



Lien entre agitation thermique et température : équation d'état des gaz parfaits : Pressions et températures interstellaires.

publié le 30/12/2008

Descriptif :

Agitation moléculaire d'un gaz caractérise son état thermique et pour les faibles pressions permet de définir la température du gaz. Echelle de température Kelvin. Unité kelvin. Zéro absolu : absence d'agitation thermique. Relation entre température en Celsius et température absolue : Pressions et températures interstellaires.

La loi des gaz parfaits sous la forme ancestrale $pV = nRT$ n'est pas toujours adaptée aux problèmes posés. La forme $p = (R/M\rho_m)T_m$, où M est la masse molaire du gaz et $p\rho_m$ sa masse volumique, est parfois plus intéressante puisqu'elle ne met en jeu que des variables intensives.

Et il existe une expression universelle de cette loi, indépendante du gaz considéré. En appelant n le nombre d'entités élémentaires par unité de volume (en m^{-3}), on a en effet $p = k_B n T$ où $k_B = \frac{R}{N_A} \approx 1,43.10^{-23} J.K^{-1}$ est la constante de Boltzmann et N_A le nombre d'Avogadro.



Nébuleuse diffuse NGC 604 dans la galaxie M33

L'important rayonnement ultra violet émis par une étoile a pour effet d'ioniser les atomes du gaz qui se trouve alentour et lorsque les ions se recombinent, il réémettent par fluorescence dans le domaine visible.

L'astronome peut alors observer des illuminations splendides : ce sont les nébuleuses, les plus faciles à voir étant diffuses, à savoir résultant de la présence de nombreuses étoiles, comme par exemple celle montrée ci-contre.

De telles nébuleuses peuvent couvrir plusieurs centaines d'années lumière.

Le gaz qui les constitue est très dilué, de un à 10 millions d'atomes par mètre cube, cette densité variant d'un point à un autre. La température de ce gaz est elle aussi variable d'un point à un autre, mais elle reste de l'ordre d'une dizaine de milliers de kelvins

— ces atomes sont animés d'une vitesse de l'ordre de la dizaine de kilomètre par seconde. Ce qui nous permet d'évaluer la pression dans ces nébuleuses : de l'ordre de la centaine de femtopascals — $1 \text{ fpa} = 10^{-15} \text{ pa}$.

Entre les nébuleuses et les nuages moléculaires, on trouve aussi de la matière extrêmement diluée, d'une densité de l'ordre de 10 000 atomes par mètre cube et pour une température de l'ordre du million de degré — vitesse quadratique moyenne de ces atomes de l'ordre de la centaine de kilomètres par secondes. La pression dans ces zones est donc aussi de l'ordre de la centaine de femtopascals.

Bien sûr, la notion de pression ici n'a de sens qu'en relation avec les dimensions caractéristiques du système : il n'y aurait aucun sens à vouloir mesurer cette pression avec un manomètre usuel puisque dans un cm^3 d'un tel milieu, il n'y a en moyenne aucun atome.

