

The sun is one of some one hundred billion stars in the Milky Way. In turn the Milky Way is one of about three thousand million similar galaxies in the Universe. Compared with the distance across the Milky Way — about 100,000 light years — (one light year equals almost six million million miles), the distance between the sun and its nearest neighboring star, Proxima Centauri, is just 4.3 light years. But this distance is about 8,000 times the diameter of the solar system.

These figures show that stars are separated by enormous distances, far surpassing man's comprehension.

The regions between the stars are very largely empty. But not completely. And from the relatively "few" bits of matter between the stars new stars are formed.

What elements and compounds are present in the vast spaces between stars? Do they exist as typical atoms and molecules? How are they formed and how are they distributed over various energy levels?

Recently Dr. Takeshi Oka, a physicist at the National Research Council of Canada, made a significant advance in filling some of the gaps of man's still rudimentary knowledge of the behavior of molecules in interstellar space. He has linked this study with a relatively neglected domain in the study of molecules — the effect of collisions of molecules on their rotations.

Dr. Oka, a member of the Spectroscopy Section of NRC's Division of Physics, has already shown that both fields, one germane to the study of the universe, the other to the behavior of the too small-to-see particles making up matter, have much to offer each other.

All rotational changes, whether in the laboratory or in outer space, are caused by two elementary molecular processes — by collisions or by processes involving the absorption or emission of electromagnetic energy. The effects of the latter processes have been investigated for many years and form the foundation of molecular spectroscopy.

Why is so little known about the effect of molecular collisions? Experimentalists blame the theoreticians for not developing the collision theory so that they could use it to determine molecular quantities accurately from experiments. On the other hand theoreticians were understandably disappointed in the lack of experimental studies into this realm — molecules collide so frequently in the laboratory that not only are measurements difficult but just the broad and relatively simple statistical picture has proven sufficient for almost all physicists and chemists. Both groups conceded that a detailed understanding of the elementary collision process was seldom needed for explaining the results of normal laboratory experiments.

But the "interstellar laboratory" is far from normal. Instead of the more than a million million molecules found in each cubic centimetre of space in the laboratory, the average density in interstellar space is one hydrogen atom per cubic centimetre — and all the other molecules present are scarce compared with hydrogen. Even in interstellar clouds, where the density can be much higher, it is rarely more than the equivalent of a thousand hydrogen molecules per cubic centimetre.

No terrestrial laboratory can be made to resemble interstellar space. Whereas molecules collide in the laboratory typically at the rate of a thousand million times per second, they do so in interstellar clouds just once per year. This introduces a whole new time scale where 100 years is a short interval and where the effect of collisions of molecules on their rotational energies are "frozen" for long periods in the slowly-unfolding process in interstellar space. And finding out about these changes becomes a very meaningful problem, one which holds the key to learning the condition of the interstellar medium.

From both experimental and theoretical points of view, Dr. Oka has given new impetus to the study of what he calls "collision-induced transitions between rotational levels of molecules". For this research he was awarded the Steacie Prize which consists of a cash award from income of the

Le Soleil n'est qu'une des cent milliards d'étoiles de la Voie lactée qui n'est elle-même que l'une des quelque trois milliards de galaxies de l'Univers. Le diamètre de la Voie lactée est d'environ cent mille années de lumière et la distance séparant le Soleil de l'étoile la plus proche dans cette galaxie, Proxima du Centaure, est de 4.3 années de lumière. Cette distance représente elle-même environ 8 000 fois le diamètre de notre système solaire. Ces énormes distances échappent à l'entendement humain.

Les espaces interstellaires sont quasiment vides mais c'est toutefois en partant de la matière qui s'y trouve et qui est extrêmement ténue que de nouvelles étoiles se forment.

Que contient l'espace interstellaire? Quels sont les éléments et les composés qui le constituent? Sous quelles formes? Existont-ils sous la forme d'atomes et de molécules comme nous les connaissons? Comment se forment-ils et quelle est leur répartition énergétique?

Tout récemment, le Dr Takeshi Oka, physicien à la Section de spectroscopie de la Division de physique du Conseil national de recherches du Canada, a beaucoup fait progresser nos connaissances encore rudimentaires sur le comportement des molécules dans l'espace interstellaire. Il a étudié un domaine relativement négligé, celui de l'influence des collisions moléculaires sur la rotation des molécules.

Le Dr Oka a déjà démontré que ces deux domaines ont réciproquement beaucoup à s'offrir, l'un étant lié à l'étude de l'Univers et l'autre au comportement des particules microscopiques constituant la matière.

Tous les changements rotationnels, que ce soit en laboratoire ou dans l'espace, résultent uniquement de deux processus moléculaires élémentaires, c'est-à-dire de collisions ou de phénomènes impliquant l'absorption ou l'émission d'énergie électromagnétique. Les processus dans ces deux derniers cas font l'objet de recherches intensives depuis bien des années et ces études constituent la base de la spectroscopie moléculaire.

Pourquoi sait-on si peu de choses sur l'influence des collisions moléculaires? Les expérimentateurs reprochent aux théoriciens de ne pas avoir mis au point la théorie de la collision qui leur aurait permis de déterminer les quantités moléculaires avec précision à partir des expériences. Les théoriciens, quant à eux, ont été déçus de constater l'inexistence d'études expérimentales dans ce domaine. Les collisions moléculaires sont si fréquentes en laboratoire que les mesures sont difficiles à faire et que la plupart des physiciens et des chimistes se contentent d'une représentation statistique relativement simple. Ces deux catégories de spécialistes concèdent qu'une compréhension détaillée du processus élémentaire de collision était rarement nécessaire pour expliquer les résultats des expériences normales de laboratoire.

Mais le "laboratoire cosmique" est loin d'être normal. Comparativement au minimum de  $10^{18}$  molécules que contient chaque centimètre cube d'espace en laboratoire, la densité moyenne de l'espace interstellaire est d'un atome d'hydrogène par centimètre cube et toutes les autres molécules qui s'y trouvent sont extrêmement rares par rapport à l'hydrogène. Même dans les nuages interstellaires, où la densité peut être beaucoup plus élevée, elle dépasse rarement l'équivalent d'un millier de molécules d'hydrogène par centimètre cube.

Il est impossible de reproduire en laboratoire les conditions qui règnent dans l'espace interstellaire car, en laboratoire, les molécules entrent en collision au rythme de cent millions de fois par seconde alors que le phénomène ne se produit qu'une fois par an dans les nuages interstellaires. Cela nous met en présence d'une nouvelle échelle de temps où cent ans peuvent être considérés comme un bref intervalle et où l'effet des collisions des molécules sur leur énergie rotationnelle est "figé" pour longtemps du fait de cette nouvelle dimension temporelle. C'est la raison pour laquelle il devient très important de connaître la nature de ces