

# लेज़र के प्रयोग में ज़रूरी हैं सावधानियाँ

लेज़र विकिरण का मानव शरीर या इसके किसी ऊतक (टिश्यू) पर पड़ने वाला असर इसके ऊष्मीय, ध्वनिक (एकॉस्टिकल) तथा प्रकाशरासायनिक प्रभावों के कारण होता है। लेज़र प्रकाश में सन्निहित ऊर्जा का जब शरीर की त्वचा या इसके किसी ऊतक द्वारा अवशोषण होता है तो उसका तापमान बढ़ता है। इसे ही ऊष्मीय प्रभाव कहते हैं।

**ले**ज़र प्रकाश के अनेक फायदे होते हैं लेकिन साथ ही साथ इसके कुछ नुकसान भी पाए गए हैं। दरअसल, साधारण प्रकाश जैसे कि किसी बल्ब या ट्यूबलाइट से निकलने वाला प्रकाश बहुत अधिक फैलने के कारण काफी अधिक क्षेत्र में विस्तारित होता है। इस कारण साधारण प्रकाश की तीव्रता अधिक नहीं हो पाती। लेकिन इसके विपरीत लेज़र लाइट का फैलाव बहुत कम होने के कारण इसकी तीव्रता अधिक होती है। अतः सावधानीपूर्वक इस्तेमाल न किए जाने

पर इससे आँख तथा शरीर की त्वचा को नुकसान पहुँच सकता है। लेज़र विकिरण का मानव शरीर या इसके किसी ऊतक (टिश्यू) पर पड़ने वाला असर इसके ऊष्मीय, ध्वनिक (एकॉस्टिकल) तथा प्रकाश रासायनिक प्रभावों के कारण होता है। लेज़र प्रकाश में सन्निहित ऊर्जा का जब शरीर की त्वचा या इसके किसी ऊतक द्वारा अवशोषण होता है तो उसका तापमान बढ़ता है। इसे ही ऊष्मीय प्रभाव कहते हैं। त्वचा या ऊतक को पहुँचने वाली क्षति कई कारकों पर निर्भर करती है जैसे उद्भासन समय, लेज़र पुंज की तरंगदैर्घ्य, उसकी ऊर्जा, ऊतक की किस्म एवं उसका उद्भासित क्षेत्रफल।

लेज़र प्रकाश से कुछ विशिष्ट स्थितियों में एक यांत्रिक प्रघाती तरंग की उत्पत्ति भी हो सकती है। इसे ध्वनिक यानी एकॉस्टिक प्रभाव कहते हैं। यह प्रघाती तरंग ऊतक से गुज़रकर उसे अंततः क्षतिग्रस्त कर देती है। यहाँ यह गौरतलब है कि केवल उच्च ऊर्जावान स्पंदित लेज़र, जिसकी स्पंद-अवधि 1 माइक्रोसेकंड या इससे अधिक होती है, ही ध्वनिक या एकॉस्टिक प्रभाव का प्रदर्शन करती है।

लेज़र पुंज द्वारा उद्भासित होने पर प्रकाश रासायनिक प्रभाव भी देखने को मिल सकता है। ऐसी स्थिति में लेज़र के फोटॉन ऊतक कोशिकाओं के साथ अन्योन्यक्रिया कर कोशिका रसायन में भी फेर-बदल



सावधानीपूर्वक इस्तेमाल न किए जाने पर इससे आँख तथा शरीर की त्वचा को नुकसान पहुँच सकता है

कर सकते हैं। इससे ऊतक क्षतिग्रस्त हो सकते हैं या उनमें जैवरासायनिक परिवर्तन उत्पन्न हो सकते हैं।

लेकिन सामान्यतया अतिउद्भासन (ओवर एक्सपोज़र) से ही प्रकाश रासायनिक प्रभाव देखने को मिलता है। अध्ययनों द्वारा यह सामने आया है कि मानव शरीर और उसके ऊतकों को पहुँचने वाली क्षति लेज़र प्रकाश की तरंगदैर्घ्य तथा ऊतक विशेष पर ही निर्भर करती है। सामान्यतया, तीनों प्रभावों, जिनकी चर्चा ऊपर की गई है, में से ऊष्मीय प्रभाव को ही क्षति



लेज़र प्रकाश के साथ कार्य करते समय सबसे बड़ी सावधानी यह रखी जानी चाहिए कि कभी भूलकर भी लेज़र पुंज को नहीं देखा जाए। लेज़र परावर्तित होकर भी आँखों तक पहुंचता है। अतः परावर्तित प्रकाश भी उनमें प्रवेश न करे इस ओर विशेष ध्यान देना चाहिए। इस सावधानी का पालन करके नेत्रों को पहुंचने वाली क्षति तथा पीड़ा आदि से बचा जा सकता है।



इस तरंगदैर्घ्य परिसर में स्थित अधिकांश विकिरण का अवशोषण कॉर्निया द्वारा कर लिया जाता है। हालांकि इससे कॉर्निया सीधे-सीधे प्रभावित नहीं होता लेकिन कॉर्निया द्वारा विकिरण की अति उच्च मात्रा को अवशोषित करने की स्थिति में करेटोकॉन्जिक्टिवाइटिस (जिसे स्नो ब्लाइंडनेस या वेल्डर्स फ्लैश भी कहते हैं) नामक विकार उत्पन्न हो सकता है।

उत्पन्न करने के लिए मुख्य रूप से जिम्मेदार माना जाता है। दरअसल, लेज़र प्रकाश द्वारा मुख्य रूप से प्रभावित होने वाले शरीर के अंग आँख एवं त्वचा हैं। अतः लेज़र का इस्तेमाल करते समय इन्हें बचाने की ओर पूरा ध्यान देना चाहिए। आइए, देखते हैं कि आँख एवं त्वचा को लेज़र प्रकाश कैसे क्षति पहुंचा सकता है।

रेटिना पर किसी वस्तु के प्रतिबिंब के निर्माण के लिए नेत्र के जो प्रकाशीय अवयव जिम्मेदार हैं, वे हैं स्वच्छमंडल (कॉर्निया), नेत्रोद (एक्यूअंस ह्यूमर), नेत्र लेंस तथा काचाभ द्रव (विट्रिअंस ह्यूमर)। इनमें कॉर्निया और नेत्र लेंस के साथ-साथ रेटिना को ही लेज़र प्रकाश द्वारा सर्वाधिक क्षति पहुंचने की संभावना रहती है। इन अवयवों को पहुंचने वाली क्षति लेज़र प्रकाश की तरंगदैर्घ्य तथा नेत्र ऊतकों के अवशोषण

अभिलक्षण पर ही निर्भर करती है। विभिन्न तरंगदैर्घ्य का नेत्र अवयवों पर क्या प्रभाव पड़ता है, आइए अब इसकी चर्चा करें।

विद्युत-चुंबकीय स्पेक्ट्रम में पराबैंगनी प्रकाश का तरंगदैर्घ्य परिसर 100-400 नैनोमीटर (1 नैनोमीटर =  $10^{-9}$  मीटर = 10 आंग्स्ट्रॉम इकाई) होता है। निकट पराबैंगनी प्रकाश (UVA) का परिसर 315-400 नैनोमीटर तथा सुदूर पराबैंगनी प्रकाश का परिसर 100-280 नैनोमीटर (UVC) एवं 280-315 नैनोमीटर (UVB) होता है। जब लेज़र में मौजूद निकट पराबैंगनी प्रकाश आँखों पर गिरता है तो इसका अधिकांश भाग नेत्र लेंस द्वारा अवशोषित कर लिया जाता है। वैसे वर्षों बाद इसका असर मोतियाबिंद के रूप में देखने को मिल सकता है।



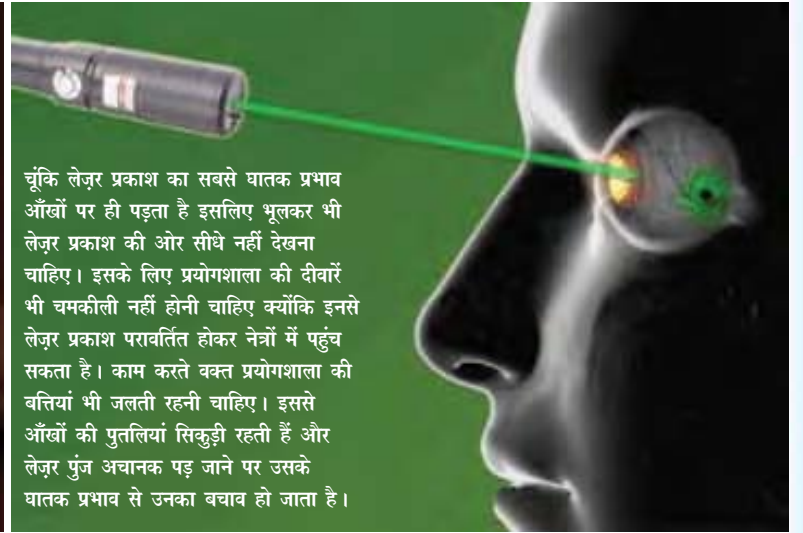
लेज़र में मौजूद सुदूर पराबैंगनी प्रकाश के प्रभाव को देखा जाए तो इस तरंगदैर्घ्य परिसर में स्थित अधिकांश विकिरण का अवशोषण कॉर्निया द्वारा कर लिया जाता है। हालांकि इससे कॉर्निया सीधे-सीधे प्रभावित नहीं होता लेकिन कॉर्निया द्वारा विकिरण की अति उच्च मात्रा को अवशोषित करने की स्थिति में करेटोकॉन्जिक्टिवाइटिस (जिसे स्नो ब्लाइंडनेस या वेल्डर्स फ्लैश भी कहते हैं) नामक विकार उत्पन्न हो सकता है।

दृश्य परिसर (400-850 नैनोमीटर) तथा निकट अवरक्त विकिरण परिसर (850-1400 नैनोमीटर) में स्थित लेज़र का सर्वाधिक प्रभाव रेटिना पर ही पड़ता है क्योंकि कॉर्निया एवं नेत्र लेंस दोनों ही इन परिसरों के तरंगदैर्घ्य के लिए पारदर्शी होते हैं। परिणामस्वरूप, इन परिसरों में स्थित अधिकांश लेज़र विकिरण रेटिना पर ही जाकर गिरता है। यह प्रभाव नेत्र लेंस के फोकल आवर्धन, जो करीब 100,000 होता है, के कारण बहुगुणित हो जाता है। जैसे, 1 मिलीवाट प्रति वर्ग सेंटीमीटर उच्च घनत्व वाले लेज़र का मान नेत्र लेंस के फोकल आवर्धन के कारण 100 वाट प्रति वर्ग सेमी. हो जाता है। इस तरह रेटिना को बहुत क्षति पहुंच सकती है।

सुदूर अवरक्त परिसर (1400 नैनोमीटर-1 मिमी.) में स्थित अधिकांश लेज़र विकिरण कॉर्निया तक पहुंचता है। अतिउद्भासन की स्थिति में कॉर्निया झुलस सकता है।

अतः लेज़र प्रकाश के साथ कार्य करते समय सबसे बड़ी सावधानी यह है कि कभी भूलकर भी लेज़र पुंज को नहीं देखा जाए। लेज़र परावर्तित होकर भी आँखों तक पहुंचता है। अतः परावर्तित प्रकाश भी उनमें प्रवेश न करे इस ओर विशेष ध्यान देना चाहिए। इस सावधानी का पालन करके नेत्रों को पहुंचने वाली क्षति तथा पीड़ा आदि से बचा जा सकता है।

आजकल विज्ञान शिक्षा के क्षेत्र में प्रयोगों के प्रदर्शन एवं उन्हें अंजाम देने के लिए विश्वविद्यालयों के अलावा कॉलेजों यहां तक कि कुछ स्कूलों में भी लेज़र का उपयोग किया जा रहा है। इसके पीछे संगत कारण भी है। दरअसल, सोडियम प्रकाश स्रोत की मदद से व्यतिकरण (इंटरफ़ेरेंस), विवर्तन (डिफ़्रैक्शन) आदि से संबंधित जिन प्रयोगों को करने में पहले घंटों लगते थे, उन्हें अब लेज़र की मदद से काफी सफलतापूर्वक एवं कम समय में ही अंजाम दिया जा सकता है। इस हेतु



चूंकि लेज़र प्रकाश का सबसे घातक प्रभाव आँखों पर ही पड़ता है इसलिए भूलकर भी लेज़र प्रकाश की ओर सीधे नहीं देखना चाहिए। इसके लिए प्रयोगशाला की दीवारें भी चमकीली नहीं होनी चाहिए क्योंकि इनसे लेज़र प्रकाश परावर्तित होकर नेत्रों में पहुंच सकता है। काम करते वक्त प्रयोगशाला की बतियाँ भी जलती रहनी चाहिए। इससे आँखों की पुतलियाँ सिकुड़ी रहती हैं और लेज़र पुंज अचानक पड़ जाने पर उसके घातक प्रभाव से उनका बचाव हो जाता है।

लेज़र प्रकाश के साथ कार्य करते समय सबसे बड़ी सावधानी यह है कि कभी भूलकर भी लेज़र पुंज को नहीं देखना चाहिए। लेज़र परावर्तित होकर भी आँखों तक पहुंचता है। अतः परावर्तित प्रकाश भी उनमें प्रवेश न करे इस ओर विशेष ध्यान देना चाहिए। इस सावधानी का पालन करके नेत्रों को पहुंचने वाली क्षति तथा पीड़ा आदि से बचा जा सकता है।



मुख्य रूप से ऊष्मीय तथा प्रकाश रासायनिक प्रक्रियाओं से ही लेज़र त्वचा को प्रभावित करता है

प्रभावित करता है। पराबैंगनी परिसर में स्थित शक्तिशाली लेज़र विकिरण त्वचा को भारी क्षति पहुंचा सकता है।

उद्योगों तथा चिकित्सा आदि के क्षेत्रों में भी लेज़र का प्रयोग होता है। वहां भी इसके प्रयोग को लेकर उचित सावधानी बरते जाने की आवश्यकता है। कुछ लेज़रों, जैसे कि रासायनिक लेज़रों में लेज़र ट्यूब के इलेक्ट्रोडों के बीच उच्च वोल्टता (8000 वोल्ट) की विद्युत शक्ति लगाई जाती है। इससे असावधानीवश बिजली का झटका लग सकता है। अतः सावधानी से कार्य करना चाहिए।

रासायनिक लेज़रों में फ्लोरीन तथा हाइड्रोजन का इस्तेमाल होता है। ये दोनों ही अति क्रियाशील गैसों हैं। खासकर, हाइड्रोजन के फटने का खतरा रहता है। कुछ रासायनिक लेज़रों में पराबैंगनी विकिरण का भी इस्तेमाल किया जाता है। दरअसल, विद्युत विसर्जन को गैस से होकर भेजने से पहले पराबैंगनी विकिरण द्वारा उसको

कई निर्माता कॉलेजों एवं स्कूलों को लेज़र संबंधित प्रायोगिक किट बेच रहे हैं।

इन प्रयोगों को करते समय ऊपर बताई गई सावधानियां बरतनी आवश्यक हैं। चूंकि लेज़र प्रकाश का सबसे घातक प्रभाव आँखों पर ही पड़ता है इसलिए भूलकर भी लेज़र प्रकाश की ओर सीधे नहीं देखना चाहिए। इसके लिए प्रयोगशाला की दीवारें भी चमकीली नहीं होनी चाहिए क्योंकि इनसे लेज़र प्रकाश परावर्तित होकर नेत्रों में पहुंच सकता है। काम करते वक्त प्रयोगशाला की बतियाँ भी जलती रहनी चाहिए। इससे आँखों की पुतलियाँ सिकुड़ी रहती हैं और लेज़र पुंज अचानक पड़ जाने पर उसके घातक प्रभाव से उनका बचाव हो जाता है।

आँखों के अलावा त्वचा पर भी कुप्रभाव डालकर लेज़र उसे झुलसा सकता है। मुख्य रूप से ऊष्मीय तथा प्रकाश रासायनिक प्रक्रियाओं से ही लेज़र त्वचा को



प्रयोगशाला की दीवारें भी चमकीली नहीं होनी चाहिए क्योंकि इनसे लेज़र प्रकाश परावर्तित होकर आँखों में पहुंच सकता है



लेकिन कुछ हिदायतों का पालन करने पर विमान चालक लेज़र आक्रमण से अपनी आँखों को बचा सकते हैं जैसे किसी भी चमकती हुई या संदेहास्पद प्रकाश की ओर नहीं देखना चाहिए। नेत्रों को हथेली अथवा हाथ में पकड़ी किसी वस्तु से ढक लेना चाहिए। प्रकाश की ओर सीधे देखने से बचना चाहिए। विमान की कॉकपिट की रोशनी को भी कुछ देर के लिए जला लेना चाहिए।

पूर्व-आयनित किया जाता है। इससे रासायनिक अभिक्रिया की दक्षता को बढ़ाने में मदद मिलती है। लेकिन पराबैंगनी विकिरण के प्रयोग में बहुत अधिक सावधानी बरतने जाने की आवश्यकता है।

इसके अलावा ऐसे लेज़र, जिनकी तरंगदैर्घ्य पराबैंगनी परिसर में होती है (जैसे कि एक्ससाइमर लेज़र), वायुमंडल की ऑक्सीजन को ओज़ोन में परिवर्तित करते हैं। धरती पर ओज़ोन निश्चित रूप से स्वास्थ्य के लिए हानिकारक है।

ठोस पदार्थ लेज़र जैसे कि रूबी लेज़र आदि में जिनॉन लैंप को चालू करने के लिए कैपेसिटर को आवेशित करना पड़ता है। कभी-कभी कैपेसिटर के फटने से भी दुर्घटना हो जाती है। अतः कैपेसिटर बैंकों को लकड़ी के बक्से में बंद करना चाहिए ताकि कैपेसिटर के फटने से होने वाले संभावित नुकसानों से बचा जा सके।

डाइ लेज़रों में रोडैमीन, फ्लूओरोसाइन, कुमारिन, टेट्रासीन जैसे कार्बनिक विरंजकों को विलायक में घोलकर उन्हें द्रव रूप में प्रयोग किया जाता है। अधिकांश विरंजक अति आविषालु एवं कैंसरकारी होते हैं। इसके अलावा कुछ विलायक, जैसे कि मिथाइल सल्फोक्साइड, मिथाइल एल्कोहॉल आदि न केवल आविषालु होते हैं

बल्कि ज्वलनशील भी होते हैं। ये शरीर की त्वचा द्वारा अवशोषित होकर तथा सांस द्वारा भी अंदर प्रवेश कर सकते हैं। इन विरंजकों का इस्तेमाल करने, विलयन बनाने तथा डाइ लेज़रों का संचालन करने में विशेष सावधानी बरतने जाने की आवश्यकता है। इसके लिए परिरक्षक लबादों, दस्तानों आदि का प्रयोग करना चाहिए तथा आँखों को भी बचाना चाहिए।

लेज़र प्रकाश की विभिन्न तरंगदैर्घ्यों के लिए विशेष चश्मे भी होते हैं जो लेज़र के घातक प्रभाव से आँखों की रक्षा करते हैं। उद्योगों में लेज़र का इस्तेमाल करते समय तथा प्रयोगशाला आदि में लेज़र के साथ काम करते वक्त इन चश्मों को पहनना चाहिए।

आजकल विमान चालकों की आँखों को लेज़र का निशाना बनाए जाने के कई मामले भी सामने आ रहे हैं। शरारती तत्वों के अलावा साज़िश अंजाम देने के लिए ही संभवतया ऐसा किया जा रहा है। लेकिन फिलहाल ये मामले विदेशों में ही अधिक घटित हो रहे हैं। अपनी आँखों को लेज़र से बचाने के लिए विमान चालकों को लेज़र को उन तक पहुँचने से रोकने वाले चश्मे पहनने चाहिए। लेकिन विमान चालकों के लिए पूरी उड़ान के दौरान इन चश्मों को पहने रखना व्यावहारिक नहीं होता। विमान चालकों को विमान उड़ाने के लिए कई किस्म के लिखित निर्देशों आदि का पालन भी करना पड़ता है। खासकर रात को उड़ान भरते समय इन निर्देशों को पढ़ने की आवश्यकता होती है। ऐसे में लेज़र प्रतिरोधी चश्मों को पहनने पर परेशानी उत्पन्न हो सकती है जो विमान की सुरक्षा के लिए घातक हो सकती है।

लेकिन कुछ हिदायतों का पालन करने पर विमान चालक लेज़र आक्रमण से अपनी आँखों को बचा सकते हैं जैसे किसी भी चमकती हुई या संदेहास्पद प्रकाश की ओर नहीं देखना चाहिए। नेत्रों को हथेली अथवा हाथ में पकड़ी किसी वस्तु से ढक लेना चाहिए। प्रकाश की ओर सीधे देखने से बचना चाहिए। विमान की कॉकपिट की रोशनी को भी कुछ देर के लिए जला लेना चाहिए। ऐसे आड़े समय में आँखों में खुजली करने से भी बचना चाहिए क्योंकि अगर गलती से थोड़ा भी लेज़र प्रकाश

उनमें चला गया तो खुजलाने से कॉर्निया को क्षति पहुँच सकती है।

हालांकि अब तक विमान चालकों की आँखों को लेज़र से बचाने के लिए कोई कारगर चश्मे नहीं बन पाए हैं, लेकिन वैज्ञानिक इस दिशा में सक्रियतापूर्वक आगे अनुसंधान में लगे हैं। आजकल कुछ ऐसे पारदर्शी पदार्थों पर अनुसंधान चल रहा है जिनसे रक्षात्मक चश्मों के लेंस बनाए जा सकते हैं। इन पदार्थों की खूबी यह होगी कि इन पर लेज़र प्रकाश के गिरने से इसके अणु और परमाणु कुछ इस ढंग से व्यवहार करेंगे कि लेंस पारदर्शी से तुरंत धुंधला हो जाएगा और इस तरह लेज़र आँखों तक नहीं पहुँच पाएगा।

यूनीवर्सिटी ऑफ सेंट्रल फ्लोरिडा के वैज्ञानिकों को लेज़र इवेंट रिकॉर्डर (एलईआर) नामक एक विशेष युक्ति का विकास करने में सफलता मिली है। इस युक्ति में एक 'ग्रीन बॉक्स' होता है जो विमान चालकों को इस बात की सूचना देता रहता है कि उन पर लेज़र का आक्रमण हुआ है या नहीं और अगर हां तो क्या वह आँखों को क्षति पहुँचा सकता है। 'ग्रीन बॉक्स' पर आने वाली हरी बत्ती इस बात की सूचक होती है कि युक्ति भली-भांति कार्य कर रही है और सब कुछ ठीक-ठाक है। 'ग्रीन बॉक्स' पर आने वाली पीली बत्ती यह बताती है कि हालांकि लेज़र को विमान चालक को लक्षित कर भेजा गया है लेकिन इससे उसकी आँख को क्षति पहुँचने की कोई संभावना नहीं है। लेकिन 'ग्रीन बॉक्स' पर लाल बत्ती का आना खतरे का सूचक है। यह इस बात को इंगित करता है कि न केवल विमान चालक की आँख को लेज़र का निशाना बनाया गया है बल्कि इस आक्रमण से उसे क्षति भी पहुँच सकती है। आशा है, टेक्नोलॉजी में उन्नति के साथ लेज़र से विमान चालकों के बचाव के और अधिक सुरक्षित उपाय निकल पाएंगे।

(लेखक की 'लेज़र लाइट' शीर्षक पुस्तक से)

संपर्क सूत्र :

डा. प्रदीप कुमार मुखर्जी, 43, देशबंधु सोसाइटी, 15, पटपड़गंज, दिल्ली-110 092

[ई-मेल : pku\_du@rediffmail.com]

