

सामान्यतया सबैलाई पदार्थको तीनवटा अवस्थाहरू : ठोस, तरल र ग्याँसका बारेमा मात्र जानकारी रहेको पाइन्छ । ठोसलाई ताप दिएमा तरल र तरललाई ताप दिएमा ग्याँसमा परिवर्तन हुने गर्दछ । यस क्रममा पदार्थका अणु वा परमाणुहरू बीचको दूरीमा बृद्धि हुन गई पदार्थको स्वभावमा उल्लेख्य परिवर्तन हुन हुँदा नै हामी पदार्थको विभिन्न अवस्थामा व्याख्या गर्न ठोस, तरल र ग्याँसमा वर्गीकरण गर्ने गर्दछौं । अतः पदार्थको कुनै पनि अवस्थालाई तताउने हो भने अन्तत ग्याँसमा परिवर्तन हुने गर्दछ ।

ग्याँस अवस्थामा पुगिसकेको पदार्थ अझ तताएमा के होला ? पहिलेको परिस्थितिमा (ठोसबाट तरल र तरलबाट ग्याँस हुने स्थिति) भन्दा फरक व्यवहार अर्थात् अणु-अणु बीचको दूरी बढ्ने मात्र नभई आयनीकरण समेत शुरू हुन थाल्दछ । जति जति तापक्रम बढाउँदै लगिन्छ उतिनै आयनहरूको सङ्ख्यामा बृद्धि हुन थाल्दछ । आयनहरूको सङ्ख्यामा उल्लेख्य बृद्धि हुन गएमा उक्त आयनीकृत ग्याँसले सामान्य (तटस्थ) अवस्थाको ग्याँसभन्दा नितान्त भिन्न स्वभाव देखाउन शुरू गर्दछ । यस्तो अवस्थामा पदार्थले ग्याँसमा लागू हुने नियम/सिद्धान्तहरूको पालना नगरी भिन्न नियमहरूको पालना गर्दछन् । पदार्थको यस्ता अवस्थालाई "प्लाज्मा" भन्ने गरिन्छ । अतः प्लाज्मा भन्नाले पदार्थको त्यस्तो अवस्थालाई जनाउँछ जसमा पदार्थको आयनीकरण भई इलेक्ट्रोन आयनीकृत अणुहरू र तटस्थ अवस्थामा रहेका अणुहरूको समिश्रण शक्ति (thermal energy) विद्युतीय शक्ति (electrostatic energy) भन्दा अत्यन्तै बढि हुन गई आयनीकरण हुन जान्छ । त्यसो त तटस्थ ग्याँसमा समेत सदैव केही न केही मात्रामा आयनहरू रहने गर्दछन् । यसको मतलब प्लाज्मा भनेको आयनीकृत ग्याँस हो भने हरेक आयनीकृत ग्याँस प्लाज्मा नहुन पनि सक्छ ।

प्लाज्मालाई परिभाषित गर्नुपर्दा के भन्न सकिन्छ भने "प्लाज्मा भनेको समष्टिगत रूपमा तटस्थ स्वभाव प्रदर्शन गर्ने आयन, इलेक्ट्रोन र तटस्थ अणुहरूको समिश्रण हो जसले सामुहिक स्वभावको समेत प्रदर्शन गर्दछ ।" सामुहिक स्वभाव भन्नाले प्लाज्मामा कुनै पनि बाह्य दवावहरूलाई समष्टिगत रूपमै तटस्थ बनाउने प्रवृत्तिलाई बुझिन्छ । अतः कुनै पनि आयनीकृत ग्याँसले बाह्य विद्युतीय दवावलाई सीमित

पदार्थको चौथो अवस्था र अपार ऊर्जाको सम्भावना

डा. राजु खनाल *

क्षेत्रभित्रै न्यूनीकरण गर्न सक्ने क्षमता राख्दछ, समष्टिगत रूपमा तटस्थ रहन्छ र प्लाज्मामा कम्पन एकआपसमा टोकिने क्रम भन्दा बढी छ भने त्यसलाई नै प्लाज्मा भन्न सकिन्छ ।¹

भौतिकशास्त्रमा प्लाज्माको प्रयोग पहिलो पटक सन् १९२८ मा Langmuir ले गरेका हुन् ।² Glow Discharge सम्बन्धी प्रयोग गर्ने क्रममा घन चार्ज पङ्क्तिमा ग्याँसले देखाएको अनौठो व्यवहारलाई वर्णन गर्न उनले प्लाज्मा भनेका हुन् । ग्रिक भाषामा प्लाज्माको अर्थ "केही रचना गर्नु" भन्ने रहेको पाइन्छ । Langmuir को प्रयोग भन्दा अघि सन् १८७९ मा Sir William Crookes ले सर्वप्रथम ग्याँसको अनौठो व्यवहार पत्ता लगाएका हुन् । त्यसबखत ग्याँसले पालना गर्नुपर्ने सिद्धान्तहरू असफल भएपछि उनले त्यस अवस्थालाई "पदार्थको चौथो अवस्था" भनेका थिए । Langmuir को प्रयोग पछि भने यसको अध्ययन/अनुसन्धान तीव्र भई भौतिकशास्त्रको एक छुट्टै विषय "प्लाज्मा फिजिक्स" को जन्म भयो । स्मरण रहोस् हालसम्म पनि प्लाज्मालाई वर्णन गर्ने क्रममा यो "पदार्थको चौथो अवस्था हो" भन्ने गरिन्छ ।

प्लाज्माको उत्पादन गर्ने परम्परागत तरिकामा पदार्थलाई अत्याधिक ताप दिएर आयनीकृत गराउने गरिए तापनि प्लाज्मा भन्ने बित्तिकै अत्यधिक तातो हुनुपर्छ भन्ने छैन । कुनै पनि

पद्धतिबाट आयनीकरण सम्भव भयो र उक्त अवस्थामा माथि उल्लेख गरिए बमोजिम सामुहिक स्वभाव प्रदर्शन गर्दछ भने त्यसलाई प्लाज्मा मान्न सकिन्छ । अतः प्लाज्मा अवस्थाको सृजना सामान्यतः जुनसुकै तापक्रममा पनि सम्भव छ । Room Temperature मै प्लाज्माको विभिन्न प्रयोगहरू हाल नेपालमै समेत भइरहेको विदितै छ ।³

तटस्थ ग्याँस र प्लाज्मा बीचको भिन्नता

तटस्थ ग्याँसमा कुनै बाह्य बल लगाइएमा अणुहरू गतिशील भई बल प्रयोग भएको दिशातर्फ



प्लाज्मा टिभी

* डा. राजु खनाल भौतिकशास्त्र केन्द्रीय विभाग, त्रि.वि. मा उप-प्राध्यापक हुनुहुन्छ ।

चलन थाल्दछन् । अर्को अणुसँग ठोक्किएपछि पहिलो अणुको पथ र गति परिवर्तन हुन्छ भने दोस्रो अणु पनि गतिवान हुन पुग्दछ । एवम् तरिकाले तटस्थ ग्याँसको एक भागमा लागेको बल अणुहरूको परस्पर टक्करको कारणले विस्तार हुने गर्दछ । यस क्रममा टक्कर लागेका अणुहरूले मात्र उक्त बलको अनुभूति गर्दछन् ।

प्लाज्माको अवस्था भने नितान्त फरक हुन्छ । प्लाज्मामा चार्ज भएका इलेक्ट्रोन र आयनहरूको सङ्ख्या उल्लेख्य भएका कारण बाह्य बल लागेर वा कुनै पनि कारणले पदार्थको स्थानान्तरण भएको खण्डमा त्यसले विद्युतीय र चुम्बकीय क्षेत्रको समेत सिर्जना हुन पुग्दछ । यसप्रकार उत्पत्ति भएका क्षेत्रहरूले टाढा-टाढासम्म रहेका प्लाज्मालाई पनि असर गर्ने हुँदा कुनै एक ठाउँमा लागेको बल त्यही वरपर मात्र सीमित नरही प्रत्यक्ष टक्कर बिना नै पनि पर-पर सम्म बिस्तार हुने गर्दछ ।

प्लाज्मा कहाँ पाइन्छ ?

चट्याङ्गमा केही अंश, सूर्यबाट आएका आवेशयुक्त कणहरू पृथ्वीको नजिकै आइपुगेपछि अन्य पदार्थहरूसँग ठोक्किएर देखिने सुमेरु ज्योति (aurora), आदि पृथ्वीमा देखिने सीमित प्लाज्माका प्राकृतिक उदाहरण हुन् । त्यस्तै वेल्डिङ्ग वृत्त (welding arc), ट्युब लाइट, ग्याँस लेजर र विभिन्न प्रयोगहरूमा कृत्रिम प्लाज्मा देख्न सकिन्छ । पृथ्वीमा प्लाज्माको हिस्सा न्यून (शून्य बराबर) भएको कारणले नै पनि यसलाई "पदार्थको चौथो अवस्था" भन्ने गरिएको छ ।

अन्तरिक्षको कुरा गर्ने हो भने पदार्थको अवस्थामा प्लाज्मा बाहेक अन्यको हिस्सा शून्य बराबर नै छ । हाम्रो सौर्यमण्डलको ९८ प्रतिशत हिस्सा ओगटेको सूर्य सम्पूर्ण नै प्लाज्मा अवस्थामा छ । त्यही सूर्य पनि हाम्रो आकाशगङ्गाको नक्सामा एउटा थोप्लो बराबर आकारको रहेको छ । आकाशगङ्गाको अधिकांश भाग प्लाज्मा अवस्थामा रहेकोले हाम्रो ब्रह्माण्डको हालसम्म देखिएका पदार्थहरूमा ९९ प्रतिशत भन्दा पनि बढी प्लाज्मा नै रहेको भन्ने गरिन्छ ।^१ यसरी हाम्रो पृथ्वीभन्दा बाहिरको कुरा गर्ने हो भने त सबैजसो पदार्थहरू प्लाज्मा अवस्थामै रहेका छन् ।

प्लाज्मामा रुचि किन ?

प्लाज्माको अध्ययन/अनुसन्धानमा रुचि हुने सबैभन्दा प्रमुख कारण सम्मिलन (fusion)

पद्धतिबाट अपार ऊर्जाको उत्पादन हुने सम्भावना नै हो । ताराहरूमा सम्मिलन प्रक्रियाबाट अत्यधिक मात्रामा ऊर्जा उत्पन्न भइरहे अनुरूप पृथ्वीमा पनि सोही पद्धतिबाट ऊर्जा उत्पादनका लागि ड्युटेरियम र ट्रिटियम विलय गराउँदा अत्यधिक ऊर्जा उत्पादन गर्न सकिन्छ । यस प्रकार ऊर्जाको

उत्पादन विभिन्न प्रयोगहरूमा सफल परिक्षण भइसकेको भए तापनि यसलाई उत्पादन गरी व्यवहारिक प्रयोगमा ल्याउन भने प्रयास जारी छ ।^१ यस रासायनिक प्रक्रियालाई आवश्यक इन्धन प्रचुर मात्रामा (समुद्री पानीमा) उपलब्ध भएकोले यसलाई एक उत्तम प्रविधिको रूपमा लिइन्छ ।^६

प्लाज्माको विस्तृत ज्ञान बिना खगोल विज्ञान, खगोल-भौतिक विज्ञान, ब्रह्माण्ड विज्ञान लगायतका विषयहरूको अध्ययन/अनुसन्धान पूर्ण हुँदैन भन्दा अत्युक्ति नहोला । साथै महा-विष्फोट पश्चात् सम्पूर्ण पदार्थहरू प्लाज्मा अवस्थामा रहेका र सेलाउने क्रममा बिस्तारै अन्य पदार्थहरू बन्न शुरु गरेको तथ्य मनन गर्ने हो भने ब्रह्माण्डको उत्पत्ति लगायतका गुत्थी सुल्फाउन पनि प्लाज्माको ज्ञान अपरिहार्य हुन आउँछ । यिनै तथ्यहरूलाई आधार मानेर G.L. Rogoff ले ब्रह्माण्डको उत्पत्तिलाई अध्ययन गर्दा र अन्तरिक्षको अध्ययनकर्ताका लागि त प्लाज्मालाई चौथो होइन "पदार्थको पहिलो अवस्था" मान्न सकिन्छ भनेका छन् ।

हिजो आज साना र छरिता कम्प्युटर चिप बनाउन, सूक्ष्म इन्टिग्रेटेड सर्किट बनाउन साथै प्लाज्मा टेलिभिजन, प्लाज्मा डिस्प्ले बोर्ड, प्लाज्मा बटन आदि सबैमा प्लाज्माले महत्वपूर्ण योगदान पुऱ्याएको छ । प्लाज्माको नयाँ र उल्लेख्य उपलब्धीमा औषधीय उपयोगलाई लिन सकिन्छ । हाल प्रचलनमा आइसकेका MRI, Tomography र Interferometric imaging को शुरुवात प्लाज्माको अध्ययनको लागि नै विकसित गरिएका हुन् भने लेजर र प्रोटोन थेरापीको विकास र नियन्त्रणमा पनि यसको महत्वपूर्ण योगदान रहिआएको छ । हालसालै



Room temperature plasma for medical applications

प्लाज्मा पद्धतिबाट दाँतको उपचारमा र अनावश्यक Tissue हरू हटाउने काममा सामान्य तापक्रमका प्लाज्माको प्रयोग शुरु भइसकेको छ ।

अन्य धेरै क्षेत्रमा पनि प्रयोग भइरहेको प्लाज्मा पद्धति हाम्रो देशमा समेत अनुसन्धान भइरहेकोले (plasma coating), पलिमर लेपन गरी रेकर्डिङ्ग लगायतमा प्रयोग गर्न मेडिकल प्रयोगदेखि मेसिनहरूको उत्पादन गर्न यसको योगदान रहेको छ ।

अपार ऊर्जाको वैकल्पिक उपाय र सम्भावना भएको, दैनिक जीवनमा धेरै प्रयोग हुन सक्ने पद्धतिको विकास गर्न, अन्तरिक्षको अध्ययन/अनुसन्धानमा र अन्तरिक्षको गुत्थी सुल्फाउन समेत यस "चौथो अवस्था" लाई विस्तृत रूपमा बुझ्न जरुरी देखिन्छ ।

सन्दर्भ सामाग्रीहरू :

1. Bittenourt, J.A. 2004. *Fundamentals of Plasma Physics* (3rd edition). Springer-Verlag, New York.
2. Langmuir, I. 1928. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 14: 627.
3. Subedi, D.P. et. al. 2006. *Ann. Prof. of Nepal Physical Society.* 22(1).
4. Chen, F.F. 1974. *Introduction to Plasma Physics.* Plenum Press.
4. www.iter.org
६. राजु खनाल । २०६४ । वैज्ञानिक जगत् । ६(६): २२ ।

