

בטיחות מוצרי לייזר: מיון הציוד ודרישות

Safety of laser products: Equipment classification and requirements

לעיון ולמתן הערות

מסמך זה הוא הצעה בלבד

מכון התקנים הישראלי
The Standards Institution of Israel



<p>הודעה על רויזיה תקן ישראלי זה בא במקום התקן הישראלי ת"י 60825 חלק 1 מאוקטובר 2010</p>	<p>הודעה על מידת התאמת התקן הישראלי לתקנים או למסמכים זרים תקן ישראלי זה, למעט השינויים והתוספות הלאומיים המצוינים בו, זהה לתקן של הנציבות הבין-לאומית לאלקטרוטכניקה, IEC 60825-1 - Edition 3.0: 2014-05 (וראו הערה לאומית בסוף חלות התקן)</p>
---	---

מילות מפתח:

מוצרי לייזר, התקני לייזר, אמצעי בטיחות, בטיחות בתעסוקה, מערכות מיון, פליטת אור, גורמי סיכון שמקורם באור.

Descriptors:

lasers, safety measures, occupational safety, classification systems, light emission, light hazards.

עדכניות התקן

התקנים הישראליים עומדים לבדיקה מזמן לזמן, ולפחות אחת לחמש שנים, כדי להתאימם להתפתחות המדע והטכנולוגיה. המשתמשים בתקנים יודאו שבידיהם המהדורה המעודכנת של התקן על גיליונות התיקון שלו. מסמך המתפרסם ברשומות כגיליון תיקון, יכול להיות גיליון תיקון נפרד או תיקון המשולב בתקן.

תוקף התקן

תקן ישראלי על עדכוניו נכנס לתוקף החל ממועד פרסומו ברשומות. יש לבדוק אם המסמך רשמי או אם חלקים ממנו רשמיים. תקן רשמי או גיליון תיקון רשמי (במלואם או בחלקם) נכנסים לתוקף 60 יום מפרסום ההודעה ברשומות, אלא אם בהודעה נקבע מועד מאוחר יותר לכניסה לתוקף.

סימון בתו תקן



כל המייצר מוצר, המתאים לדרישות התקנים הישראליים החלים עליו, רשאי, לפי היתר ממכון התקנים הישראלי, לסמנו בתו תקן:

זכויות יוצרים

© אין לצלם, להעתיק או לפרסם, בכל אמצעי שהוא, תקן זה או קטעים ממנו, ללא רשות מראש ובכתב ממכון התקנים הישראלי.

הקדמה לתקן הישראלי

תקן ישראלי זה הוא התקן של הנציבות הבין-לאומית לאלקטרוטכניקה IEC 60825-1 (מהדורה 3.0) ממאי 2014, שאושר כתקן ישראלי בשינויים ובתוספות לאומיים.

התקן כולל, בסדר המפורט להלן, רכיבים אלה:

- סעיף חלות התקן בשינויים ובתוספות לאומיים (בעברית)
- פירוט השינויים והתוספות הלאומיים לסעיפי התקן הבין-לאומי (בעברית)
- נספח א (למידע בלבד) - תרגום של הסימון על גבי התוויות (בעברית)
- התקן הבין-לאומי (באנגלית)

הערות לתקן הישראלי מובאות כהערות שוליים ומצוינות באותיות האלף בית.

תקן זה הוא חלק מסדרת תקנים החלים על בטיחות מוצרי לייזר.

חלקי הסדרה הם אלה:

- ת"י 60825 חלק 1 - בטיחות מוצרי לייזר: מיון הציוד ודרישות
- ת"י 60825 חלק 2 - בטיחות מוצרי לייזר: בטיחות מערכות תקשורת מבוססות סיבים אופטיים (OFCS)

- ת"י 60825 חלק 3 - בטיחות מוצרי לייזר: הנחיות לתצוגות ולמופעים משולבי לייזר
- ת"י 60825 חלק 12 - בטיחות מוצרי לייזר: בטיחות מערכות תקשורת אופטית בחלל הפתוח המשמשות לשידור נתונים

תקן נוסף הודן בבטיחות של מוצרי לייזר:

- ת"י 60601 חלק 2.22 - ציוד חשמלי לשימוש רפואי: דרישות מיוחדות לבטיחות בסיסית ולביצועים חיוניים של ציוד לייזר ליישומים כירורגיים, קוסמטיים, רפויים ואבחוניים

הערה:

התקן הישראלי ת"י 60601 חלק 2.22 הוא חלק מסדרת תקנים ישראליים הדנים בבטיחות ציוד חשמלי לשימוש רפואי.

חלות ומטרה (סעיף 1 של התקן הבין-לאומי בשינויים ובתוספות לאומיים)

הערה:

השינויים והתוספות הלאומיים לסעיף זה מובאים בגופן שונה.

תקן זה חל על הבטיחות של מוצרי לייזר הפולטים קרינה בתחום אורכי הגל 180 נ"מ עד 1 מ"מ. אף על פי שקיימים מכשירי לייזר הפולטים באורכי גל הקצרים מ-180 נ"מ (בתחום העל-סגול בריק), הם אינם כלולים בחלות תקן זה מכיוון שבמצב רגיל קרן הלייזר חייבת להיות בתוך מארז מרוקן ולכן, סיכוני הקרינה האופטית הטמונים במכשירים הם מינימליים.

מוצר לייזר יכול להיות מורכב מלייזר יחיד, עם ספק כוח נפרד או בלעדיו, או יכול לכלול לייזר אחד או יותר במערכת אופטית, במערכת חשמלית או במערכת מכנית מורכבת. בדרך כלל, מוצרי לייזר משמשים להדגמת תופעות פיזיקליות ואופטיות, לעיבוד חומרים, לקריאת נתונים ולאחסונם, לשידור מידע ולהצגתו וכדומה. מערכות כאלה משמשות בתחומי התעשייה, העסקים, הבידור, המחקר, החינוך, הרפואה ומוצרי הצריכה.

תקן זה אינו חל על מוצרי לייזר הנמכרים ליצרנים אחרים לשימוש כרכיבים במערכת כלשהי המיועדת למכירה עוקבת, משום שהמוצר הסופי עצמו כפוף לדרישות תקן זה. תקן זה אינו חל גם על מוצרי לייזר הנמכרים על ידי או עבור יצרנים של מוצרים סופיים לשימוש כחלקי חילוף למוצרים הסופיים. ואולם, אם מערכת הלייזר שבתוך מוצר הלייזר ניתנת להפעלה כשהיא מוסרת מהמוצר הסופי, חלות דרישות תקן זה על מערכת הלייזר הניתנת להסרה.

הערה 1 ציוד הניתן להפעלה בנפרד אינו מצריך כלי לשם הכנה להפעלה.

מוצר לייזר פטור מכל הדרישות הנוספות של תקן זה, אם על פי מיון היצרן לפי סעיפים 4 ו-5 רמת הפליטה אינה חורגת מגבול הפליטה הנגישה (AEL) של רמת סיכון 1 (Class 1) בכל תנאי ההפעלה, התחזוקה, השירות והתקלה. ניתן להתייחס למוצר לייזר שכזה כאל מוצר לייזר פטור.

הערה 2 מטרת הפטור שלעיל היא להבטיח שמוצרי לייזר בעלי בטיחות עצמותית יהיו פטורים מסעיפים 6, 7, 8 ו-9.

נוסף על התוצאים המזיקים העשויים להיגרם מחשיפה לקרינת לייזר, בציוד לייזר עשויים להיות טמונים גורמי סיכון אחרים כגון הלם חשמלי, חשיפה לחומרים כימיים וטמפרטורות גבוהות או נמוכות. קרינת לייזר עלולה לגרום לפגיעה זמנית בראייה, כגון סנוור או בוהק (dazzle and glare). תוצאים אלה תלויים במשימה ובעוצמת האור האופף, ואינם כלולים בחלות תקן זה. דרישות המיון ודרישות אחרות בתקן זה מתייחסות לגורמי הסיכון של קרינת לייזר לעיניים ולעור בלבד. גורמי סיכון אחרים אינם כלולים בחלות התקן.

תקן זה מתאר את דרישות המינימום. התאמה לתקן זה עשויה שלא להספיק לשם השגת רמה נדרשת של בטיחות המוצר. מוצרי לייזר עשויים להידרש לעמוד בדרישות הביצועים ובדרישות הבדיקה הישימות של תקני בטיחות מוצר ישימים אחרים.

הערה 3 תקנים אחרים יכולים לכלול דרישות נוספות. לדוגמה, מוצר לייזר בדרגת סיכון 3B (class 3B) או בדרגת סיכון 4 (class 4) עשוי שלא להתאים לשימוש כמוצר צריכה.

כאשר מערכת לייזר מהווה חלק מציוד שחל עליו תקן IEC או תקן ישראלי אחר של בטיחות מוצר, לדוגמה עבור ציוד רפואי (ת"י 60601 חלק 2.22), ציוד טכנולוגיית המידע (סדרת ת"י 60950), ציוד שמע וחוזי (ת"י 60065), ציוד שמע-חוזי וטכנולוגיית המידע (IEC 62368-1), ציוד לשימוש באטמוספירות מסוכנות (ת"י 60079), או צעצועים חשמליים (ת"י 62115), תקן זה חל בהתאם להוראות IEC Guide 104⁽²⁾ לגבי גורמי סיכון שמקורם בקרינת לייזר. אם תקן בטיחות מוצר כלשהו אינו חל, ניתן להחיל את התקן הישראלי ת"י 61010 חלק 1.

עבור מכשור לטיפול בראייה, יש לעיין בתקן ISO 15004-2, וליישם את העקרונות והגבולים לקרינת הלייזר המובאים בו (ראו גם Annex C ו-Annex D) כדי להבטיח את בטיחות המטופלים. במהדורות קודמות, נכללו דיודות פולטות אור (LEDs) בחלות התקן, וייתכן שהן עדיין נכללות בחלקים אחרים של סדרת התקנים הישראליים ת"י 60825^(R). אולם, בעקבות הכנת תקני בטיחות למנורות, ניתן לדון בצורה הולמת יותר בבטיחות הקרינה האופטית של דיודות פולטות אור באופן כללי בתקנים לבטיחות מנורות. הוצאת הדיודות פולטות האור מחלות תקן זה אינה מונעת דיון בהן בתקנים אחרים

⁽²⁾ המדריך הבין-לאומי, IEC Guide 104:2010, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

^(R) סדרת התקנים הישראליים ת"י 62471 מאמצת את סדרת התקנים הבין-לאומיים IEC 62471. בסדרת התקנים הבין-לאומיים ישנם חלקים שעדיין לא אומצו כתקנים ישראליים. חלקים אלה חלים אף הם בתקן ישראלי זה.

כאשר אלה דנים בלייזרים. ניתן ליישם את סדרת התקנים הישראליים ת"י 62471⁽⁸⁾ כדי לקבוע את קבוצת הסיכון של דיודות פולטות אור או של מוצר שמשולבות בו דיודות פולטות אור, אחת או יותר. תקנים אחרים (מיוחדים למוצר) עשויים לדרוש יישום של דרישות המדידה, המיון, המפרט ההנדסי והתינווי של תקן זה (ת"י 60825 חלק 1) עבור מוצרי דיודה פולטת אור (מוצרי לד).

לחלופין, ניתן להעריך מוצרי לייזר עם קרינות (radiance) נגישה הנמוכה מהקריטריונים המפורטים בסעיף 4.4, המתוכננים לפעול כמקורות אור רגילים והעומדים בדרישות המפורטות בסעיף 4.4, בעזרת סדרת התקנים הישראליים ת"י 62471 - בטיחות פוטוביולוגית של נורות ומערכות תאורה. תקן זה חל גם על מוצר שכזה, אולם אין צורך למיין את פליטת הקרינה האופטית שלו שתוארה לעיל.

ערכי החשיפה המרבית המותרת (MPE) הנקובים ב-Annex A מחושבים עבור קרינת לייזר, ואינם ישימים לקרינה משנית (collateral radiation). ואולם, אם קיים חשש שקרינה משנית נגישה עלולה להיות מסוכנת, ניתן ליישם את ערכי החשיפה המרבית המותרת לקרינת לייזר כדי להעריך, בשיטה השמרנית, את גורם הסיכון הטמון בה, או להיעזר בערכים של גבולי החשיפה שבתקן הישראלי ת"י 62471.

ערכי החשיפה המרבית המותרת הנקובים ב-Annex A אינם ישימים לחשיפה מכוונת של בני אדם לקרינת לייזר למטרות טיפול רפואי או קוסמטי/אסתטי.

הערה 4 הנספחים למידע בלבד Annex A עד Annex G נכללים בתקן למטרות הדרכה כללית ולצורך המחשה של מספר רב של מקרים טיפוסיים. ואולם, אין לראות בנספחים אלה מסמכים סופיים או ממצים.

מטרות תקן זה הן כמפורט להלן:

- להציג שיטה למיון לייזרים ומוצרי לייזר, הפולטים קרינה בתחום אורכי הגל 180 נ"מ עד 1 מ"מ, לפי דרגת גורם הסיכון של קרינה אופטית הטמון בהם כדי לסייע בהערכת גורם הסיכון ובקביעת אמצעי בקרה עבור המשתמש;
- לקבוע דרישות לגבי המידע שעל היצרן לספק כדי לאפשר נקיטת אמצעי זהירות נאותים;
- להבטיח, באמצעות תוויות והוראות, שהמשתמשים יוזהרו באופן הולם מפני גורמי הסיכון הטמונים בקרינה נגישה ממוצרי לייזר;
- להקטין את האפשרות של פגיעה על ידי הקטנה עד למינימום של הקרינה הנגישה שאינה הכרחית, ולספק בקרה משופרת על גורמי הסיכון הטמונים בקרינת הלייזר באמצעות אמצעי מגן.

הערה לאומית:

החל מיום פרסום תקן ישראלי זה, ת"י 60825 חלק 1, ברשומות ועד 19 ביוני 2017, יהיו בתוקף הן תקן ישראלי זה, ת"י 60825 חלק 1, במהדורתו החדשה והן תקן ישראלי זה, ת"י 60825 חלק 1, במהדורתו הישנה מאוקטובר 2010. בתום תקופה זו יהיה בתוקף התקן הישראלי במהדורתו החדשה בלבד.

פירוט השינויים והתוספות הלאומיים לסעיפי התקן הבין-לאומי

2. Normative references

במקום התקן הבין-לאומי המאוזכר בתקן והמצוין בסעיף זה חל תקן ישראלי, כמפורט להלן:

הערות	התקן הישראלי שחל במקומו	התקן הבין-לאומי המאוזכר
התקן הישראלי זהה לתקן הבין-לאומי: IEC 62471 (CIE S 009:2002) – First Edition: 2006-07	ת"י 62471 – בטיחות פוטוביולוגית של נורות ושל מערכות תאורה	IEC 62471(all parts) ^(א)
התקן הישראלי, למעט השינויים והתוספות המצוינים בו ^(ב) , זהה לדוח הטכני הבין-לאומי: IEC/TR 62471-2 –Edition 1.0: 2009-08	ת"י 62471 חלק 2 - בטיחות פוטוביולוגית של נורות ושל מערכות תאורה: הנחיות לדרישות ייצור הנוגעות לבטיחות קרינה אופטית שאינה קרינת לייזר	
<p>הערה לטבלה: ^(א) בסדרת התקנים הבין-לאומיים ישנם חלקים שעדיין לא אומצו כתקנים ישראליים. חלקים אלה חלים אף הם בתקן ישראלי זה. ^(ב) השינויים והתוספות הלאומיים אינם רלוונטיים לתקן ישראלי זה (ת"י 60825 חלק 1).</p>		

7. Labelling

7.1. General

- בסוף הסעיף יוסף:

הסימון על גבי התווית עבור מוצרי לייזר המתאימים לסוגים המפורטים להלן יהיה גם בשפה העברית:

(א) מוצרי לייזר רפואיים;

(ב) מכונות עיבוד בלייזר;

(ג) צעצועים חשמליים;

(ד) מוצרי צריכה אלקטרוניים, לרבות מוצרי טכנולוגיית מידע, ציוד למופעים ולתצוגות ומצייני לייזר.

- לנוחות המשתמש, תרגום לעברית של הסימון על גבי התוויות המתוארות בסעיפים 7.2 עד 7.10.1 מובא בנספח א.

8. Other informational requirements

בתחילת הסעיף יוסף:

עבור מוצרי לייזר המתאימים לסוגים המפורטים להלן, ההוראות המפורטות בסעיף זה יהיו גם בשפה העברית:

(א) מוצרי לייזר רפואיים;

(ב) מכונות עיבוד בלייזר;

(ג) צעצועים חשמליים;

(ד) מוצרי צריכה אלקטרוניים, לרבות מוצרי טכנולוגיית מידע, ציוד למופעים ולתצוגות ומצייני לייזר.

בסוף התקן יוסף א, כמפורט להלן :

נספח א - תרגום לעברית של הסימון על גבי התוויות

(למידע בלבד)

- לנוחות המשתמש תרגום לעברית של הסימון על גבי התוויות המתוארות בסעיפים 7.2 עד 7.10.1 מובא להלן בסדר הנקוב בתקן הזר. ניתן להשתמש בנוסח שונה שמשמעותו זהה.

Class 1 and Class 1M .7.2

עבור רמת סיכון 1 :

מוצר לייזר ברמת סיכון 1

עבור רמת סיכון 1M :

קרינת לייזר

אין לחשוף משתמשים באופטיקה מגדילה

מוצר לייזר ברמת סיכון 1M

Class 1C .7.3

עבור רמת סיכון 1C :

קרינת לייזר

עקוב אחר ההוראות

מוצר לייזר ברמת סיכון 1C

Class 2 and Class 2M .7.4

עבור רמת סיכון 2 :

קרינת לייזר

אין להביט היישר לתוך הקרן

מוצר לייזר ברמת סיכון 2

עבור רמת סיכון 2M :

קרינת לייזר

אין להביט היישר לתוך הקרן או לחשוף משתמשים באופטיקה מגדילה

מוצר לייזר ברמת סיכון 2M

Class 3R .7.5

עבור רמת סיכון 3R :

קרינת לייזר

הימנע מחשיפת העיניים לקרינה ישירה

מוצר לייזר ברמת סיכון 3R

Class 3B .7.6

עבור רמת סיכון 3B :

אזהרה - קרינת לייזר

הימנע מחשיפה לקרן

מוצר לייזר ברמת סיכון 3B

Class 4 .7.7

עבור רמת סיכון 4 :

סכנה - קרינת לייזר
הימנע מחשיפת העיניים או העור לקרינה ישירה או מפוזרת
מוצר לייזר ברמת סיכון 4

Aperture label .7.8

עבור מוצרי לייזר ברמת סיכון 3R, 3B ו-4, סמוך לכל מפתח שנפלטת ממנו קרינת לייזר החורגת מגבול הפליטה הנגישה עבור רמת סיכון 1 או 2 :

מפתח לייזר
או
מפתח לקרינת לייזר
או
הימנע מחשיפה – קרינת לייזר נפלטת ממפתח זה

Labels for access panels .7.10

Labels for panels .7.10.1

- (a) זהירות – קרינת לייזר ברמת סיכון 1M במצב פתוח
אין להתבונן ישירות בעזרת אופטיקה מגדילה
- (b) זהירות – קרינת לייזר ברמת סיכון 2 במצב פתוח
אין להביט היישר לתוך הקרן
- (c) זהירות – קרינת לייזר ברמת סיכון 2M במצב פתוח
אין להביט היישר לתוך הקרן
ואין להתבונן ישירות בעזרת אופטיקה מגדילה
- (d) זהירות – קרינת לייזר ברמת סיכון 3R במצב פתוח
הימנע מחשיפת העיניים לקרינה ישירה
- (e) אזהרה – קרינת לייזר ברמת סיכון 3B במצב פתוח
הימנע מחשיפה לקרן הלייזר
- (f) סכנה – קרינת לייזר ברמת סיכון 4 במצב פתוח
הימנע מחשיפת העיניים או העור לקרינה ישירה או מפוזרת

Labels for safety interlocked panels .7.10.2

בלוחות עם מנגנון בטיחותי לניתוק הזינה בזמן פתיחת הלוח, יוסף בסעיפים (a עד f) שלעיל,
לאחר המילים "במצב פתוח", הכתוב שלהלן:
והמנגנון הבטיחותי מנוטרל

Warning for invisible laser radiation .7.11

עבור מוצרי לייזר שהמוצא שלהם מחוץ לתחום אורכי הגל 400 ננומטר עד 700 ננומטר, יוחלפו המילים
"קרינת לייזר" שבסעיפים 7.2 עד 7.10 במילים:
קרינת לייזר בלתי-נראית

עבור מוצרי לייזר שהמוצא שלהם הוא הן בתחום 400 ננומטר עד 700 ננומטר והן מחוץ לתחום זה, יוחלפו המילים "קרינת לייזר" שבסעיפים 7.2 עד 7.10 במילים:

קרינת לייזר נראית ובלתי-נראית

עבור מוצרי לייזר שרמת הסיכון שלהם נקבעה לפי קרינת הלייזר בתחום הנראה, והם פולטים גם קרינה בתחום הבלתי נראה החורגת מגבול הפליטה הנגישה של רמת סיכון 1, יוחלפו המילים "קרינת לייזר" שבסעיפים 7.2 עד 7.10 במילים:

קרינת לייזר נראית ובלתי-נראית

7.12 Warning for visible laser radiation

עבור מוצרי לייזר שהמוצא שלהם בתחום אורכי הגל (הנראים) 400 ננומטר עד 700 ננומטר, ניתן להחליף את המילים "קרינת לייזר" שבסעיפים 7.2 עד 7.10 במילים:
אור לייזר

7.13 Warning for potential hazard to the skin or anterior parts of the eye

עבור מוצרי לייזר ברמת סיכון 1, 1M, 2, 2M, או 3R שהפליטה הנגישה שלהם, הנקבעת באמצעות מפתח בקוטר של 3.5 מ"מ בנקודה הקרובה ביותר שיש בה גישה לבני אדם, חורגת מגבול הפליטה הנגישה של רמת סיכון 3B, תוסף האזהרה שלהלן על תווית המוצר ובמידע למשתמש.
קרינת לייזר – חשיפה ליד המפתח עלולה לגרום לכוויות

CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 Scope and object.....	8
2 Normative references	10
3 Terms and definitions	10
4 Classification principles.....	24
4.1 General.....	24
4.2 Classification responsibilities	24
4.3 Classification rules.....	24
4.4 Laser products designed to function as conventional lamps	29
5 Determination of the accessible emission level and product classification.....	29
5.1 Tests	29
5.2 Measurement of laser radiation	30
5.3 Determination of the class of the laser product.....	31
5.4 Measurement geometry.....	40
5.4.1 General	40
5.4.2 Default (simplified) evaluation.....	41
5.4.3 Evaluation condition for extended sources	42
6 Engineering specifications	44
6.1 General remarks and modifications	44
6.2 Protective housing	44
6.2.1 General	44
6.2.2 Service	45
6.2.3 Removable laser system.....	45
6.3 Access panels and safety interlocks.....	45
6.4 Remote interlock connector.....	46
6.5 Manual reset.....	46
6.6 Key control	46
6.7 Laser radiation emission warning	47
6.8 Beam stop or attenuator.....	47
6.9 Controls	47
6.10 Viewing optics.....	47
6.11 Scanning safeguard	47
6.12 Safeguard for Class 1C products	48
6.13 "Walk-in" access	48
6.14 Environmental conditions	48
6.15 Protection against other hazards.....	48
6.15.1 Non-optical hazards.....	48
6.15.2 Collateral radiation	49
6.16 Power limiting circuit.....	49
7 Labelling.....	49
7.1 General.....	49
7.2 Class 1 and Class 1M	51
7.3 Class 1C	52
7.4 Class 2 and Class 2M	53
7.5 Class 3R.....	53
7.6 Class 3B	54

7.7	Class 4	54
7.8	Aperture label	55
7.9	Radiation output and standards information	55
7.10	Labels for access panels.....	56
	7.10.1 Labels for panels	56
	7.10.2 Labels for safety interlocked panels.....	57
7.11	Warning for invisible laser radiation	57
7.12	Warning for visible laser radiation	57
7.13	Warning for potential hazard to the skin or anterior parts of the eye.....	57
8	Other informational requirements.....	58
	8.1 Information for the user.....	58
	8.2 Purchasing and servicing information.....	59
9	Additional requirements for specific laser products	60
	9.1 Other parts of the standard series IEC 60825.....	60
	9.2 Medical laser products	60
	9.3 Laser processing machines.....	60
	9.4 Electric toys	60
	9.5 Consumer electronic products.....	60
Annex A	(informative) Maximum permissible exposure values.....	61
	A.1 General remarks	61
	A.2 Limiting apertures	66
	A.3 Repetitively pulsed or modulated lasers	67
	A.4 Measurement conditions	68
	A.4.1 General	68
	A.4.2 Limiting aperture.....	68
	A.4.3 Angle of acceptance	68
	A.5 Extended source lasers.....	69
Annex B	(informative) Examples of calculations	70
	B.1 Symbols used in the examples of this annex	70
	B.2 Classification of a laser product – Introduction.....	71
	B.3 Examples.....	75
Annex C	(informative) Description of the classes and potentially associated hazards.....	80
	C.1 General.....	80
	C.2 Description of classes	80
	C.2.1 Class 1	80
	C.2.2 Class 1M	80
	C.2.3 Class 1C.....	80
	C.2.4 Class 2	81
	C.2.5 Class 2M	81
	C.2.6 Class 3R.....	81
	C.2.7 Class 3B.....	82
	C.2.8 Class 4	82
	C.2.9 Note on nomenclature.....	82
	C.3 Limitations of the classification scheme	84
	C.4 References	85
Annex D	(informative) Biophysical considerations	86
	D.1 Anatomy of the eye	86
	D.2 The effects of laser radiation on biological tissue	87

D.2.1	General	87
D.2.2	Hazards to the eye	89
D.2.3	Skin hazards.....	92
D.3	MPEs and irradiance averaging	93
D.4	Reference documents	93
Annex E (informative)	MPEs and AELs expressed as radiance	95
E.1	Background.....	95
E.2	Radiance values	95
E.3	Rationale	96
Annex F (informative)	Summary tables.....	99
Annex G (informative)	Overview of associated parts of IEC 60825.....	102
Bibliography.....		104

Figure 1 – Measurement set-up to limit angle of acceptance by imaging the apparent source onto the plane of the field stop	43
Figure 2 – Measurement set-up to limit angle of acceptance by placing a circular aperture or a mask (serving as field stop) close to the apparent source	43
Figure 3 – Warning label – Hazard symbol.....	50
Figure 4 – Explanatory label	51
Figure 5 – Alternative label for Class 1	52
Figure 6 – Alternative label for Class 1M.....	52
Figure 7 – Alternative label for Class 1C.....	52
Figure 8 – Alternative label for Class 2	53
Figure 9 – Alternative label for Class 2M.....	53
Figure 10 – Alternative label for Class 3R.....	54
Figure 11 – Alternative label for Class 3B	54
Figure 12 – Alternative label for Class 4	55
Figure 13 – Alternative label for laser aperture	55
Figure B.1 – Flowchart guide for the classification of laser products from supplied output parameters.....	72
Figure B.2 – Flowchart guide for the classification of Class 1M and Class 2M laser products.....	73
Figure B.3 – AEL for Class 1 ultra-violet laser products for selected emission durations from 10^{-9} s to 10^3 s	74
Figure B.4 – AEL for Class 1 ultra-violet laser products for emission durations from 10^{-9} s to 10^3 s at selected wavelengths	74
Figure B.5 – AEL for Class 1 visible and selected infra-red laser products (case $C_6 = 1$).....	75
Figure D.1 – Anatomy of the eye.....	86
Figure D.2 – Diagram of laser-induced damage in biological systems	88
Figure E.1 – Radiance as a function of wavelength.....	95
Table 1 – Additivity of effects on eye and skin of radiation of different spectral regions.....	25
Table 2 – Times below which pulse groups are summed	28
Table 3 – Accessible emission limits for Class 1 and Class 1M laser products and $C_6 = 1$	34

Table 4 – Accessible emission limits for Class 1 and Class 1M laser products in the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm (retinal hazard region): extended sources	35
Table 5 – Accessible emission limits for Class 2 and Class 2M laser products	36
Table 6 – Accessible emission limits for Class 3R laser products and $C_6 = 1$	37
Table 7 – Accessible emission limits for Class 3R laser products in the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm (retinal hazard region): extended sources	38
Table 8 – Accessible emission limits for Class 3B laser products	39
Table 9 – Correction factors and breakpoints for use in AEL and MPE evaluations	39
Table 10 – Measurement aperture diameters and measurement distances for the default (simplified) evaluation	41
Table 11 – Reference points for Condition 3	42
Table 12 – Limiting angle of acceptance γ_{ph}	43
Table 13 – Requirements for safety interlocking	45
Table A.1 – Maximum permissible exposure (MPE) for $C_6 = 1$ at the cornea expressed as irradiance or radiant exposure	62
Table A.2 – Maximum permissible exposure (MPE) at the cornea for extended sources in the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm (retinal hazard region) expressed as irradiance or radiant exposure ^d	63
Table A.3 – Maximum permissible exposure (MPE) of Table A.1 ($C_6 = 1$) for the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm expressed as power or energy ^{a, b}	64
Table A.4 – Maximum permissible exposure (MPE) of Table A.2 (extended sources) for the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm expressed as power or energy ^{a, b, c, d, e, f, g}	65
Table A.5 – Maximum permissible exposure (MPE) of the skin to laser radiation	66
Table A.6 – Aperture diameters for measuring laser irradiance and radiant exposure	67
Table D.1 – Summary of pathological effects associated with excessive exposure to light ...	90
Table D.2 – Explanation of measurement apertures applied to the eye MPEs	93
Table E.1 – Maximum radiance of a diffused source for Class 1	96
Table F.1 – Summary of the physical quantities used in this Part 1	99
Table F.2 – Summary of manufacturer's requirements (1 of 2)	100
Table G.1 – Overview of additional data in associated parts of IEC 60825	103