



MAGNETIC MULTIPOLE TRANSITION PROBABILITIES

R. Garstang

► To cite this version:

R. Garstang. MAGNETIC MULTIPOLE TRANSITION PROBABILITIES. Journal de Physique Colloques, 1970, 31 (C4), pp.C4-189-C4-190. 10.1051/jphyscol:1970430 . jpa-00213885

HAL Id: jpa-00213885

<https://hal.science/jpa-00213885>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MAGNETIC MULTIPOLE TRANSITION PROBABILITIES (*)

R. H. GARSTANG

Joint Institute for Laboratory Astrophysics
University of Colorado and National Bureau of Standards
Boulder, Colorado 80302, U. S. A.

Résumé. — Il y a quelques années, Mizushima [1] a signalé que, bien que la transition dipolaire magnétique soit interdite dans le couplage L - S pour les raies d'intercombinaison, le rayonnement quadrupolaire magnétique est permis pour les transitions telles que $\Delta S = \pm 1$. Il peut donc exister une transition quadrupolaire magnétique de ce type qui a, en intensité, le même ordre de grandeur que certaines transitions d'intercombinaison dues au rayonnement dipolaire électrique et aux perturbations spin-orbite. Ces deux types de rayonnement, quadrupolaire magnétique et dipolaire électrique, doivent provenir d'états initial et final de parité opposée. Pour beaucoup de transitions les deux types peuvent apparaître, mais il y a un petit nombre de cas dans lesquels seul le rayonnement quadrupolaire magnétique est possible. Un tel cas est $s^2 \ ^1S_0$ - $sp \ ^3P_2$, qui est interdit pour le rayonnement dipolaire électrique en absence d'interactions avec le spin nucléaire ; en effet on a $\Delta J = 2$.

Garstang [2], dans une série de calculs sur les probabilités de transition, a montré que, pour les éléments lourds tels que Hg I $6s^2 \ ^1S_0$ - $6s \ 6p \ ^3P_2$, le rayonnement quadrupolaire magnétique est négligeable relativement au rayonnement dipolaire électrique induit par spin nucléaire. Dans la transition correspondante de Cd I la radiation quadrupolaire magnétique représente environ 10 % du total et il semble, d'après les mesures du rapport d'intensité (1S_0 - 3P_2 / 1S_0 - 3P_0) faites au laboratoire que le rayonnement quadrupolaire magnétique soit en effet présent. Dans Zn I, le rayonnement quadrupolaire magnétique domine pour la raie $4s^2 \ ^1S_0$ - $4s \ 4p \ ^3P_2$, et cette raie a été observée au laboratoire. Dans Mg I, le rayonnement quadrupolaire domine pour la raie $3s^2 \ ^1S_0$ - $3s \ 3p \ ^3P_2$; cette raie n'a pas été observée au laboratoire mais a été trouvée dans la nébuleuse planétaire NGC 7027 par Bowen.

Dans un dernier article, Garstang [3] a étudié l'apparition de rayonnement quadrupolaire magnétique dans les atomes fortement ionisés, comprenant entre autres C V, Ne IX, Ar XVII, Fe IX, Fe XVII et Fe XXV. Il a montré que le rayonnement quadrupolaire magnétique est un mécanisme de dépopulation radiatif important pour plusieurs niveaux, par exemple $3p^5 \ 3d \ ^3P_2$ dans Fe IX, $2p^5 \ 3s \ ^3P_2$ dans Fe XVII et $1s \ 2p \ ^3P_2$ dans Fe XXV. Dans Fe XXV, la probabilité de la raie quadrupolaire magnétique $1s \ 2p \ ^3P_2$ - $1s^2 \ ^1S_0$ est supérieure à celle de la raie dipolaire électrique $1s \ 2p \ ^3P_2$ - $1s^2 \ ^3S_1$. Cette même situation se retrouve dans la séquence isoélectronique de He I au-dessus de S XV. Récemment R. Marrus et son groupe (non publié) à Berkeley, ont fait une mesure de durée de vie de l'état $1s \ 2p \ ^3P_2$ de Ar XVII ; ils obtiennent un résultat en accord avec celui qui a été calculé à partir de la somme des probabilités des transitions dipolaires électrique et quadrupolaire magnétique vers les états 3S_1 et 1S_0 ; ceci donne une excellente confirmation de la probabilité de transition donnée par Garstang pour la raie quadrupolaire magnétique.

Abstract. — It was pointed out some years ago by Mizushima [1] that although magnetic dipole radiation is forbidden in LS -coupling for intercombination lines, magnetic quadrupole radiation is allowed for $\Delta S = \pm 1$ transitions. This can make a magnetic quadrupole transition of this type of the same order-of-magnitude intensity as many intercombination transitions due to electric dipole radiation and spin-orbit perturbations. Both magnetic quadrupole and electric dipole radiation require the initial and final states to be of opposite parity. For many transitions both multipoles can occur, but there are a few cases where only magnetic quadrupole radiation is possible. One such case is $s^2 \ ^1S_0$ - $sp \ ^3P_2$, which is forbidden for electric dipole radiation in the absence of nuclear spin interactions because $\Delta J = 2$.

A series of transition probability calculations by Garstang [2] showed that for heavy elements such as Hg I $6s^2 \ ^1S_0$ - $6s \ 6p \ ^3P_2$ magnetic quadrupole radiation is negligible in comparison with nuclear-spin-induced electric dipole radiation. In the corresponding transition in Cd I magnetic quadrupole radiation forms about 10 per cent of the total, and there is some evidence from the laboratory intensity ratio (1S_0 - 3P_2 / 1S_0 - 3P_0) that magnetic quadrupole radiation is indeed present. In Zn I magnetic quadrupole radiation dominates in the line $4s^2 \ ^1S_0$ - $4s \ 4p \ ^3P_2$, and this line has been observed in the laboratory. In Mg I magnetic quadrupole radiation dominates in the line $3s^2 \ ^1S_0$ - $3s \ 3p \ ^3P_2$; this line has not been seen in the laboratory, but was observed in the planetary nebula NGC 7027 by Bowen.

(*) Research supported in part by National Science Foundation Grant GP-11948 and National Aeronautics and Space Administration contract NGR-06-003-057.

In a later paper Garstang [3] investigated the occurrence of magnetic quadrupole radiation in highly ionized atoms, including among others C V, Ne IX, Ar XVII, Fe IX, Fe XVII and Fe XXV. It was shown that magnetic quadrupole radiation is a significant radiative depopulation mechanism for several levels, including $3p^5 3d\ ^3P_2$ in Fe IX, $2p^5 3s\ ^3P_2$ in Fe XVII and $1s 2p\ ^3P_2$ in Fe XXV. In Fe XXV the magnetic quadrupole line $1s 2p\ ^3P_2 - 1s^2\ ^1S_0$ has a higher probability than the electric dipole line $1s 2p\ ^3P_2 - 1s 2s\ ^3S_1$. The latter situation holds in the He I isoelectronic sequence above S XV. Recently R. Marrus and his group (unpublished) in Berkeley have made a measurement of the lifetime of the $1s 2p\ ^3P_2$ state in Ar XVII, and obtain a result in agreement with that calculated from the sum of the electric dipole and magnetic quadrupole transition probabilities to the 3S_1 and 1S_0 states, giving an excellent confirmation of Garstang's transition probability for the magnetic quadrupole line.

References

- [1] MIZUSHIMA (M.), *Phys. Rev.*, 1964, **134**, A 883.
- [2] GARSTANG (R. H.), *Astrophys. J.*, 1967, **148**, 579.
- [3] GARSTANG (R. H.), *Pubs. Astron. Soc. Pacific*, 1969, **81**, 488.