https://farid.ps/articles/coulomb_water_life/hi.html

जीवन की छिपी हुई शक्ति: कूलॉम अंतर्क्रिया ने पृथ्वी और उस पर मौजूद हर चीज़ को कैसे आकार दिया

यदि आप एक गुब्बारे को अपने बालों से रगड़ते हैं और उसे दीवार पर चिपका देते हैं, तो आपने अभी-अभी इलेक्ट्रोस्टैटिक्स का एक सरल कार्य किया है। गुब्बारा चिपकता है क्योंकि इलेक्ट्रॉन स्थानांतरित हो गए हैं, जिससे विपरीत आवेश पैदा हुए जो एक-दूसरे को आकर्षित करते हैं। यह कक्षा में एक परिचित तरकीब है - स्थिर बिजली का एक क्षणिक प्रदर्शन। फिर भी इसके पीछे की अदृश्य अंतर्क्रिया, **कूलॉम बल**, प्रकृति के सबसे मौलिक और दूरगामी नियमों में से एक है।

यह एकल बल, विद्युत आवेशों के बीच आकर्षण और प्रतिकर्षण, पदार्थ की संरचना, जीवन की रसायन विज्ञान, महासागरों की स्थिरता, और यहां तक कि उन तूफानों को नियंत्रित करता है जो भूमि को पानी देते हैं। सबसे छोटे परमाणु से लेकर सबसे बड़े पारिस्थितिकी तंत्र तक, यही भौतिक सिद्धांत चुपचाप तय करता है कि कोई ग्रह जीवित रह सकता है या नहीं।

प्रकृति का सार्वभौमिक विद्युत ताना-बाना

कूलॉम बल, 18वीं सदी के भौतिक विज्ञानी चार्ल्स-ऑगस्टिन दे कूलॉम के नाम पर, व्यक्त करना सरल लेकिन अनंत शक्तिशाली है: विपरीत आवेश आकर्षित होते हैं, समान आवेश प्रतिकर्षित होते हैं, और आकर्षण की ताकत उनके बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रम अनुपात में घटती है।

हर परमाणु के अंदर, नकारात्मक आवेशित **इलेक्ट्रॉन** इस इलेक्ट्रोस्टैटिक पुल से सकारात्मक आवेशित **नाभिक** की ओर खींचे जाते हैं। क्वांटम यांत्रिकी परिभाषित करती है कि ये इलेक्ट्रॉन विशिष्ट ऊर्जा अवस्थाओं को कैसे占有 कर सकते हैं, लेकिन कूलॉम बल ही वह ढांचा प्रदान करता है जिसमें क्वांटम नियम कार्य करते हैं। इलेक्ट्रोस्टैटिक्स के बिना, कोई भी परमाणु इतना स्थिर नहीं होता कि उस पर निर्माण किया जा सके।

जब परमाणु इलेक्ट्रॉनों को साझा या आदान-प्रदान करते हैं, तो वे **रासायनिक बंधन** बनाते हैं - आयनिक, सहसंयोजक, हाइड्रोजन, या कमजोर वैन डर वाल्स अंतर्क्रियाएं जो बड़ी अणुओं को एक साथ रखती हैं। हर बंधन सकारात्मक और नकारात्मक आवेशों को संतुलित करने का एक अलग तरीका है। इस अर्थ में, **सारी रसायन विज्ञान, और इसलिए सारी जीवविज्ञान, गति में इलेक्ट्रोस्टैटिक्स है।**

तरल जल - इलेक्ट्रोस्टैटिक्स का आणविक विजय

पृथ्वी पर सभी अणुओं में, जल इलेक्ट्रोस्टैटिक इंजीनियरिंग का सर्वोच्च उदाहरण है। प्रत्येक जल अणु दो हाइड्रोजन परमाणुओं से बना होता है जो एक ऑक्सीजन परमाणु से बंधे होते हैं। क्योंकि ऑक्सीजन हाइड्रोजन की तुलना में इलेक्ट्रॉनों को अधिक मजबूती से आकर्षित करता है, यह थोड़ा नकारात्मक आवेश रखता है, जबकि हाइड्रोजन थोड़े सकारात्मक आवेश रखते हैं।

यह असमान वितरण एक स्थायी **द्विध्रुवीय क्षण** पैदा करता है, जो जल अणुओं को **हाइड्रोजन बंधनों** के माध्यम से एक-दूसरे को आकर्षित करने की अनुमति देता है - दिशात्मक इलेक्ट्रोस्टैटिक लिंक जो रखने के लिए काफी मजबूत लेकिन टूटने और पुनर्निर्माण के लिए काफी कमजोर होते हैं। इन दिशात्मक बंधनों के नीचे इलेक्ट्रॉन बादलों में छोटी उतार-चढ़ाव से उत्पन्न सूक्ष्म **वैन डर वाल्स बलों** का समुद्र है जो क्षणिक द्विध्रुव पैदा करते हैं।

ये बल मिलकर जल को उसकी असाधारण सामंजस्य प्रदान करते हैं। इसी आकार की एक अणु, जैसे हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S), लगभग –80 °C पर उबलती। लेकिन कूलॉम बल से बंधा जल, जीवन के फलने-फूलने के तापमान रेंज में तरल रहता है। पृथ्वी की नदियां, महासागर और कोशिकाएं इन अदृश्य विद्युत आकर्षणों के कारण अस्तित्व में हैं।

जीवन का विलायक - कैसे ध्रुवीयता दुनिया को घोलती है

जल की ध्रुवीयता अणुओं को एक साथ रखने से अधिक करती है; यह उन्हें **अलग होने** की भी अनुमति देती है। जल अणु के सकारात्मक और नकारात्मक सिरे घुले लवणों और खनिजों के आयनों को घेरते हैं, उन्हें घोल में खींचते हैं।

जब सोडियम क्लोराइड का क्रिस्टल जल से मिलता है, तो ऑक्सीजन परमाणु सोडियम के सकारात्मक आयनों की ओर मुड़ते हैं, जबकि हाइड्रोजन क्लोराइड के नकारात्मक की ओर। प्रत्येक आयन एक **हाइड्रेशन शेल** में घिर जाता है, जो जल अणुओं और आयन के आवेश के बीच अनगिनत छोटे कूलॉम आकर्षणों से स्थिर होता है।

यह गुण - **घोलने** की क्षमता - जल को **सार्वभौमिक विलायक** बनाता है। यह पोषक तत्वों की परिसंचरण, एंजाइमों के कार्य और कोशिकाओं के संचालन की अनुमति देता है। चयापचय स्वयं इस आणविक कूटनीति पर निर्भर करता है: आयनों को चलना, प्रतिक्रिया करना और पुनःसंयोजन करना पड़ता है, सब इलेक्ट्रोस्टैटिक आकर्षण द्वारा मध्यस्थता। बिना इसके, महासागर बंजर पूल और जैव रसायन असंभव होते।

वही बल जो गुब्बारे को दीवार पर चिपकाता है, समुद्री जल की एक बूंद को जीवन के अवयवों को रखने में सक्षम बनाता है।

हवा में जल - मौसम के पीछे कूलॉम बल

जल की इलेक्ट्रोस्टैटिक प्रकृति की कहानी वायुमंडल में ऊपर की ओर जारी रहती है। एक जल अणु की आणविक भार **18 g/mol** है, जबकि शुष्क हवा का औसत - मुख्यतः नाइट्रोजन और ऑक्सीजन - लगभग **29 g/mol** है। यह छोटा लेकिन महत्वपूर्ण अंतर **नम हवा को शुष्क हवा से हल्का** बनाता है।

जैसे-जैसे नम हवा ऊपर उठती है, यह फैलती और ठंडी होती है। जब यह पर्याप्त ठंडी हो जाती है, जल वाष्प बूंदों में संघनित होकर **बादल** बनाता है। यह संघनन **गुप्त ऊष्मा** छोड़ता है - हाइड्रोजन बंधनों के टूटने से संग्रहीत इलेक्ट्रोस्टैटिक ऊर्जा - जो हवा को और गर्म और उछालपूर्ण बनाता है।

यह स्व-वर्धक प्रक्रिया **संवहन**, **गरज के साथ तूफान**, और **वैश्विक जल चक्र** को चलाती है। यह भूमध्य रेखा से ध्रुवों तक ऊष्मा पहुंचाता है और महाद्वीपों को ताजा जल लौटाता है। जल की हल्की आणविक भार, उच्च वाष्पीकरण ऊष्मा, और सामंजस्यपूर्ण हाइड्रोजन बंधनों के बिना - सभी कूलॉम बल के उत्पाद - कोई बादल, कोई बारिश, और कोई जीवित ग्रह नहीं होता जो तूफानों से निरंतर नवीकृत होता।

बर्फ जो तैरती है - ग्रह की जीवन-रक्षक विसंगति

जल का इलेक्ट्रोस्टैटिक चरित्र प्रकृति की सबसे दुर्लभ और परिणामी विसंगतियों में से एक भी पैदा करता है: **इसकी ठोस रूप तरल रूप से कम घना है।**

जब जल जमता है, तो इसके अणु एक खुले, षट्कोणीय जालक में व्यवस्थित हो जाते हैं, प्रत्येक अणु चार अन्य से हाइड्रोजन-बंधित। यह संरचना इलेक्ट्रोस्टैटिक स्थिरता को अधिकतम करती है लेकिन खाली स्थान छोड़ती है, ठोस को हल्का बनाती है। परिणाम: **बर्फ तैरती है।**

यह विसंगति तुच्छ लग सकती है, लेकिन यही कारण है कि पृथ्वी गहरे ठंडे दौरों में रहने योग्य बनी रही। तैरती बर्फ एक सुरक्षात्मक परत बनाती है जो नीचे के तरल जल को इंसुलेट करती है। मछलियां, शैवाल और बैक्टीरिया इस प्राकृतिक ढाल के नीचे सर्दी जीवित रहते हैं।

प्राचीन **स्नोबॉल अर्थ** एपिसोड्स के दौरान, जब ग्रह लगभग पूरी तरह बर्फ से ढका था, इस गुण ने महासागरों को पूरी तरह जमने से रोका। तैरती बर्फ ने सूर्य प्रकाश प्रतिबिंबित किया, प्रकाश संश्लेषी शैवाल द्वारा कार्बन डाइऑक्साइड अवशोषण को धीमा किया, और वायुमंडल को ज्वालामुखियों से ग्रीनहाउस गैसें जमा करने का समय दिया - अंततः ग्रह को फिर गर्म किया।

यदि बर्फ डूबती, तो महासागर नीचे से ऊपर तक जम जाते, लगभग सभी जीवन को मार डालते। हाइड्रोजन बंधनों की ज्यामिति - कूलॉम बल का सीधा अभिव्यक्ति - ने शाब्दिक रूप से **जीवमंडल को बचाया।**

जीवन और जलवायु का लंबा नृत्य

भूवैज्ञानिक समय में, सूर्य लगभग एक तिहाई चमकदार हो गया है, फिर भी पृथ्वी की सतह का तापमान उस संकीर्ण रेंज में रहा जहां जल तरल है। यह स्थिरता जैविक गतिविधि और भू-रासायनिक चक्रों के बीच नाजुक अंतर्क्रिया से उत्पन्न होती है - सभी इलेक्ट्रोस्टैटिक रसायन में आधारित।

जैसे-जैसे प्रकाश संश्लेषी जीवन फला, इसने हवा से **CO_2** खींचा, ग्रीनहाउस प्रभाव को कमजोर किया और ग्रह को ठंडा किया। ज्वालामुखी और रूपांतरित प्रक्रियाएं CO_2 लौटातीं, इसे फिर गर्म करतीं। **कार्बन-सिलिकेट चक्र**, ग्रह का दीर्घकालिक थर्मोस्टेट, पूरी तरह कार्बोनेट निर्माण और विघटन जैसी प्रतिक्रियाओं पर निर्भर करता है - प्रत्येक चरण आणविक स्तर पर आवेशों और बंधनों की बातचीत।

प्रारंभिक सल्फर बैक्टीरिया से जो प्रकाश का उपयोग सल्फर डाइऑक्साइड ऑक्सीडाइज करने के लिए करते थे, से सायनोबैक्टीरिया तक जो जल विभाजित करते और ऑक्सीजन छोड़ते थे, पृथ्वी के वायुमंडल की हर परिवर्तन उसी इलेक्ट्रोस्टैटिक आधार तक ट्रेस होता है। यहां तक कि हमारे फेफड़ों को भरने वाली ऑक्सीजन प्राचीन सूक्ष्मजीवों के प्रकाश संश्लेषी यंत्र में कार्यरत कूलॉम बलों का उप-उत्पाद है।

गेको की पकड़ - जीवन जो अदृश्य को उपयोग करता है

कूलॉम बल जीवन को केवल निष्क्रिय रूप से बनाए नहीं रखता; जीवित प्राणी इसे सीधे उपयोग करने के लिए विकसित हुए हैं। सबसे उल्लेखनीय उदाहरण **गेको** है, जिसके पैर उसे ऊर्ध्वाधर कांच की दीवारों पर आसानी से दौड़ने देते हैं।

हर गेको उंगली पर लाखों सूक्ष्म बालों से ढकी होती है जिन्हें **सीटी** कहते हैं, जो सैकड़ों नैनोस्केल स्पैटुला में शाखित होते हैं। जब ये सिरे सतह को छूते हैं, तो गेको के पैर और दीवार के इलेक्ट्रॉन क्षणिक **वैन डर वाल्स बलों** के माध्यम से अंतर्क्रिया करते हैं - अस्थायी आवेश उतार-चढ़ाव से उत्पन्न छोटे इलेक्ट्रोस्टैटिक आकर्षण।

हर व्यक्तिगत बल अत्यंत छोटा है, लेकिन अरबों संपर्क बिंदुओं पर गुणा होकर, वे शक्तिशाली, उलटने योग्य आसंजन पैदा करते हैं। गेको लगभग तुरंत चिपक सकता है, छोड़ सकता है और पैर फिर चिपका सकता है - उसी अंतर्क्रिया का उत्कृष्ट जैविक उपयोग जो अणुओं को बांधता है और जल को एक साथ रखता है।

यहां तक कि घोंघे समान सिद्धांतों का उपयोग करते हैं, अपनी लार में इलेक्ट्रोस्टैटिक्स को केशिका बलों के साथ मिलाकर ऊर्ध्वाधर सतहों पर चढ़ते हैं। प्रकृति, ऐसा लगता है, भौतिकी के नियमों को चुपचाप महारत हासिल करने वाले प्राणियों से भरी है।

गुब्बारों से जीवमंडलों तक - बल की एकता

यह आश्चर्यजनक है कि इन सभी घटनाओं को महसूस करना - दीवार पर चिपका गुब्बारा, जल की तरलता, तैरती बर्फ, बादलों का उठना, जीवन की रसायन, और गेको की पकड़ - एक सार्वभौमिक अंतर्क्रिया के अलग-अलग अभिव्यक्तियां हैं।

कूलॉम बल:

- इलेक्ट्रॉनों को नाभिक से और परमाणुओं को अणुओं से बांधता है।
- जल को एक साथ रखता है और उसे घोलने की शक्ति देता है।
- बर्फ को तैरता बनाता है, महासागरों को बचाता है।
- निर्धारित करता है कि जल वाष्प हवा से हल्का है, मौसम और जलवायु को चलाता है।
- ग्रीनहाउस गैसों और प्रकाश संश्लेषण की रसायन को नियंत्रित करता है।
- जानवरों को वैन डर वाल्स आसंजन के माध्यम से दीवारों पर चढ़ने की अनुमति देता है।

एक एकल नियम - विपरीत आकर्षित होते हैं - सब कुछ का आधार है, बच्चे के गुब्बारे से लेकर ग्रहीय हिम युगों के माध्यम से जीवन के उत्तरजीवन तक।

एक सरल बल, एक जीवित विश्व

कूलॉम बल गणितीय रूप से सरल है, फिर भी उस सरलता से प्राकृतिक विश्व की अपार जटिलता उत्पन्न होती है। यह कोई गर्जन या चमत्कारी शक्ति नहीं, बल्कि शांत, सार्वभौमिक है - एक धैर्यवान मूर्तिकार जो हर अणु, हर बूंद, हर जीवित कोशिका के माध्यम से अदृश्य रूप से कार्य करता है।

यह परमाणुओं के इलेक्ट्रॉनों को बांधता है, जीवन के अणुओं को मोड़ता है, बादलों और महासागरों को आकार देता है, और एक नाजुक विश्व के जलवायु को स्थिर करता है। बिना इसके, कोई रसायन, कोई बारिश, कोई सांस, कोई विचार नहीं - केवल एक मौन और बंजर ब्रह्मांड।

यदि कोई महान वास्तुकार की छाप की तलाश करता है, तो शायद मंदिरों या चमत्कारों में नहीं, बल्कि **स्वयं संभावना में** - इतने सुंदर संतुलित नियमों में जो जल, हवा और चेतना को जन्म देते हैं। वास्तुकार ने पूजा के लिए स्मारक नहीं बनाए; उसने **जीवन के लिए शर्तें** बनाईं, और यही हमें संजोना चाहिए।

वही अदृश्य बल जो गुब्बारे को दीवार पर चिपकने देता है, समुद्रों को ग्रह से, बादलों को आकाश से, और जीवित की नब्ज को पदार्थ के ताने-बाने से बांधता है। यह वह शांत धागा है जो भौतिक को जीवित से जोड़ता है - सरल बल जो एक जीवित विश्व बनाया।

चमत्कार यह नहीं कि ब्रह्मांड अस्तित्व में है, बल्कि यह कि वह खुद को जीवित होने की अनुमति देता है।

संदर्भ

- Ball, Philip. **Life’s Matrix: A Biography of Water.** New York: Farrar, Straus and Giroux, 2001.
- Berendsen, Herman J. C. **Simulating the Physical World: Hierarchical Modeling from Quantum Mechanics to Fluid Dynamics.** Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- Chaplin, Martin. “Water Structure and Science.” London South Bank University, 2010.
- Coulomb, Charles-Augustin de. “Premier Mémoire sur l’électricité et le magnétisme.” **Histoire de l’Académie Royale des Sciences**, 1785.
- Debenedetti, Pablo G., and Stanley, H. Eugene. “Supercooled and Glassy Water.” **Physics Today** 56, no. 6 (2003): 40–46.
- Eisenberg, David, and Kauzmann, Walter. **The Structure and Properties of Water.** New York: Oxford University Press, 1969.
- Fairén, Alberto G., Catling, David C., and Zahnle, Kevin J. “Faint Young Sun Paradox: Warm Early Earth and Mars.” **Space Science Reviews** 216, no. 9 (2020): 1–43.
- Israelachvili, Jacob N. **Intermolecular and Surface Forces.** 3rd ed. San Diego: Academic Press, 2011.
- Kell, George S. “Density, Thermal Expansivity, and Compressibility of Liquid Water from 0° to 150°C: Correlations and Tables for Atmospheric Pressure and Saturation Reviewed and Expressed on 1968 Temperature Scale.” **Journal of Chemical and Engineering Data** 20, no. 1 (1975): 97–105.
- Kleidon, Axel, and Lorenz, Ralph D., eds. **Non-Equilibrium Thermodynamics and the Production of Entropy: Life, Earth, and Beyond.** Berlin: Springer, 2005.

- Loschmidt, J. “Zur Größe der Luftmoleküle.” **Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften**, Vienna, 1865.
- Nield, Donald A., and Bejan, Adrian. **Convection in Porous Media.** 5th ed. Cham: Springer, 2017.
- Pierrehumbert, Raymond T. **Principles of Planetary Climate.** Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- Pielke, Roger A. **Mesoscale Meteorological Modeling.** 2nd ed. San Diego: Academic Press, 2002.
- Stanley, H. Eugene, et al. “The Puzzle of Liquid Water: A Review.” **Journal of Physics: Condensed Matter** 12, no. 8 (2000): A403–A412.
- Stickler, David, and Nield, Donald. “The Thermodynamics of Snowball Earth.” **Earth-Science Reviews** 184 (2018): 1–14.
- Su, Ya, and Creton, Costantino. “van der Waals Adhesion and Biological Attachment.” **Journal of Adhesion** 96, no. 10 (2020): 889–914.
- Whitten, Kenneth W., Davis, Raymond E., Peck, M. Larry, and Stanley, George G. **General Chemistry.** 11th ed. Boston: Cengage Learning, 2018.