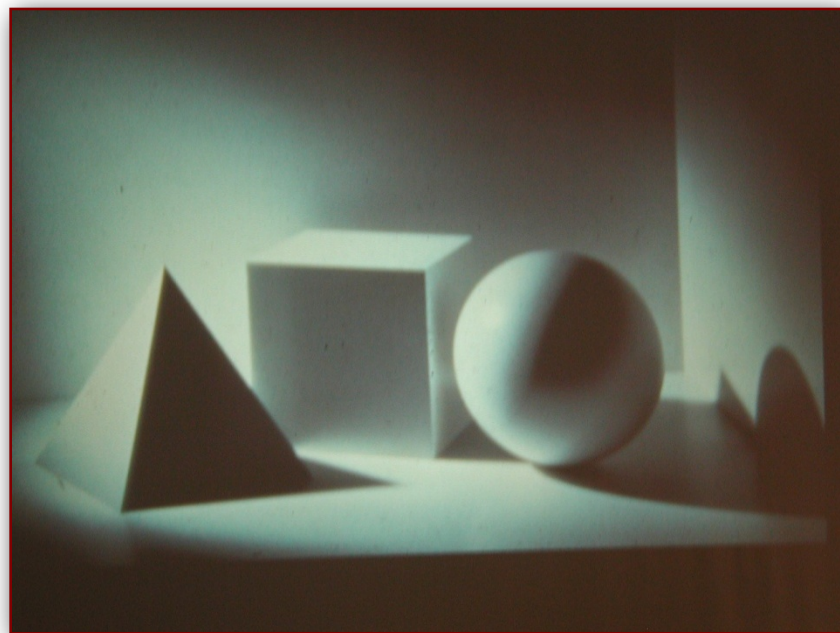


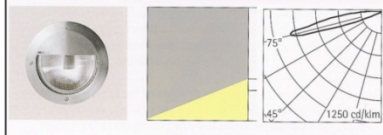
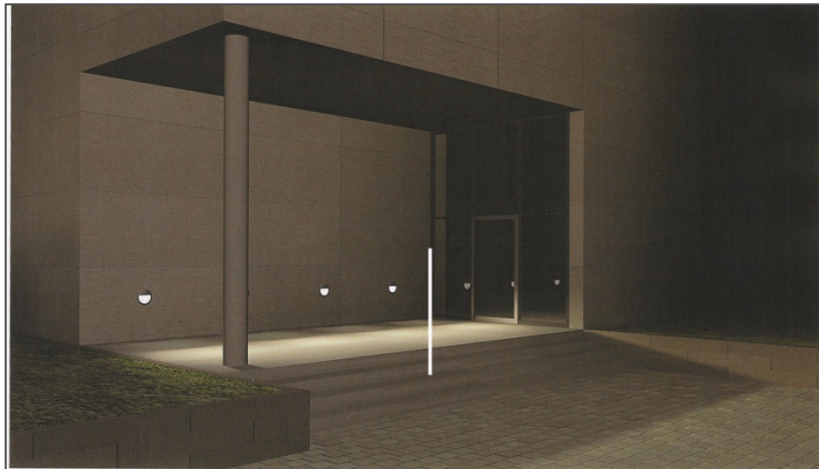
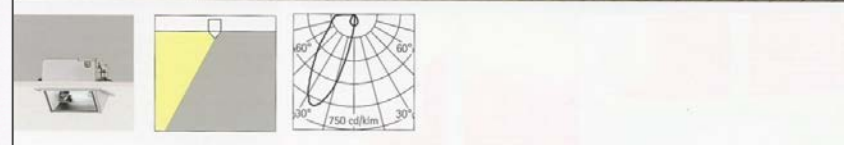
- מבוא
- מושגי יסוד
- מקורות אור
- גופי תאורה
- תקנים ותקנות
- תכנון תאורה
- התיעלות אנרגטית בתאורה
- מערכות לבקרת אנרגיה - פנים וחוץ

תאורה



תאורה



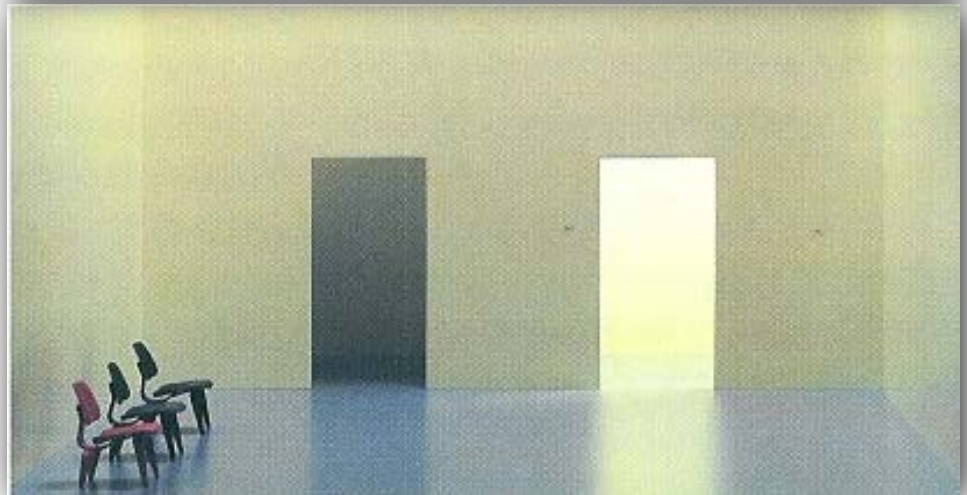
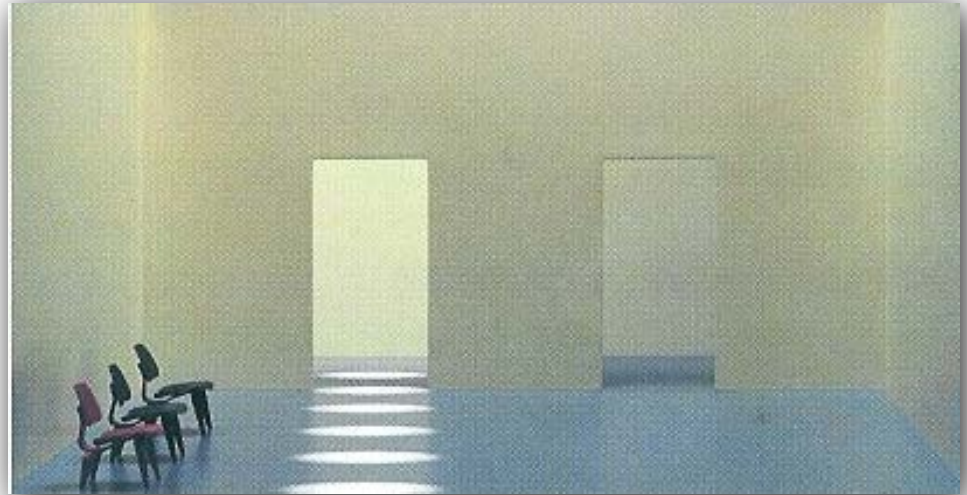


Die folgenden drei Planungsbeispiele machen verständlich, wie sehr sich der Charakter einer Eingangssituation durch unterschiedliche Beleuchtungskonzepte beeinflussen lässt.

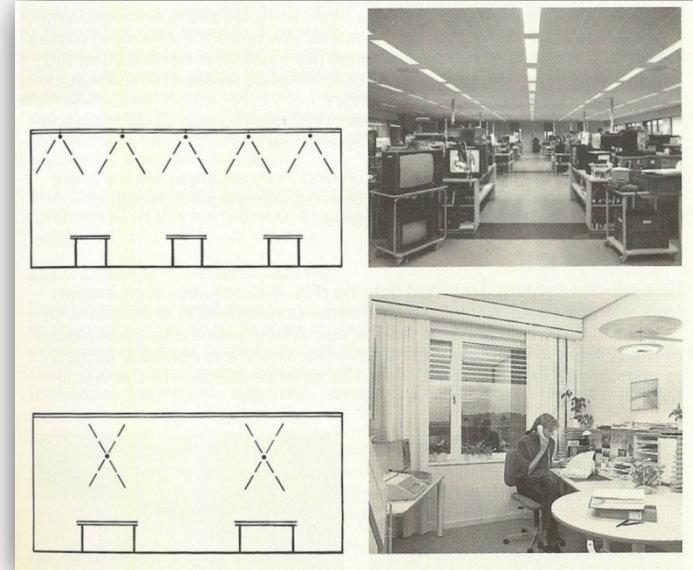
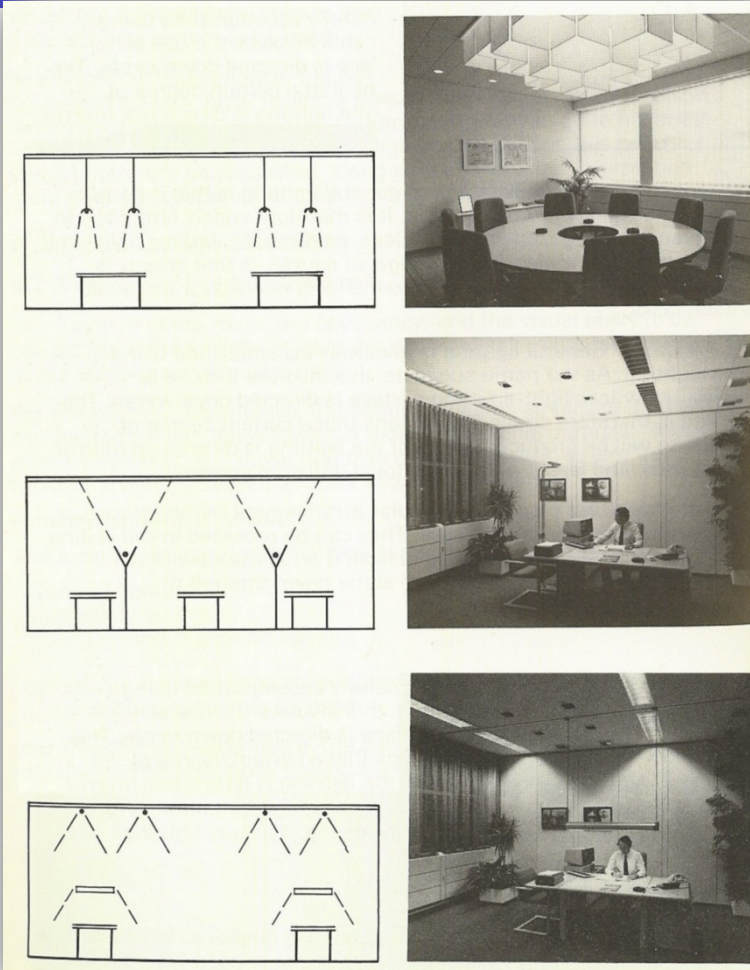
Die Szene links zeigt einen subtraktiv aus dem Gebäudevolumen geschnittenen Eingang; die Beleuchtung erfolgt ausschließlich über eine Reihe von in die Wand eingebauten Visor



עיצוב החלל בעזרת האור




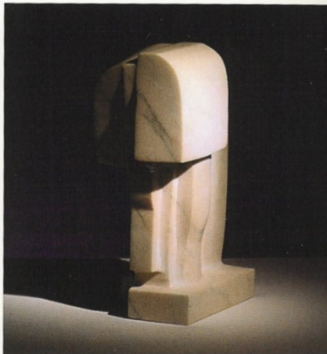


תכנון תאורה



תכנון תאורה



 <p>Display Rating DR Drama Factor DF</p>	<p>DR = 10 DF = 100</p>	 <p>DR = 30 DF = 80</p>
		
Display Rating - Poor; Drama Factor - Very High		Display Rating - Fair; Drama Factor - High

 <p>DR = 100 DF = 50</p>	 <p>DR = 25 DF = 20</p>	 <p>DR = 100 DF = 10</p>
		
Display Rating - Excellent; Drama Factor - Good	Display Rating - Poor; Drama Factor - Low	Display Rating - Fairly Good; Drama Factor - Very Low

תאורה לקויה

- תאורה לא מספיקה - אין מספיק אור להבחין בפרטים הנדרשים על-פי הצרכים;
- בוהק - יותר אור מהנדרש;
- ניגודיות (contrast) לא מתאימה - קושי להבחין בפרטים בתוך הרקע;
- פיזור לקוי של האור;
- הבהוב.

תאורה לקויה- עוצמה

בסביבה משרדית העובדים מתלוננים על חושך, עייפות וכאבי ראש

- במדידה על שולחנות העבודה: הארה של lx 1400
- גופים פרבוליים שקועים בעלי פיזור צר ולכן אוירת חושך
- בעיית אחידות
- חסכון של 5% בצריכת האנרגיה
- יחסית להארה מפוזרת





תאורה לקויה - הזול זוכה

לפי הגישה הרווחת יש לבחור את הספק הזול ביותר.

מפרט טכני לא מדויק - זוכה "ספק מכולה" - ספק מתחום הביגוד שיבא בהזדמנות מכולה עם ציוד תאורה סוג ב'

- כיצד הלקוח יבטיח שביצועי המתקן יתאימו לתכנון? (לציוד אין פוטומטריה אמינה)
- כיצד יובטח שיהיו חלקי חילוף תואמים בעוד 5 שנים?

תאורה לקויה- השתקפויות וסנוור



תאורה לקויה - פיזור



תאורה לקויה - גוון הסביבה



תאורה לקויה – השקפויות ובוהק

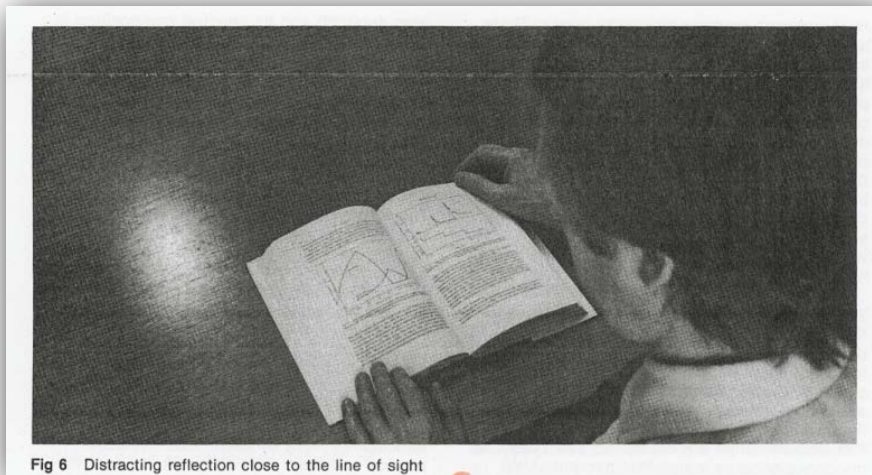


Fig 6 Distracting reflection close to the line of sight





תאורה לקויה - סנוור

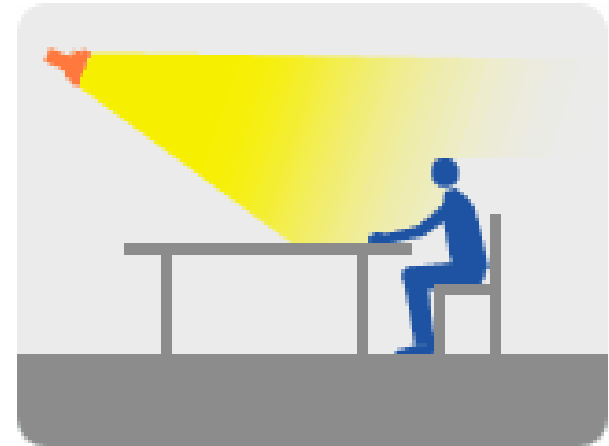
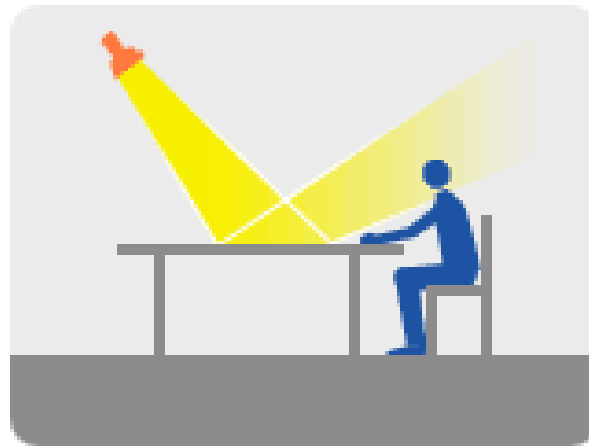


תאורה לקויה – בטיחות חשמלית





תאורה לקויה



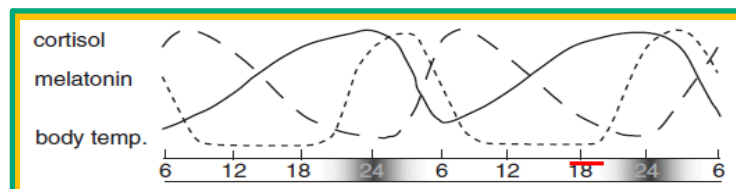
תאורה לקויה

- גרד בעיניים, אדמומיות, עייפות
- ירידה בכושר הראיה, ראייה כפולה, טשטוש ראייה
- סחרחרות, עייפות, כאבי ראש ועיניים
- תחושת אי-נוחות ועלייה של מתח נפשי
- בעיות של מערכת שריר-שלד
- תאונות עבודה
- ירידה ביעילות, יכולת הריכוז ופריזון-עבודה



השפעה על בריאות האדם (אפקטים שאינם-ראייתיים):

- התאורה אחראית למערכות ביולוגיות כגון השעון הביולוגי (היומי והעונתי) בגוף האדם
- לגוף האדם רגישות גבוהה מאוד לתאורה (תלוי אורכי הגל)
- לתאורה השפעה ישירה על רמות ההורמונים
 - הורמון ה-stress (קורטיסול)
 - הורמון השינה (מלטונין)



רמות הורמונים בגוף אדם במחזור של 24 שעות



אפקטים שאינם-ראייתיים

פגיעות ישירות בשעונים הביולוגיים

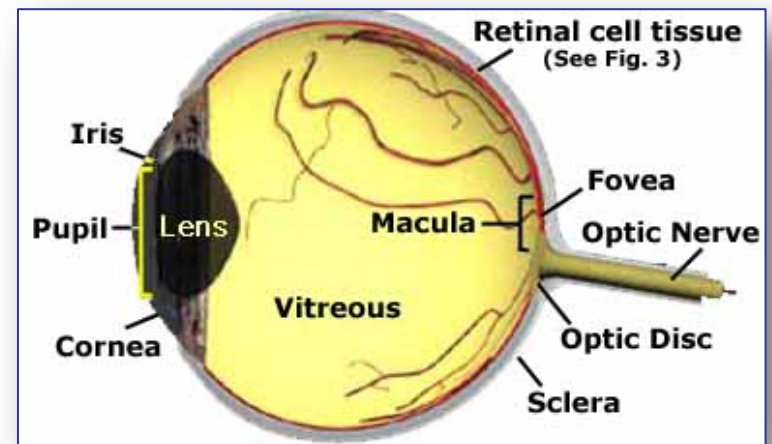
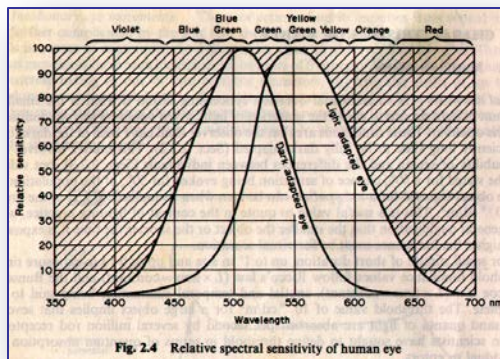
- אי-סדרים בשינה
- פגיעה בעירנות
- פגיעות ארוכות טווח

בנוסים...

- AMD
- דכאון, השמנה, פגיעה בזכרון, פגיעה ביצירתיות...

תאורה מתוכננת ומתאימה
מקיימת ושומרת את האדם בריא

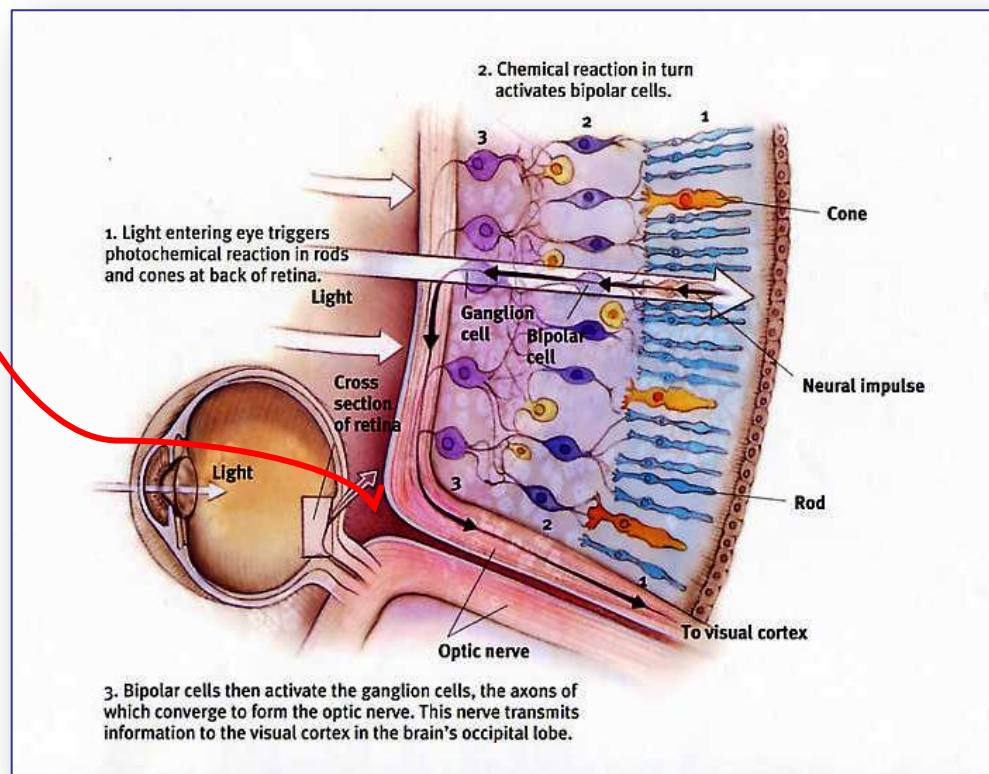
הרשתית



■ **ראית לילה** - סקוטופית -
מקלות - זזית רחבה, 130M,
סף רגישות נמוך, פרפריה,
גיל

■ **ראית יום** - פוטופית - חרוטים -
זזית צרה, 7M

Bipolar cells in the retina transfer Dark message to the pineal gland through nervous system



מתוך הרצאתו של פרופ' חיים



מדוע מלטונין כל כך חשוב?

מעורב בפיקוח על מערכות שונות:

- מערכת הרבייה
- מטבוליזם ותרמורגולציה
- מערכת קרדיוואסקולארית
- מערכת החיסון
- נוגד חימצון
- מונע הזדקנות
- אנטי אונקוגני ישירות לגבי סרטן שד והבלוטה הערמונית

מתוך הרצאתו של פרופ' חיים

Google :blue hazard scientific papers on LED health risks

About 166,000,000 results (1.04 seconds)

Hidden Blue Hazard? LED Lighting and Retinal Damage in ...

ehp.niehs.nih.gov/122-a81/ ▾

by T Loughheed - 2014 - Cited by 4 - Related articles

Mar 1, 2014 - A past president of the Canadian Science Writers' Association, ... (LEDs) emit a wavelength of light associated with adverse human health effects. ... blue or cool white LED light showed evidence of retinal damage ... This makes it important to pin down mechanisms of injury and link them with clinical studies ...

Light and human health: LED risks highlighted - LEDs

www.ledsmagazine.com/articles/.../light-and-human-health-led-risks-hig... ▾

Issues relating to the effects on health and well-being of artificial light are ... that says the blue-light component in white LEDs causes toxic stress to the retina. ... a White Paper entitled "Light at Night: The Latest Science," which resulted from a ...

[PDF] Health Effects of Artificial Light - Europa

ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/.../scenih_r_o_035.pdf... ▾

Mar 19, 2012 - Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks Blue light from improperly used lamps belonging to Risk Groups 1, 2, or 3 could, in theory, induce The fluorescent lamps measured in the reviewed studies emitted from less than For these patients, retrofit LED lighting, which does.

Health Effects of Artificial Light - European Commission

ec.europa.eu > ... > Public health > Scientific Committees ▾

Health Effects of ... Are there potential health risks linked to artificial lights? ... The ultraviolet and the blue components of light have the greatest potential to cause harm. ... light emitting diodes (LEDs)) that have been brought to replace incandescent There is no scientific evidence to evaluate whether the lights considered ...

Blue light has a dark side - Harvard Health

www.health.harvard.edu/staying-healthy/blue-light-has-a-dark-side ▾

May 1, 2012 - If blue light does have adverse health effects, then environmental

אז אולי כדאי להזהיר? איך? ממה?



אפקטים שאינם-ראייתיים

פגיעות ישירות בשעונים הביולוגיים

2011:



- ...Biological effects of light are basically known since the 1960s....
- ...This clearly proved the synchronization of the human internal clock by the natural 24 hour rhythm of daylight and night...
- ...bright light therapy (BLT) to cure Seasonal Affective Disorder (SAD)...



עיקרון הזהירות המונעת

- על פי עיקרון "הזהירות המונעת", במצב של אי ודאות בדבר נזק בריאותי שעלול להיגרם מחשיפה כלשהי, יש לנקוט באמצעי זהירות גם אם טרם הוכח מדעית הקשר בין הגורם לתוצאה.
על פי עיקרון זה יש לנקוט באמצעים זולים ופשוטים לצמצום החשיפה לגורם המזיק.
- עקרון הזהירות המונעת התקבל כעקרון יסוד באמנות בינלאומיות כבר ב-1992



המשרד להגנת הסביבה

בכל סוגי התאורה המלאכותית הרכיב הכחול של האור לא מאוזן. בחלק מסוגי נורות הֶלֶד LED רכיב האור הכחול גבוה בהרבה.

כצעד של זהירות מונעת, האגף למניעת רעש וקרינה ממליץ לצמצם את חשיפת הציבור לאור כחול מלאכותי. אורך הגלים בתחום הנראה לעין נע בין אורכי גל 380-740 ננומטר. יש לבחור תאורה שבה עוצמת האור הכחול בתחום 490-440 ננומטר לא תעלה על 50% מעוצמת האור בכל התחום הנראה; או שעוצמת האור הכחול בתחום 500-420 ננומטר לא תעלה על 55% מעוצמת האור בכל התחום הנראה. לרוב תאורת לד עם גוון אור מתחת ל-3000 קלווין (K) היא תאורה ללא רכיב כחול מוגזם. גוון האור מצוין על אריזת רכיבי התאורה.

כדי לוודא עמידה בתנאים אלו יש לעשות בדיקה ספקטרלית טרם ההתקנה. אחת לשלוש שנים יש לחזור מדגמית על המדידה הספקטרלית ולהחליף או לתקן גופי תאורה שאינם עומדים בתנאים.

תנועה - מרכז ידע לאומי להשפעת הקרינה הבלתי מייננת על הבריאות;
היחידה לאפידמיולוגיה של סרטן ושל קרינה
מכון גרטנר לחקר אפידמיולוגיה ומדיניות בריאות, המרכז הרפואי תל השומר

-אפריל 2020-

עיקרון הזהירות המונעת

חוק הקרינה הבלתי מייננת, התשס"ו-2006¹

פרק א': מטרות החוק

1. חוק זה מטרתו להגן על הציבור ועל הסביבה מפני השפעות של חשיפה לקרינה בלתי מייננת, ולהסדיר את העיסוק במקורות קרינה, הקמתם והפעלתם ובמתן שירות למדידת קרינה, בין השאר על ידי קביעת איסורים וחובות בהתאם לעקרון הזהירות המונעת.

מטרות

תוספת (סעיף 4)

מקורות קרינה שהקמתם והפעלתם אינה טעונה היתר

2. מכשיר הפולט אור בתחום הנראה לעין, בתחום אורכי גל הנעים בין 400 ננומטרים לבין 780 ננומטרים, ובלבד שאינו מכשיר או מיתקן שעקב פעילותו נוצרת או עלולה להיווצר קרינת לייזר, ובכלל זה: גופי תאורה לסוגיהם.

עודכן מרץ 2019
429511819

הנדון : נייר עמדה בנושא קרינה קצרת גל - החלק הכחול של ספקטרום האור הנראה

לצבעים המרכיבים את האור אין את אותה השפעה על האדם. לאורכי גל כחולים - אשר מועילים בשעות היום עיי שיפור הריכוז, זמן התגובה ומצב הרוח, יש השפעה מזיקה בשעות הלילה. השימוש ההולך ועולה במכשירים אלקטרוניים כמו גם עליית השימוש בתאורה חסכונית באנרגיה מגבירים את החשיפה שלנו לאורכי גל כחולים, במיוחד לאחר שקיעת השמש.

קיימות הוכחות לכך שאור, ובמיוחד הרכיב הכחול שלו, אשר מופיע בטבע בשעות היום, מעורב בתהליכים שיש בהם בכדי לפגוע בסביבה ובבריאות האדם. ל"אור הכחול" שהינו "קרינה קצרת גל" המהווה התחום הכחול של הספקטרום (בין 420 ל-500 ננו-מטר) ישנו פוטנציאל לנוק מסוגים שונים:

1. **נוק מידי שנגרם בחשיפה קצרת טווח** (בדומה לנוק הנגרם מהתבוננות במקור אור חזק כמו השמש או אור שנוצר בזמן ריתוך) שידוע גם כ Blue light hazard אשר נכלל בתקן בטיחות פוטוביולוגית ת"י 62471, תקן המסווג גופי תאורה על פי קבוצות סיכון.

2. **נוקים מצטברים ארוכי טווח** הנובעים משיבוש בתפקוד השעון הביולוגי. נוקים אלו כוללים עייפות חוסר ריכוז, השמנה, שיבוש המטבוליזם וכלה בסיכון מוגבר לתחלואה בסוגי סרטן מסוימים. השיבוש בשעון הביולוגי הוכר עוד ב 2007 ע"י ארגון הבריאות העולמי WHO כמצב שהוא כנראה מסרטן (group 2a) probably carcinogenic to humans.

3. **נוק לראיה** – במספר מחקרים עלה חשד כי חשיפה ארוכת שנים לאור כחול תורמת להתפתחות ניוון הרשתית בגיל מתקדם (Age-related Macular Degeneration = AMD), שהוא הסיבה השכיחה ביותר לאובדן ראייה באנשים בני 50 ומעלה, בעולם המערבי. מקור אפשרי הוא חשיפה בלתי מוגנת לשמש או מקורות אור בוחקים (ביום או בלילה).

לשמירה על כללי זהירות מונעת אנו ממליצים (המלצות שאינן דורשות השקעה כספית נוספת בהשוואה לכל תכנון תאורה מקצועי וקיימים ספקים ויצרנים רבים העונים על דרישות אלה):

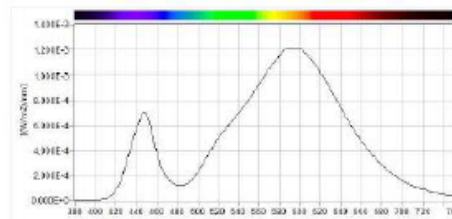
1. להאיר ברמות ההארה הנדרשות (עלפי תקנים: ת"י 12464, ת"י 13201) ולא ברמות גבוהות מהנדרש בתקן.

הסבר: תקני תכנון תאורה בישראל זהים לתקני התכנון האירופאיים, אשר מחייבים את רוב מדינות האיחוד האירופי, אולם בישראל מהווים המלצה בלבד. התקנים: ת"י 12464- תכנון תאורה במקומות עבודה, פנים וחוץ, ת"י 13201 – תכנון תאורת כבישים וגינות ציבוריות, לרבות מעברי חציה. התקנים מגדירים עוצמות הארה מומלצות (ממוצעות, מינימליות ומכסימליות) ומתחשבות בפרמטרים רבים כגון: זמן השהות הנדרש, נחות העבודה, משתמשים בדרך או במתקן, טיב העבודה הנדרשת או המהירות המותרת וכי. כמו כן, התקנים לוקחים בחשבון את מבנה המתקן ו/או הדרך ודרישות להארה סביבתית- הן בבנים והן בחוץ.

2. הקפדה על איכות ההארה, ובמיוחד מניעת סנוור ומניעת שימוש במקורות אור גלויים.

הסבר: בוהק וסנוור יוצרים עומס מיותר על מערכת הראיה ובכך גורמים לעייפות מצטברת ונוק מואץ, אפילו בחשיפה מזערית. פיזור לא נכון של אור עלול לגרום לירידה בפרייון העבודה, ירידה בריכוז ובמקרים קיצוניים אף לתאונות עבודה.

3. ההמלצה היא לתאורה בעזרת מקורות בעלי רכיב כחול נמוך ככל האפשר - הגבלת קרינה בתחום של 420-500 ננומטר לעד 50% מהעוצמה המרבית (פיק) הנפלטת הכללית, כדוגמת המופיע בגרף הבא:



הסבר: ניתן לצמצם את הנוקים של אור באורכי גל כחולים אשר צוינו לעיל (נטיעה אפשרית בראיה ושיבוש השעון הביולוגי) ע"י הגבלת החשיפה לאור כחול בהתאם למקורות החשיפה. בדרך כלל קיימת קורלציה במקורות תאורה בעלי CCT (correlated color temperature) של 3000 קלווין ופחות, אך לא תמיד. כיום ישנם מספר יצרנים המייצרים גם מקורות תאורה בעלי CCT של 4000 קלווין עם תכולת אנרגיה בתחום "הכחול" שהיא נמוכה יחסית. יעילות ההארה של מקורות אור בעלי גוון אור 3000 קלווין נמוכה באחוזים בודדים בלבד מזו של 4000 קלווין (מה שהיה שונה משמעותית לפני מספר שנים). מחירם של מקורות התאורה זהה (בהתייחס לגופי תאורת LED ממשפחה זהה וברמת איכות זהה).

4. מניעת חשיפה לאור כחול (שמקורו במסכים, מנורות לילה וכו') במשך הלילה ומספר שעות (כארבע שעות) לפני השינה.

הסבר: אור מכל סוג שהוא יכול לדכא את הפרשת המלטונין, אולם אור כחול בלילה עושה זאת בעוצמה רבה יותר. כתוצאה מכך ייגרם שיבוש בשעון הביולוגי (circadian rhythm).

5. שימוש במקורות אור השייכים לקבוצת סיכון 0 בלבד (עפ"י סיווג תקן בטיחות פוטוביולוגית).

הסבר: עפ"י התקן הישראלי ת"י 62471 המבוסס על התקן האירופאי המחייב IEC 62471, לגופי תאורה המסווגים כקבוצת סיכון 1, יש פוטנציאל לגרום נזק בחשיפה שמעל ל-100 שניות, וקיימת המלצה על שימוש באמצעי מיגון מתאימים. להלן הסיכונים האפשריים בתלות בחשיפה וזמן חשיפה לסוגי קרינה בתחום הנראה (בטכנולוגיית LED ההתייחסות תהיה לתחום הכחול בלבד):

Hazard	Wavelength Range (nm)	Principle Bio-effects	
		Skin	Eye
Actinic UV skin and eye†	200-400	Erythema (sunburn) Elastosis (ageing, wrinkles)	Photokeratitis Cataractogenesis
UVA eye	315-400	-	Cataractogenesis
Retinal blue-light†	300-700	-	Photoreinitis
Retinal thermal†	380-1400	-	Retinal burn
Infrared radiation eye	780-3000	-	Corneal burn Cataractogenesis
Thermal skin	380-3000	Skin burn	-



איכות תאורה

איכות תאורה

למוצר איכותי שתי פרשנויות:

- אובייקטיבי – נקבע על ידי תקן רשמי, שיעור העמידה במפרט הטכני (על-פי ההגדרה)
- סובייקטיבי – התלוי בעיני המתבונן, כתוצאה מתפיסת המוצר בתודעתו ממניעים פסיכולוגיים



מכאן בעצם עולה השאלה האם יש להתייחס לכל "התאורות" באותה צורה?

- התשובה לשאלה היא כמובן - "לא". אזי נשאל מדוע לא?
האם יש תאורה בריאה – כנראה שהעניין יחסי, אך יש
להמשיך ולחפש זאת.
- אותם תאים דו-קוטביים הקשורים לכיוונון המערכת
הצירקדיאנית ישירות או באמצעות הבלוטה
האיצטרובאלית המפרישה מלטונין, רגישים לתאורה אפילו
בעוצמות נמוכות של אורכי גל קצרים.

מתוך הרצאתו של פרופ' חיים

הגורמים התורמים לאיכות מתקן התאורה

■ פונקציונאליות ונוחות ראיתית, מדדים טכניים

■ גהות - מקום עבודה

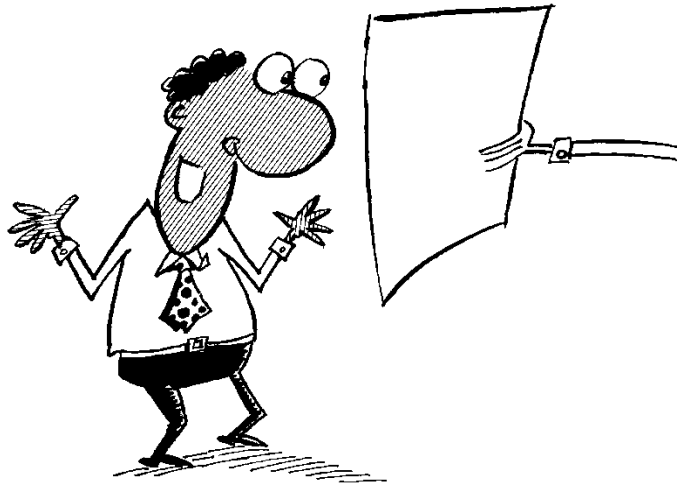
■ בטיחות, הארה בחירום

■ אסתטיקה, אוירה

■ מחיר ותמורה

■ נגישות

■ בריאות וסביבה





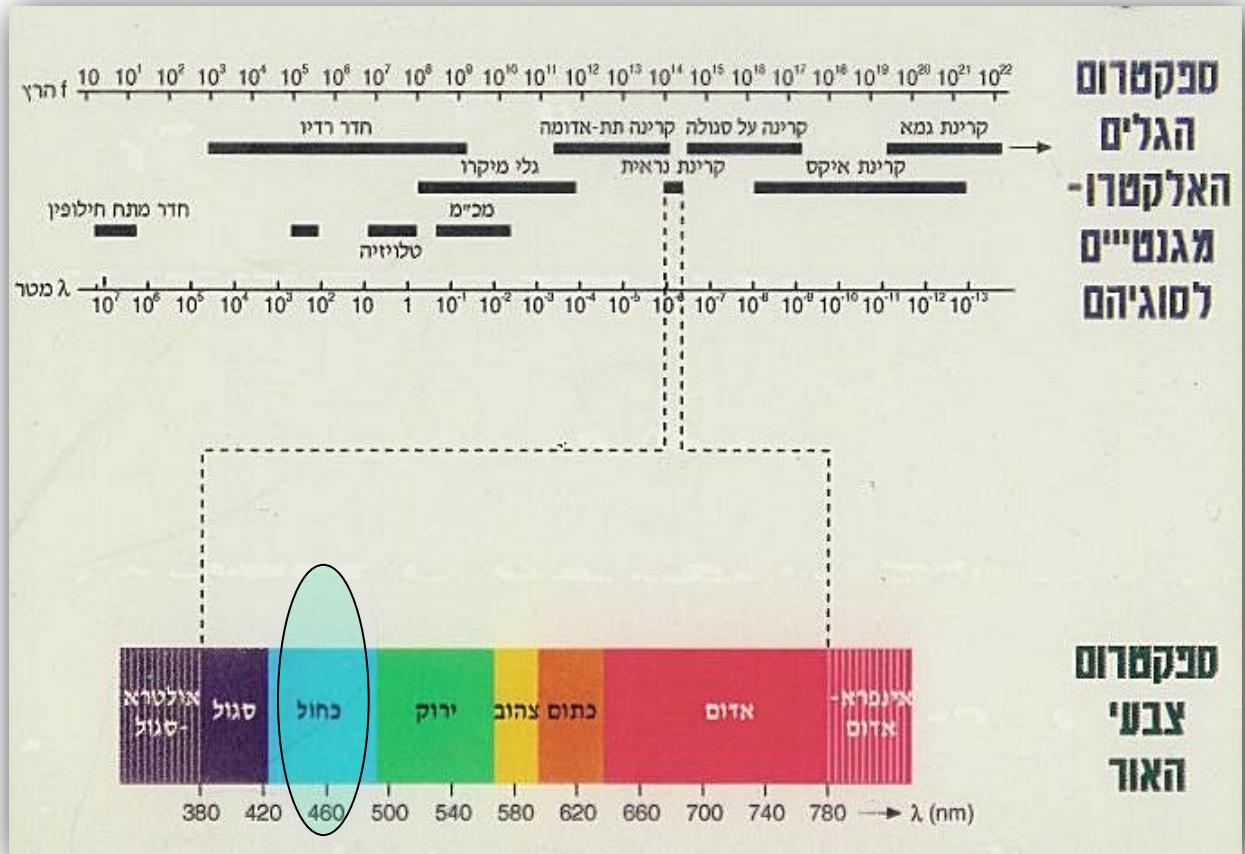
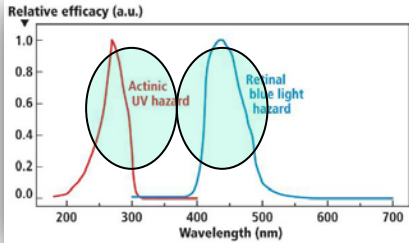
כמה מושגים בסיסיים...

הספק חשמלי

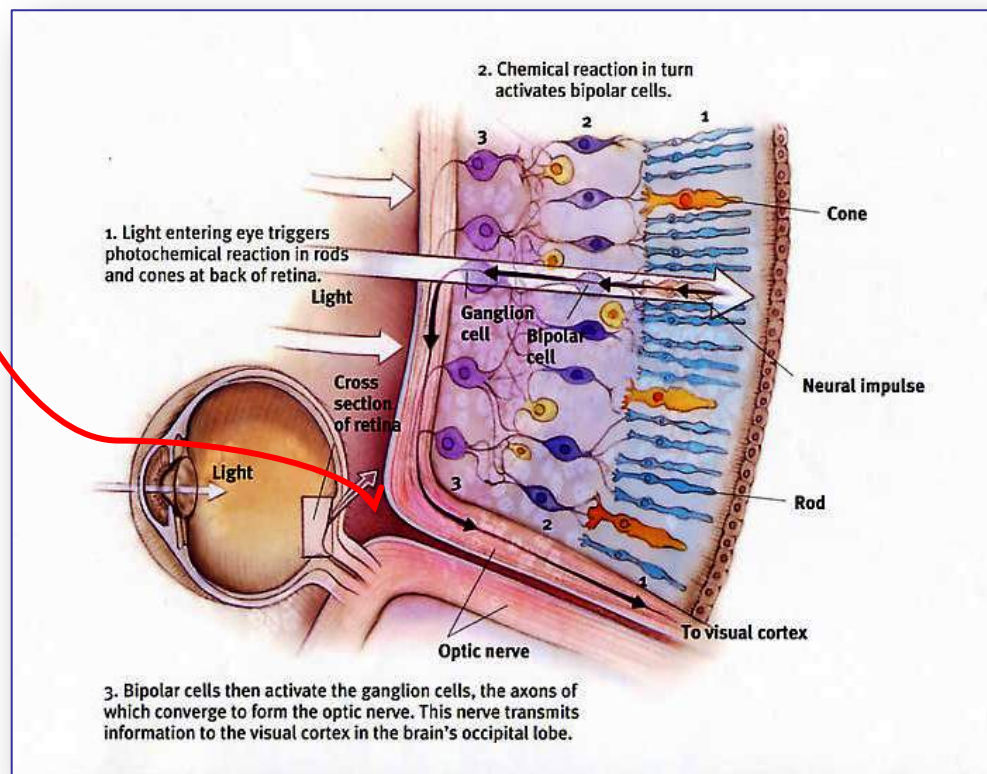
- הספק וואט [W] = אנרגיה לשנייה
- אנרגיה = הספק*זמן קו"ש [kWh]
- משלמים על אנרגיה (כ 0.45 שח ל קו"ש)



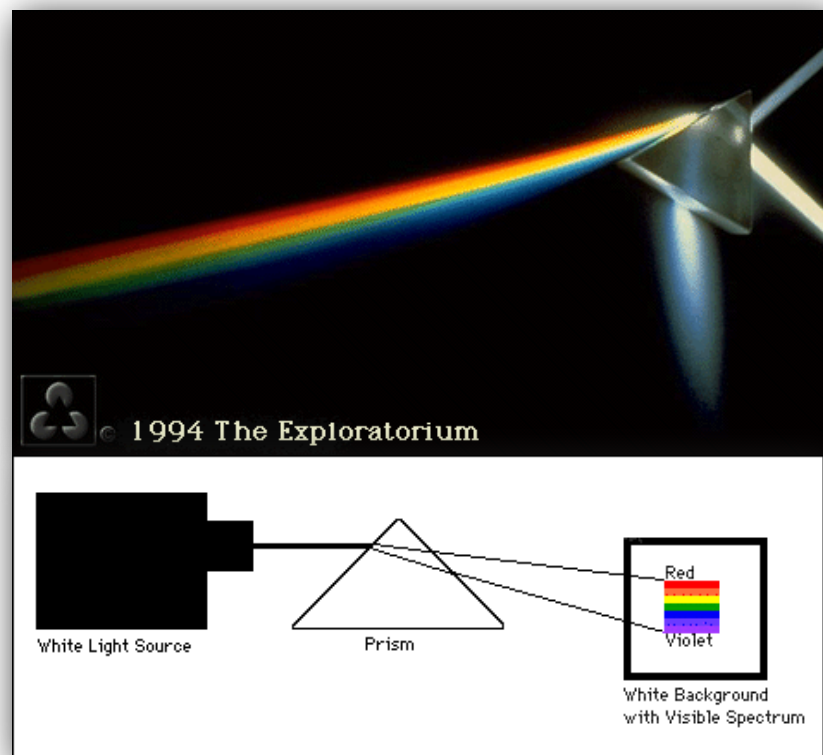
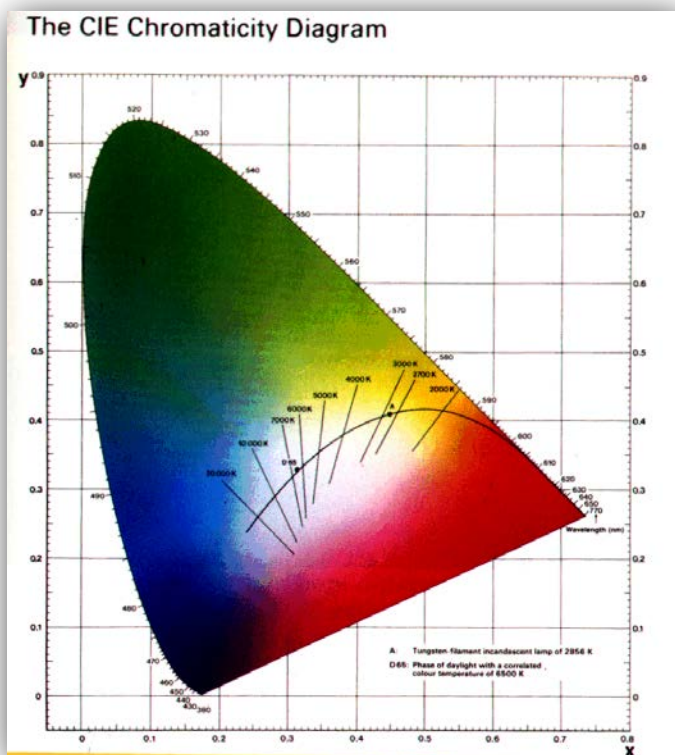
אור-קרינה אלקטרומגנטית



Bipolar cells in the retina transfer Dark message to the pineal gland through nervous system



מתוך הרצאתו של פרופ' חיים



CCT – "חם או קר"



CCT – "חם או קר"

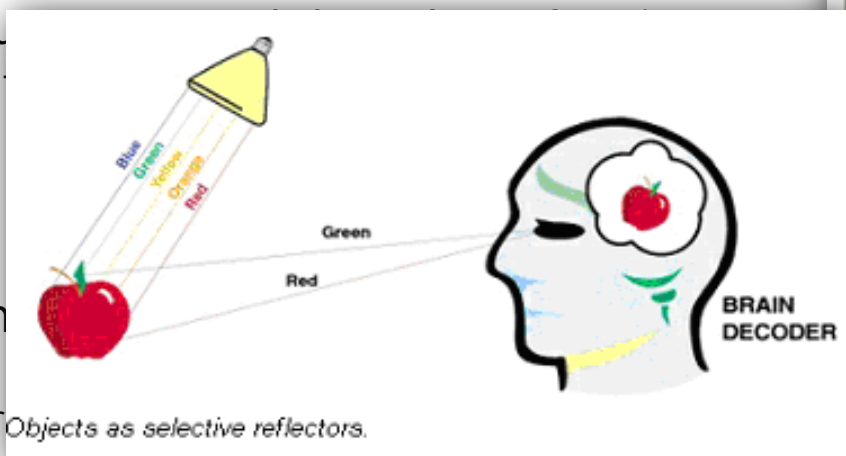


צבע - Ra-CRI - "כמה נכון"

A **color rendering index** (CRI) is a quantitative measure of the ability of a light source to reproduce the colors of objects as they appear under an ideal or reference illuminant.

defined on Illuminant D65

on Illuminant D65

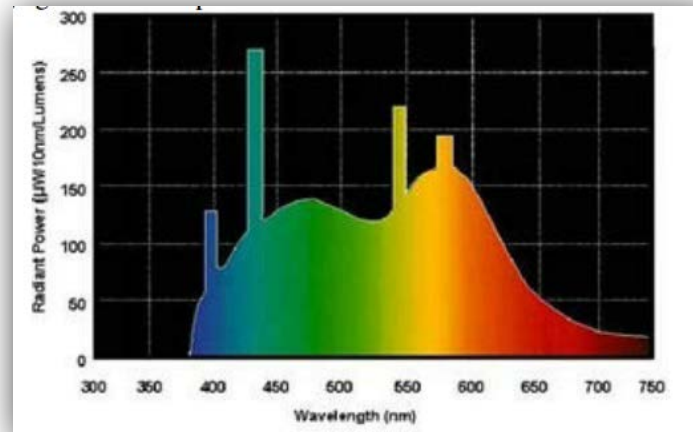


Effect of objects as selective reflectors. of objects by conscious or subconscious comparison with their color appearance under a reference illuminant

Test colours					
R ₁	Old rose		R ₅	Turquoise	
R ₂	Mustard yellow		R ₆	Sky blue	
R ₃	Yellow-green		R ₇	Violet	
R ₄	Light green		R ₈	Lilac	
Additional test colours with saturated colours					
R ₉	Red		R ₁₂	Blue	
R ₁₀	Yellow		R ₁₃	Skin tone	
R ₁₁	Green		R ₁₄	Leaf green	

צבע- מה כן?

CCT - טמפרטורת צבע- חם או קר, מידע חלקי
CRI - מידע חלקי, בעיתי לאור "לא רציף"



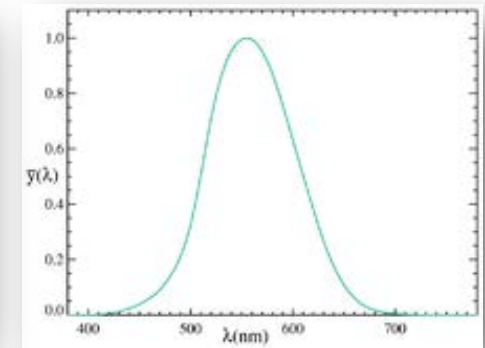
ספקטרום



WIKIPEDIA
The Free Encyclopedia

שטף אורי luminous flux

- מנורה: מכשיר שהופך הספק חשמלי לשטף אורי
- יחידות שטף אורי: לומן [lm]
- סך-כל האור הנפלט מנורה או מגוף תאורה (לכל הכוונים)
- מתאים לעקום הרגישות של העין



הארה Illuminance

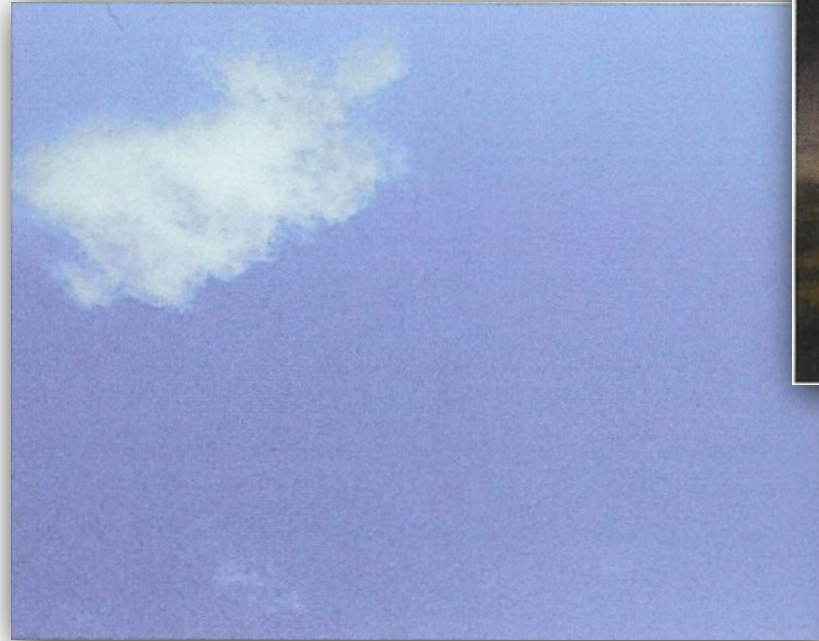
- ההארה נמדדת בעצמת השטף הנופל על יחידת שטח
- יחידות: לוקס $\text{lux} = \text{lm}/\text{m}^2$ [lx] לומן למטר מרובע



- ההארה תלויה ב

- שטף מקור האור
- העצמה היחסית לכוון המשטח המואר
- המרחק למקור $1/r^2$

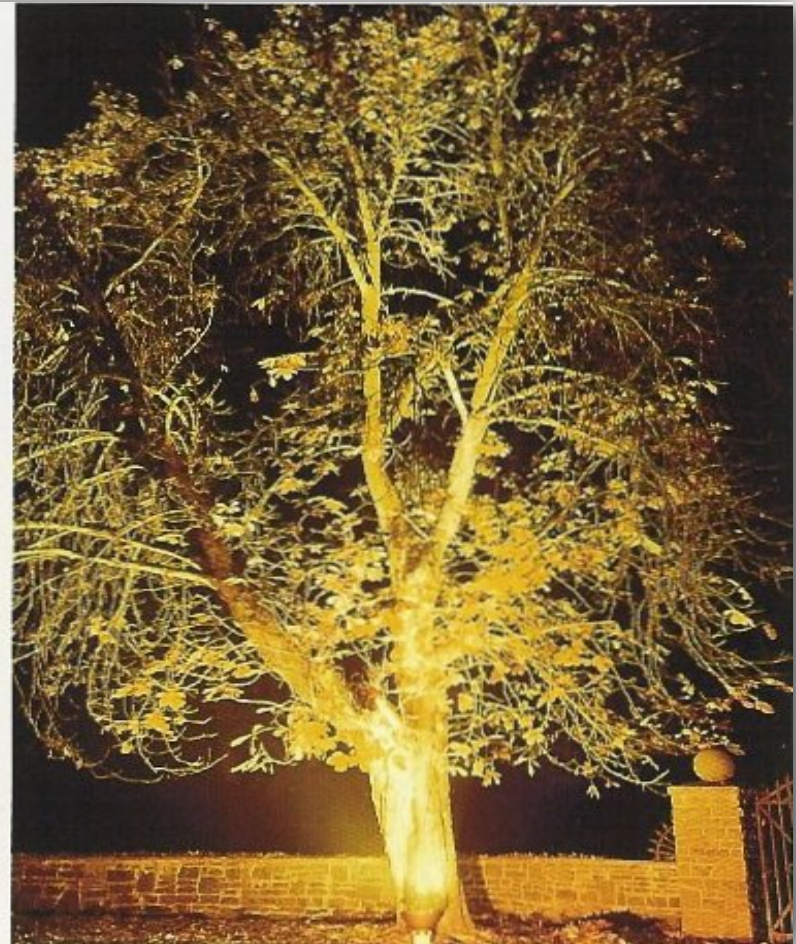
מקורות אור



עיצוב בצבע



מקורות אור



מקורות אור



פילטרים

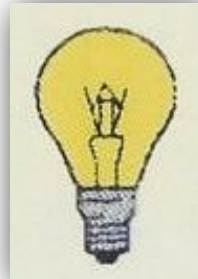


יצירת האור

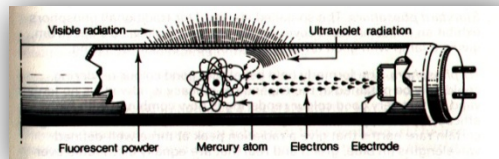
תגובה כימית



ליבון מתכות



פריקה




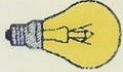
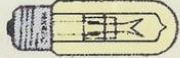
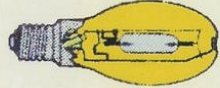

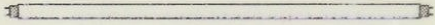


לד



מקורות אור

סוגי מקורות תאורה

	קרינת חום	קרינת חשמלית	תופעות זוהר
מקורות אור טבעיים	 <p>שמש</p>	 <p>ברק</p>	 <p>גחלילית</p>
מקורות אור מלאכותיים	<p>נורות ליבון</p>  <p>נורות טונגסטן הלוגן</p> 	<p>נורות כספית (ללא זרחן) נורות מטל הליד נורות נתרן</p> 	<p>דיודות</p>
		<p>נורות כספית מעורבות</p>	 <p>נורות פלואורוסנטית נורות כספית</p>

מקורות אור

[lum/w]

10

20-40

60

80

60-100

100

120

■ נורות ליבון

- נורות ליבון

- נורות הלוגן

■ נורות פריקה

- נורות כספית

 - נורות מטל הלייד

 - נורות פלואורסנטיות

- נורות נתרן

 - נורות נתרן לחץ גבוה

 - נורות נתרן לחץ נמוך

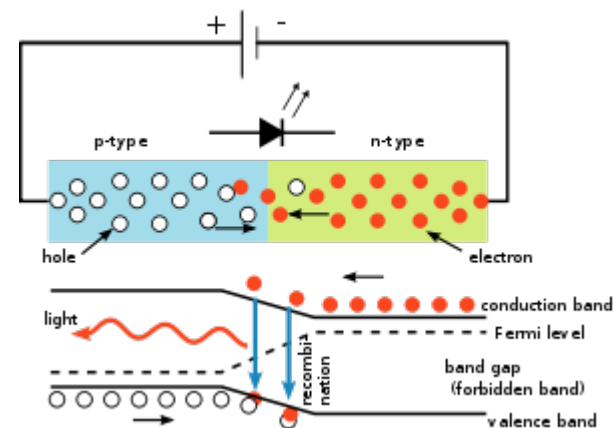
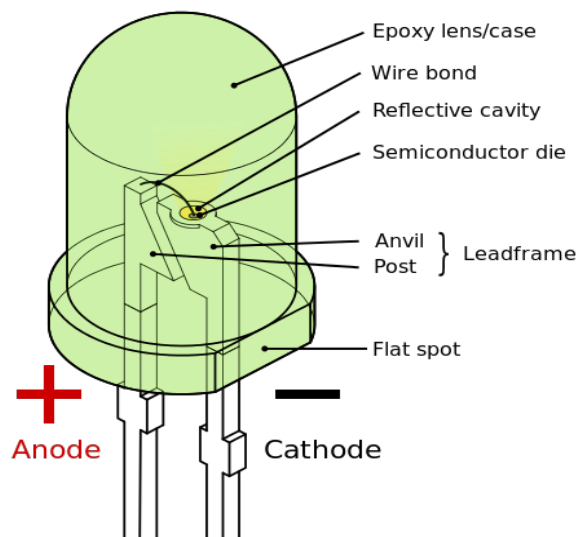


בחירת הנורה

- יעוד הנורה
- מסירת צבע
- השקעה/תחזוקה
- נצילות אורית והספק
- מימדים
- חסרונות

מהפכת התאורה והשלכותיה

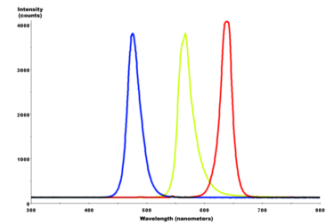
■ מה זה לד?



מהפכת התאורה והשלכותיה

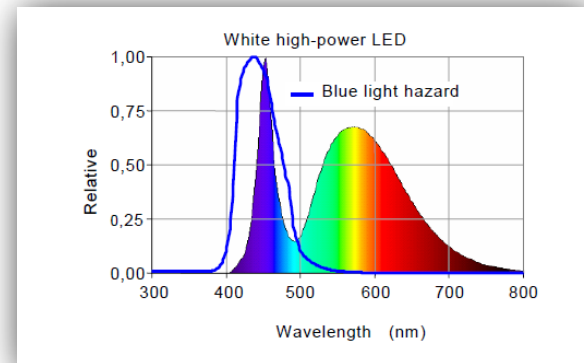
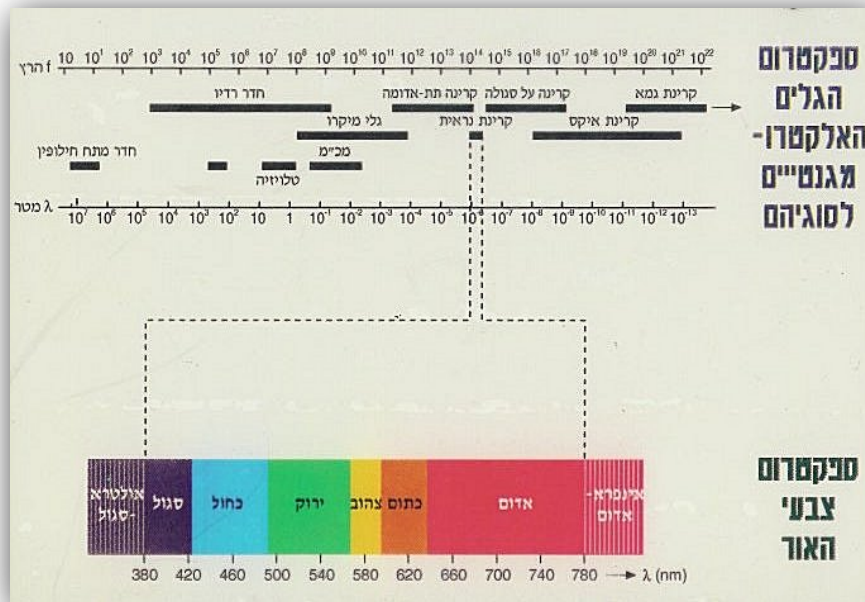
הסטוריה

- 1962 First **red** LED (GaAs) 0,1 lm/W
- 1965 **Yellow** LED (GaAs/AlAs)
- 1968 **Green** LED (GaAsP)
- 1988 **Blue and UV** LED (GaN)
- 1990 **High brightness LED blue** (InGaN)
- 1994 **High brightness LED red – yellow** (AlInGaP)
- 1997 First white LED (Nichia)
- 2007 Cool white LED 100 lm/W

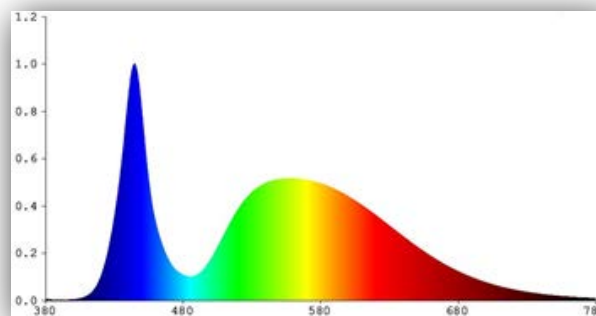
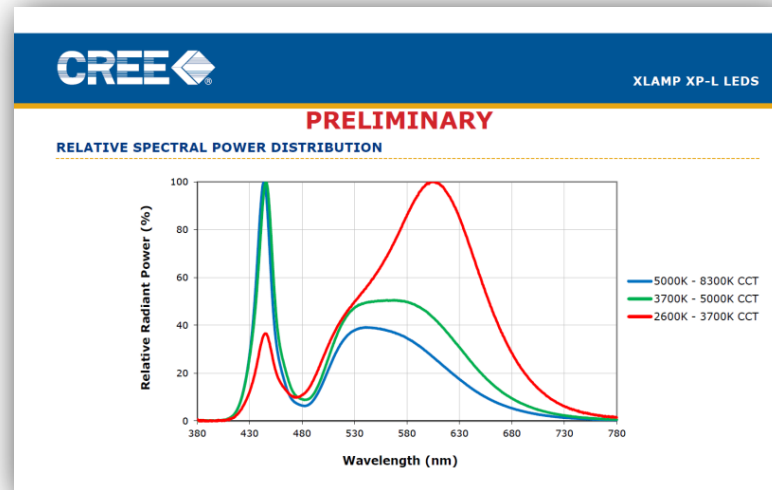
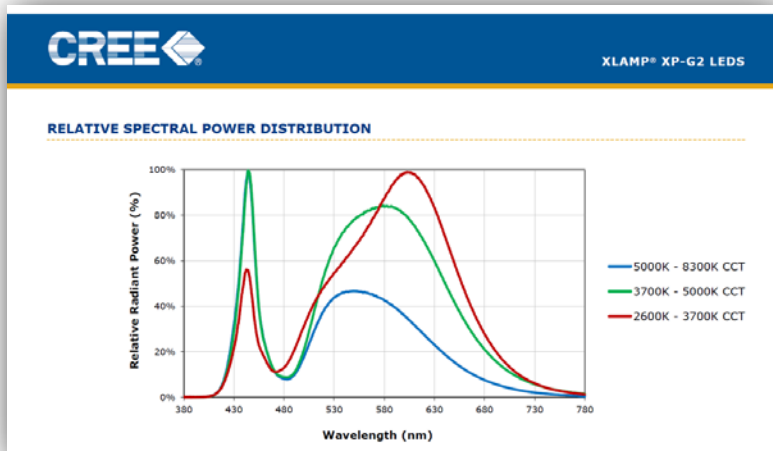


מהפכת התאורה והשלכותיה

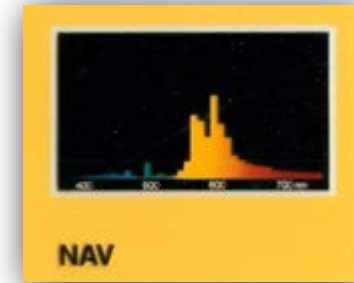
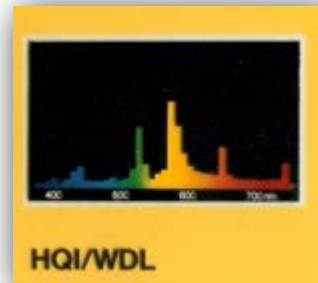
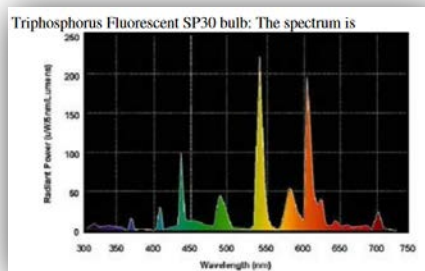
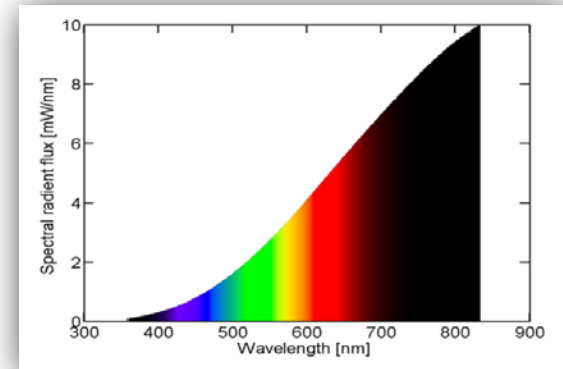
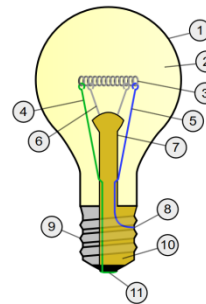
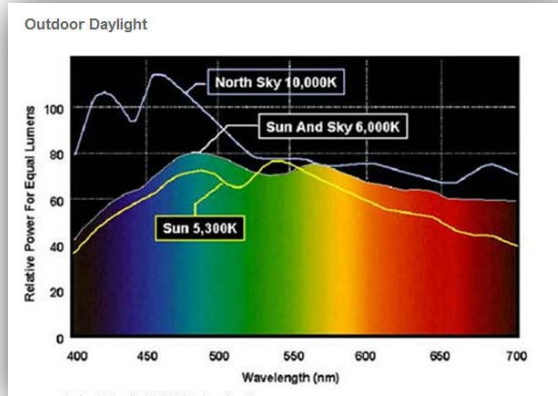
אור – קרינה אלקטרומגנטית



מהפכת התאורה והשלכותיה

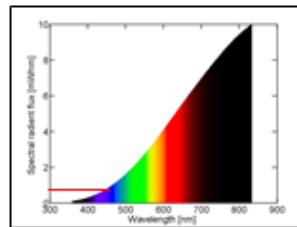


ספקטרום האור

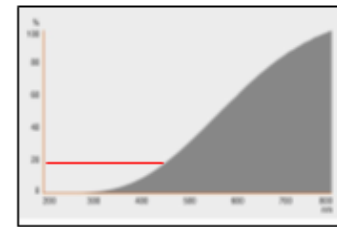


ספקטרום האור

נורת ליבון והלוגן:

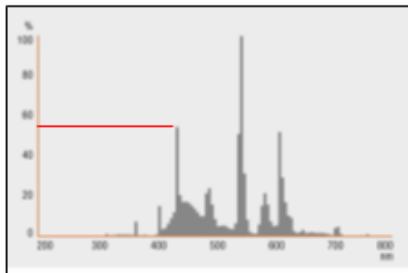


נורת ליבון

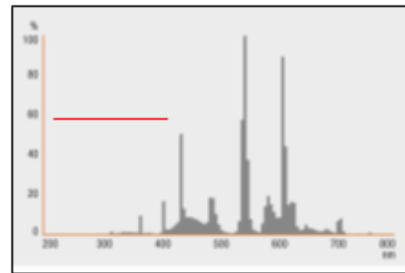


נורת הלוגן

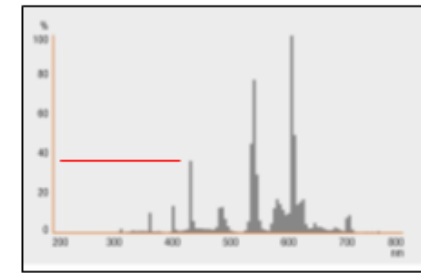
נורות T5:



6,500 מעלות קלווין

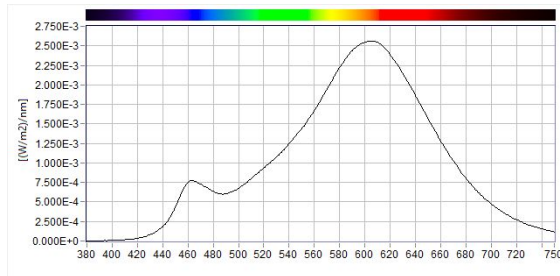


4,000 מעלות קלווין

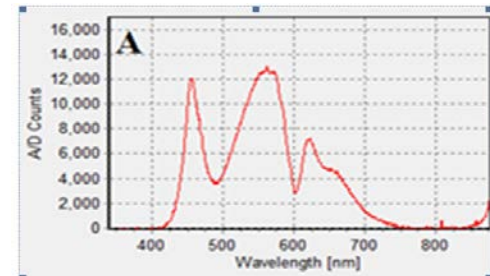


3,000 מעלות קלווין

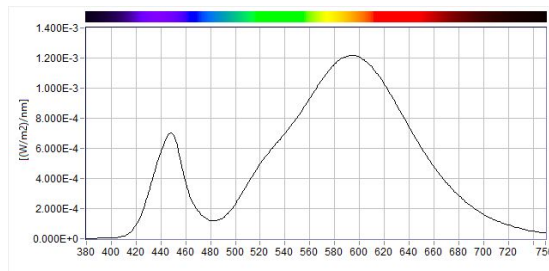
דוגמאות לספקטרום האור "לד חסכוני"



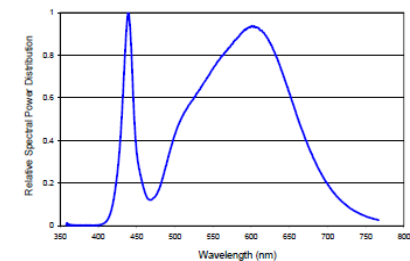
2,700K



2,700K



3,300K

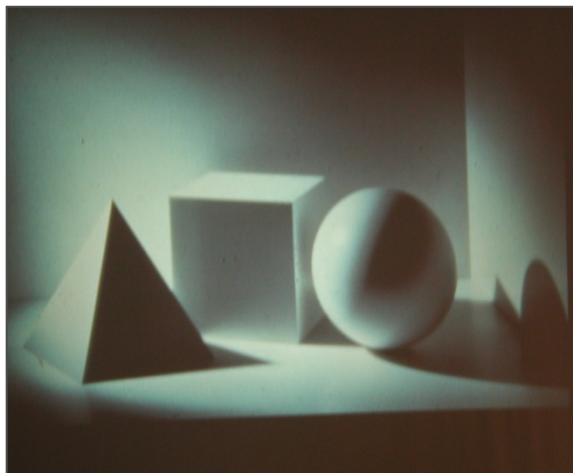
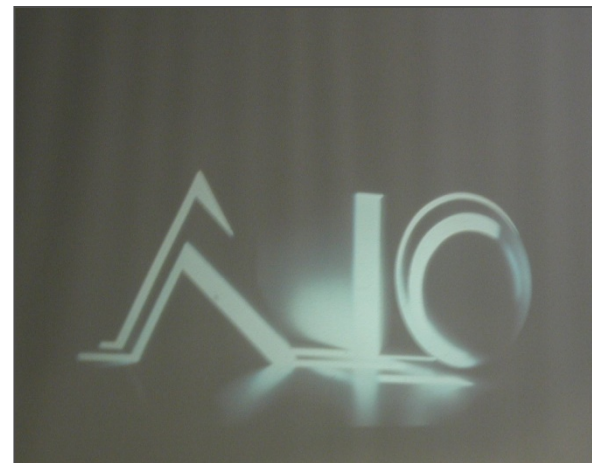


3,500K

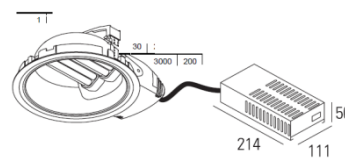


גופי תאורה

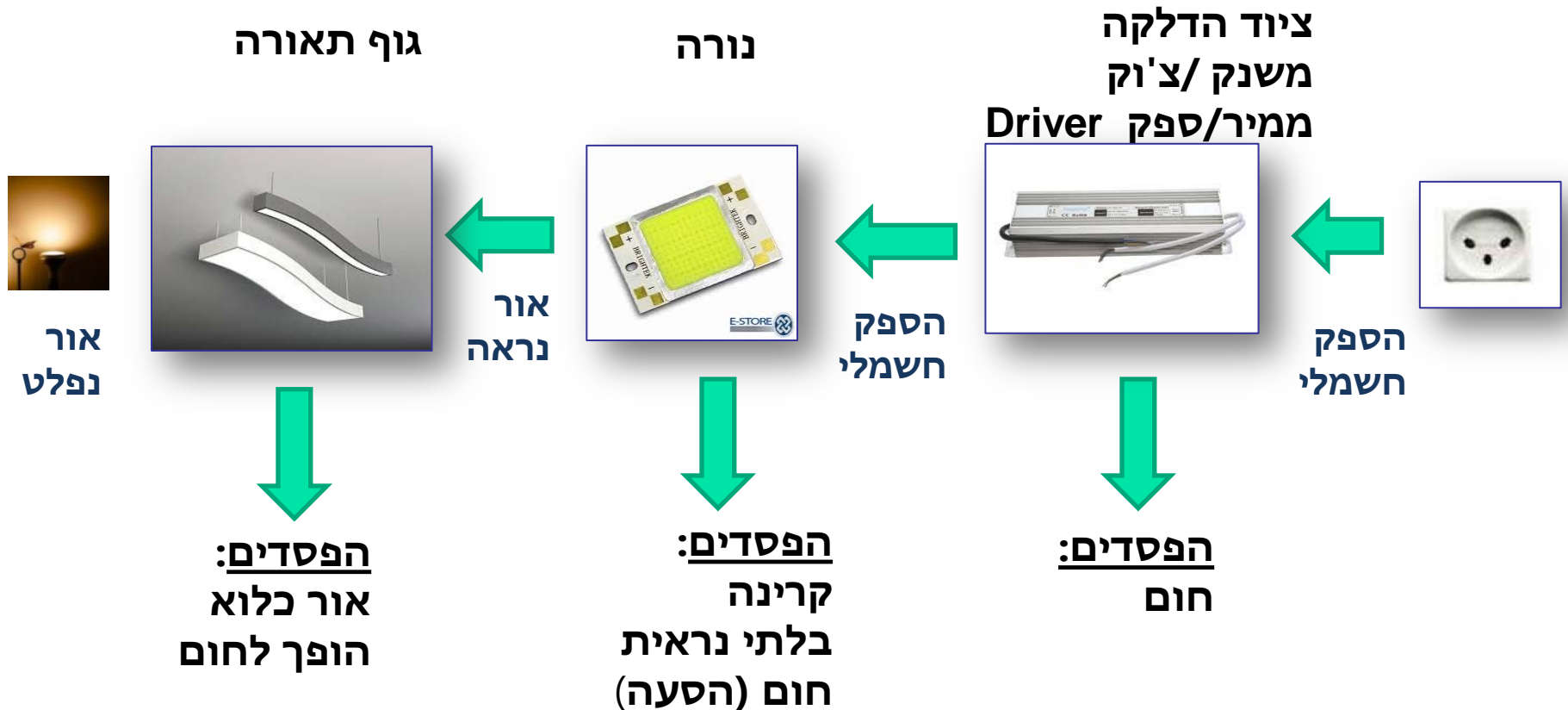
גופי תאורה



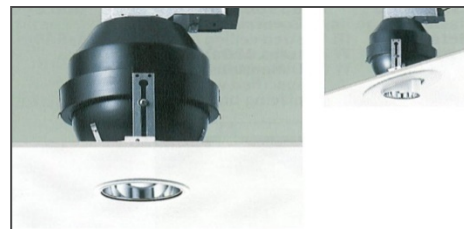
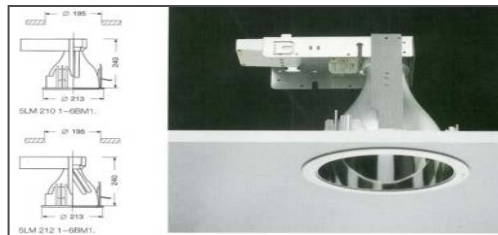
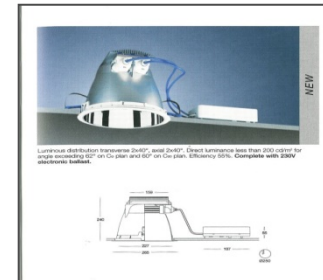
מבנה גוף תאורה



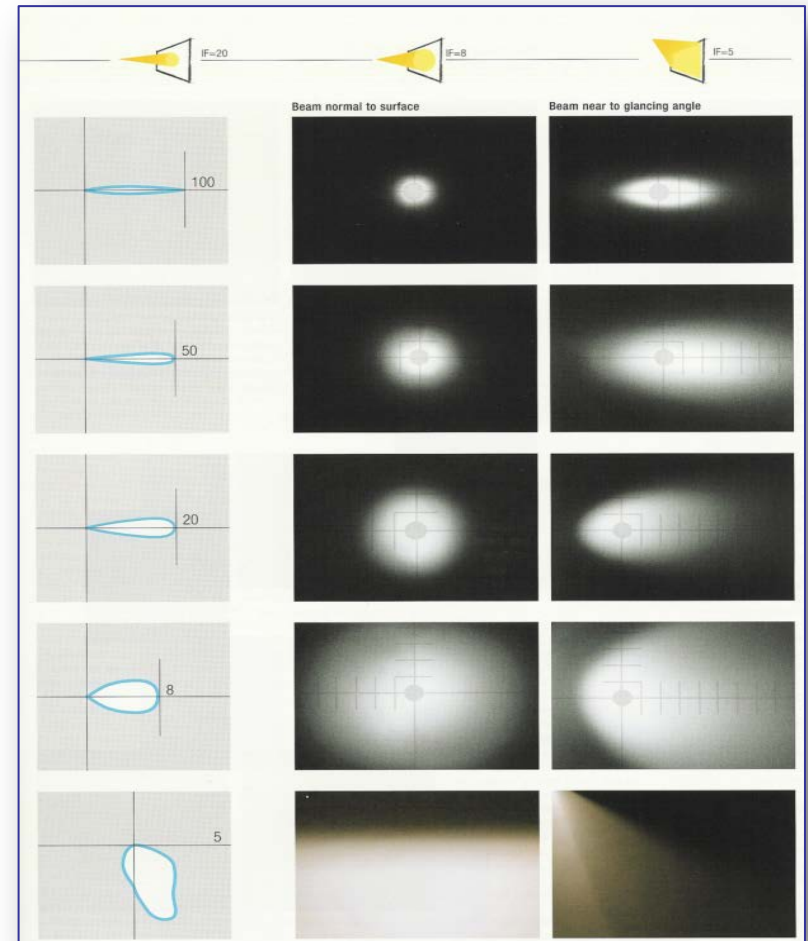
יעילות גוף תאורה



גופי תאורה



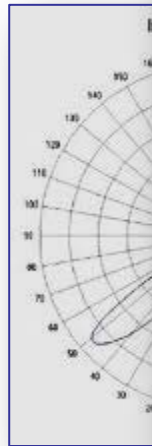
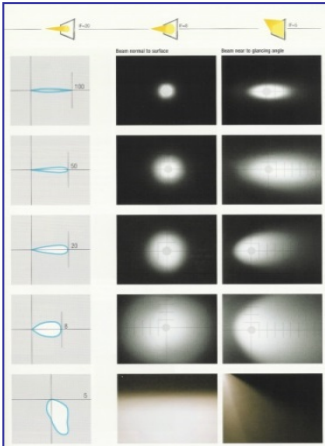
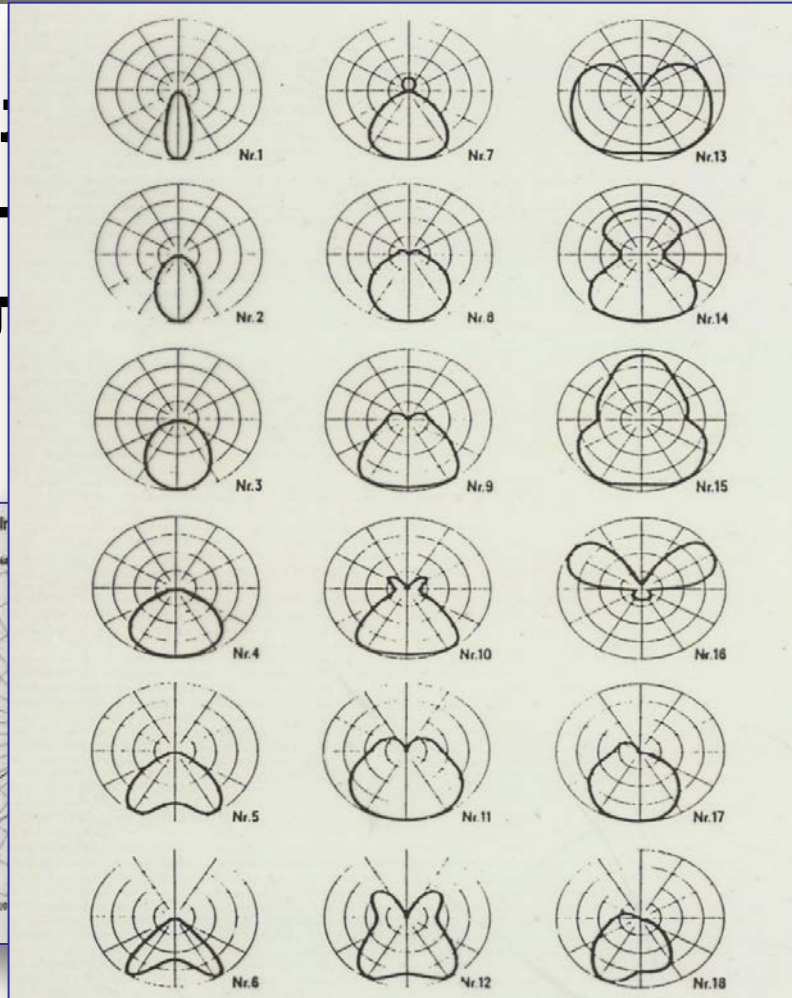
גופי תאורה - פוטומטריה



העקומה הפוטומטרית

פיזור ג"ת
האור: כמה
ת בכל זווית

בכדי לת
גוף תאור
לומנים ל



גופי תאורה - פוטומטריה

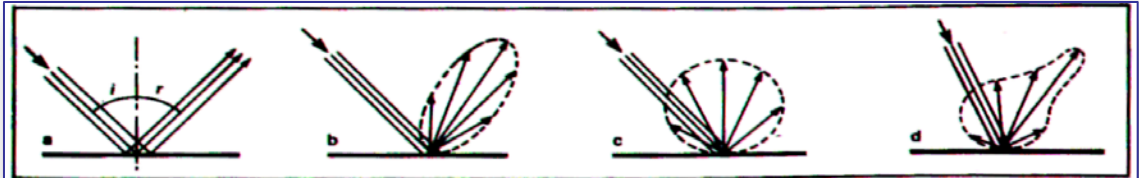


Fig. A.10 Different types of reflection a) specular, b) spread, c) diffuse, d) compound.

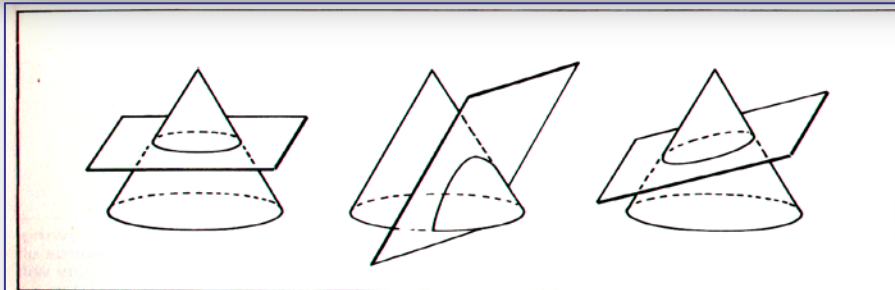


Fig. 2.11 The three main conic sections, or basic contours, used in reflector design. From left to right: circle, parabola, ellipse.

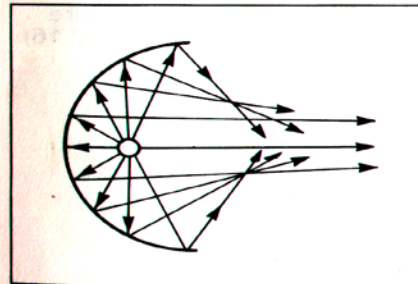


Fig. 2.12 Circular mirror reflector showing what happens in practice to the reflected rays when the source is at the focus.

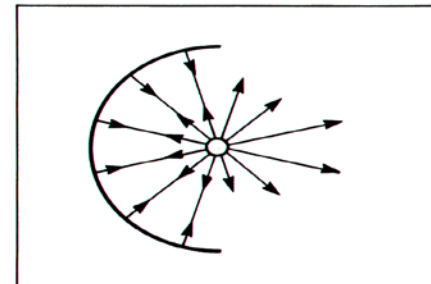


Fig. 2.13 Rays from a point source placed at the centre of curvature of a circular mirror reflector will be reflected back toward the centre, so creating optical gain.

תאורה

תקנות ותקנים



תקנות- המטרה

עוצמות הארה בלוקסים		מקום
2000	1900	
300 - 500	25 - 35	חנות
500 - 750	25 - 35	משרד
500 - 750	20 - 40	אודיטוריום
750 - 1000	40 - 50	בית דפוס

תקנות- המטרה

תאורה טובה

■ יוצרת סביבה ראייתית המאפשרת לאנשים לראות, לנוע ולבצע משימות בצורה בטוחה, ביעילות, בבריאות ובמדויק, בלי לגרום לעייפות לא סבירה של מערכת הראייה ולא נוחות.

מטרות:

- רמת תפקוד ראייתית אופטימלית בהתאם לצורכי הפעילות,
- נוחות ראייתית מירבית,
- בטיחות מכסימלית,
- חיסכון.

השלכות: חיסכון באנרגיה, בטיחות, גהות, פריון עבודה

תקנות- יעילות אנרגטית

■ תקנות- דרוג מינימלי של המשנקים - 2009

■ תקנות מקורות אנרגיה - יעילות אנרגטית מזערית
לנורה חשמלית - 2011

■ תקנות מקורות אנרגיה - יעילות אנרגטית מזערית
לנורות פלואורניות - 2012



■ **פקודות הבטיחות בעבודה - פרק א', סימן ג', סעיף 28:**
"אמצעים יעילים יינקטו כדי להשיג ולקיים תאורה מספיקה ונאותה, טבעית או מלאכותית, בכל חלק מפעל שבני אדם עובדים או עובייו הו..."

■ **תקנות רישוי עסקים 1972** (פרק ג', סעיף 27-מפעלי מזון)

■ **תקנות רישוי עסקים 1983** (פרק ג', סעיף 32-בנין אוכל)

■ **תקנות רישוי עסקים 1977** (פרק ג', סעיף 2-מעבדות)



תאורת חירום - תקנות 9/2008

(ג) עוצמתה המינימלית של תאורת חירום לאורך נתיב המילוט
לא תפחת מ- 1 לוקס בכל נקודה לאורך נתיב המילוט למשך
שעה אחת לפחות.

(ד) מדידת עוצמת האור המינימלית תתבצע
בגובה מפלס ההליכה לאורך נתיב המילוט.

(ה) היחס בין עוצמת ההארה המרבית לבין עוצמת ההארה
המינימלית **לא יעלה על 1:40**



חוק התקנים - תיקון תשל"ט

סעיף 9

- (א) לא ייצר אדם מצרך, שמיפרט שלו נקבע בתקן רשמי, ולא ימכרנו, ולא ייבאו ולא ייצאו, ולא ישתמש בו בכל עבודה שהיא, ולא יבצע עבודה שהכללים הטכניים של תהליכה נקבעו כתקן רשמי, אלא אם התאימו המצרך או תהליך העבודה לדרישות התקן הרשמי, אם נקבעה הוראה אחרת בהכרזה שבה הוכרז התקן כתקן רשמי.

תקנים עיקריים

תקני תכנון

- ת"י 8995-1-12464 - תאורה למקומות עבודה שבתוך מבנים
- ת"י 2-12464 - תאורה מחוץ למבנים
- ת"י 1862, 13201 - תאורת דרכים
- ת"י 1838 - יישומי תאורה - תאורת חרום

תקני ציוד

- ת"י 20 - גופי תאורה (מנורות) - בטיחות
- IEC 62471 - בטיחות פוטוביולוגית
- ת"י 891 - דירוג IP
- ת"י 63147 - בטיחות אביזרים
- ת"י 5485 - סימון אנרגטי על משנקים למורות פלואורניות

תקנים נוספים

- ת"י 5281 - בנינים ירוקים
- ת"י 5288 - יעילות גופי תאורה
- ת"י 5280 - אנרגיה בבנינים

תקנים עיקריים - לדים

IES LM-70-00 IESNA Approved Guide to Near-Field Photometry

IES LM-79 Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products

IES LM-80 Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources

IEC 62722 Luminaire performance – part 1: general requirements

IEC 62717 LED modules for general lighting – performance requirements

- דרישות בטיחות (ג"ת, לד, מודול לד)
- דרישות איכות (אורך חיים, התאמה למדינה חמה, מגיני נחשולי מתח....)
- דרישות "בריאות"
- אחריות

אורך חיי גוף תאורה עם נורות לד, יהיה 50,000 שעות לפחות, בטמפרטורה אופפת של 35°C (לפי קטלוג היצרן). מותרת ירידת שטף האור עד 80% וכשל של עד 20% מסך הנורות (L80/F20), בהתאם לתקנים הרלוונטים ובזרם העבודה המתוכנן;

SI 62471 part 2

תקן ישראלי ת"י 62471 חלק 2

January 2013

שבט התשע"ג - ינואר 2013

ICS CODE: 29.140

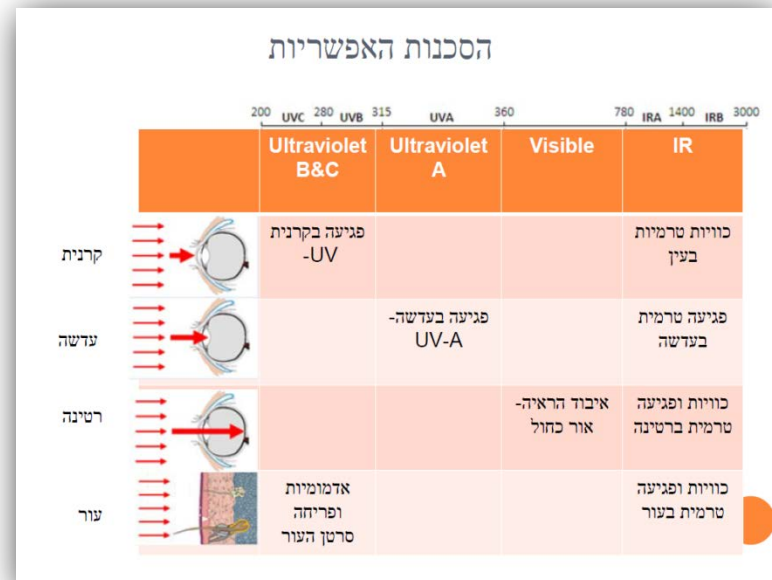
**בטיחות פוטוביולוגית של נורות ושל מערכות תאורה:
הנחיות לדרישות ייצור הנוגעות לבטיחות קרינה אופטית
שאינה קרינת לייזר**

Photobiological safety of lamps and lamp systems: Guidance on
manufacturing requirements relating to non-laser optical radiation safety

בטיחות פוטוביולוגית

סיכונים אפשריים:

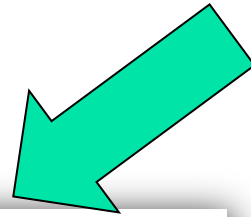
- חשיפה של העור: כוויות, השפעה על DNA, ייצור רדיקליים חופשיים, פגיעה בשכבת הקלוגן
- חשיפה לעיניים: רטינה, עדשה, קרנית, לחמית, מקולה



ת"י 62471

גבולות החשיפה לגורמי סיכון של קרינה כוללת של מקור אור

גורם סיכון	תחום אורכי גל משפיעים (ננו-מטר)	זמן חשיפה (שניות)	E-עוצמת הקרינה הכוללת (W/m^2)	האיבר המושפע	הסימפטום
Actinic UV skin and eye קרינה על-סגולה גורם סיכון של קרינה על-סגולה	200-400	$t < 30,000$	$30/t$	עין, עור	פגיעה בקרנית, נפיחות, דמע, רב, קטרקט, אדמומיות של העור, התנוונות של העור
UVA eye	315-400	$t \leq 1,000$ $t > 1,000$	$10,000/t$	עין	קטרקט
Retinal Blue-Light small source גורם סיכון של אור כחול	300-700	$t \leq 100$ $t > 100$	$100/t$	עין	נזק לרשתית
Infrared radiation eye קרינה תת-אדומה גורם סיכון של קרינה תת-אדומה	780-3,000	$t \leq 1,000$ $t > 1,000$	$18,000/t^{0.75}$ 100	עין	פגיעה בקרנית, קטרקט
Thermal skin	380-3,000	$t < 10$	$20,000/t^{0.75}$	עור	כוויות עור



קבוצות סיכון פוטוביולוגי

	מהות הסיכון	קבוצת סיכון
RG 0	אין סיכון פוטוביולוגי	ללא סיכון
RG 1	אין סיכון פוטוביולוגי במגבלות התנהגות נורמליות	קבוצת סיכון 1 (סיכון נמוך)
RG 2	לא נחשב סיכון בעת תגובה שלילית לאור קורן או בעת אי-נוחות תרמית	קבוצת סיכון 2 (סיכון בינוני)
RG 3	סיכון פוטוביולוגי אפילו עקב חשיפה רגעית	קבוצת סיכון 3 (סיכון גבוה)

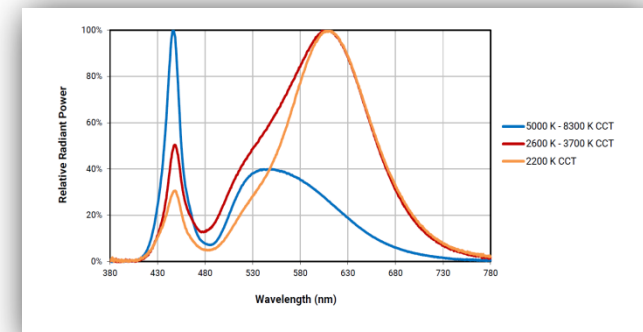
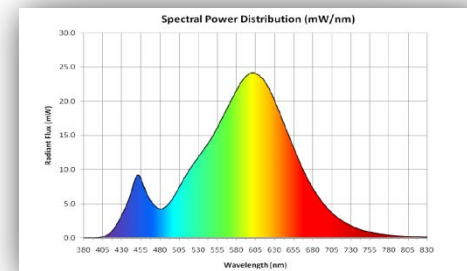
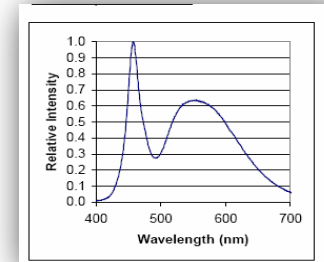
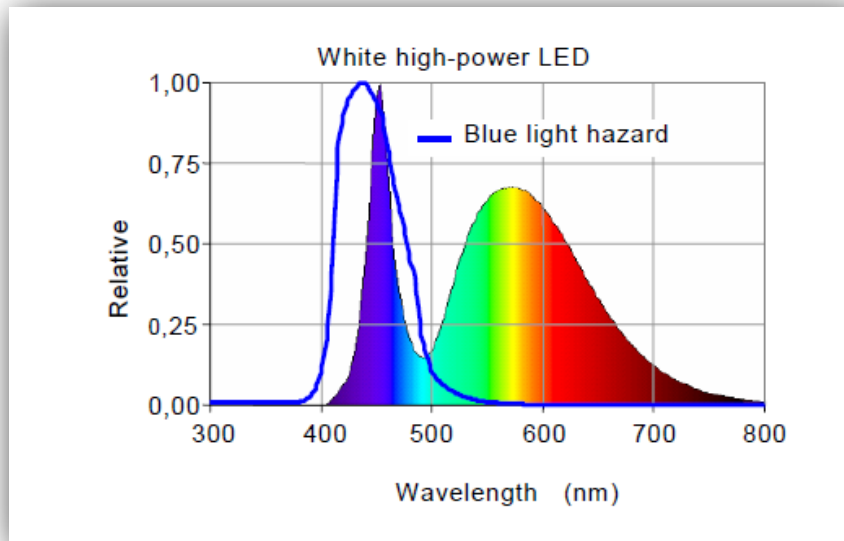
ת"י 62471

טבלה 5: דוגמה להסבר על המידע שיש להציג בתווית ובהנחיות לגבי אמצעי זהירות

גורם הסיכון	קבוצת סיכון פטורה מסיכון	קבוצת סיכון 1	קבוצת סיכון 2	קבוצת סיכון 3
גורם סיכון של קרינה על-סגולה, 200 ננו-מטר עד 400 ננו-מטר	פטור	מזער חשיפה של העיניים או העור. השתמש במיגון מתאים נגד קרינה	החשיפה עלולה לגרום לגירוי של העיניים או העור.	הימנע מחשיפה של העיניים או העור למוצר שאינו מוגן מפני קרינה
גורם סיכון של אור כחול לרשתית, 300 ננו-מטר עד 400 ננו-מטר	פטור	פטור	אין להתכונן ישירות אל הנורה הדולקת. הדבר עלול להזיק לעיניים	אין להסתכל על הנורה הדולקת. הדבר עלול לפגוע בעיניים
גורם סיכון של אור כחול לרשתית או גורם סיכון תרמי, 400 ננו-מטר עד 780 ננו-מטר	פטור	פטור	אין להתכונן ישירות אל הנורה הדולקת. הדבר עלול להזיק לעיניים	אין להסתכל על הנורה הדולקת. הדבר עלול לפגוע בעיניים
גורם סיכון של קרינה תת-אדומה לקרנית/ לעדשה, 780 ננו-מטר עד 3000 ננו-מטר	פטור	השתמש במיגון מתאים נגד קרינה או הגן על העיניים	הימנע מחשיפת העיניים. השתמש במיגון מתאים נגד קרינה או הגן על העיניים	הימנע מחשיפת העיניים. השתמש במיגון מתאים נגד קרינה או הגן על העיניים
גורם סיכון תרמי לרשתית, גירוי חזותי חלש, 780 ננו-מטר עד 1400 ננו-מטר	פטור	אין להתכונן ישירות אל הנורה הדולקת	אין להתכונן ישירות אל הנורה הדולקת	אין להסתכל על הנורה הדולקת

מקור: תקן ישראלי ת"י 2-62471

ת"י 62471- איננו מתיחס לשעון הביולוגי!



פליקר IEEE-1789

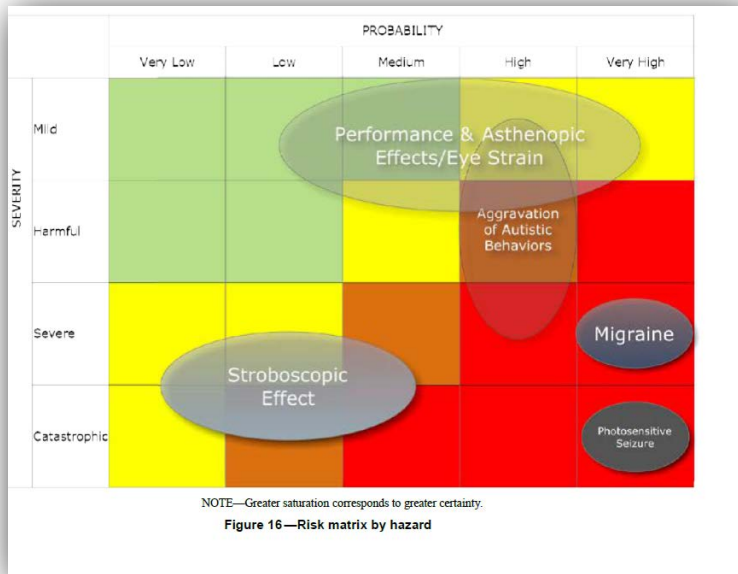
IEEE STANDARDS ASSOCIATION



**IEEE Recommended Practices for
Modulating Current in High-Brightness
LEDs for Mitigating Health Risks to
Viewers**

השפעות ביולוגיות מאפקט ההבהוב

- השפעות ההבהוב תלויות הן בתדר ההבהוב, האמפליטודה, רגישות העין וזמן החשיפה (בין אם התדר מורגש או שאינו מורגש)

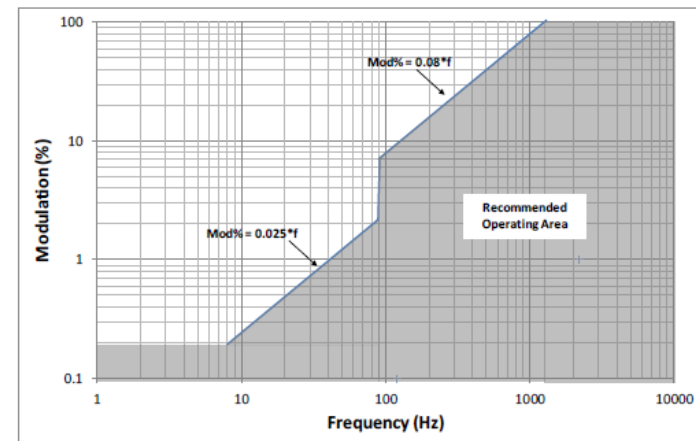


- מחקרים מגלים פעילות חריגה של המוח נשימה, התקפי אפילפסיה, כאבי ראש להבהוב, הרגישות גבוהה יותר אצל צעירים

- התנהגות חריגה אצל חולי אוטיזם
- השפעה חריפה יותר אצל חולי אסטמה
- תופעות סטרובוסקופיות

פליקר IEEE-1789

IEEE Std 1789-2015
IEEE Recommended Practices for Modulating Current in High-Brightness LEDs for Mitigating Health Risks to Viewers

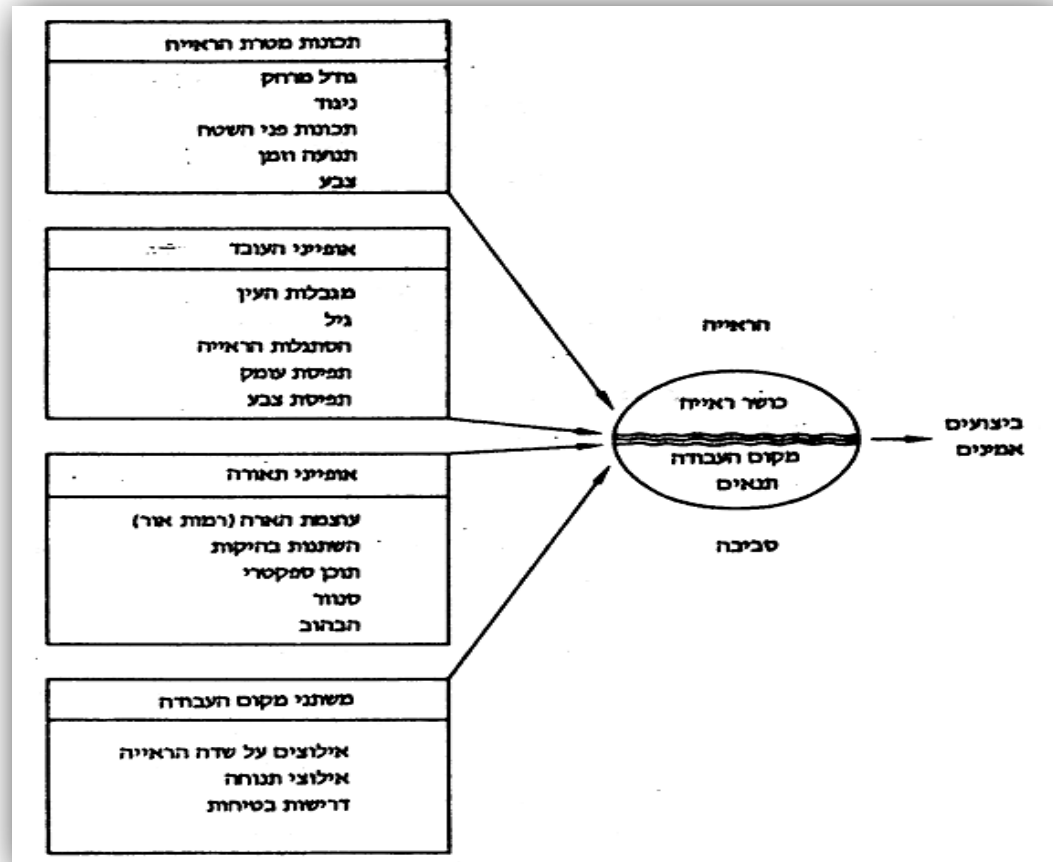


NOTE—Operating in the shaded area minimizes visual discomfort or annoyance and also gives low risk for headaches and other health risks. For frequencies less than 0.025*frequency, at or above 90 Hz, the modulation depth should be less than $(L_{max} - L_{min}) / (L_{max} + L_{min})$ where L_{max} and L_{min} are the maximum and minimum luminance, respectively. The figure was derived from the low-risk regions

7.4.5.2.3 Low-Risk Level

Expert Opinion was presented in IEEE P1789 Working Group teleconferences and Data. Roberts and Wilkins [B92] indicate 3000 Hz to be a modulation-depth-independent frequency NOEL. Expert Opinion and Data in IEEE Std 1789 indicates ~5% to be a frequency-independent modulation depth limit, at least for frequencies above those at which flicker is visible (Vogels et al. [B109]). Figure 18 illustrates low-risk limits and will be further explained in Clause 8.

ת"י 12464 לתאורת מקום עבודה



תקן לתאורת מקום עבודה

סוג איזור, משימה או פעילות	טווח עוצמת הארה-LUX
איזורי עבודה ומעבר חיצוניים	20 - 30 - 50
איזורי מעבר, כיוון פשוט או שהיות קצרות לפרקים	50 - 100 - 150
חדרים שאינם משמשים באופן קבוע למטרות עבודה	100 - 150 - 200
משימות עם דרישות ויזואליות פשוטות	200 - 300 - 500
משימות עם דרישות ויזואליות בינוניות	300 - 500 - 750
משימות עם דרישות ויזואליות קפדניות	500 - 750 - 1000
משימות עם דרישות ויזואליות קשות	750 - 1000 - 1500
משימות עם דרישות ויזואליות מיוחדות	1000 - 1500 - 2000
ביצוע משימות ויזואליות בעלות דרישת דיוק גבוהה	מעל 2000

ובנוסף: רמות של 75, 3000, 5000 לוקס

התיחסות לשיבוש השעון הביולוגי ובטיחות פוטוביולוגית

המפרט הכללי, פרק מתקני חשמל, פרק 08

08.09.05

קבוצת הסיכון מתייחסת לגובה ההתקנה של גוף התאורה כמצויין בתעודת הבדיקה. אם לא צויין גובה ההתקנה בתעודת הבדיקה, קבוצת הסיכון של גוף התאורה תהיה בהתאם לאמור בתעודת הבדיקה ללא תלות בגובה התקנתו.

קבוצות הסיכון יהיו לפי הפירוט הבא:

1. בתאורת פנים: קבוצת סיכון 0;
2. בתאורת חוץ: קבוצת סיכון 0 או 1, בהתאם לאמור בחוזה. אם לא נאמר אחרת, קבוצת הסיכון תהיה 0.

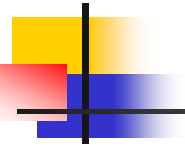
ג. טמפרטורת הצבע של הנורות תהיה בהתאם לאמור במסמכי החוזה. בהתאם לדרישה במסמכי החוזה, טמפרטורת הצבע של הנורות תהיה כאמור להלן:

1. בתאורת פנים: מ-2,500K עד 4,200K;
 2. בתאורת חוץ: מ-2,000K עד 3,200K.
- ובלבד שהערך המירבי (פיק) של הקרינה בתחום הכחול של הספקטרום 420-500 nm יהווה עד 55% מהעוצמה המירבית (פיק) הנפלטת.

איך נדע?

תעודות בדיקה ממעבדות מוסמכות

ת"י 12464



- איזורי מעבר כלליים, משרדים,
- חינוך, בריאות, דת, ספריות,
- מלונות ומסעדות, אולמות,
- מאפיות, חניונים, ניקוי וניקוי יבש, מספרות,
- מזון, קמעונות, חקלאות,
- תעשייה: זכוכית וקרמיקה, רכב, מתכת, דפוס, ברזל ופלדה, בטון, כימית-פלסטיק וגומי, תעשיית תכשיטים, עץ ורהיטים, נייר, עור, טקסטיל, חשמל - ייצור רכיבים, עיבוד מתכות, בדיקה וכיול,
- תחנות כוח, נמלים

ת"י 12464-דוגמא

Type of interior, task or activity	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Remarks
Practice rooms, dressing rooms	300	22	80	Glare free mirror lighting for make-up required.
Museums (general)	300	19	80	Lighting to suit the display requirements, protect against radiation effects. See Museum Lighting Guide.
26. Libraries				
Bookshelves	200	19	80	
Reading area	500	19	80	
Counters	500	19	80	
27. Public car parks (indoor)				
In/out ramps (during the day)	300	25	40	Safety colours shall be recognisable.
In/out ramps (at night)	75	25	40	Safety colours shall be recognisable.
Traffic lanes	75	25	40	Safety colours shall be recognisable.
Parking areas	75	28	40	A high vertical illuminance increases recognition of peoples faces and therefore the feeling of safety.
Ticket office	300	19	80	1. Avoid reflections in the windows. 2. Prevent glare from outside.
28. Educational buildings				
Play school room	300	19	80	
Nursery class	300	19	80	
Nursery craft room	300	19	80	
Classrooms, tutorial rooms	300	19	80	Lighting should be controllable.
Classroom for evening classes and adults education	500	19	80	
Lecture hall	500	19	80	Lighting should be controllable.
Black board	500	19	80	Prevent specular reflections.
Demonstration table	500	19	80	In lecture halls 750 lux
Art and craft rooms	500	19	80	
Art rooms in art schools	750	19	90	T _{cp} > 5000K
Technical drawing rooms	750	16	80	
Practical rooms and laboratories	500	19	80	
Teaching workshop	500	19	80	
Music practice rooms	300	19	80	
Computer practice rooms	500	19	80	For VDT-work see clause 4.10.
Language laboratory	300	19	80	
Preparation rooms and workshops	500	22	80	
Student common rooms and assembly halls	200	22	80	
Teachers rooms	300	22	80	
Sports halls, gymnasiums and swimming pools	300	22	80	For public access facilities see CIE 58 - 1983 and CIE 62 - 1984.
29. Health care premises				
Waiting rooms	200	22	80	Illuminance at floor level
Corridors: during the day	200	22	80	Illuminance at floor level
Corridors: during the night	50	22	80	Illuminance at floor level
Day rooms	200	22	80	Illuminance at floor level
Staff office	500	19	80	
Staff rooms	300	19	80	
Wards				
- General lighting	100	19	80	Illuminance at floor level
- Reading lighting	300	19	80	
- Simple examination	300	19	80	
Examination and treatment	1000	19	90	
Night lighting, observation lighting	5	19	80	

- הפצת ידע הנדסת התאורה וידיעת המאור לתועלת המשתמשים והעוסקים בתאורה
- ייזום תקינה והשתתפות בוועדות להכנת תקנות, הנחיות, הוראות, ותקנים – שיתוף פעולה מקצועי עם הרשויות שבמדינת ישראל
- ארגון ימי עיון, כינוסים, ודיונים מקצועיים פתוחים
- מיסוד תכנון מתקני התאורה כמקצוע הדורש הכשרה מקצועית ייעודית

תודה רבה!