KARNATAKA PHYSICS ASSOCIATION (R)

(Reg. No. DRB2/SOR/210/2021-2022)

Website: karnatakaphysicsassociation.in

KPA NEWSLETTER – 4 August 2024

Editors

Prof. B. A.Kagali (Managing Editor)
Prof.Somashekar Sidiginamale
Prof.P. Nagaraju
Prof. S. P Basavaraju
Prof. M. R. Nandan

From the Editors

In this issue, we have a biographical article about one of the founders of Quantum Mechanics – Erwin Schrodinger whose birthday falls in August. There is an article about a special kind of stars that swallow other stars. An article about the nature of exoplanets in Kannada is available for reading. The role of AI and ML in physics is briefly summarised in another article. As a matter of recent developments for us to know, there is an article about how lasers can help solve the plastic menace. There is a short article warning us about the ill effects of climate change and what we should be doing about it. An amusing poem in Kannada about quarks can be found next. There is a short article about Einstein's prediction about the bending of light and its verification that led to the worldwide popularity of the General theory of relativity. As an example of innovative physics experiments that have won prizes from IAPT an article describing the measurement of the Poisson ratio of rubber can also be found in this issue. It is hoped that our teachers will be motivated to come out with similar experiments.

A brief report on the activities of KPA during the previous three months is presented near the end of the newsletter. Comments and feedback from the readers would be greatly appreciated. One can also find thought-provoking quotes from the distinguished astrophysicist S. Chandrasekhar between the articles.

The editors thank Mrs. Muktha B. Kagali for designing the newsletter at a short notice, free of cost.

****

ERWIN SCHRODINGER – Father of Wave Mechanics

B A Kagali
Professor of Physics (retd.)
Bangalore University

Schrodinger is one of the main creators of quantum mechanics. Schrodinger developed the wave mechanics for microsystems and introduced the new concept of the wave function. It became the second formulation of quantum mechanics. The first formulation, called matrix mechanics, was developed by Werner Heisenberg around the same time. Schrodinger wave equation is one of the most basic equations of quantum mechanics. The solutions to the Schrodinger wave equation are, in general, complex functions that can only be related to the probable occurrence of physical events. It is regarded by many as the single most important contribution to theoretical physics in the twentieth century. Schrodinger's book: "*What is Life?*' led to great progress in Biology. It is interesting to note that Richard Feynman called the Schrodinger wave equation "*the equation of life*"! Schrodinger was an unorthodox and passionate man with a deep interest in philosophy.

Early life

Schrodinger was born on August 12, 1887 in Vienna. His father Rudolf Schrodinger was a highly gifted man. After studying chemistry at the Technical College in Vienna, Rudolf Schrodinger devoted himself for years to Italian painting and later decided to study Botany. He published a series of research papers on plant phylogeny. Rudolf Schrodinger had inherited a small but profitable business manufacturing linoleum and oilcloth.

Schrodinger's mother, Georgine, was the daughter of Alexander Bauer, a chemistry professor at the Technical College in Vienna. Schrodinger described his father as a man of broad culture and a friend who also served as his teacher, giving him a good start in life.

Schrodinger was taught by a private tutor at home until he entered the Akademisches Gymnasium in 1898. He passed his matriculation examination in 1906. At the Gymnasium, Schrodinger was not only attracted to scientific disciplines but also enjoyed studying ancient grammar and German poetry. He was a good student in all subjects,but specially loved mathematics and physics. He always stood first in his class.

Higher Education

In 1906, Schrödinger joined the University of Vienna, where he mainly focused on the theoretical physics courses given by Friedrich Hasenöhrl, a student and successor of Boltzmann. Hasenöhrl delivered an extensive series of lectures on various fields of theoretical physics.

Schrodinger received his PhD in 1910. His dissertation was an experimental one. It was on humidity as a source of error in electroscopes. The actual title of the dissertation was *On the conduction of electricity on the surface of insulators in moist air*. The work was not very significant. The committee appointed for examining the work was not unanimous in recommending him for the degree!

Initial Appointments

After receiving his PhD, Schrödinger undertook his voluntary military service. Returning from military service in the autumn of 1911, he took up an appointment as an assistant in experimental physics at the University of Vienna. He was put in charge of the large practical class for freshmen. Schrödinger had no love for experimental work, but he valued the experience, feeling that it taught him, through direct observation, what measuring means. He started working in theoretical physics by applying Boltzmann-like statistical-mechanical concepts to magnetic and other properties of bodies. The results were not very significant; however, based on his work, he earned his advanced doctorate (Habilitation).

At the beginning of the First World War, Schrödinger was called up for active service and sent to the Italian border. It was at the warfront that he learned about Einstein's general theory of relativity and immediately recognized its great importance. While at the front, Schrödinger found it challenging to stay fully updated with developments in theoretical physics, but he continued his theoretical work. He even submitted a paper for publication from his position on the Italian front. In the spring of 1917, Schrödinger was transferred to Vienna, where he could resume his scientific work.

The First World War resulted in the total collapse of Austria's economy, which also ruined Schrödinger's family. He had no option but to seek a career in the wider German-speaking world of Central Europe.

Between the spring of 1920 and autumn of 1921, Schrödinger successively took up academic positions at Jena University (as an assistant to Max Wien, Wilhelm Wien's brother), Stuttgart Technical University (as an extraordinary professor), Breslau University (as an ordinary professor), and finally at the University of Zurich, where he replaced von Laue.

At Zurich University

Soon after arriving at Zurich, Schrodinger was diagnosed with suspected tuberculosis and he was sent to an alpine sanatorium in Arosa to recover. While recuperating at Arosa, Schrodinger wrote one of his most important papers, *On a Remarkable Property of the Quantized Orbits of an Electron*. At Zurich, he stayed for six years. This was the most productive and beautiful period of his professional life. He interacted with Herman Weyl and Peter Debye there. It was at Zurich that Schrodinger made his most important contributions. He first studied atomic structure and then in 1924, he took up quantum statistics.

However, the most important moment of his professional career was when he came across Louis de Broglie's work. After reading de Broglie's work Schrodinger began to think about explaining the

movement of an electron in an atom as a wave and eventually came out with a solution. He was not at all satisfied with the quantum theory of the atom developed by Niels Bohr, who was not happy with the arbitrary nature of a good many of the quantum rules. Schrodinger did not like the generally accepted dual description of atomic physics in terms of waves and particles. He eliminated the particle and replaced it with wave alone. His first step was to develop an equation for describing the movement of electrons in an atom.

Schrodinger eventually succeeded in developing his famous *wave equation*:

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t}\Psi = \hat{H}\Psi$$

His equation is very similar to classical equations developed earlier for describing many wave phenomena — sound waves, the vibrations of a string or electromagnetic waves. When applied to the hydrogen atom, the Schrodinger wave equation yielded all the results of Bohr and de Broglie. He interpreted the wave function as a measure of the spread of an electron. But this was also not acceptable. The interpretation was provided by Max Born. He stated that the wave function for a hydrogen atom represents each of its physical states and it can be used to calculate the probability of finding the electron at a certain point in space.

In 1926, Schrödinger published his revolutionary work in a series of papers. Schrödinger's wave equation provided the second theoretical explanation for the movement of electrons in an atom, the first being Werner Heisenberg's matrix mechanics. Schrödinger's approach was preferred by many physicists because it could be visualized, while Heisenberg's approach was strictly mathematical and involved such complex mathematics that it was difficult to understand. As a result, physicists appeared to be divided into two groups. However, Schrödinger soon demonstrated that the two theories were identical but expressed differently.

Professor at Berlin University

After the retirement of Max Plank from Berlin University as Professor of Theoretical Physics, three persons were short-listed for the post: Arnold Sommerfeld, Schrodinger and Max Born. Schrodinger's testimonial drawn up for the purpose beautifully summarised his academic achievements till that time. It said: ‘For some years already he has been favourably known through his versatile, vigorously powerful, and at the same time very profound style in seeking new physical problems that interested him and illuminating them through deep and original ideas, with the entire set of techniques which mathematical and physical methods at present provide. He has proved this method of working to be effective in the treatment of problems in statistical mechanics, the analysis of optical interference, and the physical theory of colour vision. Recently he has succeeded in an especially daring design through his ingenious idea for the solution of the former particle mechanics using wave mechanics in the differential equation he has set up for the wave function. Schrodinger himself has already been able to deduce many consequences from this fortunate discovery.’

Sommerfeld was the first choice and when he declined to leave Munich the offer went to Schrodinger. Even for Schrodinger, it was not easy to decide to leave Zurich. The physics students there organized a torchlight parade around the university to the courtyard of his house, where they presented him with

a petition to stay there! Schrodinger was deeply moved, but in the end, it was a personal appeal from Planck that persuaded him to accept the Berlin offer.

Before taking up the appointment at Berlin, Schrodinger travelled to Brussels to attend the Solvay physics conferences. This time the topic was electrons and photons. Schrodinger was invited to deliver one of the prestigious lectures. He took this opportunity to elaborate on his wave mechanics. His views caused considerable debate. Born and Heisenberg attacked it quite vehemently!

Schrödinger joined Berlin University on October 1, 1927, where he became a colleague of Albert Einstein. The courses he taught at Berlin University were considered the best among the science courses offered. His style of lecturing was informal; he lectured without notes, while many professors at the university practically read their lectures. His dress was also quite informal compared to other professors. At the age of forty-two, he was elected to the Berlin Academy of Science, becoming the youngest member of that esteemed body.

Schrodinger at Solvay conference

Leaving Germany

Like many other scientists, Schrodinger had to leave Germany after the Nazis seized power. The Nazis had no problems with Schrodinger but it was Schrodinger who did not like policies pursued by the Nazis. Schrodinger disgust for the Nazis was so strong that he was prepared to leave Germany. Initially, Schrodinger thought the Nazi madness would pass over within a couple of years but soon he realized that the Nazis were going to stay in power for a long time. Finally, Schrodinger left Germany for Oxford. It was possible due to the intervention of Frederick Alexander Lindemann, the head of the physics department at Oxford University and a close friend of Winston Churchill who could persuade Magdalen College, Oxford, to offer Schrodinger a Fellowship. Schrodinger's appointment at Magdalen was to be supplemented by a research appointment in industry so that his income became comparable to that of an Oxford professor.

The confirmation of his appointment was accompanied by the news that he had just been awarded Nobel Prize in physics, jointly with Paul Dirac. Schrodinger reached Oxford on November 04, 1933. Lindemann and other tried their best to make Schrodinger stay at Oxford comfortable. However, Schrodinger was not satisfied with the arrangements at Oxford.

He had received an offer of a permanent position at the Institute of Advanced Studies at Princeton during his visit there in the spring of 1934 for giving an invited lecture. However, Schrodinger did not accept the offer.

In 1935 Schrodinger’s published a three-part essay on the present situation in quantum mechanics. It was in this essay the much talked about Schrodinger cat paradox appears. This paradox was a thought

experiment, where a cat in a closed box either lived or died according to whether a quantum event occurred or not. It highlighted the shortcomings of quantum mechanics.

Back to Austria

In 1936, Schrödinger returned to his native country, Austria, to take up an appointment at the University of Graz. At the same time, he received an offer of a professorship at Allahabad University in India. While waiting for the official confirmation of his appointment at Graz, he received an offer of a professorship at Edinburgh. However, the necessary permission for permanent British residence did not arrive before the official confirmation came from Graz. He finally moved to Graz, where he was given a full professorship and also an honorary professorship at Vienna.

While working at Graz, Schrodinger was hoping that eventually, he would get an appointment in Vienna. But this did not happen. In 1938, the Nazis extended their anti-Semitic policies pursued in Germany to Austria.

Schrodinger attended the celebration of the eightieth birthday of Max Plank, where he was warmly welcomed. But he was no longer acceptable to the Nazi authorities because they did not forget the insult he caused to them by fleeing from Berlin in 1933. His so-called repentant confession was of no use. First he was dismissed from his honorary position at Vienna and then on August 26, 1938, he was also dismissed from his regular post at Graz. The reason cited for his dismissal was his 'political unreliability'. The official in Vienna, whom Schrodinger consulted, advised him to get a job in industry. They also told him that he would not be allowed to leave the country. Schrodinger immediately realized the danger of staying in Austria.

Leaving Austria

Schrodinger hurriedly left for Italy with his wife. They had no time even to take their belongings with them. They boarded the train to Rome with a few suitcases. Schrodingers were received at the station in Italy by Enrico Fermi, who also lent them some money. From Rome, Schrodinger wrote to the Irish statesman Eamon De Valera, then President of the League of Nations (predecessor of the United Nations). Schrodinger met De Valera at Geneva. De Valera offered Schrodinger a position at the Institute of Advanced Studies that he was trying to set up at Dublin. De Valera also advised Schrodinger to leave Italy at the earliest and go for Ireland or England, as according to him the war was imminent. Schrodinger accepted De Valera's offer of appointment at the proposed Institute at Dublin.

However, he did not directly proceed to Dublin. Instead, he went back to Oxford, where he received an offer of a one-year visiting professorship at the University of Ghent in Belgium. At Ghent, he wrote a significant paper on the expanding universe. After his time at Ghent, Schrödinger, along with his family, returned to Oxford. Unfortunately, Lindemann and others who had previously welcomed the Schrödingers were no longer ready to receive them again. The Schrödingers were now classed as enemy aliens.

In Dublin

But Lindemann made it possible for Schrodingers to reach Dublin in October 1939. Schrodinger adjusted well in the new environs and under his leadership the Institute of Advanced Studies of Dublin became an important centre of theoretical physics. He remained in Dublin until he retired in 1956.

At the beginning of his stay at Dublin, Schrodinger studied electromagnetic theory and relativity and began to publish on unified field theory. As we know Einstein was also working on the same problem

Princeton's Institute of Advanced Studies. In 1947 Schrodinger believed that he had a real breakthrough in his efforts toward creating unified field theory. Schrodinger was so excited about his new theory that he decided to present it to the Irish Academy without examining it critically. Schrodinger announcement was widely publicized in the media as an epoch-making discovery. However, after seeing Einstein comments Schrodinger realized his folly. He was really devastated by the episode. It was certainly a great embarrassment. After this debacle Schrodinger turned to philosophy.

His study of Greek science and philosophy is summarised in *Nature and the Greeks*, which was published in 1954. Schrodinger most important contribution at the Dublin Institute was his book called *What is Life*? This was the result of a series of lectures given at the Institute in 1943. The book was published in 1944. It is regarded as one of the most important scientific writings of the twentieth century. His book achieved an immediate and great reputation with both physicists and biologists, and ranks still today as one of the most overrated scientific writings of the twentieth century. The book influenced a good many talented young physicists particularly those who were disillusioned by the destruction caused by atom bombs in Japan and wanted no part in atomic physics. Schrodinger showed these physicists a discipline, which was free from military applications and at the same time very significant and largely unexplored. The book represented the transfer of new concepts of physics into biology. Schrodinger had a lifelong interest in Vedantic philosophy of Hinduism.

He also had deep interest in the philosophy of Schopenhauer and Spinoza. His book on *Spacetime Structure* was published by Cambridge University in 1950.

Back to Vienna again

In 1955, Schrodinger returned to Vienna. On his arrival he was treated as a celebrity. He was appointed to a special professorship at the University of Vienna. Though he retired from the university in 1958, he continued to be an emeritus professor till his death. In Vienna he wrote his last book describing his metaphysical views.

Schrodinger died on January 04, 1961 due to tuberculosis. Commenting on Schrodinger personal traits his biographer Walter Moore wrote: 'Schrodinger was a passionate man, a poetic man, and the fire of his genius would be kindled by the intellectual tension arising from the desperate situation of

the old quantum theory…It seems also that psychological stress, particularly that associated with intense love affairs, helped rather than hinder his scientific creativity.'

Erwin Schrodinger was perhaps the most complex figure in twentieth-century discussions of quantum mechanical uncertainty. In his early career, Schrodinger was a great exponent of fundamental change in the universe. He followed his teacher Franz S. Exner, who was himself a student of the great

Ludwig Boltzmann. Boltzmann used randomness in molecular collisions to derive the famous equation now called the Boltzmann evolution equation. In his vigorous debates with Neils Bohr and Werner Heisenberg, Schrodinger attacked the probabilistic Copenhagen interpretation of his wave function with a famous thought experiment now well known as Schrodinger's Cat paradox.

References:

1. Erwin Schrodinger. What is Life?: With Mind and Matter and Autobiographical Sketches. Cambridge University Press, 1992.
2. William T. Scott. Erwin Schroedinger: An Introduction to his Writings. University of Massachusetts Press. 1967.
3. Jagdish Mehra. Erwin Schroedinger and the Rise of Wave Mechanics. New York: Springer-Verlag. 1987.
9. V. V. Raman, P. Forman: Why was it Schroedinger who developed de Broglie ideas? Historical Studies in the Physical Sciences 1 (1969).
10. L. Wessels: Schroedinger route to wave mechanics. Studies in the History and Philosophy of Science. 1977.
11. H. Kragh: Erwin Schroedinger and the wave equation: the crucial phase. Centaurus. 26 (1982), 154;
12. J. Mehra and H. Rechenberg: The Historical Development of Quantum Theory. New York: Springer, vols. 1-6.
14. Walter J. Moore, Schrodinger: Life and Thought. Cambridge University Press, 1992.
16. Michel Bitbol, Schroedinger's Philosophy of Quantum Mechanics. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 1996.
17. W. L. Reiter and J. Yngvason, (eds.), Erwin Schrodinger - 50 Years After. European Mathematical Society, 20.

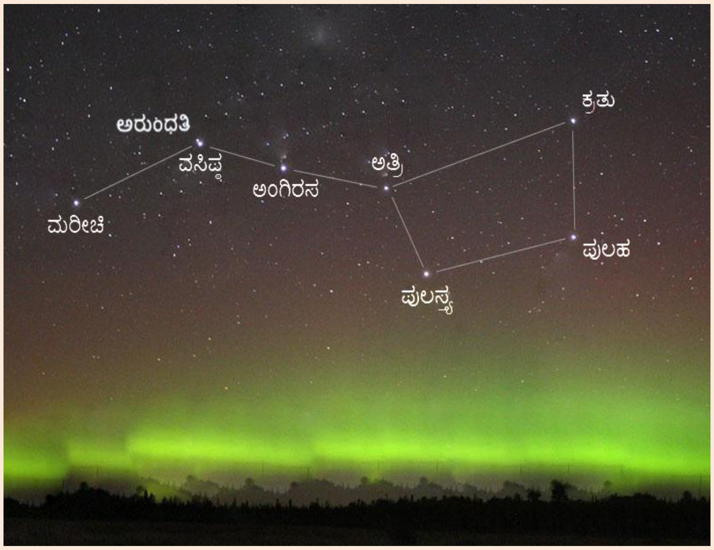
The scientist only imposes two things, namely TRUTH and SINCERITY, upon himself and other scientists

Erwin Schrodinger

ಸ್ವಜಾತಿಭಕ್ಷಕ ತಾರೆಗಳು (*Cannibalic Stars*)

ಡಾ. ಶಾರದಾ ನಾಗಭೂಷಣ

ಆಗಸದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಬಗೆಯ ತಾರೆಗಳನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಹಳದಿ ಬಣ್ಣದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಚಿಕ್ಕದಾಗಿದ್ದು ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ಪ್ರಕಾಶಿಸುತ್ತವೆ. ಕೆಂಪು ಕುಬ್ಜನಕ್ಷತ್ರಗಳು (*Red dwarfs*) ಚಿಕ್ಕದಾಗಿದ್ದು ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ಮಿನುಗುತ್ತವೆ. ನೀಲಿ ಬಣ್ಣದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಹೆಚ್ಚು ದೊಡ್ಡದಾಗಿ ಪ್ರಕಾಶಮಾನ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣತೆಯಿಂದ ಕೂಡಿದ್ದು ಅವುಗಳ ಬದುಕು ವೇಗವಾಗಿದ್ದು ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ಬದುಕಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಲು ಅತ್ಯಂತ ಜಟಿಲವಾದವು ಯುಗಳ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು (*Binary Stars*). ಇವು ಎರಡು ತಾರೆಗಳ ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಾಗಿದ್ದು ಗುರತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಗೊಳಗಾಗಿ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಅತಿ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ, ಅಲ್ಲದೆ ಅವು ತಮ್ಮಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕೇಂದ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿ ಅದರ ಸುತ್ತಲೂ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಸುತ್ತುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಉದಾಹರಣೆಯಾಗಿ ನಮ್ಮ ಹಿಂದೂ ಜ್ಯೋತಿಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲೇ ಇರುವ ವಸಿಷ್ಠ–ಅರುಂದತಿ ನಕ್ಷತ್ರ (*Mizar – Alcor*) ಚಿತ್ರ 1. ಇದು ಸಪ್ತರ್ಷಿ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿದ್ದು ಹಿಂದೂ ವಿವಾಹಗಳಲ್ಲಿ ವಧೂ–ವರರಿಗೆ ಅದನ್ನು ತೋರಿಸುವ ವಾಡಿಕೆ ಇದೆ. ಈ ಸಪ್ತರ್ಷಿ ಮಂಡಲವು ಸೂರ್ಯನಿಂದ 83 ಜ್ಯೋತಿರ್ವರ್ಷ ದೂರದಲ್ಲಿ ಇದೆ.



ಚಿತ್ರ 1. ಸಪ್ತರ್ಷಿ ಮಂಡಲ

ಆಗಸದಲ್ಲಿ ಹೊಳೆಯುವ ತಾರೆಗಳಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು ಪ್ರತಿಶತ 85 ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಯುಗಳ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಾಗಿವೆ. ಯುಗಳ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಸುತ್ತುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಕಾಲಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳಲ್ಲಿರುವ ದೊಡ್ಡ ನಕ್ಷತ್ರವು ತನ್ನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲದಿಂದ ತನ್ನ ಸಮೀಪವರ್ತಿಯಾದ ಮತ್ತೊಂದು ಚಿಕ್ಕದಾಗಿದ್ದಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಭಕ್ಷಿಸಿ ಕೆಂಪುದೈತ್ಯ(*Red gaint*)ವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ ಇದಕ್ಕೆ ಸ್ವಜಾತಿ ಭಕ್ಷಕ (Stellar Cannibals) ನಕ್ಷತಗಳೆಂದು ಕರೆಯುವರು.

ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಪ್ರಕಾರ 91 ಯುಗಳ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿ 7 ಯುಗಳ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಸ್ವಜಾತಿ ಭಕ್ಷಕ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಾಗುತ್ತವೆ. 1970ರಲ್ಲಿ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ವೀಕ್ಷಣೆಯಂತೆ ಅದರ ಒಡನಾಡಿಯಿಂದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಹೀರಿಕೊಂಡು ಕೆಂಪುದೈತ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಉದಾಹರಣೆಯಾಗಿ ಒರಿಯನ್ ನಕ್ಷತ್ರಪುಂಜದಲ್ಲಿರುವ ಭೂಮಿಗೆ 430 ಜ್ಯೋತಿರ್ವರ್ಷ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಕೆಂಪುದೈತ್ಯವಾದ ಬೀಟಲ್‌ಗೀಸ್ (*Betelgeuse*) ಅಥವಾ ಆರ್ದ್ರ ಕೆಂಪುದೈತ್ಯ ನಕ್ಷತ್ರವು ಹಿಂದೆ ತನ್ನ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿದ್ದ ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಭಕ್ಷಿಸಿದೆಯೆಂದು ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತಾವು ಕೈಗೊಂಡ ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ಸ್ವಜಾತಿ ಭಕ್ಷಕ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ವಿಧಗಳು

ಎರಡು ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಹತ್ತಿರದಲ್ಲಿದ್ದು ಅವು ಯುಗಳ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಾಗಿದ್ದರೆ ದೊಡ್ಡದಾದ ಪ್ರಧಾನ ನಕ್ಷತ್ರವು ತನ್ನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದಾಗಿ ತನ್ನ ಹತ್ತಿರದ ಎರಡನೇ ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಅನಿಲ ಮುಂತಾದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳನ್ನು ತನ್ನೊಳಗೆ ಹೀರಿಕೊಂಡು ದೈತ್ಯ ನಕ್ಷತ್ರವಾಗುತ್ತದೆ. ಮುಂದೆ ದೈತ್ಯನಕ್ಷತ್ರವು ಸಿಡಿದು ಸೂಪರ್‌ನೋವ ಆಗಿ ಸಿಡಿಯಬಹುದು ಅಥವಾ ಆ ನಕ್ಷತ್ರದಲ್ಲಿ ಸಂಚಯವಾದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯಾಗಿ ಅಗಾಧವಾದ ಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪಾದನೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಅದರ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಕ್ಷಿಪ್ರ ಬದಲಾವಣೆಯುಂಟಾಗಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರ ಅಥವಾ ಕಪ್ಪು–ರಂಧ್ರವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ 2015ರಲ್ಲಿ ಒಹಾಯೋ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು $ASASSN-15lh$ ಎಂಬ ಬೃಹತ್ ಸೂಪರ್ನೋವಾಅನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿರುವ ವರದಿಯಾಗಿದೆ. ಇದು ಸೂರ್ಯನಿಗಿಂತ 570 ಪಟ್ಟು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾಗಿದ್ದು ಒಂದು ಬೃಹತ್ ನಕ್ಷತ್ರವು ಸಮೀಪದ ಮತ್ತೊಂದು ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಭಕ್ಷಿಸಿದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಸೂಪರ್ನೋವಾ ಆಗಿ ಸಿಡಿದಿರುವುದು ಸ್ವಜಾತಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಭಕ್ಷಣೆಗೆ ಒಂದು ಒಳ್ಳೆಯ ಉದಾಹರಣೆಯಾಗಿದೆ.

ನಾರ್ತ್ ಸ್ಟಾರ್ ಅಥವಾ ಧ್ರುವ ನಕ್ಷತ್ರವು ಭೂಮಿಗೆ 521 ಜ್ಯೋತಿರ್ವರ್ಷ ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದು ಸೂರ್ಯನಿಗಿಂತ ಏಳು ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಇದು ಮಧ್ಯವಯಸ್ಸಿನ ನಕ್ಷತ್ರವಾಗಿದ್ದು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಅಸ್ಥಿರ ಯುಗಳ ನಕ್ಷತ್ರವಾಗಿದೆ. ಇತ್ತೀಚಿನ ವರದಿಯ ಪ್ರಕಾರ ಇದು ತನ್ನ ಒಡನಾಡಿ ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಭಕ್ಷಿಸುತ್ತಿರುವುದು ಇದರ ಪ್ರಕಾಶತೆಗೆ ಒಂದು ಕಾರಣವೆಂದು ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಅಭಿಪ್ರಾಯ.

ಕೆಲವು ಶ್ವೇತಕುಬ್ಜ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ತನ್ನ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿರುವ ಉಪನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲವನ್ನು ಭಕ್ಷಿಸಿ ಅದನ್ನು ಕಂದು ಕುಬ್ಜವಾಗಿ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಉದಾಹರಣೆಯಾಗಿ ಭೂಮಿಯಿಂದ 730 ಜ್ಯೋತಿರ್ವರ್ಷ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಜೆ1433 ಶ್ವೇತಕುಬ್ಜವನ್ನು ಜ್ಯುಪಿಟರ್ ಗ್ರಹದ 60ರಷ್ಟು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳ ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರವು 78 ನಿಮಿಷಕ್ಕೊಂದು ಬಾರಿ ಪ್ರದಕ್ಷಿಸುತ್ತಿತ್ತು. ಕಾಲಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಆ ಶ್ವೇತಕುಬ್ಜದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದಾಗಿ ಆ ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಪ್ರತಿಶತ 90 ಭಾಗ ಅನಿಲ ಮತ್ತು ಇತರ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳನ್ನು ತನ್ನತ್ತ ಎಳೆದುಕೊಂಡು ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಕಂದುಕುಬ್ಜವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿತು. ಇದನ್ನು ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಚಿಲಿಯಲ್ಲಿರುವ ವಿ ಎಲ್ ಟಿ ದೂರದರ್ಶಕದಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿ ದಾಖಲಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರ ಅಥವಾ ಶ್ವೇತಕುಬ್ಜಗಳು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಅವು ಹೆಚ್ಚು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರಬಹುದಾದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಅಥವಾ ಯಾವುದೇ ಗ್ರಹಗಳ ಅವಶೇಷವಾದರೂ ಸರಿಯೆ ಅವುಗಳನ್ನು ತನ್ನೆಡೆಗೆ ಆಕರ್ಷಿಸಿ ವಿಲೀನಗೊಳಿಸುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಾದ ಪಾಲ್ಮರ್ ವೀಕ್ಷಣಾಲಯದಲ್ಲಿ 3000 ಜ್ಯೋತಿರ್ವರ್ಷ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ $ZTFJ1813+4251$ ಎಂಬ ಶ್ವೇತಕುಬ್ಜ ಮತ್ತು ಅದರ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯನಂತಹ ನಕ್ಷತ್ರದ ಅವಶೇಷವು ಒಂದನ್ನೊಂದು 51 ನಿಮಿಷಗಳಿಗೊಂದು ಬಾರಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರು. ನಂತರ ಶೇತಕುಬ್ಜದ ಬಲವಾದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯು ಸಮೀಪದ ಒಡನಾಡಿ ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಜಲಜನಕ ಮತ್ತಿತರ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಭಕ್ಷಿಸಿ ಥರ್ಮೋನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಸಮ್ಮಿಳನದಿಂದ 'ನೋವ' ಸ್ಫೋಟವೇರ್ಪಟ್ಟಿರುವುದನ್ನೂ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರು. ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು 'ಎಕ್ಲಿಪ್ಸಿಂಗ್ ಬೈನರಿ'ಯಾದ್ದರಿಂದ ಆ ಸ್ಫೋಟದ ಪ್ರಕಾಶತೆಯು ನಿಯಮಿತವಾಗಿ ಮರೆಯಾಗುತ್ತಿತ್ತು.

ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳು ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಅಂತಿಮ ಘಟ್ಟದ ಒಂದು ಬಗೆಯಾಗಿದೆ. ಮೊದಲು ನಕ್ಷತ್ರದಲ್ಲಿನ ಜಲಜನಕವು ದಹಿಸಿ ಹೀಲಿಯಂ ಆಗಿ ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ಉಷ್ಣತೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯು ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ನಂತರ ಹೀಲಿಯಂನ

ದಹನ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಲಿಥಿಯಂ, ಬೆರಿಲಿಯಂ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗಿ ಪರಮಾಣು ಸಮ್ಮಿಳನ ಮುಂದುವರೆದು ಕಡೆಯಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರವು ಹೆಚ್ಚು ಸಾಂದ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಕಬ್ಬಿಣ ಮುಂತಾದ ಭಾರವಾದ ಲೋಹಗಳಿಂದ ತುಂಬಿಹೋಗುತ್ತದೆ. ನಂತರ ಪರಮಾಣು ಸಮ್ಮಿಳನಕ್ರಿಯೆ ನಿಂತುಹೋಗಿ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯು ಮೇಲುಗೈ ಆಗಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿನ ಮೂಲಧಾತುಗಳೆಲ್ಲವೂ ಒಳಮುಖವಾಗಿ ಕುಸಿಯುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಕುಸಿದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಈ ಅತಿ ಸಾಂದ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಆಕಾಶ ಕಾಯಗಳು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರ ಅಥವಾ ಮೂಲ ನಕ್ಷತ್ರವು ದೊಡ್ಡದಿದ್ದಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರವಾಗಿ ಹೊರಹೊಮ್ಮುತ್ತದೆ. ಎರಡು ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರಗಳು ವಿಲೀನವಾಗುವುದು ಸ್ವಜಾತಿ ಭಕ್ಷತೆಯ ಕರಾಳ ಭೂತಕಾಲವನ್ನು ಬಹಿರಂಗಪಡಿಸಬಹುದು ಎಂದು ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅಭಿಪ್ರಾಯಪಡುತ್ತಾರೆ.

ಕೆಲವು ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ತನ್ನದೇ ಮಂಡಲದ ಸುತ್ತಲಿನ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಭಕ್ಷಿಸುವುದನ್ನು ಹಬಲ್ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ದೂರದರ್ಶಕವು ಮೊದಲು ವೀಕ್ಷಿಸಿ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಸೆರೆಹಿಡಿದಿದೆ. ಹೀಗೆ ತನ್ನದೇ ಗ್ರಹವನ್ನು ನುಂಗುವುದು ಪ್ರಕೃತಿಯ ವಿಚಿತ್ರವೇ ಸರಿ. ಭೂಮಿಗೆ 86 ಜ್ಯೋತಿರ್ವರ್ಷ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯನಂತಹ ನಕ್ಷತ್ರವು ಕಾಲಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣು ಇಂಧನವನ್ನು ಪೂರೈಸಿದನಂತರ $G238-44$ ಎಂಬ ಶ್ವೇತಕುಬ್ಜವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದೆ. ಇದರ ಅಗಾಧ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದಾಗಿ ತನ್ನ ಸುತ್ತ ಇದ್ದ ಎಲ್ಲಾ ಗ್ರಹಗಳನ್ನೂ ಭಕ್ಷಿಸಿರುವುದು ಹಬಲ್ ಅಂತರಿಕ್ಷ ದೂರದರ್ಶಕದಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಸೂಪರ್ನೋವಾ ಸಿಡಿತವಾದನಂತರ ಅದರ ಮಧ್ಯದ ಅವಶೇಷವು ಕುಸಿದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರ ಅಥವಾ ಕಪ್ಪು ಕುಳಿ ಅಥವಾ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರವಾಗುತ್ತದೆ. ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ 1.4ರಿಂದ 2.9 ಪಟ್ಟು ಇದ್ದಲ್ಲಿ ಅದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರವಾಗಿ ಸುಮಾರು 20 ಕಿ ಮೀ ಮಾತ್ರ ವ್ಯಾಸವಿರುತ್ತದೆ. ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ 3 ಅಥವಾ 3ಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಇದ್ದಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರವಾಗುತ್ತದೆ. ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಈ ಸ್ವಜಾತಿ ಭಕ್ಷಣೆಯ ಮೌಲ್ಯಯುತ ಒಳನೋಟವು ವಿಶ್ವದ ಬದಲಾವಣೆಯಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸುತ್ತದೆ.

ಸ್ವಜಾತಿ ಭಕ್ಷಕ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವ ವಿಧಾನ

ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಹಿಗ್ಗಿ ಕೆಂಪು ದೈತ್ಯವಾದರೆ ಅದರ ತಿರುಗುವ ವೇಗವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಬೀಟಲ್‌ಗೀಸ್ ಅಥವಾ ಆರ್ದ್ರಾ ನಕ್ಷತ್ರವು ಓರಿಯನ್ ನಕ್ಷತ್ರಪುಂಜದ ಬಾಹುವಿನಲ್ಲಿದೆ. ಇದು ಭೂಮಿಯಿಂದ 430 ಜ್ಯೋತಿರ್ವರ್ಷ ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದು ಈಗಾಗಲೇ ತನ್ನ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿದ್ದ ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಭಕ್ಷಿಸಿರುವ ತಾರೆಯಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಇದರ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗವು $(Angular\ momentum)$ ನಕ್ಷತ್ರವು ವಿಕಾಸವಾದ ವೇಳೆಗಿಂತ 150 ಪಟ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದೆಯೆಂದು ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದ ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಇದು ಮುಂದಿನ 1 ಲಕ್ಷ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವಾಗಬೇಕಾದರೂ ಸೂಪರ್‌ನೋವಾ ಆಗಿ ಸಿಡಿಯುವ ಎಲ್ಲಾ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳಿವೆಯೆಂದು ಅಭಿಪ್ರಾಯಪಟ್ಟಿದ್ದಾರೆ.

ಬಿಪಿ ಫೀಸಿಯಂ $(BPPiscium)$

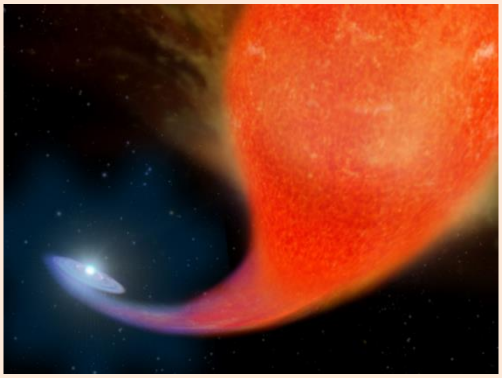
ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬರಿಗಣ್ಣಿಗೆ ಅಥವಾ ದೂರದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಮೋಡಗಳಂತೆ ಕಾಣುವ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ವಿಲಕ್ಷಣವಾಗಿದ್ದು ಅನೇಕವು ಕಾಲಕ್ರಮೇಣ ವಿವಿಧ ಗಾತ್ರದವುಗಳಾಗಿ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ ಶ್ವೇತ ಕುಬ್ಜ ಅಥವಾ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಾಗಿವೆ. ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯನಂತಹ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಮತ್ತು ದೊಡ್ಡ ಕೆಂಪು ದೈತ್ಯಗಳನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡಿವೆ. ಹೆಚ್ಚು ಸಾಂದ್ರತೆಯುಳ್ಳ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಹೆಚ್ಚಿನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ತಮ್ಮ ಸಮೀಪವರ್ತಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸಿ ಅಕ್ಷರಶಃ ತಿಂದುಹಾಕುತ್ತವೆ. ಕೆಲವುಬಾರಿ ಸಮೀಪವರ್ತಿಯನ್ನು ತಿಂದುಹಾಕಿ ಮೇಲಂಗಿಯಂತಿರುವ ಖಾಲಿ ಅನಿಲ

ಪದರವನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಹೋಗಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಯಾಗಿ ಪೀಸೀಸ್ (ಮೀನ) ನಕ್ಷತ್ರಪುಂಜದಲ್ಲಿರುವ ಬಿಪಿ ಫೀಸಿಯಂ (*BPPiscium*) ಎಂಬ ವಿಚಿತ್ರ ನಕ್ಷತ್ರವು ಬಣ್ಣದಲ್ಲಿ ಕೆಂಪಾಗಿದ್ದು ಸಮಭಾಜಕದಲ್ಲಿ ಧೂಳು ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಉಂಗುರವು ಅದನ್ನು ಸುತ್ತುತ್ತಿದೆ. ವಿಚಿತ್ರವೆಂದರೆ ಇದು ತನ್ನ ಉತ್ತರ ಮತ್ತು ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರಂಜಿಯಂತೆ ಅನಿಲವನ್ನು ಉಗುಳುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರು. ಮೊದಲ ವೀಕ್ಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಇದು ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯನಂತಹ ನಕ್ಷತ್ರವಾಗಿದ್ದು ಗ್ರಹಗಳೊಡನೆ ವಿಕಾಸವಾಗುತ್ತಿರುವಂತೆ ಕಂಡರೂ, ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ದೂರದರ್ಶಕದ ವೀಕ್ಷಣೆಯಿಂದ ಇದರಲ್ಲಿ ಜಲಜನಕವು ಹೀಲಿಯಂಗಿಂತ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಇದೆಯೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂತು. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಇದು ಬಹುಪಾಲು ಹೀಲಿಯಮ್‌ನಿಂದ ಹಿಗ್ಗಿ ಕೆಂಪುದೈತ್ಯವಾಗಿ, ಅವಗೆಂಪು ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಹೊರಸೂಸಿ ಮಂದ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಆಗಸದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶಿಸಿತ್ತಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ. 2010ರಲ್ಲಿ ಚಂದ್ರ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ದೂರದರ್ಶಕದಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ 1000 ಜ್ಯೋತಿರ್ವರ್ಷ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಈ ಬಿಪಿ ಫೀಸಿಯಂ ಯುವ ನಕ್ಷತ್ರವಾಗಿರದೆ, ಒಂದು ಶತಕೋಟಿಯಷ್ಟು ಹಳೆಯ ನಕ್ಷತ್ರವಾಗಿದ್ದು ಕೆಂಪು ದೈತ್ಯವಾಗಿದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಇದು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಈ ಹಿಂದೆ ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯನಂತಹ ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಆಹಾರವಾಗಿ ಭಕ್ಷಿಸಿ ಈ ರೂಪವನ್ನು ತಾಳಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ.

ಇತ್ತಿಚೆಗೆ ಅವಗೆಂಪು ದೂರದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ವಿಕ್ಷಿಸಿದಾಗ ತಿಳಿದ ವಿಷಯವೆಂದರೆ ಈ ಬಿಪಿ ಫೀಸಿಯಂ ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಹೊರಬಂದ ಧೂಳು ಅನಿಲಗಳಿಂದ ಒಂದು ಅತಿದೊಡ್ಡ ಗ್ರಹ ಮತ್ತು ಒಂದು ಧೂಮಕೇತುಗಳ ಸಮೂಹವೇ ರೂಪಿತವಾಗುತ್ತಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ. ಈ ವೀಕ್ಷಣೆಯನ್ನು ಸ್ಪಿಟ್ಸರ್ ಸ್ಪೇಸ್ ದೂರದರ್ಶಕವೂ ದೃಢಪಡಿಸಿದೆ. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಈ ನಕ್ಷತ್ರವು ಒಂದು ವಿಚಿತ್ರ ಆಕಾಶಕಾಯವಾಗಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಹಂತದಲ್ಲೂ ಅನೇಕ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯತೆಯನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ.

ಕೆಐಸಿ9832227

ಇದು ಒಂದು ವೈಲ್ಡ್ ಯುಗಳ ನಕ್ಷತ್ರ ಸಮೂಹವಾಗಿದ್ದು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಸುತ್ತುತ್ತಿವೆ. ಇವು ಬೇರೆ ಯುಗಳ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಂತೆ ಒಂದನ್ನೊಂದು ದೂರದಲ್ಲಿಲ್ಲದೆ, ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸೇರಿಕೊಂಡಂತೆ ಇವೆ. ಇವುಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಸುತ್ತುವಾಗ 11 ಗಂಟೆಗೆ ಒಂದು ಬಾರಿಯಂತೆ ಒಂದರ ಮುಂದೆ ಒಂದು ಬಂದು ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಿರುವವರಿಗೆ ಹಿಂದೆ ಇರುವ ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶತೆಯನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಕಣ್ಣಾಮುಚ್ಚಾಲೆ ಆಟದಂತೆ ಒಂದನ್ನೊಂದು 11 ಗಂಟೆಗೆ ಒಂದುಬಾರಿಯಂತೆ ಗ್ರಹಣ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇವು ತಮ್ಮ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ಹಂಚಿಕೊಂಡು ಬದುಕುತ್ತಿವೆ. ಕಾಲಕ್ರಮೇಣದಲ್ಲಿ ಇವು ಒಂದನ್ನೊಂದು ವಿಲೀನಗೊಂಡು ಒಂದೇ ನಕ್ಷತ್ರವಾಗಿ ಆಗಸದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಕೆಂಪುದೈತ್ಯನಕ್ಷತ್ರವಾಗುವ ಎಲ್ಲಾ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳಿವೆ.



ಚಿತ್ರ 2 ವಿ1309ಸ್ಕಾರ್ಪಿ(*V1309Scorpi*)

ಇದಕ್ಕೆ ಸಾಕ್ಷಿಯಾಗಿ 2008ರಲ್ಲಿ ವೃಶ್ಚಿಕ ನಕ್ಷತ್ರಪುಂಜ (*Scorpio*)ದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಯುಗಳನಕ್ಷತ್ರ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು. ಇದು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಪ್ರದಕ್ಷಿಸುತ್ತಾ 1.4 ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬಾರಿಯಂತೆ ಸುತ್ತುತ್ತಿದ್ದವು. ಈ ಕಾಲವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಾ ಏಕಾಏಕಿ ಸ್ಫೋಟಕ್ಕೊಳಗಾಗಿ 10000 ಪಟ್ಟು ಪ್ರಕಾಶಕ್ಕೊಳಗಾಯಿತು. ತಕ್ಷಣವೇ ಅದು ಒಂದನ್ನೊಂದು ವಿಲೀನಗೊಂಡು ಒಂದು ಹೊಸ ನಕ್ಷತ್ರವಾಯಿತು. ಈ ಅಪರೂಪದ ನೋಟವೇ ಮಾನವನ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸಿದ ಮೊದಲ

ವಿಲೀನವಾದ ನಕ್ಷತ್ರವಾಗಿದೆ. ಈ ನೋಟವು ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಮೊದಲು ವೀಕ್ಷಿಸಿದ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಂಪರ್ಕದಲ್ಲಿರುವ ಯುಗಳನಕ್ಷತ್ರಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಆ ತಾರೆಗಳ ವಿಲೀನದಲ್ಲಿ ಅಂತ್ಯಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆಯೆಂದು ನಿರ್ಣಾಯಕ ಪುರಾವೆಯು ದೊರಕಿದಂತಾಯಿತು. ಈ ವಿಲೀನಗೊಂಡು ಒಂಟಿಯಾದ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ 'ಕೆಂಪು ನೋವಾ' ಆಗಿ ಸ್ಕಾರ್ಪಿಯೋ ನಕ್ಷತ್ರಪುಂಜದಲ್ಲಿ 'ಸ್ಕಾರ್ಪಿ' ಎಂಬ ಹೆಸರಿನಿಂದ ಹೊಳೆಯುತ್ತಿದೆ (ಚಿತ್ರ 2).

ಕ್ವಾರ್ಕ್ ಗೀತೆ

ಖಿನ್ನನಾಗಿದ್ದ ಯುವಕನಿಗೆ ಕ್ವಾರ್ಕು ಹೇಳಿತು :

ಚಿಂತೆ ಬಿಡು ಗೆಲುವಾಗು ಗೆಳೆಯ
ಬದುಕಿನ ಸಹಜವು ಅಪ್ಪು ಡೌನು
ಎಷ್ಟೋ ಸಲ ಅನಿಸುವುದು ಜೀವನ ಸ್ಟ್ರೇಂಜು
ಏನೇ ಬರಲಿ ಎದುರಿಸು, ಎಲ್ಲದೊರಳಿದೆ ಚಾರ್ಮು
ಅರಿತು ನೋಡಲು ತಿಳಿವೆ ಜೀವನದಲಿದೆ ಬ್ಯೂಟಿ
ಕುರಿತು ಧ್ಯಾನಿಸಲು ಕಾಂಬುವೆ ನಿಜ ಟ್ರೂತು
ಇದ ಸಾಧಿಸಿ ನೀ ಪಡೆ ಸದಾ ಆನಂದವ ಗೆಳೆಯ

– ಸಂಪಿಗೆ ತೋಂಟದಾರ್ಯ.

ಕ್ವಾರ್ಕುಗಳ ಫ್ಲೇವರ್ ಗಳ ನೆನೆಪಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲು ಈ ಗೀತೆ ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿದೆ)

The eclipse photo that made Albert Einstein famous

Dr. Rudraswamy.B
Professor (formerly), Department of PhysicsBangalore University

What is gravity? Two famous scientists, Newton and Einstein did research on how gravity works. Newton was the foremost of them. What Newton is explaining about gravity is that all things in the universe have mass. There will always be an attraction between two objects, or every mass attracts every other mass. The gravitational force between two object varies according to the product of their masses and inversely as the square of the distance between them. That is, an object with a greater mass appears to pull a lighter mass to its side. The greater the distance between two masses, lesser the gravitational force between them. This is what, Newton concluded about gravity.

Everything happened just as Newton said for a long time. The earth orbits the sun, the moon orbits earth and the universe itself was believed to work according to Newton's gravity. This was accepted by everyone who was there then because it fits perfectly according to physics. But here come two major confusions : If the sun's gravity is so strong, why didn't earth smash into it?. The distance between sun and earth is about 150 million kilometre, will there be a force for such a long distance?. If I kick a ball, there is a contact between me and the ball. So, there is a physical contact that makes the ball move. But what lies between the sun and the earth is a great distance. That being the case, scientists were gradually confused about the kind of force that caused the binding between these two objects.

This is where Einstein joins! According to him, gravity is not a force. Then, why does it happen, if there is no gravity? What is making it happen, then?. Which mysterious thing causes it?. But his explanation for it, though not understood by any one at that time , was understood a few years later, and that discovery elevated him to an important scientist in the world. So, what was his discovery? Let's see how that works! Our universe looks like it is empty, but in reality, it is not empty. The whole universe is like a fabric sheet. That sheet combining with 4th dimension -'time' becomes 'space-time'. He says curvature in space –time is responsible for gravity. Let's take a fabric mat as an example and make a fat man sit in the middle of it and make thin man sit on the edge of the mat. Now we can see that the mat bends inside where the fat man is, so the thin man is automatically pulled towards the fat man. The fat man neither exerts any force nor touches him, still the thin man is drawn towards him. Here the curved fabric mat acts as gravity which is applicable even for the entire universe. As the sun bends space-time, the earth is attracted towards it. The mass tells the space-time how to curve and space-time tells the mass how to move. Now, it is easy to tell how Einstein came to realize this! He found out this truth through several thought experiments. Then the mathematical equations also confirmed it.

One day, Einstein was sitting in his office where a man cleaning the window of a building close by. He started thinking what would happen, if that person fell down. While it seems strange to us to hear this, Einstein describes it as the 'happiest thought in my life'. Let's look at the things that crossed his mind. Let's lock the man who is falling from the top of the building inside a lift. Now he won't feel any force, as there is no reference point. He can't realize if he falls down or floats in space. The free

all without any reference point is like floating in space. In both the cases, he wouldn't feel any gravitational force. So, space weightlessness is equal to free fall on earth.

Let's move to the next step!

Now, I am floating in space inside the lift and there's a ball floating with me. A motor engine has been fitted onto the bottom of my lift and I started the engine to accelerate the lift to move upwards at the rate of 9.8 m/s^2 which is 1G , the acceleration due to gravity of earth. Now what happens is that myself and floating ball

will fall down on to the floor of the lift. I feel the same amount of gravity inside the accelerating lift as that on earth . Whatever can be done with the help of gravity on earth can also be done in this accelerating lift. I don't feel any difference, whether in space or on earth. So, free fall on earth is equal to free movement in space. Gravity on earth is equal to 9.8 m/s^2 acceleration in space. That is to say, acceleration causes gravity.

Now , I am in space inside the lift and I turn off the engine and lift is made to float steadily in one place . What will happen, if I throw the ball in straight line ? It goes in a straight line. What if I , being standing on the floor, throw the ball in an accelerating lift , the ball will go in a curved path and hit on the floor. So far, everything is going well! Now I switched from the ball to a light beam. How it will go, if I torch the light in accelerating lift ? Does that mean, light itself will able to bend ? Can light be bent even though it has no mass? Einstein says it will bend, yes, it is possible, if there is something called space-time curvature , as he claims. How do we find it ? The lift that is accelerating at just 9.8 m/s^2 doesn't have enough opportunity to bend light. Now, I change the acceleration from 9.8 to 98 m/s^2 . According to Einstein's predictions, the bending of light in acceleration lift at 98 m/s^2 is very small, equal to the size of the electron (2x10^{-10}cm). If we increase gravity or acceleration more and more, light can bend more and more. Well, how do we prove this ?.The sun has the strongest gravity when it comes to our nearby things. Its gravity is 28 times stronger than earth, because its mass is 330,000 bigger. If we calculate what will happen in that gravity, this gravity will bend the light to 1.75 arc second, which is very small. In 1915, Einstein published this in his general theory of relativity with equations; every one was confused when they saw this theory. What is this? What he is trying to say? No one understood it at that time.

Then four years later in 1919, Arthur Eddington, a great astronomer from England decided to set up an experiment to test the general theory of relativity of Einstein. They needed to confirm the actual positions of stars with the photograph of the same stars during the total solar eclipse. If Einstein's general theory of relativity is correct, the star behind the sun during a solar eclipse should be visible to us somewhere else because the light should bend due to gravitation and be visible to our eyes, If the apparent position of the stars during eclipse is shifted from the actual position, it would prove that starlight was bent by sun's gravity. Erdington was waiting for a total solar eclipse because the sun's brightness makes it hard to see nearby stars. When the day of the solar eclipse came, his team started taking pictures. To their surprise, the star showed up in the photos in the apparent position. Gravity had bent the light itself because space-time had been bent. Of course, light always travels straight and just because its path is curved, it bends. So the shortest path of light can be a curved one. It was only after this space-time evidence was demonstrated; that Einstein was celebrated as the greatest scientist. This thought experiment is not a simple one; It is the greatest thought in human history. This simply explained not only the gravity but also showed showed the world, how the entire universe works. This is called the "General theory of relativity". That is what "space-time curvature" is.

Photographs taken during the solar eclipse
May 29, 1919

How AI and ML Will Affect Physics

Sankar Das Sarma
Distinguished Professor of Physics, University of Maryland, USA

The more physicists use artificial intelligence (AI) and machine learning (ML), the more important it becomes for them to understand why the technology works and when it fails. The advent of ChatGPT, Bard, and other large language models (LLMs) has naturally excited everybody, including the entire physics community. There are many evolving questions for physicists about LLMs in particular and AI in general. What do these stupendous developments in large-data technology mean for physics? How can they be incorporated into physics? What will be the role of ML itself in the process of physics discovery?

Before I explore the implications of those questions, I should point out there is no doubt that AI and ML will become integral parts of physics research and education. Even so, similar to the role of AI in human society, we do not know how this new and rapidly evolving technology will affect physics in the long run, just as our predecessors did not know how transistors or computers would affect physics when the technologies were being developed in the early 1950s. What we do know is that the impact of AI/ML on physics will be profound and ever-evolving as the technology develops.

The impact is already being felt. Just a cursory search of Physical Review journals for "machine learning" in articles' titles, abstracts, or both returned 1,456 hits since 2015 and only 64 for the entire period from Physical Review's debut in 1893 to 2014! The second derivative of ML usage in articles is also increasing. The same search yielded 310 Physical Review articles in 2022 with ML in the title, abstract, or both; in the first six months of 2023, there are already 189 such publications.

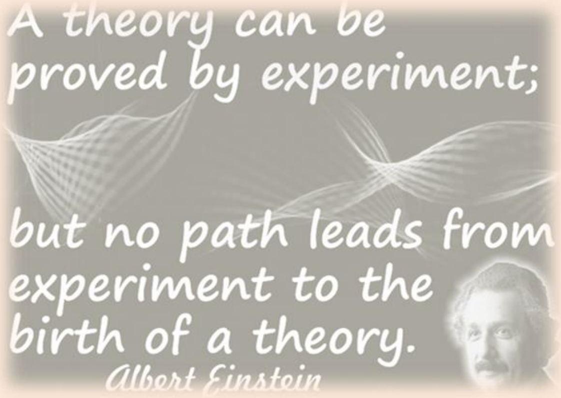
ML is already being used extensively in physics, which is unsurprising since physics deals with data that are often very large, as is the case in some high-energy physics and astrophysics experiments. In fact, physicists have been using some forms of ML for a long time, even before the term ML became popular. Neural networks—the fundamental pillars of AI—also have a long history in theoretical physics, as is apparent from the fact that the term "neural networks" appears in hundreds of Physical Review articles' titles and abstracts since its first usage in 1985 in the context of models for understanding spin glasses. The AI/ML use of neural networks is quite different from the way neural networks appear in spin glass models, but the basic idea of representing a complex system using neural networks is shared by both cases. ML and neural networks have been woven into the fabric of physics going back 40 years or more.

What has changed is the availability of very large computer clusters with huge computing power, which enable ML to be applied practically to many physical systems. For my field, condensed-matter physics, these advances mean that ML is being increasingly used to analyze large datasets involving materials properties and predictions. In these complex situations, the use of AI/ML will become a routine tool for every professional physicist, just like vector calculus, differential geometry, and group theory. Indeed, the use of AI/ML will

soon become so widespread that we simply will not remember why it was ever a big deal. At that point, this opinion piece of mine will look a bit naive, much like pontifications in the 1940s about using computers for doing physics.

But what about deeper usage of AI/ML in physics beyond using it as an everyday tool? Can they help us solve deep problems of great significance? Could physicists, for example, have used AI/ML to come up with the Bardeen-Cooper-Schrieffer theory of superconductivity in 1950 if they had been available? Can AI/ML revolutionize doing theoretical physics by finding ideas and concepts such as the general theory of relativity or the Schrödinger equation? Most physicists I talk to firmly believe that this would be impossible. Mathematicians feel this way too. I do not know of any mathematician who believes that AI/ML can prove, say, Riemann's hypothesis or Goldbach's conjecture. I, on the other hand, am not so sure. All ideas are somehow deeply rooted in accumulated knowledge, and I am unwilling to assert that I already know what AI/ML won't ever be able to do. After all, I remember the time when there was a widespread feeling that AI could never beat the great champions of the complex game of Go. A scholarly example is the ability of DeepMind's AlphaFold to predict what structure a protein's string of amino acids will adopt, a feat that was thought impossible 20 years ago.

This brings me to my final point. Doing physics using AI/ML is happening, and it will become routine soon. But what about understanding the effectiveness of AI/ML and of LLMs in particular? If we think of an LLM as a complex system that suddenly becomes extremely predictive after it has trained on a huge amount of data, the natural question for a physicist to ask is what is the nature of that shift? Is it a true dynamical phase transition that occurs at some threshold training point? Or is it just the routine consequence of interpolations among known data, which just work empirically, sometimes even when extrapolated? The latter, which is what most professional statisticians seem to believe, involves no deep principle. But the former involves what could be called the physics of AI/ML and constitutes in my mind the most important intellectual question: Why does AI/ML work and when does it fail? Is there a phase transition at some threshold where the AI/ML algorithm simply predicts everything correctly? Or is the algorithm just some huge interpolation, which works because the amount of data being interpolated is so gigantic that most questions simply fall within its regime of validity? As physicists, we should not just be passive users of AI/ML but also dig into these questions. To paraphrase a famous quote from a former US president, we should not only ask what AI/ML can do for us (a lot actually), but also what we can do for AI/ML.



How Lasers Could Solve the World's Plastic Problem

A team of researchers has created a laser technique to break down tough plastics into valuable components, offering a new, sustainable approach to tackling global plastic pollution.

A global research team, led by Texas Engineers, has developed a laser-based method to decompose the molecules in plastics and other materials into their fundamental components for future reuse. The discovery, which involves laying these materials on top of two-dimensional materials called transition metal dichalcogenides and then lighting them up, has the potential to improve how we dispose of plastics that are nearly impossible to break down with today's technologies.

"By harnessing these unique reactions, we can explore new pathways for transforming environmental pollutants into valuable, reusable chemicals, contributing to the development of a more sustainable and circular economy," said Yuebing Zheng, professor in the Cockrell School of Engineering's Walker Department of Mechanical Engineering and one of the leaders on the project. "This discovery has significant implications for addressing environmental challenges and advancing the field of green chemistry."

The research was recently published in *Nature Communications*. The team includes researchers from the University of California, Berkeley; Tohoku University in Japan; Lawrence Berkeley National Laboratory; Baylor University; and The Pennsylvania State University.

Tackling Plastic Pollution

Plastic pollution has become a global environmental crisis, with millions of tons of plastic waste accumulating in landfills and oceans each year. Conventional methods of plastic degradation are often energy-intensive, environmentally harmful, and ineffective. The researchers envision using this new discovery to develop efficient plastic recycling technologies to reduce pollution.

The researchers used low-power light to break the chemical bonding of the plastics and create new chemical bonds that turned the materials into luminescent carbon dots. Carbon-based nanomaterials are in high demand because of their many capabilities, and these dots could potentially be used as memory storage devices in next-generation computer devices.

"It's exciting to potentially take plastic that on its own may never break down and turn it into something useful for many different industries," said Jingang Li, a postdoctoral student at the University of California, Berkeley, who started the research at UT.

Potential for Broader Applications

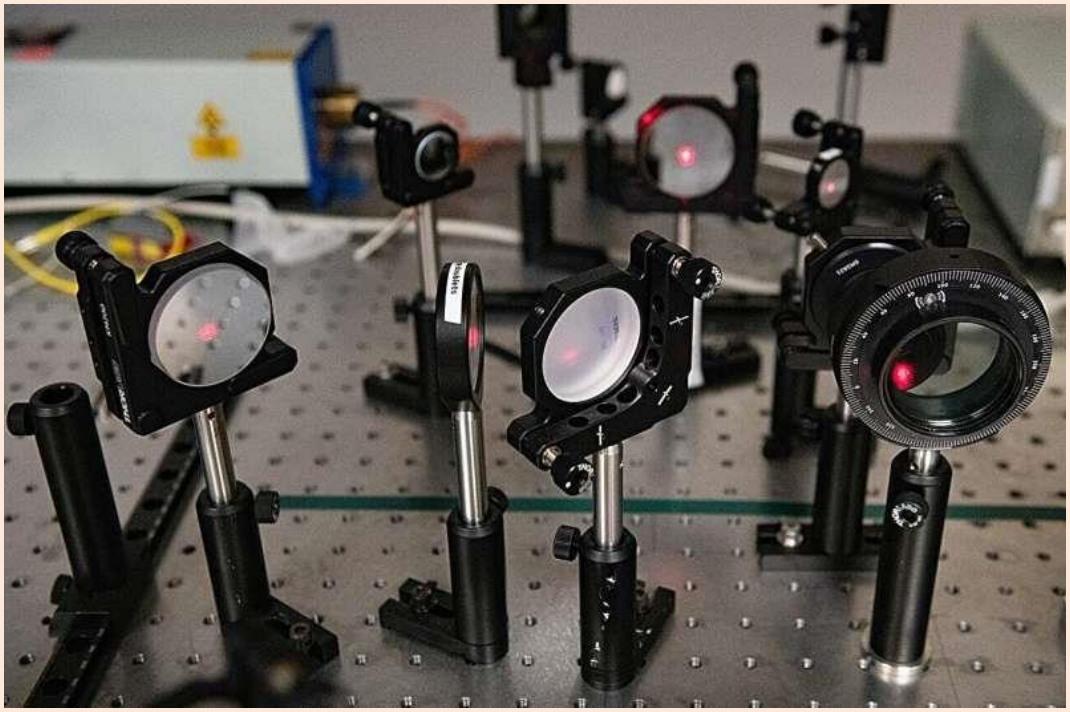
The specific reaction is called C-H activation, where carbon-hydrogen bonds in an organic molecule are selectively broken and transformed into a new chemical bond. In this research, the two-

dimensional materials catalyzed this reaction that led to hydrogen molecules morphing into gas. That cleared the way for carbon molecules to bond with each other to form the information-storing dots.

Further research and development are needed to optimize the light-driven C-H activation process and scale it up for industrial applications. However, this study represents a significant step forward in the quest for sustainable solutions to plastic waste management.

The light-driven C-H activation process demonstrated in this study can be applied to many long-chain organic compounds, including polyethylene and surfactants commonly used in nanomaterials systems.

Reference: "Light-driven C–H activation mediated by 2D transition metal dichalcogenides" by Jingang Li, Di Zhang, Zhongyuan Guo, Zhihan Chen, Xi Jiang, Jonathan M. Larson, Haoyue Zhu, Tianyi Zhang, Yuqian Gu, Brian W. Blankenship, Min Chen, Zilong Wu, Suichu Huang, Robert Kostecki, Andrew M. Minor, Costas P. Grigoropoulos, Deji Akinwande, Mauricio Terrones, Joan M. Redwing, Hao Li and Yuebing Zheng, 2 July 2024, *Nature Communications*. DOI: 10.1038/s41467-024-49783-z



A series of mirrors and prisms deflect lasers and focus them to perform the precise task of breaking down plastic materials into their fundamental components, facilitating their transformation into valuable, reusable chemicals.

ಪರಿಸರ ಮತ್ತು ಜಾಗತಿಕ ತಾಪಮಾನ

ಮೂರ್ತಿ ಎಲ್. ಸಿ. ಎಸ್

ಲಕ್ಕಾಸಂದ್ರಗ್ರಾಮ, ನೆಲಮಂಗಲ ತಾಲೂಕು,ಬೆಂಗಳೂರು ಗ್ರಾಮಾಂತರ ಜಿಲ್ಲೆ,,

ಇಂದು ಜಗತ್ತು ತನ್ನ ಪರಿಸರ ಸಮತೋಲನವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತಿದೆ, ಸಂಪೂರ್ಣ ಸ್ವಾರ್ಥದಿಂದ, ಭೂಮಿ ತಾಯಿಯ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲು ಪೆಟ್ರೋಲಿಯಂ ಕಬ್ಬಿಣದಂತಹ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳನ್ನು ಕಸಿದುಕೊಳ್ಳುತ್ತಿದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ನಾವು ಭೂಕಂಪಗಳು, ಆಹಾರ ಮತ್ತು ಇತರ ವಿನಾಶಕಾರಿ ನೈಸರ್ಗಿಕ ವಿಕೋಪಗಳನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಪ್ರಕೃತಿಯನ್ನು ಗೆಲ್ಲುವ ಅಥವಾ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಬಗ್ಗೆ ಮಾತನಾಡುವ ಹಕ್ಕಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ವೈದಿಕ ಋಷಿಗಳ ಸಲಹೆಗೆ ವ್ಯತಿರಿಕ್ತವಾಗಿ, ಮನುಷ್ಯನು ಭೂಮಿಯನ್ನು ದುರ್ಬಳಕೆ ಮಾಡಿ ಹಾಳುಮಾಡಿದ್ದಾನೆ, ವಿಷಕಾರಿ ಮತ್ತು ವಿಷಕಾರಿ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡುವ ಮೂಲಕ ಗಾಳಿ ಮತ್ತು ನೀರನ್ನು ಮಾಲಿನ್ಯಗೊಳಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಎಲ್ಲಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ತನ್ನ ಅಪವಿತ್ರ ಪದಗಳು ಮತ್ತು ನಕಾರಾತ್ಮಕ ಆಲೋಚನೆಗಳಿಂದ ಜಾಗವನ್ನು ಹಾಳುಮಾಡಿದ್ದಾನೆ. ಕಾರಣ ಪದಗಳು ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ ಸಾಧನಗಳಾಗಿವೆ. ಅವು ಪರ್ವತಗಳನ್ನೂ ಸಹ ಚಲಿಸಬಲ್ಲವು. ನಿಸರ್ಗದ ಮೇಲೆ ಪಾಂಡಿತ್ಯವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವ ಅಥವಾ ವೈಯಕ್ತಿಕ ಉನ್ನತಿಗಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ವಿಫಲಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಮಾರಣಾಂತಿಕ ಪರಿಣಾಮದೊಂದಿಗೆ ಮನುಷ್ಯನ ಮೇಲೆ ಹಿಮ್ಮೆಟ್ಟುವುದು ನಿಶ್ಚಿತ. ಓಝೋನ್ ಪದರ, ಜಾಗತಿಕ ತಾಪಮಾನ ಏರಿಕೆ, ಹಿಮ್ಮೆಟ್ಟುತ್ತಿರುವ ಹಿಮನದಿಗಳು ಮತ್ತು ಕುಗ್ಗುತ್ತಿರುವ ನದಿಗಳು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣಗಳಿವೆ.

ಪ್ರಕೃತಿ ಮನುಷ್ಯನ ಆಸೆಗಳನ್ನು ಪೊರಹಿಸಲು ಮಾತ್ರ ಇದೆ ಆದರೆ ಅವರ ದುರಾಸೆಯನಲ್ಲ. ಇಂದು ಮನುಷ್ಯ ಪ್ರಕೃತಿ ಯನ್ನು ಆಕ್ರಮಿ ಸಿ ಕೊಳ್ಳ ಲು ಹೊರಟಿದ್ದಾನೆ. ಈ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ಮತ್ತು ಹವಾಮಾನ ಬದಲಾವಣೆಯಿಂದಾಗಿ ಭಯಾನಕ ಭೂಕಂಪ ದಿಂದ ಅನೇಕ ಸುನಾಮಿಗಳು ಸಂಭವಿಸಿ ಹಿಂದೆಂದೂ ಕೇಳರಿಯದ ಬರಗಾಲ ಉಂಟಾಗಿ ಎಲ್ಲರೂ ಜಲಸಮಾಧಿ ಯಾಗಬಹುದು ಎಂದು ಚಿಂತಕರ ಚಾವಡಿಯಲ್ಲಿ ಜಾಗ್ರತೆಗೊಳಿ ಸಿದ್ದಾರೆ.

ಮೇಲಾಗಿ ಪರಿಸರದ ಮುಂದೆ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಕೊಡುಗೆ ಶೂನ್ಯ ವೆಂದು ಶ್ರೀ ಮಾತ ಅಮೃತಾನಂದಮಯಿ(ಅಮ್ಮ) ಹೇಳಿದ್ದಾರೆ. ಹಾಗಾಗಿ ಸಂಶೋಧಕರಿಗೆ ಅಚ್ಚರಿಯ ಸಂಗತಿಗಳನ್ನು ಅನ್ವೇಷಣೆ ಮಾಡುವು ದರಲ್ಲಿ ಯೇ ಅಭಿರುಚಿ. ಹೊಸದೇಶಗಳ ಶೋಧನೆ, ಸಾಹಸ ಜೀವನದ ಅಪಾಯಗಳು ಇಂಥ ವು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ರೋಮಾಂಚಕ ವೆನಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ತಾ ಪಮಾನ ತಡೆಯುವುದು ಹೇಗೆ ಎಂಬುವುದರ ಬಗ್ಗೆ ಸಂಶೋಧಕ ರಲ್ಲಿ ಉತ್ತರವಿಲ್ಲ. ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಕೊಡುವ ಮಹತ್ವವನ್ನು ಪ್ರಕೃತಿ ಸಂಸ್ಕೃತಿ ಮತ್ತು ಜೀವಿಗಳಿಗೂ ಕೊಡಬೇಕಿದೆ. ಮಾನವನಿರ್ಮಿತ ವಿದಿನಿಯಮಗಳಾದ ಸಂವಿದಾನ ,ಶಾಸಕಾಂಗ,ನ್ಯಾಯಾಂಗ ಗಳಿಗೆ ಕೊಡುವ ಹೊಣೆಗಾರಿಕೆಯನ್ನು ಪ್ರಕೃತಿ ನಿಯ ಮಗಳಾದ ಸಮಾನತೆ (ಎಲ್ಲಾ ಜೀವಿಗಳಲ್ಲೂ ಇರುವವನು ಒಂದೇ ದೈವ), ಐಕ್ಯತೆ (ಮಾತು ಮನಸು ಮತ್ತು ಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಬಹಳಷ್ಟು ಹೊಂದಾಣಿಕೆ) ಕ್ಯಾತಿ (ತ್ಯಾಗ) ಮತ್ತು ನಿಸ್ವಾರ್ಥ ತೆಯನ್ನು ಪಾಲಿಸಬೇಕು.

ತಾಪಮಾನ ಏರಿಕೆ ಯ ಸಮಸ್ಯೆ ಮತ್ತು ನಿರ್ವಹಣೆ ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನ ಆಸೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂದ ಪಟ್ಟ ದ್ದಾಗಿದ್ದು, ಪ್ರಪಂಚದ, ಸುಮಾರು ಎಂಟು ನೂರು ಕೋಟಿ, ಜನರ ಹೊಣೆಗಾರಿಕೆಯಾಗಿರುವಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಎರಡನೇ ಮಾತಿಲ್ಲ.

ಪರಿಸರ ಸಂರಕ್ಷಣೆ ಹೋರಾಟಕ್ಕೆ 'ಹಕ್ಕಿನಬಲ ' ವಿ ದ್ದು ಸಂವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಭಾರತೀಯರಿಗೆ ದತ್ತವಾದ / ಕೊಡುಗೆಯಾಗಿ ಬದುಕುವ ಹಕ್ಕು ಹಾಗೂ ಸಮಾನತೆಯ ಹಕ್ಕಿನ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಹವಾಮಾನ ಬದಲಾವಣೆ ವಿರುದ್ದದ ಹಕ್ಕು (ಏ. ಐ.ಆರ್. 1970 SCP2042; ಅನುಚೇ ದ 51(ಎ)1976) ಕೂಡ ಸೇರಿದೆ.

ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳು [Exoplanets]

ಡಾ. ಟಿ. ಶಿವಲಿಂಗಸ್ವಾಮಿ
ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರು, ಸ್ನಾತಕೋತ್ತರ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಭಾಗ
ಮಹಾರಾಣಿ ಮಹಿಳಾ ವಿಜ್ಞಾನ ಕಾಲೇಜು(ಸ್ವಾಯತ್ತ)

ಡಾ. ಬಿ.ಎ. ಕಾಗಲಿ
ಕರ್ನಾಟಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಸಂಘ, ಬೆಂಗಳೂರು.
ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರು(ನಿ), ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ

ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿನ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ನಿಹಾರಿಕೆ ಅಥವಾ ಜ್ಯೋತಿರ್ಮೇಘಗಳೆಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಭಾರಿಪ್ರಮಾಣದ ಅನಿಲಮೇಘಗಳಿಂದ ಸೃಷ್ಟಿಯಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಅನಿಲಮೇಘಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಗುರುತ್ವ ಸೆಳೆತ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ತಾಪಮಾನ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಮುಂದೆ ಉಷ್ಣಪರಮಾಣು ಸಂಯೋಜನಾ ಕ್ರಿಯೆಗೆ (Thermonuclear fusion reaction) ಕಾರಣವಾಗಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಜನ್ಮತಾಳುತ್ತವೆ. ನಕ್ಷತ್ರದ ಸುತ್ತಲಿನ ಉಳಿಕೆ ಧೂಳು ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳು ಅದರ ಸುತ್ತಲೂ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಲು ನಿರ್ಣಾಯಕವಾಗುತ್ತವೆ. ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಸುತ್ತಲಿನ ಧೂಳು ಕಾರ್ಬನ್ ಮತ್ತು ಕಬ್ಬಿಣದಂತಹ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ, ಇದು ಗ್ರಹಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ರೂಪಿಸಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಧೂಳಿನ ಕಣಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಆಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಧೂಳಿನ ಸಣ್ಣ ಗುಂಪುಗಳು ನಿರ್ಮಾಣವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಮುಂದುವರಿದು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಲಭ್ಯತೆಗನುಗುಣವಾಗಿ ನಕ್ಷತ್ರವೊಂದರ ಸುತ್ತ ಹಲವು ಗ್ರಹಗಳು ಮತ್ತಿತರ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳು ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ನಕ್ಷತ್ರವು ಈ ರೀತಿ ಸೃಷ್ಟಿಗೊಂಡ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ತನ್ನ ಗುರುತ್ವ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಬಂಧಿಸಿಡುತ್ತದೆ. ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಒಂದು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚಿನ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರಬಹುದು. ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಹಲವು ಕುಬ್ಜ ಗ್ರಹಗಳು, ಕ್ಷುದ್ರಗ್ರಹಗಳು, ನೈಸರ್ಗಿಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳು, ಉಲ್ಕೆಗಳು ಮತ್ತು ಧೂಮಕೇತುಗಳೂ ಸಹ ಸೇರಿರಬಹುದು. ಭೂಮಿ ಸೇರಿದಂತೆ ಸೂರ್ಯ ಮತ್ತು ಅದರ ಸದಸ್ಯ ಗ್ರಹಗಳ ಒಟ್ಟಾರೆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸೌರವ್ಯೂಹ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಲಕ್ಷಾಂತರ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಒಟ್ಟಾರೆ ಸೇರಿ ಗೆಲಾಕ್ಸಿಯೊಂದು ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ನಮ್ಮ ಗೆಲಾಕ್ಸಿಯಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು ಇನ್ನೂರು ಶತಕೋಟಿ(Two hundred billion) ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿವೆಯೆಂದು ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕವಾಗಿ ಊಹಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇಂತಹ ಗೆಲಾಕ್ಸಿಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ನಮ್ಮ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂರು ಶತಕೋಟಿಯಷ್ಟು ಇರಬಹುದೆಂದು ಅಂದಾಜಿಸಲಾಗಿದೆ. ಸೂರ್ಯ ನಮ್ಮ ಗೆಲಾಕ್ಸಿಯಲ್ಲಿನ ಸಾಧಾರಣ ನಕ್ಷತ್ರವಾಗಿದ್ದು, ಬುಧ, ಶುಕ್ರ, ಭೂಮಿ, ಮಂಗಳ ಗುರು, ಶನಿ, ಯುರೇನಸ್ ಮತ್ತು ನೆಪ್ಚೂನ್‌ಗಳೆಂಬ ಎಂಟು ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಸೂರ್ಯನನ್ನು ಹೊರತುಪಡಿಸಿ, ಅನ್ಯತಾರೆಗಳ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತು ಹಾಕುತ್ತಿರುವ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳು(Exoplanets or extra solar planets) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ.

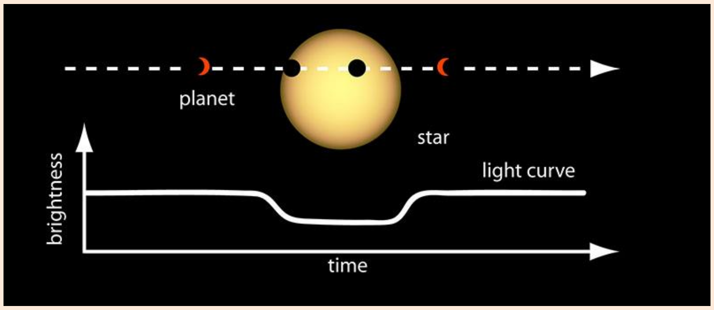
1996 ರಲ್ಲಿ ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡರ್ ವೋಲ್ಸಕ್ಜಾನ್ ಮತ್ತು ಡೇಲ್ ಫ್ರೈಲ್ (Alexsander Wolszczan and Dale Frail) ಎಂಬ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮೊದಲ ಬಾರಿಗೆ ಪಲ್ಸಾರ್(Pulsar) ತಾರೆಯೊಂದನ್ನು ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಎರಡು ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಕನ್ಯಾರಾಶಿಯಲ್ಲಿ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಿದರು. ಡಿಡಿಯರ್ ಕ್ವಿಲಾಜ್ ಮತ್ತು ಮಿಷೆಲ್ ಮೇಯರ್ (Didier Queloz and Michel Mayor) ಎಂಬ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮೊದಲ ಬಾರಿಗೆ ಸೂರ್ಯನಂತಹ ತಾರೆಯೊಂದನ್ನು ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಗ್ರಹವನ್ನು 1995 ರಲ್ಲಿ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಿದರು. 1999 ರಲ್ಲಿ ಡೇವಿಡ್ ಛಾರ್ಬೊನ್ನ್ಯು ಮತ್ತು ಗ್ರೆಗ್ ಹೆನ್ರಿ (David Charbonneau and Greg Henry)ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪೆಗಾಸಸ್ ನಕ್ಷತ್ರಪುಂಜದಲ್ಲಿನ HD 209458 ನಕ್ಷತ್ರದ ಸುತ್ತ ಬಾಹ್ಯಗ್ರಹದ ಸಂಕ್ರಮಣವನ್ನು ಮೊದಲ ಬಾರಿಗೆ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರು. ಈ ಪ್ರಯೋಗ ಬಾಹ್ಯಗ್ರಹವೊಂದರ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿನ ಅನಿಲಗಳ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚುವಿಕೆಗೆ ನಾಂದಿಯಾಯಿತು. ಸೂರ್ಯನಿಗೆ

ಸಮೀಪದ ನಕ್ಷತ್ರವಾದ ಪ್ರಾಕ್ಸಿಮಾ ಸೆಂಟಾರಿಯಲ್ಲಿ (Proxima Centarus) 2006 ರಲ್ಲಿ ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹವೊಂದನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಲಾಗಿದ್ದು ಅದಕ್ಕೆ ಪ್ರಾಕ್ಸಿಮಾ ಸೆಂಟಾರಿ-ಬಿ ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಲಾಗಿದೆ 2001 ರಲ್ಲಿ ಜಿನಿವಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಜೀವವಲಯದಲ್ಲಿರಬಹುದಾದ (Habitable zone), ಗುರುಗ್ರಹಕ್ಕಿಂತ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಲ್ಲಿ ಆರು ಪಟ್ಟು ದೊಡ್ಡದಾದ ಬಾಹ್ಯಗ್ರಹವೊಂದನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದ್ದು, ಇದಕ್ಕೆ HD 28185b ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಲಾಗಿದೆ.

ಸೂರ್ಯನಿಂದ 40 ಜ್ಯೋತಿರ್ವರ್ಷದ ದೂರದಲ್ಲಿನ ಟ್ರಾಪಿಸ್ಟ್-1 (TRAPPIST-1) ಎಂಬ ನಕ್ಷತ್ರದ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಏಳು ಬಾಹ್ಯಗ್ರಹಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು 2007 ರಲ್ಲಿ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಿರುವುದಾಗಿ ಅಮೇರಿಕಾದ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಸಂಸ್ಥೆ ನಾಸಾ ಘೋಷಿಸಿದ್ದು, ಇದರ ಬಗ್ಗೆ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಮುಂದುವರೆದಿದೆ.ಇದುವರೆಗೂ ಸುಮಾರು ನಾಲ್ಕು ಸಾವಿರದಷ್ಟು ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಗುರುತಿಸಿ ಹೆಸರಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವುದು ಸುಲಭದ ಕೆಲಸವಲ್ಲ. ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಬೆಳಕಿನ ಭಾಗಶಃ ಬೆಳಕನ್ನು ಮಾತ್ರ ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಹಾಗೂ ಭೂಮಿಯಿಂದ ನೂರಾರು ಜ್ಯೋತಿರ್ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಗುರುತಿಸುವುದು ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವಾದರೂ ಅತ್ಯಾಧುನಿಕ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ಇತ್ತೀಚಿನ ಬೃಹತ್ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವುದರಿಂದ ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಮೊದಲಿಗೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಗ್ರಹ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನೇ ಹೋಲುವ ತಾರಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು ವಿಶ್ವದ ಅನೇಕ ಕಡೆ ಇರಬಹುದೆಂಬ ಊಹೆಯಿತ್ತಾದರೂ, ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಿಂದ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಗ್ರಹ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಈ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ವಿಭಿನ್ನ ಮಾತ್ರವಲ್ಲ ವಿಶೇಷವೂ ಹೌದು ಅನ್ನಿಸತೊಡಗಿದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹವೂ ಸೌರಮಂಡಲದ ಗ್ರಹಗಳಿಗಿಂತ ಭಿನ್ನವಾಗಿವೆ. 1992 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಪ್ರಥಮವಾಗಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ತಾರೆಯೊಂದರ ಸುತ್ತ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲ್ಪಟ್ಟ ಎರಡು ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳು ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೇ ವಿಸ್ಮಯವಾಗಿವೆ. ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ತಾರೆಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವುದು ದೈತ್ಯ ನಕ್ಷತ್ರವೊಂದು ಮಹಾನವ್ಯವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗಿ ಸ್ಫೋಟಗೊಂಡ ನಂತರ. ಆದರೆ 1992 ರಲ್ಲಿ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲ್ಪಟ್ಟ ಎರಡು ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳು ಇಂತಹ ಮಹಾಸ್ಫೋಟದ ಕ್ಷೋಭೆಯನ್ನು ಮೆಟ್ಟಿ ನಿಂತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ತಾರೆಯೊಂದಿಗೆ ಗುರುತ್ವ ಬಂಧವನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದಾದರೂ ಹೇಗೆ ಎಂಬುದೇ ಕೌತುಕವಾಗಿದೆ.

ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಹಲವು ವಿಧಾನಗಳು ಚಾಲ್ತಿಯಲ್ಲಿವೆಯಾದರೂ ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಮೂರು ಮುಖ್ಯ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.



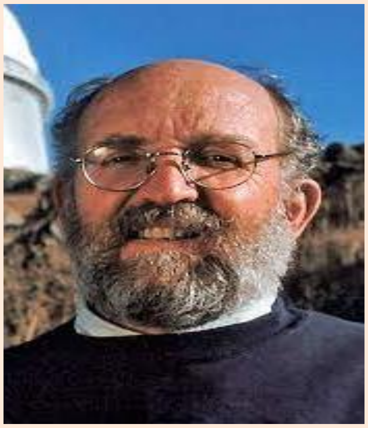
ಚಿತ್ರ-1: ಸಂಕ್ರಮಣ ವಿಧಾನದಿಂದ ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವಿಕೆ

ವಿಧಾನ-1: ಗ್ರಹಗಳ ಸಂಕ್ರಮಣ

ಗ್ರಹವೊಂದು ದೂರದರ್ಶಕ ಮತ್ತು ನಕ್ಷತ್ರದ ನಡುವೆ ಬಂದಾಗ, ಆ ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಕಾಣಸಿಗುವ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಮಾಣವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹಾಗೂ ಸಂಕ್ರಮಣದ ಅವಧಿಯನ್ನು [Transitory Period] ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಹಾಕಿ ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವ ಹಾಗೂ ಅವುಗಳ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಊಹಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ವಿಧಾನ-2: ತಾರೆಗಳ ಓಲಾಟ

ತಾರೆಯೊಂದರ ಗುರುತ್ವ ಬಲದಿಂದ ದೈತ್ಯ ಗ್ರಹವೊಂದು ಬಂಧಿಯಾಗಿದ್ದರೆ, ಗ್ರಹದ ಅಗಾಧ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಿಂದಾಗಿ ತಾರೆಯು ಓಲಾಡಿದಂತೆ [Wobbling of Star] ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ತಾರೆ ಮತ್ತು ದೈತ್ಯ ಗ್ರಹವು ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಸಾಮಾನ್ಯ ಬಿಂದುವಿನ ಸುತ್ತ (Center of mass) ಸುತ್ತುವುದೇ ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ. ಈ ಬಿಂದುವು ನಕ್ಷತ್ರದ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿರದ ಕಾರಣ ನಕ್ಷತ್ರವು ನಡುಗುತ್ತಿರುವಂತೆ ಅಥವಾ ಓಲಾಡುತ್ತಿರುವಂತೆ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಕೆಲವೊಂದು ಸೌರವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಓಲಾಟವು ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚೇ ಇದ್ದು, ನಕ್ಷತ್ರವು ಸಣ್ಣ ಅಂಡಾಕಾರದ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ (Elliptical orbit) ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವಂತೆ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ನಕ್ಷತ್ರದ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಡಾಪ್ಲರ್ ಪರಿಣಾಮದಿಂದಾಗಿ ಆವರ್ತ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಹಾಗೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ದಕ್ಷತೆಯ ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲು ಸಾಧ್ಯ. ಚಿಲಿ ದೇಶದ ಲಾ ಸಿಲ್ಲಾದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಬೃಹತ್ ದೂರದರ್ಶಕವು ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ರೋಹಿತದಲ್ಲಾಗುವ ಇಂತಹ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. 1995 ರಲ್ಲಿ ಮಿಶೆಲ್ ಮೇಯರ್ [Michel Mayor] , ಡಿಡಿಯರ್ ಕ್ವಿಲಾಜ್ [Didier Queloz] ಮತ್ತು ಅವರ ತಂಡ ಎಫ್ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಸೇರಿದ ಪೆಗಸಿ-೫೧ ಎಂಬ ನಕ್ಷತ್ರದ ಓಲಾಟದಿಂದ ಗುರುಗ್ರಹಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳ ದೈತ್ಯ ಗ್ರಹವೊಂದನ್ನು ಅದರ ಸನಿಹದಲ್ಲಿ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಿದರು. ಈ ಸಾಧನೆಗೆ ಡಿಡಿಯರ್ ಕ್ವಿಲಾಜ್ [Didier Queloz], ಮಿಶೆಲ್ ಮೇಯರ್ [Michel Mayor] ರವರಿಗೆ ೨೦೧೯ ನೇ ಇಸವಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ನೊಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕ ಲಭಿಸಿದೆ. ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನದ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಮಂಡಿಸಿದ ಅಮೇರಿಕಾದ ಜೇಮ್ಸ್ ಪೀಬಲ್ಸ್ [James Peebles] ರವರಿಗೂ ಅದೇ ವರ್ಷ ನೊಬೆಲ್ ಬಹುಮಾನ ಹಂಚಿಕೆಯಾಯಿತು.

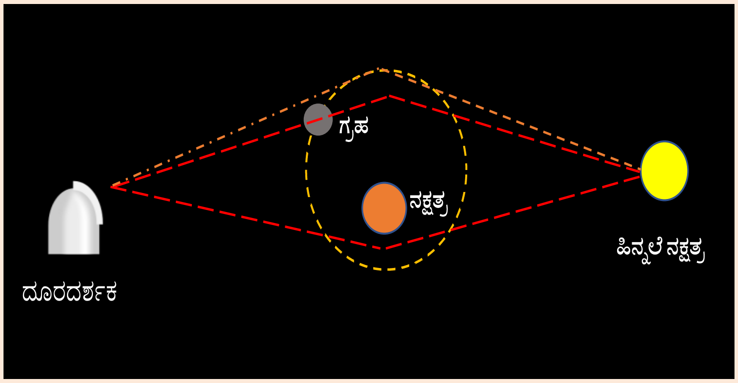


ಚಿತ್ರ-2: 2009 ನೇ ಇಸವಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ನೊಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕ ವಿಜೇತರು- ಡಿಡಿಯರ್ ಕ್ವಿಲಾಜ್, ಮಿಶೆಲ್ ಮೇಯರ್ ಮತ್ತು ಜೇಮ್ಸ್ ಪೀಬಲ್ಸ್ .

ವಿಧಾನ-3: ಬೆಳಕಿನ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಬಾಗುವಿಕೆ

ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದನ್ವಯ ಹೆಚ್ಚಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಆಕಾಶಕಾಯವು ದೇಶ-ಕಾಲದಲ್ಲಿ [Space-Time] ವಕ್ರತೆಯನ್ನುಂಟು ಮಾಡುತ್ತದೆ ಹಾಗೂ ಈ ವಕ್ರತೆಯೇ ಗುರುತ್ವವೆಂದು ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸಲಾಗಿದೆ. ವಕ್ರತೆಯು ಹೆಚ್ಚಿದೆಯೆಂದರೆ, ಅದನ್ನುಂಟುಮಾಡಿದ ಕಾಯದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಹಾಗೂ ಅದರ ಗುರುತ್ವವು ಹೆಚ್ಚಿದೆಯೆಂದು ಅರ್ಥ.

ಬೆಳಕು ಇಂತಹ ವಕ್ರ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಬಾಗುತ್ತದೆ. ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ಈ ಬಾಗುವಿಕೆಯ ಪ್ರಮಾಣವು ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿದ್ದು ಕೆಲವು ಅತ್ಯಾಧುನಿಕ ದೂರದರ್ಶಕಗಳಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ಈ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಬಾಗುವಿಕೆಯನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಿ ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲಾಗುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ-3: ಗುರುತ್ವದಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ಬಾಗುವಿಕೆ

ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯನ್ನು ಹೋಲುವ ಹಾಗೂ ತಾರೆಗಳಿಂದ ಜೀವದ ಆವಾಸಕ್ಕೆ ಹಿತಕರವಾದ ಅಂತರದಲ್ಲಿರುವ ಗ್ರಹಗಳ ಪತ್ತೆ ಮತ್ತು ಭೂಮಿಯನ್ನು ಹೊರತುಪಡಿಸಿ ಅನ್ಯ ಹಾಗೂ ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿನ ಜೀವದ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಸಾಧ್ಯತೆ ಕುರಿತಾದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಅವಿರತವಾಗಿ ನಡೆಯುತ್ತಿವೆ. ಸೂರ್ಯನ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಪ್ರಖರತೆಯ ಹಲವು ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿ, ಜೈವಿಕ ವಲಯದಷ್ಟು ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿ ಗಾತ್ರದ ಗ್ರಹಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವ ಕಂಡುಬಂದಿದ್ದು ಇಂತಹ ಗ್ರಹಗಳ ಅಧ್ಯಯನ ಅನ್ಯಗ್ರಹ ಜೀವಿಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಕುತೂಹಲವನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿಸಿವೆ.

ಹೆಚ್ಚಿನ ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳು ಪತ್ತೆಯಾದಂತೆ, ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನಾಸಕ್ತಿಯೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತಿದೆ. ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಜೀವಂತ ಸಸ್ಯಗಳು ಮತ್ತು ಅನೇಕ ರೀತಿಯ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಣು ಜೀವಿಗಳ ದ್ಯುತಿಸಂಶ್ಲೇಷಣೆಯ ಪರಿಣಾಮದಿಂದ(Photosynthesis) ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪ್ರಮಾಣ ಹೆಚ್ಚಿದೆಯೆಂದು ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ದೃಢಪಡಿಸಿವೆ. ಸೌರಮಂಡಲದ ಹೊರಗಿನ ಪ್ರಪಂಚಗಳಲ್ಲಿ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪತ್ತೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಪ್ರಮಾಣ ಹಾಗು ಜೀವಜಲದ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಜೀವದ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಸೂಚನೆಯಾಗಿ ಬಳಸಬಹುದು. ಆದರೂ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ಜೈವಿಕವಲ್ಲದ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಉತ್ಪಾದಿಸಬಹುದು. ಇದಲ್ಲದೆ, ಒಂದು ಸಂಭಾವ್ಯ ವಾಸಯೋಗ್ಯ ಗ್ರಹವು ದೂರದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರವಾದ ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಸುತ್ತಬೇಕು. ಇಲ್ಲವಾದಲ್ಲಿ ದ್ರವರೂಪದ ನೀರಿನ ಸ್ಥಿರತೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಅಂತಹ ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಜೀವದ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನೂ ಅಲ್ಲಗಳೆಯುವಂತಿಲ್ಲ.

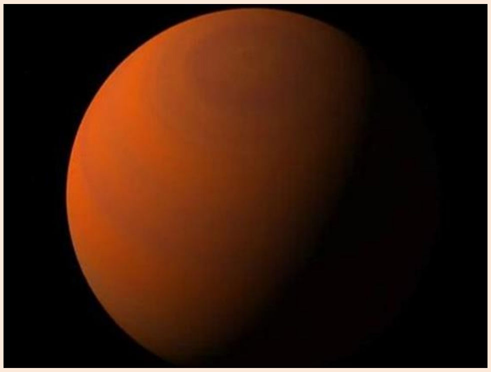
ಏಪ್ರಿಲ್ ಇಪ್ಪತ್ನಾಲ್ಕು, 1990 ರಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವದ ಸೃಷ್ಟಿ ರಹಸ್ಯಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಹಾರಿಬಿಟ್ಟ ನಾಸಾದ ಹಬಲ್ ದೂರದರ್ಶಕ ಕಳೆದ ಮೂರು ದಶಕಗಳಿಂದ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಅಧ್ಯಯನದಲ್ಲಿ ನಿರತವಾಗಿದ್ದು, ಇದರ ಕಾಲಘಟ್ಟ ಅಂತಿಮ ಹಂತ ತಲುಪಿದೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಹಬಲ್ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಡಿಸೆಂಬರ್ ೨೫, ೨೦೨೧ ರಂದು ನಭಕ್ಕೆ ಚಿಮ್ಮಲ್ಪಟ್ಟ ಜೇಮ್ಸ್ ವೆಬ್ ಸ್ಪೇಸ್ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪ್(James Webb Space Telescope) ತುಂಬಲಿದೆ.

ಚಿತ್ರ-4: ಜೇಮ್ಸ್ ವೆಬ್ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ದೂರದರ್ಶಕ

ಆಧುನಿಕ ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರದ ಅತ್ಯಂತ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ದೂರದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರ ಎಂದೇ ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗಿರುವ ನಾಸಾದ ಜೇಮ್ಸ್ ವೆಬ್ ಸ್ಪೇಸ್ ಟೆಲಿಸ್ಕೋಪ್, ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದ ಅನೇಕ ಅಚ್ಚರಿಗಳಿಗೆ ಕನ್ನಡಿ ಹಿಡಿಯುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿದೆ. ನಾಸಾದ ಈ

ಶಕ್ತಿಶಾಲಿ ದೂರದರ್ಶಕವು ಭೂಮಿಗೆ ಕಳುಹಿಸಿದ ಮಾಹಿತಿ ಮತ್ತು ಹಲವು ಚಿತ್ರಗಳು ಹಲವು ಅಚ್ಚರಿಯ ಸಂಗತಿಗಳನ್ನು ಬೆಳಕಿಗೆ ತರುತ್ತಿವೆ. ಈ ದೂರದರ್ಶಕ ಜುಲೈ 12, 2022 ರಂದು ಭೂಮಿಗೆ ಒಂದಿಷ್ಟು ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಕಳುಹಿಸಿದ್ದು, ಆ ಚಿತ್ರಗಳು ಹಲವು ಅಚ್ಚರಿಯ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ನೀಡುತ್ತಿವೆ.

ಭೂಮಿಯಿಂದ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಸಾವಿರ ಜ್ಯೋತಿರ್ವರ್ಷ(ಬೆಳಕು ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 3 ಲಕ್ಷ ಕಿಲೋಮೀಟರ್ ವೇಗದಲ್ಲಿ) ದೂರದಲ್ಲಿ ಗ್ರಹವೊಂದಿದ್ದು, ಆ ಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ನೀರಿರುವ ಸುಳಿವನ್ನು ಜೇಮ್ಸ್ ವೆಬ್ ಸ್ಪೇಸ್ ದೂರದರ್ಶಕದಲ್ಲಿನ ಅವಗೆಂಪು ಸಮೀಪ ಸಂವೇದಿ ಯಂತ್ರವು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಿದೆ. ಈ ಬಾಹ್ಯಗ್ರಹಕ್ಕೆ WASP 96-b ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದೊಂದು ದೊಡ್ಡ ಗಾತ್ರದ ಅನಿಲ ಗ್ರಹವಾಗಿದ್ದು ಇದರ ಆಳದ ವಾತಾವರಣದ ಉಷ್ಣತೆಯು ಸುಮಾರು 725 ಡಿಗ್ರಿ ಸೆಲ್ಷಿಯಸ್ ಇರಬಹುದೆಂದು ಅಂದಾಜಿಸಲಾಗಿದ್ದು ಜೀವಗಳ ಆವಾಸನಕ್ಕೆ ಯೋಗ್ಯವಾದುದ್ದಲ್ಲ ಎಂದು ನಾಸಾ ತಿಳಿಸಿದೆ.

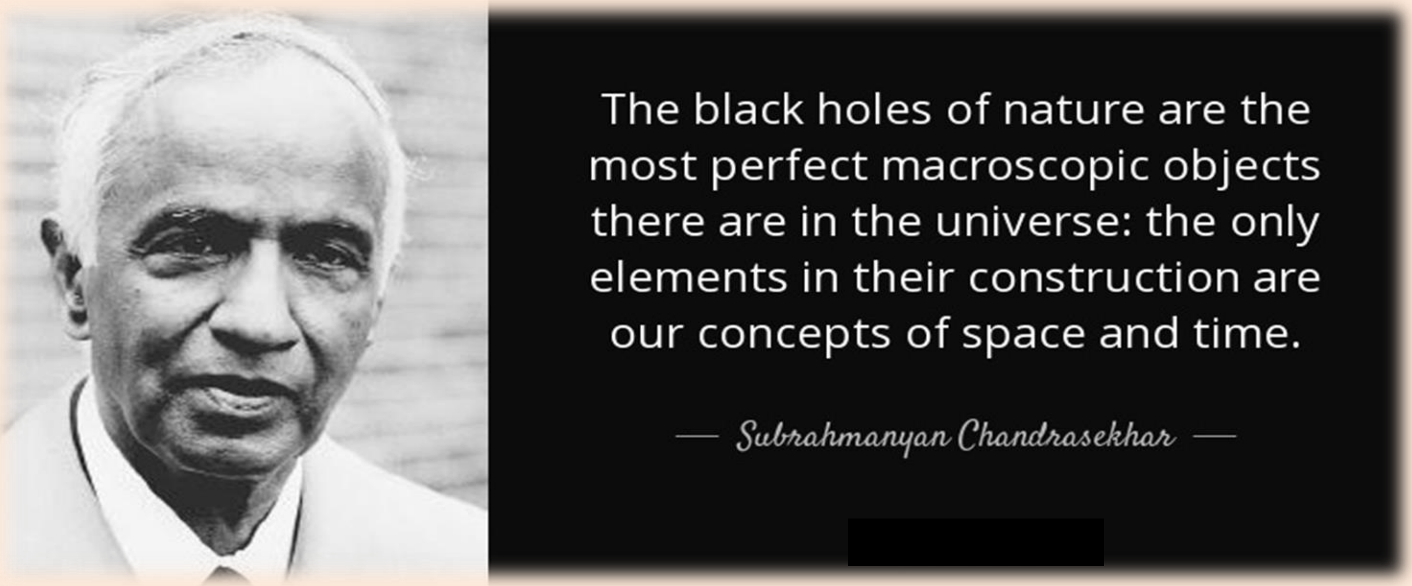


ಚಿತ್ರ-5: WASP 96-b ಬಾಹ್ಯಗ್ರಹ

ಮುಂದಿನ ಇಪ್ಪತ್ತು ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಜೇಮ್ಸ್ ವೆಬ್ ಸ್ಪೇಸ್ ದೂರದರ್ಶಕಕ್ಕಿಂತ ಹತ್ತು ಹಲವು ಪಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಶಾಲಿಯಾದ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನು ನಭಕ್ಕೆ ಹಾರಿಬಿಡಲು ಯೂರೋಪಿಯನ್ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಸಂಸ್ಥೆ ಮತ್ತು ನಾಸಾ ಜಂಟಿಯಾಗಿ ಯೋಜನೆಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಿವೆ. ಈ ಯೋಜನೆಗಳು ಸಾಕಾರಗೊಂಡಲ್ಲಿ ಇನ್ನಷ್ಟು ಬಾಹ್ಯ ಗ್ರಹಗಳು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಬಗೆಗಿನ ನಮ್ಮ ತಿಳುವಳಿಕೆ ಹೆಚ್ಚುವುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲ.

ಪರಾಮರ್ಶಿತ ಆಕರಗಳು

1. www.nasa.gov
2. www.eso.org
3. www.wikipedia.org



Anubhav Awasthi, Shiksha Sopan, 12/1-3, Sopan Ashram, Nankari, IIT, Kanpur

Title of the experiment: To determine the Poisson ratio of a rubber tube

Abstract: When a force is applied on a material it produces a stress in the material, which leads to its deformation and creates a strain in the material. Elasticity is one of the properties of the material which tells us about the ability of the material to return to its original state on the removal of the deforming forces.

This experiment is about determining a constant, *the Poisson ratio* which is a required constant in engineering analysis. Poisson ratio is defined as the ratio of lateral strain to longitudinal strain, under the limit of elasticity. It tells about the deformation of an object, perpendicular to the direction of loading.

In this experimental setup we will determine the Poisson ratio σ of a cycle rubber tube. When some weight is hung on the rubber tube, the length of the tube increases and its diameter decreases (the negative sign in the formula accounts for this).

Hence the Poisson's ratio for the tube is given by

$$\sigma = \frac{\frac{\Delta D}{D}}{\frac{\Delta L}{L}}$$

where D = diameter of the tube and ΔD = decrease in diameter
L = length of the tube and ΔL = increase in length

But it was seen that when the tube was subjected to a certain load, the diameter of the rubber tube was different at different points across the length of the tube. So, it was not possible to find the Poisson's ratio using the above formula. Hence, another unique method was devised to calculate this ratio. In this method, the change in internal volume of the rubber tube was measured by filling it with water. Unique arrangements were made to measure the change in this volume of water when the tube was stretched under some load.

Thus, the formula used for calculating the Poisson's ratio of the tube was

$$\sigma = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{a}\frac{dV}{dL}\right)$$

where $\frac{dV}{dL}$ = change in the volume of the water in the tube with its length

a = initial area of cross section of the tube

The change in the internal volume of any hollow cylindrical tube is closely related to the change in the volume of a solid cylindrical tube of similar dimensions. Moreover, we know that thermal expansion for a hollow cylinder matches that of a solid cylinder of similar dimensions. Keeping these in mind, the change in the internal volume of water was taken to be equal to the change in the volume of the hollow rubber tube in the experiment within the limits of error.

Deriving Poisson's ratio from theory

Consider the initial length of the rubber tube to be L, the internal diameter D, area of cross section a and the volume is V.

$$V = aL$$

Hence,

$$dV = adL + Lda$$

Since, the initial area of cross section is

$$a = \frac{\pi D^2}{4},$$

therefore,

$$da = \frac{\pi . 2D}{4} dD = \frac{2\pi D^2}{4D} dD = \frac{2a}{D} dD$$

Now, using this value of da, we can write

$$dV = ad + L\, 2a \frac{dD}{D}$$

dividing both sides by adL,

$$\frac{1}{a}\frac{dV}{dL} = 1 + 2\frac{dD}{D}\frac{L}{dL}$$

$$\frac{1}{a}\left(\frac{dV}{dL}\right) = 1 + \frac{\frac{dD}{D}}{\frac{dL}{L}}$$

(Taking the Poisson's ratio $\sigma = -\frac{\frac{dD}{D}}{\frac{dL}{L}}$), we have

$$\frac{1}{a}\left(\frac{dV}{dL}\right) = 1 - 2\sigma$$

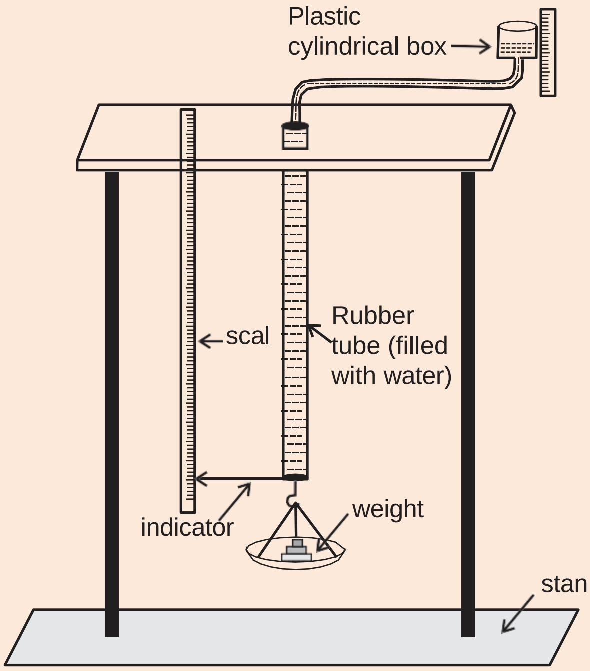
therefore,

$$\sigma = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{a} . \frac{dV}{dL}\right) \qquad \text{------------------(i)}$$

This is the required formula to calculate the Poisson ratio.

Experimental Setup

The experimental setup is shown in the image below. A cycle tube is fixed vertically in a wooden block as shown. The upper end of the tube is used as an inlet for water. The water pipe going into this upper end is tightly sealed so that there is no leakage. The other end of the rubber tube is closed and attached to a hook to hang the weights. But there is a provision of opening the tube at this end



The rubber tube with inlets is fitted in a wooden block and the whole setup is hung on a stand as shown in the image. A meter scale is also fitted with the setup to measure the increase in the length of the rubber tube. The increase in the length of the rubber tube is measured with this scale The diameter is measured with the help of Vernier Calliper but based on prior trial of this experiment, it is seen that the diameter of the rubber tube is different at different points across the length of the tube. So, calculating the change in volume of the rubber tube in this way is not too reliable. Therefore, a new technique is devised for measuring the change in volume.

A cylindrical plastic box of uniform diameter is connected to the inlet in the rubber tube via a tube (I.V. infusion set tube). In the setup, the cylindrical box is a 40-ml syringe which is used after removing its piston. This box is fitted on the wall at a height larger than that of the stand with a scale behind it. The tube is filled with water by pouring water in the plastic box.

Now, if the volume of the rubber tube increases, the level of the water in the plastic box will decrease and the height through which the water level is decreased, can be measured with the help of the scale behind the box. Further, by measuring the diameter of the box, the change in volume of the water can be measured. This method of measurement of the change in volume of the tube is comparatively more reliable.

Experimental Procedure

Initial measurements are made without hanging any load on the tube. Water is filled in the box and the tube is completely filled with water from the inlet provided on its clamped end. While filling the water, we have to ensure that the air bubbles should not be there in the tube. The air bubbles, if any, can be released from the other opening and after that the tube is closed from this end.

Now, the weights are hung on the free end of the tube on the hook provided, one by one. And for each load, we measure the length of the rubber tube and the corresponding change in the water level in plastic box. The change in the water level in the box is a measure of the change in the internal volume of the tube.

Further, for measuring the variation of cross-sectional area along the length of the rubber tube, the diameter of the rubber tube is also measured at different lengths from the clamped end, with the help of Vernier Calliper. The diameter of the plastic box can also be measured with the help of Vernier Calliper.

Measurements with used cycle tube

Change in volume and the corresponding change in length were noted for different weights on the rubber tube. Further, a graph was plotted between the change in volume and the change in length and making a linear fit. The initial diameter of the tube was measured using the Vernier Callipers and the area of cross section of the rubber tube calculated.

The diameter of the plastic cylindrical box = 4.28 cm,

the radius of the cylindrical box = 2.14 cm

the cross-sectional area of this box = 14.38 cm^2.

Initial length of the rubber tube = 50.2 cm.

Average radius of the rubber tube (using Vernier Calliper) = 1.52 cm,

the cross-sectional area of the tube = 3.14*(1.52)^2 cm^2 = 7.25 cm^2

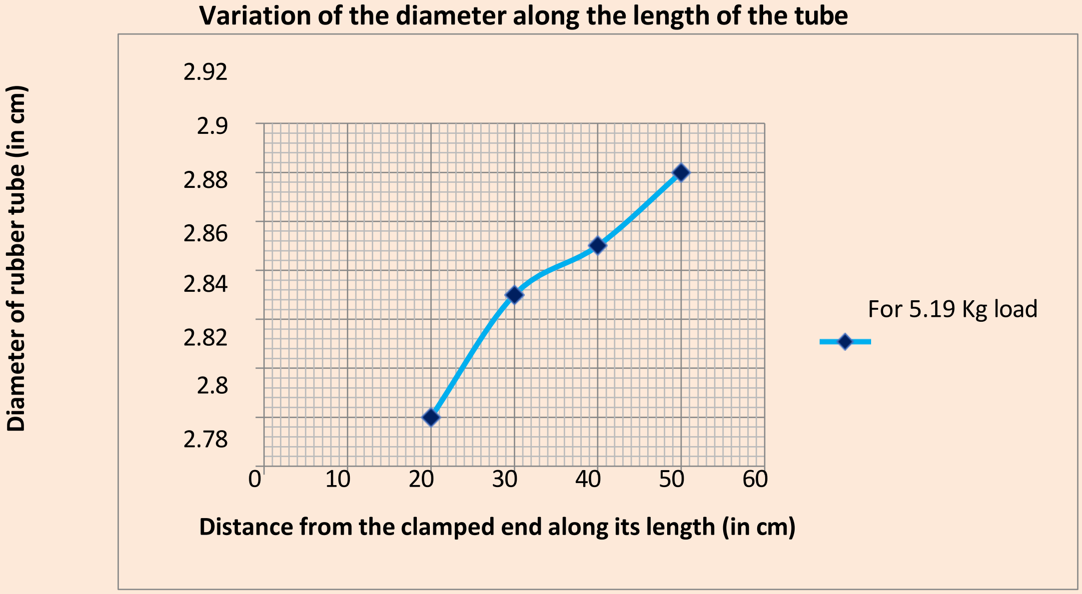
The change in inner volume of the rubber on hanging some weight = volume of the water decreased in the plastic box.

Observation tables

Table for the measurement of the diameter of the (used) cycle tube with and without load -

length from the fixed end	**Diameter (without load)**	**Diameter with 2 Kg load**
10	3	2.8
20	3.08	2.8
30	3.01	2.85
40	3	2.87
50	3.1	2.9
Average diameter -->	2.74	2.72
Average radius -->	1.37	1.36
Area of cross section-->	5.90	5.81

Graph-1



The plot of the cross-sectional diameter with the corresponding length of the rubber tube is shown below.

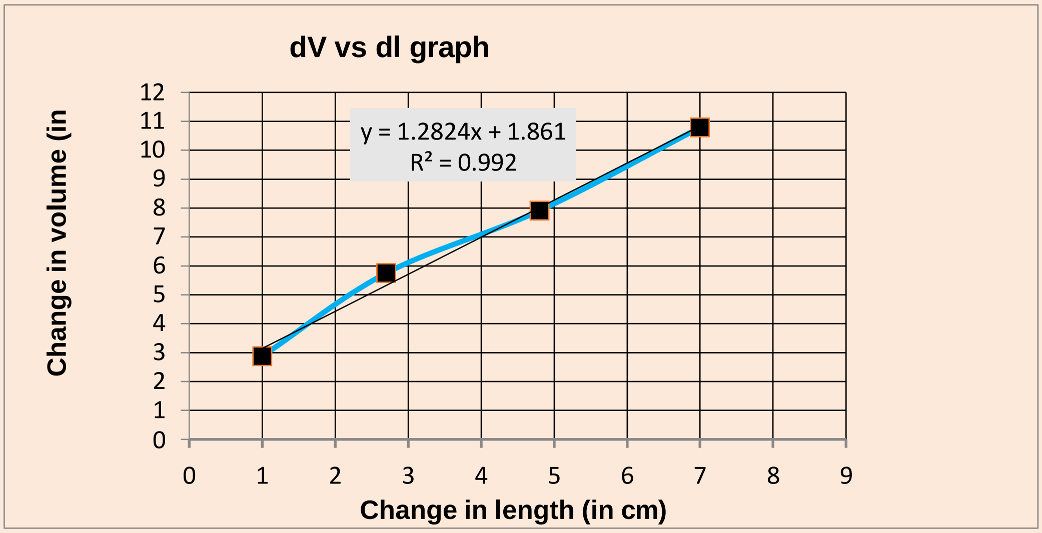
It can be seen from the graph, initially the cross-sectional diameter decreases and after certain length it increases continuously along the length of the tube. Since the rubber tube is clamped at one end, the tension at different points along the tube will be different and it would be largest near the clamped edge. Another thing affecting the diameter is the pressure of the water column inside the tube. The pressure increases as we go down along the length of the tube. Here the two effects are competing with each other. In the upper part of the tube the decrease in the diameter shows that the tension effect is dominating.

Further, as we go down the pressure due to water column increases and at certain length it dominates the effect due to tension that is why there is an increment in the diameter of the tube and it increases continuously as we go down because the pressure is increasing continuously which, ultimately, results in a larger force applied in perpendicular direction of the inner surface of the tube.

Table for the measurement of change in length and volume of the rubber tube

Weight (in kg)	Length L of the tube (in cm)	Change in the length of the rubber tube ΔL = L – 50.2	Decreased level of the water in plastic cylindrical box (in cm)	Volume of the water decreased in the box ΔV (in cm^3)
0	50.2	0.0	0	0
1.02	51.2	1.0	2	2.876
2.32	52.9	2.7	4	5.752
3.74	55	4.8	5.5	7.909
5.19	57.2	7.0	7.5	10.785

Graph – 2



The plot of the graph between the length of the rubber tube with the corresponding volume is shown below. The curve is not linear because we are not seeing the actual contraction in the tube

on the application of the force. Somehow, we are restricting the tube to compress in by filling the water. In fact, we are measuring the resultant increment in volume in presence of the effects discussed in the explaination of the *'graph 1'.*

Still, we can calculate an approximate value of Poisson ratio by fitting the line in above curve showing the variation of dV with dl.

The slope of the fitted line is = 1.2824

Therefore, $\frac{dV}{dl} \sim 1.28$

Now, using the formula for Poisson Ratio,

$$\sigma = \frac{1}{2}(1 - \frac{1}{a} * \frac{dV}{dl})$$

Where, a is the initial cross-sectional area of the rubber tube and $\frac{dV}{dl}$ is the slope of dL vs dV graph.

$$\sigma = 0.5\,(1 - \frac{1}{7.25} * 1.28)$$

$$\boldsymbol{\sigma = 0.41}$$

Conclusion

The value of Poisson ratio shows, how the lateral strain and longitudinal strain are connected. If the value of Poisson ratio, for a certain material, is 0.5 then it indicates that the change in the parameters of the material perpendicular to the direction of the force applied is half of that occurred in the direction of the force.

In our experiment, the value of the rubber tube came out to be less than 0.5. It means that when the force is applied to the rubber tube in axial direction, and its length is, let's say, changed by 5% of the initial length then, its diameter will be changed by less than 2.5% of the initial diameter.

In this way, the Poisson ratio gives a lot of information about, how the material would behave on the application of the force.

The experiment was repeated for different kinds of rubber tubes. For the cycle wheel tubes, it is lying between 0-0.5, while for another one, which is usually used with water pump, was showing no change in volume on hanging the load on its free end. This means that the Poisson ratio for the different kinds of rubbers would be different. Some of them may show the change in volume with the application of a force in certain direction (here, the axial direction of the tube), while others may not.

References

- https://vlab.amrita.edu/?sub=77&brch=299&sim=1681&cnt=1
- **R.K. Agrawal, Mechanics &Wave Motion, KRISHNA Prakashan Media (P) Ltd, 2014**

Online talks held from May to July 2024

NO.	SPEAKER	TOPIC	DATE
1	Dr.Krishnaveni	Elementary Particles	05.04.2024
2	Dr.V H Doddamani	Normal and active Galaxies	12.05.2024
3	Dr.A Raghu	Optical Tweezers	19.05.2024
4.	Dr. R S Geetha	Innovative Physics Experiments	26.05.2024
5.	Dr.G Umesh	Ultrafast optical Pulses	02.06.2024
6.	Dr.Kamsali Nagaraj	All about Mars	16.06.2024
7.	Dr.B C Prabhakar	Climate Change – a Geological perspective	23.06.2024
8.	Dr,B A Kagali	Life and contributions of S. Chandrasekhar	30.06.2024
9	Dr. Shashank Gurumath	The world of exoplanets	07.07.2024
10	Dr.T Shivalingaswamy	James Webb Space Telescope (in Kannada)	21.07.2024
11	Dr. Chethan M	Glasses: light sensitive to life-saving	28.07.2024