हिमालयी वातावरणीय एवं अंतरिक्ष भौतिकी शोध प्रयोगशाला

भौतिकी विभाग, हेमवती नंदन बहुगुणा गढ़वाल विश्वविद्यालय

श्रीनगर गढ़वाल, उत्तराखंड

ओजोन परत संरक्षण के लिए अंतर्राष्ट्रीय दिवस के अवसर पर पाँचवाँ ग्रीनहाउस गैस बुलेटिन

मौसम, वायु गुणवत्ता सूचकांक (AQI) एवं प्रदूषक तत्वों का विस्तृत वैज्ञानिक विश्लेषण

पाँचवाँ सूचना बुलेटिन

ओजोन परत संरक्षण के लिए अंतर्राष्ट्रीय दिवस के अवसर पर उत्तराखंड में ग्रीनहाउस गैसों की स्थिति, प्रदूषण स्तर तथा इसके संभावित कारणों का वैज्ञानिक विश्लेषण और स्थानीय शोध का महत्व

हेमवती नंदन बहुगुणा गढ़वाल विश्वविद्यालय, श्रीनगर गढ़वाल के भौतिकी विभाग स्थित हिमालयी वातावरणीय एवं अंतरिक्ष भौतिकी शोध प्रयोगशाला (HASPRL) में डॉ. आलोक सागर गौतम एवं उनकी शोध टीम–अमनदीप विश्वकर्मा, अंकित कुमार तथा सरस्वती रावत–द्वारा जनहित को ध्यान में रखते हुए वर्तमान मौसमीय एवं पर्यावरणीय परिवर्तनों, ग्रीनहाउस गैसों की स्थिति तथा वायु प्रदूषण के स्तर का वैज्ञानिक अध्ययन एवं विश्लेषण किया जा रहा है। इसी क्रम में, हेमवती नंदन बहुगुणा गढ़वाल विश्वविद्यालय के भौतिकी विभाग स्थित हिमालयी वातावरणीय एवं अंतरिक्ष भौतिकी शोध प्रयोगशाला द्वारा 15 सितंबर 2026 को अपराह्न 2:00 बजे भौतिकी विभाग, चौरास परिसर में पाँचवाँ ग्रीनहाउस गैस बुलेटिन जारी किया गया। इस बुलेटिन में क्षेत्र में वर्तमान ग्रीनहाउस गैसों की स्थिति, मौसमीय एवं पर्यावरणीय परिस्थितियों तथा वायु प्रदूषण से संबंधित प्रमुख वैज्ञानिक तथ्यों का विश्लेषण प्रस्तुत किया गया है। साथ ही, इन परिस्थितियों के संभावित कारणों एवं उनके पर्यावरणीय प्रभावों का वैज्ञानिक दृष्टिकोण से विश्लेषण किया गया है।

बुलेटिन जारी करते हुए प्रोफेसर त्रिलोक चंद्र उपाध्याय, विभागाध्यक्ष, भौतिकी विभाग, बिरला परिसर, श्रीनगर ने कहा कि समाजहित में की जा रही यह पहल विभाग की एक महत्वपूर्ण एवं सराहनीय वैज्ञानिक पहल है। उन्होंने कहा कि वैज्ञानिक अनुसंधान केवल अकादमिक क्षेत्र तक सीमित नहीं रहना चाहिए, बल्कि उसके निष्कर्षों एवं वैज्ञानिक जानकारी का लाभ समाज, पर्यावरण संरक्षण और जनकल्याण तक पहुँचना आवश्यक है। उन्होंने कहा कि वर्तमान समय में वायु गुणवत्ता, जलवायु परिवर्तन, ग्रीनहाउस गैसों तथा हिमालयी पर्यावरण से संबंधित वैज्ञानिक अध्ययन अत्यंत महत्वपूर्ण हैं। इस प्रकार के शोध न केवल आमजन में वैज्ञानिक एवं पर्यावरणीय जागरूकता बढ़ाने में सहायक होते हैं, बल्कि पर्यावरण संरक्षण, जनस्वास्थ्य तथा प्रभावी नीति-निर्माण के लिए भी महत्वपूर्ण वैज्ञानिक आधार प्रदान कर सकते हैं। उन्होंने डॉ. आलोक सागर गौतम एवं उनकी शोध टीम को इस महत्वपूर्ण जनहितकारी एवं वैज्ञानिक पहल के लिए बधाई एवं शुभकामनाएँ दीं। उन्होंने कहा कि पाँचवें ग्रीनहाउस गैस बुलेटिन में क्षेत्र की वर्तमान वायु गुणवत्ता, वायु गुणवत्ता सूचकांक (AQI), मौसमीय परिस्थितियों तथा ग्रीनहाउस गैसों एवं वायुमंडलीय प्रदूषकों से संबंधित उपलब्ध वैज्ञानिक आंकड़ों का विश्लेषण प्रस्तुत किया गया है। साथ ही, इन परिस्थितियों के संभावित कारणों एवं पर्यावरण पर उनके प्रभावों को वैज्ञानिक दृष्टिकोण से समझाने का प्रयास किया गया है। बुलेटिन में आम जनमानस के लिए आवश्यक सावधानियों, स्वास्थ्य संबंधी सुझावों तथा पर्यावरण संरक्षण एवं जन-जागरूकता से संबंधित महत्वपूर्ण जानकारी भी साझा की गई है।

"Ozone—Can't Live With It, Can't Live Without It": धरातल पर प्रदूषक, समतापमंडल में जीवन रक्षक

विश्व ओजोन दिवस के अवसर पर ओजोन की दोहरी भूमिका के प्रति जन-जागरूकता बढ़ाने की आवश्यकता पर बल दिया गया। वैज्ञानिक दृष्टि से ओजोन एक ऐसी गैस है जिसके बिना पृथ्वी पर जीवन की सुरक्षा की कल्पना नहीं की जा सकती, लेकिन धरातल के निकट इसकी अधिक सांद्रता मानव स्वास्थ्य के लिए गंभीर खतरा बन सकती है। इसी दोहरी भूमिका को संक्षेप में कहा जा सकता है–"Ozone—Can't Live With It, Can't Live Without It." डॉ. गौतम, ने कहा कि ओजोन का प्रभाव मुख्य रूप से इस बात पर निर्भर करता है कि वह वायुमंडल की किस ऊंचाई पर मौजूद है। धरातल के पास ओजोन एक वायु प्रदूषक है, जबकि समतापमंडल में यही ओजोन पृथ्वी के लिए प्राकृतिक सुरक्षा कवच का कार्य करता है। धरातल के निकट बनने वाला ग्राउंड-लेवल ओजोन सीधे किसी स्रोत से उत्सर्जित नहीं होता। यह सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में नाइट्रोजन ऑक्साइड तथा अन्य वाष्पशील कार्बनिक यौगिकों के बीच होने वाली प्रकाश-रासायनिक अभिक्रियाओं से बनता है। यह फोटोकेमिकल स्मॉग का प्रमुख घटक है। इसकी अधिक मात्रा आंखों और गले में जलन तथा श्वसन तंत्र पर प्रतिकूल प्रभाव डाल सकती है। बच्चे, बुजुर्ग और संवेदनशील व्यक्ति इसके प्रभावों के प्रति अधिक सावधानी बरतें।

इसके विपरीत, पृथ्वी की सतह से लगभग 10–50 किलोमीटर की ऊंचाई पर स्थित समतापमंडलीय ओजोन परत पृथ्वी पर जीवन की रक्षा करती है। यह सूर्य से आने वाली हानिकारक पराबैंगनी (UV) विकिरण, विशेषकर UV-B विकिरण, के एक बड़े हिस्से को अवशोषित करती है। इस कारण पृथ्वी की सतह तक पहुंचने वाली हानिकारक UV विकिरण की मात्रा नियंत्रित रहती है। अत्यधिक UV विकिरण से त्वचा को नुकसान, त्वचा कैंसर तथा आंखों से संबंधित समस्याओं, जैसे मोतियाबिंद, का जोखिम बढ़ सकता है। इसलिए ओजोन परत का संरक्षण केवल पर्यावरण का विषय नहीं, बल्कि मानव स्वास्थ्य और आने वाली पीढ़ियों की सुरक्षा का विषय भी है।

इस अवसर पर यह संदेश विशेष रूप से महत्वपूर्ण है–
"Good Ozone is High; Bad Ozone is Nearby."
"अच्छा ओजोन ऊपर, हानिकारक ओजोन नीचे।"

हिमालयी वातावरणीय एवं अंतरिक्ष भौतिकी शोध प्रयोगशाला (HASPRL), भौतिकी विभाग, हेमवती नंदन बहुगुणा गढ़वाल विश्वविद्यालय द्वारा निरंतर परिवेशीय वायु गुणवत्ता निगरानी स्टेशन पर 15 सितंबर 2025 से 15 सितंबर 2026 तक दर्ज किए गए वायु गुणवत्ता आंकड़ों का विस्तृत वैज्ञानिक विश्लेषण किया गया। इस अध्ययन का उद्देश्य गढ़वाल हिमालय में भू-स्तरीय/क्षोभमंडलीय ओजोन (O_3), कणीय एवं गैसीय प्रदूषकों, मौसमी प्रदूषण प्रवृत्तियों तथा मौसमीय परिस्थितियों के साथ उनके संबंध का समग्र मूल्यांकन करना है। अध्ययन से सामने आया है कि PM2.5 और PM10 गढ़वाल घाटी में प्रमुख वायु प्रदूषक बने हुए हैं। एक वर्ष की अवधि में PM2.5 की औसत सांद्रता 73.30 माइक्रोग्राम प्रति घन मीटर, जबकि PM10 की औसत सांद्रता 100.48 माइक्रोग्राम प्रति घन मीटर दर्ज की गई। ये आंकड़े क्षेत्र में कणीय प्रदूषण की गंभीरता को रेखांकित करते हैं और नियमित वायु गुणवत्ता निगरानी तथा प्रदूषण नियंत्रण उपायों की आवश्यकता को स्पष्ट करते हैं। अध्ययन में ओजोन के स्तर में भी महत्वपूर्ण उतार-चढ़ाव देखने को मिले। O_3 का दैनिक अधिकतम 8-घंटे औसत 49.02 माइक्रोग्राम प्रति घन मीटर दर्ज किया गया, हालांकि कुछ विशिष्ट घटनाओं के दौरान ओजोन की सांद्रता में असामान्य रूप से तीव्र वृद्धि देखी गई। विशेष रूप से 19 दिसंबर 2025 को O_3 का 8-घंटे औसत 634.13 माइक्रोग्राम प्रति घन मीटर तक पहुँच गया, जबकि प्रति-घंटे सांद्रता 880 माइक्रोग्राम प्रति घन मीटर से अधिक दर्ज की गई। यह घटना गढ़वाल हिमालय जैसे पर्वतीय क्षेत्र में ओजोन की episodic घटनाओं को समझने के लिए निरंतर निगरानी और विस्तृत वैज्ञानिक अध्ययन की आवश्यकता को दर्शाती है।

मौसमी विश्लेषण में भी प्रदूषण की स्पष्ट प्रवृत्तियाँ सामने आईं। शीतकाल में तापमान प्रतिलोमन (inversion) और वायुमंडलीय स्थिरता के कारण प्रदूषकों के फँसने से PM का भार अधिक रहा। वहीं, ग्रीष्मकाल में धूल, उच्च तापमान तथा तीव्र सौर विकिरण से संबंधित रासायनिक प्रक्रियाओं के कारण O_3 और CO के स्तर में वृद्धि देखी गई। मानसून के दौरान वर्षा द्वारा प्रदूषकों के वातावरण से हटाए जाने की प्रक्रिया (wet scavenging) के कारण PM की सांद्रता में अपेक्षाकृत कमी दर्ज हुई। शरद ऋतु में सामान्यतः प्रदूषण का स्तर अन्य मौसमों की तुलना में कम रहा।

वहीं, NO_2, SO_2, NH_3 और बेंजीन जैसे अन्य प्रमुख गैसीय प्रदूषकों की औसत सांद्रताएँ रिपोर्ट में उल्लिखित संबंधित CPCB मानकों के भीतर पाई गईं।

वैज्ञानिकों के अनुसार, यह अध्ययन गढ़वाल हिमालय जैसे संवेदनशील पर्वतीय क्षेत्र में वायु प्रदूषण, ओजोन निर्माण, मौसमीय परिस्थितियों और मानवजनित गतिविधियों के बीच संबंधों को समझने में महत्वपूर्ण आधार प्रदान करता है। अध्ययन के निष्कर्ष यह भी रेखांकित करते हैं कि हिमालयी क्षेत्रों में बदलती जलवायु एवं बढ़ते शहरीकरण के संदर्भ में दीर्घकालिक वायु गुणवत्ता निगरानी, वैज्ञानिक अनुसंधान और जन-जागरूकता को और मजबूत करने की आवश्यकता है।

रिपोर्ट में भारत के केंद्रीय प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड (CPCB) द्वारा निर्धारित राष्ट्रीय परिवेशीय वायु गुणवत्ता मानकों (NAAQS) तथा विश्व स्वास्थ्य संगठन (WHO) के 2021 के वैश्विक वायु गुणवत्ता दिशानिर्देशों (Global Air Quality Guidelines) के आधार पर प्रमुख वायु प्रदूषकों की सांद्रता की तुलना भी की गई है। सभी मान माइक्रोग्राम प्रति घन मीटर ($\mu g/m^3$) में हैं, जबकि कार्बन मोनोऑक्साइड (CO) के मान मिलीग्राम प्रति घन मीटर (mg/m^3) में दिए गए हैं। ओजोन (O_3) के लिए WHO का मौसमी पीक-सीजन औसत दिशानिर्देश 60 $\mu g/m^3$ है। 8 घंटे की अवधि के लिए CPCB और WHO दोनों का मान 100 $\mu g/m^3$ है, जबकि एक घंटे की अवधि के लिए CPCB का मानक 180 $\mu g/m^3$ है।

गढ़वाल घाटी में सितंबर 2025 से सितंबर 2026 के बीच वायु गुणवत्ता आंकड़ों के विश्लेषण में कई अवसरों पर निर्धारित सीमा से अधिक प्रदूषक सांद्रता दर्ज की गई। इस अवधि में कुल 26 दिनों में वायु प्रदूषकों का स्तर निर्धारित सीमा से अधिक पाया गया, जबकि कार्बन मोनोऑक्साइड (CO) की सांद्रता 22 दिनों में निर्धारित सीमा से ऊपर दर्ज की गई। ये आंकड़े गढ़वाल घाटी में वायु गुणवत्ता की नियमित निगरानी, प्रदूषण के संभावित स्रोतों की पहचान तथा प्रभावी नियंत्रण उपायों की आवश्यकता को रेखांकित करते हैं।

गढ़वाल घाटी में ओजोन की स्थिति: औसत स्तर सामान्य, लेकिन कुछ दिनों में अत्यधिक वृद्धि

सितंबर 2025 से सितंबर 2026 तक उपलब्ध वायु गुणवत्ता आंकड़ों के विश्लेषण के अनुसार, गढ़वाल घाटी में ओजोन (O_3) का दैनिक अधिकतम 8-घंटे औसत 49.02 माइक्रोग्राम प्रति घन मीटर रहा। कुल 339 वैध दिनों के आंकड़ों में 26 दिनों (7.7 प्रतिशत) में ओजोन की सांद्रता केंद्रीय प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड (CPCB) द्वारा निर्धारित 100 माइक्रोग्राम प्रति घन मीटर की 8-घंटे की सीमा से अधिक दर्ज की गई। वैज्ञानिक विश्लेषण से संकेत मिलता है कि पूरे वर्ष ओजोन का स्तर लगातार अत्यधिक नहीं रहा, लेकिन कुछ विशेष अवसरों पर ओजोन की सांद्रता में असामान्य और तीव्र वृद्धि देखी गई। इस प्रकार की घटनाएँ पर्वतीय घाटियों में स्थानीय मौसमीय परिस्थितियों, प्रदूषकों के संचय तथा अन्य वायुमंडलीय प्रक्रियाओं के साथ मिलकर गंभीर वायु गुणवत्ता स्थितियाँ उत्पन्न कर सकती हैं।

<u>19 दिसंबर 2025 को दर्ज हुई अत्यधिक ओजोन घटना</u>

रिपोर्ट में 19 दिसंबर 2025 को ओजोन की एक अत्यधिक महत्वपूर्ण घटना दर्ज की गई। इस दिन O_3 का 8-घंटे औसत 634.13 माइक्रोग्राम प्रति घन मीटर तक पहुँच गया, जबकि प्रति-घंटे ओजोन सांद्रता 880 माइक्रोग्राम प्रति घन मीटर से अधिक दर्ज की गई। रिपोर्ट के वैज्ञानिक विश्लेषण के अनुसार, इस असामान्य वृद्धि का संबंध सर्दियों के दौरान स्थानीय बायोमास जलने से उत्पन्न प्रदूषकों तथा घाटी में मौसमीय परिस्थितियों के कारण प्रदूषकों के फँसने (pollutant trapping) से हो सकता है। यह घटना गढ़वाल हिमालय में ओजोन के episodic high-concentration events को समझने के लिए निरंतर निगरानी और विस्तृत वैज्ञानिक अध्ययन की आवश्यकता को रेखांकित करती है।

वैज्ञानिकों के अनुसार, औसत वार्षिक स्तर अपेक्षाकृत कम होने के बावजूद कुछ अल्पकालिक अत्यधिक ओजोन घटनाएँ जनस्वास्थ्य और पर्यावरण की दृष्टि से महत्वपूर्ण हैं। इसलिए पर्वतीय क्षेत्रों में केवल वार्षिक औसत पर निर्भर रहने के बजाय दैनिक एवं अल्पकालिक प्रदूषण घटनाओं की निगरानी भी आवश्यक है।

गढ़वाल घाटी में ओजोन और कणीय प्रदूषण चिंता का विषय

अध्ययन अवधि में 339 वैध दिनों में 26 दिनों (7.7%) पर O_3 का 8-घंटे औसत CPCB की 100 $\mu g/m^3$ सीमा से अधिक रहा। वैज्ञानिकों के अनुसार, इन घटनाओं के पीछे तेज सौर विकिरण, प्रकाश-रासायनिक प्रतिक्रियाएँ, घाटी में प्रदूषकों का जमाव, बायोमास/ठोस ईंधन दहन तथा क्षेत्रीय वायु-परिवहन जैसी परिस्थितियाँ संभावित रूप से जिम्मेदार हो सकती हैं। कणीय प्रदूषण भी प्रमुख चिंता रहा। PM2.5 का औसत 73.30 $\mu g/m^3$ और PM10 का औसत 100.48 $\mu g/m^3$ दर्ज हुआ। PM2.5 की सांद्रता 169 दिनों और PM10 की 146 दिनों में CPCB की 24-घंटे की सीमा से अधिक रही। ये आंकड़े गढ़वाल घाटी में निरंतर वायु गुणवत्ता निगरानी और प्रभावी प्रदूषण नियंत्रण उपायों की आवश्यकता को रेखांकित करते हैं।

स्वास्थ्य, पारिस्थितिकी एवं कृषि संबंधी महत्व

PM2.5 और PM10 के लंबे समय तक ऊंचे स्तर मानव स्वास्थ्य के लिए चिंता का विषय हैं। उच्च O_3 सांद्रता श्वसन तंत्र और वनस्पतियों को प्रभावित कर सकती है। हिमालयी क्षेत्रों में उच्च-O_3 घटनाओं और प्रकाश-रासायनिक रूप से सक्रिय अवधियों की निगरानी आवश्यक है। रिपोर्ट में स्वास्थ्य प्रभावों का मात्रात्मक जोखिम आकलन नहीं किया गया है, इसलिए निष्कर्ष वैज्ञानिक एवं गुणात्मक संकेतों तक सीमित हैं।

ओजोन परत की सुरक्षा के लिए वैज्ञानिक जागरूकता, दीर्घकालिक निगरानी और सामूहिक प्रयास आवश्यक: डॉ. अलोक सागर गौतम

16 सितंबर: अंतरराष्ट्रीय ओजोन परत संरक्षण दिवस

प्रत्येक वर्ष 16 सितंबर को अंतरराष्ट्रीय ओजोन परत संरक्षण दिवस (International Day for the Preservation of the Ozone Layer) के रूप में मनाया जाता है। इस दिवस का उद्देश्य पृथ्वी की ओजोन परत के संरक्षण के प्रति वैश्विक जागरूकता बढ़ाना तथा ओजोन-क्षयकारी पदार्थों के नियंत्रण के लिए किए जा रहे अंतरराष्ट्रीय प्रयासों को मजबूत करना है। 19 दिसंबर 1994 को संयुक्त राष्ट्र महासभा ने 16 सितंबर को अंतरराष्ट्रीय ओजोन परत संरक्षण दिवस घोषित किया था। यह दिवस वर्ष 1987 में 16 सितंबर को मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल (Montreal Protocol) पर हस्ताक्षर किए जाने की स्मृति में मनाया जाता है। मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल का उद्देश्य उन रासायनिक पदार्थों के उत्पादन और उपयोग को नियंत्रित करना है, जो पृथ्वी की ओजोन परत को नुकसान पहुंचाते हैं। हेमवती नंदन बहुगुणा गढ़वाल विश्वविद्यालय के भौतिकी विभाग तथा Himalayan Atmospheric and Space Physics Research Laboratory (HASPRL) से जुड़े वायुमंडलीय एवं अंतरिक्ष भौतिकी विशेषज्ञ डॉ. अलोक सागर गौतम एवं उनकी शोध टीम– अमनदीप विश्वकर्मा, अंकित कुमार तथा सरस्वती रावत ने कहा कि ओजोन परत पृथ्वी पर जीवन के लिए एक महत्वपूर्ण प्राकृतिक सुरक्षा कवच है। यह सूर्य से आने वाली हानिकारक पराबैंगनी (UV) विकिरण, विशेषकर UV-B और UV-C के बड़े हिस्से को अवशोषित करती है। इसलिए ओजोन परत का संरक्षण केवल वैज्ञानिकों या सरकारों की जिम्मेदारी नहीं, बल्कि मानव समाज की सामूहिक जिम्मेदारी है।

मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल: वैश्विक पर्यावरणीय सहयोग की महत्वपूर्ण सफलता

डॉ. गौतम ने कहा कि मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल को अंतरराष्ट्रीय पर्यावरणीय सहयोग की सबसे महत्वपूर्ण सफलताओं में से एक माना जाता है। इसके अंतर्गत क्लोरोफ्लोरोकार्बन (CFCs), हैलोन, कार्बन टेट्राक्लोराइड, मिथाइल क्लोरोफॉर्म और HCFCs जैसे ओजोन-क्षयकारी पदार्थों के उत्पादन एवं उपयोग में चरणबद्ध कमी लाने के प्रयास किए गए हैं।

समतापमंडल में पहुंचने के बाद इन पदार्थों से सूर्य की UV विकिरण के प्रभाव में क्लोरीन और ब्रोमीन यौगिक मुक्त हो सकते हैं। ये उत्प्रेरक रासायनिक प्रक्रियाओं के माध्यम से ओजोन के विनाश को बढ़ावा देते हैं। इसलिए ओजोन-क्षयकारी पदार्थों को नियंत्रित करना ओजोन परत की दीर्घकालिक सुरक्षा के लिए अत्यंत आवश्यक है।

किगाली संशोधन: ओजोन संरक्षण के साथ जलवायु संरक्षण

डॉ. गौतम ने कहा कि वर्ष 2016 में रवांडा की राजधानी किगाली में अपनाया गया किगाली संशोधन (Kigali Amendment) मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल को जलवायु संरक्षण से जोड़ने की दिशा में एक महत्वपूर्ण कदम है। हाइड्रोफ्लोरोकार्बन (HFCs) ओजोन-क्षयकारी पदार्थ नहीं हैं, लेकिन इनमें से अनेक गैसों की ग्लोबल वार्मिंग क्षमता बहुत अधिक है। इनका उपयोग एयर-कंडीशनिंग, रेफ्रिजरेशन और फोम निर्माण जैसे क्षेत्रों में किया जाता है। किगाली संशोधन के अंतर्गत HFCs के उपयोग में चरणबद्ध कमी लाने पर सहमति बनी है।

वैज्ञानिक आकलनों के अनुसार, किगाली संशोधन का सफल क्रियान्वयन इस सदी के अंत तक वैश्विक तापमान वृद्धि को लगभग 0.5°C तक सीमित करने में योगदान दे सकता है। इस प्रकार ओजोन संरक्षण की दिशा में किए गए प्रयास जलवायु परिवर्तन से निपटने में भी महत्वपूर्ण योगदान दे रहे हैं।

ओजोन की मात्रा कैसे मापी जाती है?

डॉ. गौतम ने बताया कि समतापमंडल में मौजूद कुल ओजोन की मात्रा को सामान्यतः डॉबसन यूनिट (Dobson Unit—DU) में व्यक्त किया जाता है। यह वायुमंडल के ऊर्ध्वाधर स्तंभ में मौजूद कुल ओजोन की मात्रा को दर्शाता है। वहीं किसी विशिष्ट वायु-आयतन में ओजोन की सांद्रता को परिस्थितियों के अनुसार ppm, ppb अथवा $\mu g/m^3$ जैसी इकाइयों में व्यक्त किया जा सकता है। ओजोन की निगरानी के लिए उपग्रह आधारित तथा ग्राउंड-आधारित दोनों प्रकार के अवलोकन महत्वपूर्ण हैं। दीर्घकालिक आंकड़े ओजोन, UV विकिरण, वायुमंडलीय रसायन तथा जलवायु परिवर्तन के बीच संबंधों को समझने में वैज्ञानिक आधार प्रदान करते हैं।

बारिश के बाद तेज धूप और ओजोन को लेकर वैज्ञानिक समझ आवश्यक

डॉ. गौतम ने कहा कि बारिश के बाद वातावरण साफ होने और तेज धूप निकलने का अर्थ यह नहीं है कि सूर्य का प्रकाश ओजोन परत को नष्ट कर रहा है। साफ वातावरण में सूर्य का प्रकाश और UV विकिरण सतह तक अपेक्षाकृत अधिक प्रभावी रूप से पहुंच सकता है, इसलिए UV सुरक्षा के प्रति जागरूक रहना आवश्यक है।

उन्होंने लोगों से अपील की कि तेज धूप के समय लंबे समय तक सीधे सूर्य के संपर्क में आने से बचें तथा आवश्यकता के अनुसार टोपी, छाता, UV-सुरक्षात्मक चश्मे और उपयुक्त कपड़ों का उपयोग करें। पर्याप्त जल का सेवन भी उपयोगी सावधानी है। उन्होंने यह भी स्पष्ट किया कि समतापमंडलीय ओजोन और सतह के निकट ग्राउंड-लेवल ओजोन अलग-अलग संदर्भों में समझे जाने चाहिए। कुछ परिस्थितियों में सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में सतह के निकट फोटोकैमिकल प्रक्रियाओं के कारण ओजोन का निर्माण बढ़ सकता है, और उच्च सांद्रता पर यह मानव स्वास्थ्य के लिए हानिकारक हो सकता है।

हिमालयी क्षेत्रों में UV जागरूकता विशेष रूप से महत्वपूर्ण

डॉ. गौतम ने कहा कि हिमालयी क्षेत्रों में अधिक ऊंचाई के कारण UV विकिरण से संबंधित जागरूकता विशेष रूप से महत्वपूर्ण है। पर्वतीय क्षेत्रों में रहने वाले लोगों, बच्चों, बुजुर्गों तथा पर्यटकों को तेज धूप के समय उचित UV सुरक्षा उपाय अपनाने चाहिए। उन्होंने कहा कि उत्तराखंड जैसे हिमालयी क्षेत्र में ओजोन की दीर्घकालिक निगरानी अत्यंत महत्वपूर्ण है। नैनीताल, मसूरी तथा अन्य हिमालयी क्षेत्रों से प्राप्त दीर्घकालिक वायुमंडलीय आंकड़ों का अध्ययन क्षेत्रीय ओजोन, UV विकिरण, वायु गुणवत्ता और जलवायु परिवर्तन के परस्पर संबंधों को समझने में महत्वपूर्ण योगदान दे सकता है। उपग्रह एवं ग्राउंड-आधारित अवलोकनों को एक साथ समझने

से हिमालयी वायुमंडल में होने वाले परिवर्तनों का अधिक व्यापक वैज्ञानिक आकलन संभव हो सकता है।

अंटार्कटिका के वैज्ञानिक अनुभव से हिमालय तक

अपने 28वें भारतीय अंटार्कटिक वैज्ञानिक अभियान के अनुभवों का उल्लेख करते हुए डॉ. गौतम ने कहा कि ध्रुवीय क्षेत्रों में वायुमंडलीय प्रक्रियाओं तथा ओजोन में होने वाले परिवर्तनों का अध्ययन वैश्विक पर्यावरणीय परिवर्तन को समझने के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है। अंटार्कटिका पृथ्वी की जलवायु प्रणाली तथा वायुमंडलीय परिवर्तनों के अध्ययन के लिए एक महत्वपूर्ण प्राकृतिक प्रयोगशाला है। उन्होंने कहा कि ध्रुवीय क्षेत्रों से लेकर हिमालय तक वायुमंडलीय प्रक्रियाओं की वैज्ञानिक निगरानी हमें पृथ्वी की बदलती पर्यावरणीय एवं जलवायु प्रणाली को बेहतर ढंग से समझने में सहायता करती है।

वैज्ञानिक जागरूकता और युवा सहभागिता आवश्यक

डॉ. गौतम ने विद्यार्थियों, शोधार्थियों और युवाओं से आहवान किया कि वे ओजोन संरक्षण, UV विकिरण, वायु प्रदूषण, जलवायु परिवर्तन और हिमालयी पर्यावरण से जुड़े वैज्ञानिक विषयों को समझें और समाज में वैज्ञानिक दृष्टिकोण को बढ़ावा दें। उन्होंने कहा कि ओजोन संरक्षण को केवल एक अंतरराष्ट्रीय पर्यावरणीय विषय के रूप में नहीं देखा जाना चाहिए, बल्कि इसे मानव स्वास्थ्य, जलवायु, हिमालयी पर्यावरण और आने वाली पीढ़ियों की सुरक्षा से जोड़कर समझना आवश्यक है।

उन्होंने कहा कि मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल और किगाली संशोधन से यह स्पष्ट होता है कि वैज्ञानिक प्रमाणों, अंतरराष्ट्रीय सहयोग और सामूहिक कार्रवाई के माध्यम से वैश्विक पर्यावरणीय चुनौतियों का प्रभावी समाधान संभव है।

डॉ. गौतम ने कहा कि ओजोन संरक्षण के लिए केवल अंतरराष्ट्रीय समझौते पर्याप्त नहीं हैं, बल्कि स्थानीय स्तर पर भी वैज्ञानिक जागरूकता, वायु प्रदूषण में कमी और पर्यावरण-अनुकूल जीवनशैली को बढ़ावा देना आवश्यक है। ओजोन-क्षयकारी पदार्थों के उपयोग को नियंत्रित करना तथा वैश्विक प्रयासों को प्रभावी ढंग से लागू करना पृथ्वी की ओजोन परत की सुरक्षा के लिए महत्वपूर्ण है।

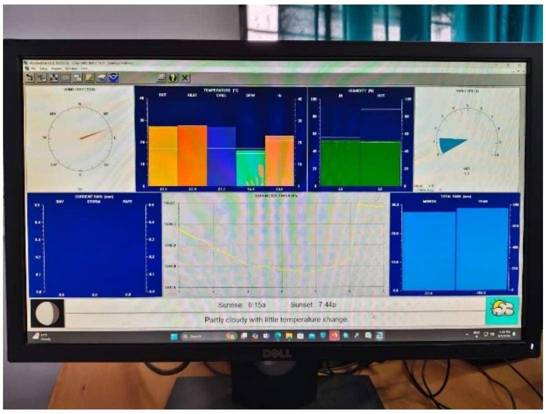
आम नागरिकों से डॉ. गौतम की अपील: ओजोन संरक्षण में जनभागीदारी जरूरी

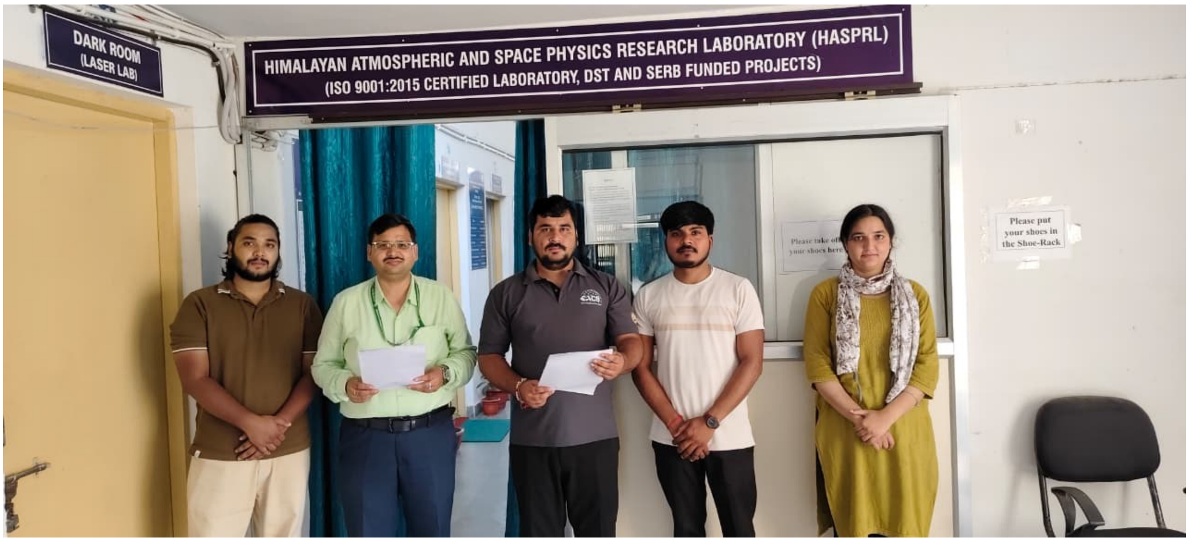
डॉ. अलोक सागर गौतम ने आम नागरिकों से अपील की कि ओजोन परत के संरक्षण और वायु प्रदूषण नियंत्रण को जनभागीदारी का हिस्सा बनाया जाए। उन्होंने कहा कि पुराने रेफ्रिजरेटर एवं एयर-कंडीशनर को खुले में या अनुचित तरीके से नष्ट करने के बजाय उनके रेफ्रिजरेंट की सुरक्षित रिकवरी एवं निपटान सुनिश्चित किया जाना चाहिए। एयर-कंडीशनिंग एवं रेफ्रिजरेशन उपकरणों का नियमित रखरखाव कराकर गैस के रिसाव को रोका जाए तथा ऊर्जा-कुशल और

पर्यावरण-अनुकूल उपकरणों को प्राथमिकता दी जाए। उन्होंने नागरिकों से वाहन उत्सर्जन और अन्य प्रदूषण स्रोतों को कम करने में सहयोग करने की अपील करते हुए कहा कि इससे धरातल के निकट बनने वाले ग्राउंड-लेवल ओजोन सहित वायु प्रदूषण को नियंत्रित करने में मदद मिलेगी। डॉ. गौतम ने कहा–"ओजोन परत की रक्षा केवल वैज्ञानिकों या सरकारों की जिम्मेदारी नहीं है; प्रत्येक नागरिक की छोटी-सी पर्यावरणीय जिम्मेदारी मिलकर पृथ्वी के सुरक्षित भविष्य की नींव रख सकती है।"

वैज्ञानिक संदेश

"ओजोन परत की रक्षा करें, UV विकिरण से स्वयं को सुरक्षित रखें और जलवायु संरक्षण में योगदान दें। दीर्घकालिक वैज्ञानिक निगरानी, जागरूकता और सामूहिक प्रयास ही सुरक्षित पृथ्वी की कुंजी हैं।"





फोटो : बुलेटिन जारी करते हुए डॉ. आलोक सागर गौतम तथा उनकी शोध टीम अमनदीप विश्वकर्मा , अंकित कुमार, सरस्वती रावत, नीरज कुमार भौतिकी विभाग, चौरास परिसर में वायु गुणवत्ता का **पाँचवाँ सूचना बुलेटिन** जारी करते हुए

डॉ. आलोक सागर गौतम द्वारा अंटार्कटिका में ओजोन पर शोध के दौरान लिया गया छायाचित्र।

Himalayan Atmospheric and Space Physics Research Laboratory (HASPRL)

Department of Physics, Hemvati Nandan Bahuguna Garhwal University
Srinagar Garhwal, Uttarakhand

On the Occasion of the International Day for the Preservation of the Ozone Layer

Fifth Greenhouse Gas Bulletin

Comprehensive Scientific Analysis of Weather, Air Quality Index (AQI) and Atmospheric Pollutants

Scientific Assessment of Greenhouse Gases, Pollution Levels and Their Potential Causes in Uttarakhand; Emphasis on the Importance of Local Research

The Himalayan Atmospheric and Space Physics Research Laboratory (HASPRL), Department of Physics, Hemvati Nandan Bahuguna Garhwal University (HNBGU), Srinagar Garhwal, is conducting continuous scientific studies and analysis of current meteorological and environmental changes, greenhouse gas conditions and air pollution levels in the public interest. As part of this initiative, HASPRL released its Fifth Greenhouse Gas Bulletin on 15 September 2026 at 2:00 PM at the Department of Physics, Chauras Campus. The bulletin presents a scientific assessment of the prevailing greenhouse gas conditions, meteorological and environmental circumstances, air pollution levels and major atmospheric pollutants in the region. It also examines their possible causes and potential environmental implications. The study and analysis were carried out by Dr. Alok Sagar Gautam and his research team comprising Amandeep Vishwakarma, Ankit Kumar and Saraswati Rawat.

Scientific Research Must Reach Society: Prof. Trilok Chandra Upadhyay

Releasing the bulletin, Professor Trilok Chandra Upadhyay, Head, Department of Physics, Birla Campus, Srinagar, described the initiative as an important and commendable scientific effort being undertaken in the larger interest of society. He emphasized that scientific research should not remain confined to academic institutions, but its findings and scientific information should reach society and contribute to environmental protection and public welfare. He noted that scientific studies related to air quality, climate change, greenhouse gases and the Himalayan environment are particularly important at the present time. According to Prof. Upadhyay, such research not only promotes scientific and environmental awareness among the public but also provides an important scientific foundation for environmental conservation, public health and effective policy-making. He congratulated Dr. Alok Sagar Gautam and his research team for undertaking this important public-oriented scientific initiative. He further said that the Fifth Greenhouse Gas Bulletin provides an analysis of the region's current air quality, Air Quality Index (AQI), black carbon levels, meteorological conditions and available scientific observations related to greenhouse gases and atmospheric pollutants. The bulletin also attempts to explain the possible causes and environmental implications of these conditions.

The bulletin contains important information on public health precautions, environmental protection and awareness measures for the general public.

“Ozone—Can’t Live With It, Can’t Live Without It”: Pollutant Near the Ground, Life-Saving Shield in the Stratosphere

On the occasion of the International Day for the Preservation of the Ozone Layer, HASPRL emphasized the need to increase public awareness about the dual role of ozone. Scientifically, ozone is a gas without which the protection of life on Earth cannot be imagined. However, when present at elevated concentrations near the Earth's surface, ozone can become a serious air pollutant and pose risks to human health. This dual role can be summarized as: “Ozone—Can’t Live With It, Can’t Live Without It.”

Dr. Alok Sagar Gautam explained that the impact of ozone depends largely on where in the atmosphere it is located. Near the Earth's surface, ozone is an air pollutant, while in the stratosphere it acts as a natural protective shield for the planet. Ground-level ozone is not emitted directly from a single source. It is formed through photochemical reactions involving nitrogen oxides and volatile organic compounds in the presence of sunlight. It is a major component of photochemical smog. Elevated concentrations of ground-level ozone can cause irritation of the eyes and throat and adversely affect the respiratory system. Children, elderly people and individuals who are particularly sensitive to air pollution should take additional precautions during periods of elevated ozone.

Stratospheric Ozone: Earth's Natural Protective Shield

In contrast, the stratospheric ozone layer, located approximately 10–50 kilometres above the Earth's surface, plays a vital role in protecting life on Earth. It absorbs a large proportion of the Sun's harmful ultraviolet (UV) radiation, particularly UV-B radiation, thereby reducing the amount of harmful UV radiation reaching the Earth's surface. Excessive exposure to UV radiation can damage the skin and increase the risk of skin cancer, while prolonged exposure can also contribute to eye-related problems such as cataracts. Therefore, protecting the ozone layer is not merely an environmental issue—it is also a matter of human health and the protection of future generations.

“Good Ozone is High; Bad Ozone is Nearby.”

One-Year Air Quality Assessment in the Garhwal Valley

HASPRL conducted a detailed scientific analysis of air-quality observations recorded at its ambient air quality monitoring station from 15 September 2025 to 15 September 2026. The objective was to assess ground-level/tropospheric ozone (O_3), particulate and gaseous pollutants, seasonal pollution trends, and their relationship with meteorological conditions in the Garhwal Himalaya. The analysis indicates that PM2.5 and PM10 remained among the major air pollution concerns in the Garhwal Valley.

During the one-year period:

- The average concentration of **PM2.5 was 73.30 µg/m³**.
- The average concentration of **PM10 was 100.48 µg/m³**.

These observations highlight the significance of particulate pollution in the region and underline the need for continuous air-quality monitoring and effective pollution-control

measures. Ozone concentrations also showed significant temporal variations. The daily maximum 8-hour average ozone concentration was 49.02 µg/m³. However, exceptionally high ozone concentrations were observed during certain episodes. A particularly notable event occurred on 19 December 2025, when the 8-hour average ozone concentration reached 634.13 µg/m³, while the hourly ozone concentration exceeded 880 µg/m³. Such an episodic high-concentration event highlights the need for continuous monitoring and detailed scientific investigation of ozone behaviour in mountainous regions such as the Garhwal Himalaya.

Seasonal Pollution Trends

Seasonal analysis revealed clear variations in atmospheric pollution. During winter, temperature inversion and atmospheric stability can restrict the vertical dispersion of pollutants, resulting in greater accumulation of particulate matter. During summer, increased dust, higher temperatures and stronger solar radiation can favour photochemical processes associated with elevated ozone and carbon monoxide concentrations. During the monsoon, rainfall removes atmospheric pollutants through a process known as wet scavenging, resulting in relatively lower particulate concentrations. During autumn, pollution levels were generally lower compared with several other seasons. The average concentrations of other major gaseous pollutants, including NO_2, SO_2, NH_3 and benzene, were found to be within the relevant CPCB standards referred to in the report. According to the scientists, these observations provide an important basis for understanding the relationships among air pollution, ozone formation, meteorological conditions and human activities in the environmentally sensitive Garhwal Himalayan region. The findings also emphasize the need to strengthen long-term air-quality monitoring, scientific research and public awareness in the Himalayan region in view of changing climatic conditions and increasing urbanization.

Comparison with CPCB and WHO Guidelines

The report also compares concentrations of major air pollutants with the National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) prescribed by the Central Pollution Control Board (CPCB) and the World Health Organization (WHO) 2021 Global Air Quality Guidelines. The values are expressed in micrograms per cubic metre (µg/m³), while carbon monoxide (CO) concentrations are expressed in milligrams per cubic metre (mg/m³). For ozone (O_3), the report refers to the WHO seasonal peak-season average guideline of 60 µg/m³. For an 8-hour averaging period, the CPCB and WHO reference value is 100 µg/m³, while the CPCB 1-hour standard is 180 µg/m³. Analysis of air-quality observations from September 2025 to September 2026 showed that pollutant concentrations exceeded the applicable limits on several occasions. During the study period, pollutant levels exceeded the prescribed limits on 26 days, while carbon monoxide (CO) concentrations exceeded the relevant limit on 22 days. These observations underline the importance of regular monitoring, identification of potential pollution sources and implementation of effective pollution-control measures in the Garhwal Valley.

Ozone in the Garhwal Valley: Average Levels Moderate, but Sharp Episodic Increases Observed

Analysis of available air-quality data from September 2025 to September 2026 showed that the daily maximum 8-hour average ozone concentration in the Garhwal Valley was 49.02 µg/m³. Out of 339 valid days, ozone concentrations exceeded the CPCB 8-hour reference value of 100 µg/m³ on 26 days, or 7.7% of the valid observations. The scientific analysis indicates that ozone levels were not continuously high throughout the year. However, short-duration episodes of unusually high ozone concentrations were observed. Such events in mountain valleys may arise from a combination of local meteorological conditions, pollutant accumulation and

atmospheric chemical processes, potentially creating significant short-term air-quality concerns.

Extreme Ozone Event Recorded on 19 December 2025

The report identifies **19 December 2025** as a particularly significant ozone episode.
On this day:

- **8-hour average O_3:** 634.13 µg/m³
- **Hourly O_3 concentration:** More than 880 µg/m³

The scientific assessment suggests that this unusual increase may have been associated with pollutants originating from local biomass burning during winter, combined with meteorological conditions that favoured pollutant trapping within the valley. The event highlights the need for continuous observations and detailed scientific investigation of episodic high-ozone events in the Garhwal Himalaya. Scientists emphasize that although the annual average ozone level may appear relatively moderate, short-term extreme ozone events can still be important from the perspective of public health and the environment. Therefore, daily and short-term pollution episodes should be monitored in addition to annual averages, particularly in complex mountainous terrain.

Ozone and Particulate Pollution Remain Important Concerns

During the study period, ozone exceeded the CPCB 8-hour reference value on **26 out of 339 valid days (7.7%)**.
Possible factors contributing to elevated ozone episodes include:

- Strong solar radiation
- Photochemical reactions
- Accumulation of pollutants within the valley
- Biomass and solid-fuel combustion
- Regional transport of air pollutants
- Local meteorological conditions

Particulate pollution also remained a major concern.
The average concentrations were:
PM2.5: 73.30 µg/m³
PM10: 100.48 µg/m³
PM2.5 concentrations exceeded the CPCB 24-hour standard on **169 days**, while PM10 exceeded the corresponding standard on **146 days**.
These observations underline the need for continuous air-quality monitoring and effective pollution-control measures across the Garhwal Valley.

Significance for Human Health, Ecosystems and Agriculture

Persistently elevated PM2.5 and PM10 concentrations are a concern from the perspective of human health. Elevated ozone concentrations can adversely affect the respiratory system and vegetation. In the Himalayan region, monitoring periods of elevated ozone and photochemically active atmospheric conditions is therefore important. The report does not provide a quantitative health-risk assessment. Accordingly, the health implications presented here should be understood as scientific and qualitative indicators rather than a quantified epidemiological risk estimate.

Scientific Awareness, Long-Term Monitoring and Collective Action Essential for Ozone Protection: Dr. Alok Sagar Gautam

Montreal Protocol: A Major Success of Global Environmental Cooperation

Dr. Gautam said that the Montreal Protocol is widely regarded as one of the most important successes of international environmental cooperation. Under the Protocol, efforts have been undertaken to phase down or phase out ozone-depleting substances such as chlorofluorocarbons (CFCs), halons, carbon tetrachloride, methyl chloroform and HCFCs. After reaching the stratosphere, some of these substances can release chlorine- and bromine-containing compounds under the influence of solar UV radiation. These compounds can participate in catalytic chemical reactions that accelerate ozone destruction. Controlling ozone-depleting substances is therefore essential for the long-term protection and recovery of the ozone layer.

Kigali Amendment: Linking Ozone Protection with Climate Protection

Dr. Gautam said that the Kigali Amendment, adopted in Rwanda in 2016, represents an important step in linking ozone protection with climate action. Hydrofluorocarbons (HFCs) do not deplete the ozone layer, but many HFCs have a high global warming potential. They are widely used in air-conditioning, refrigeration and foam manufacturing. The Kigali Amendment provides for a phased reduction in the consumption of HFCs. Scientific assessments indicate that successful implementation of the Kigali Amendment could help avoid approximately 0.5°C of global warming by the end of this century. Thus, measures undertaken to protect the ozone layer can also make an important contribution to addressing climate change.

How Is Ozone Measured?

Dr. Gautam explained that the total amount of ozone in the stratosphere is commonly expressed in Dobson Units (DU). A Dobson Unit represents the total amount of ozone contained in a vertical column of the atmosphere. Ozone concentration within a specific volume of air may, depending on the application, be expressed in units such as ppm, ppb or $\mu g/m^3$. Both satellite-based and ground-based observations are important for monitoring ozone. Long-term observations provide an essential scientific basis for understanding relationships among ozone, UV radiation, atmospheric chemistry and climate change.

Strong Sunshine After Rainfall: Scientific Understanding of Ozone Is Essential

Dr. Gautam clarified that clear skies and strong sunshine following rainfall do not mean that sunlight is destroying the ozone layer. After rainfall, the atmosphere may become cleaner and clearer, allowing solar radiation to reach the surface more effectively. Therefore, awareness about UV protection remains important during periods of strong sunshine. He advised people to avoid prolonged direct exposure to intense sunlight and, when appropriate, use hats, umbrellas, UV-protective sunglasses and suitable clothing. Adequate hydration is also a useful precaution, particularly during hot weather. He further emphasized that stratospheric ozone and ground-level ozone must be understood in their respective atmospheric contexts. Under suitable conditions, sunlight can drive photochemical processes near the Earth's surface that increase ozone formation. At elevated concentrations, ground-level ozone can be harmful to human health.

UV Awareness Particularly Important in Himalayan Regions

Dr. Gautam said that UV awareness is particularly important in Himalayan areas because of their higher elevations. Residents, children, elderly people and tourists in mountainous regions should adopt appropriate UV-protection measures during periods of strong sunshine. He emphasized that long-term ozone monitoring in Uttarakhand and other Himalayan regions is scientifically important. Long-term atmospheric observations from Nainital, Mussoorie and other Himalayan locations can contribute to understanding regional ozone behaviour, UV radiation, air quality and climate change. Integrating satellite observations with ground-based measurements can provide a more comprehensive assessment of atmospheric changes occurring over the Himalaya.

From Antarctica to the Himalaya: Scientific Experience and Environmental Understanding

Referring to his experience during his 28th Indian Antarctic Scientific Expedition, Dr. Gautam said that studying atmospheric processes and ozone changes in polar regions is extremely important for understanding global environmental change. Antarctica represents a significant natural laboratory for studying the Earth's climate system and atmospheric processes. He emphasized that scientific monitoring of atmospheric processes—from the polar regions to the Himalaya—can help scientists better understand changes occurring in the Earth's environmental and climate systems.

Scientific Awareness and Youth Participation Essential

Dr. Gautam appealed to students, researchers and young people to understand scientific issues related to ozone protection, UV radiation, air pollution, climate change and the Himalayan environment and to promote a scientific outlook within society. He said ozone protection should not be viewed merely as an international environmental issue. It should also be understood in relation to human health, climate, the Himalayan environment and the protection of future generations. The Montreal Protocol and Kigali Amendment demonstrate that global environmental challenges can be addressed effectively through scientific evidence, international cooperation and collective action. Dr. Gautam emphasized that international agreements alone are not sufficient. Scientific awareness at the local level, reduction of air pollution and promotion of environmentally responsible lifestyles are equally important. Controlling the use and release of ozone-depleting substances and implementing global environmental commitments effectively remain essential for safeguarding the Earth's ozone layer.

Dr. Gautam Appeals to Citizens: Public Participation Essential for Ozone Protection

Dr. Alok Sagar Gautam appealed to citizens to make ozone protection and air-pollution control an integral part of public participation. He advised that old refrigerators and air-conditioners should not be discarded or dismantled improperly in the open. Safe recovery and disposal of refrigerants should be ensured. Regular servicing of air-conditioning and refrigeration equipment should be undertaken to prevent refrigerant leakage. Consumers should also give preference to energy-efficient and environmentally responsible appliances. He appealed to citizens to contribute to reducing vehicle emissions and other pollution sources, which can also help reduce air pollution and the formation of ground-level ozone.

Dr. Gautam said:

“Protecting the ozone layer is not the responsibility of scientists or governments alone. The small environmental responsibilities undertaken by every citizen can collectively lay the foundation for a safer future for our planet.”

Scientific Message

“Protect the ozone layer, protect yourself from harmful UV radiation, and contribute to climate protection. Long-term scientific monitoring, public awareness and collective action are the keys to a safer planet.”

Photo Captions

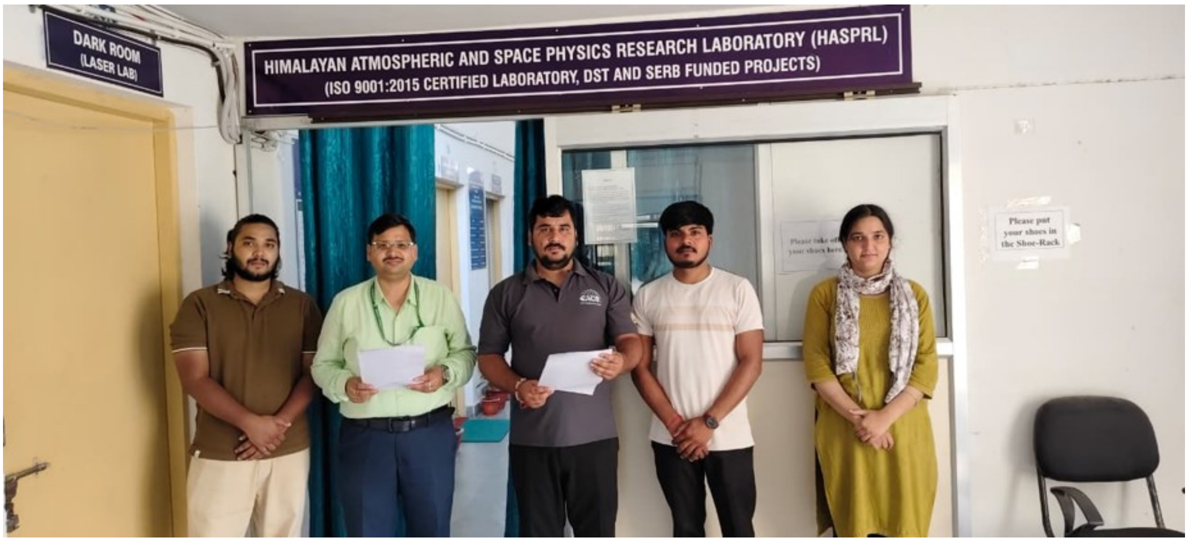


Photo 1: Dr. Alok Sagar Gautam releasing the Fifth Greenhouse Gas and Air Quality Information Bulletin along with members of his research team—**Amandeep Vishwakarma, Ankit Kumar, Saraswati Rawat and Neeraj Kumar**—at the Department of Physics, Chauras Campus, HNBGU.

Photo 2: Dr. Alok Sagar Gautam during his scientific research on ozone in **Antarctica** as part of the Indian Antarctic Scientific Expedition.