

Première observation des noyaux ^{45}Fe et ^{49}Ni ($T_Z = -7/2$) et ^{42}Cr ($T_Z = -3$)

B. Blank, S. Czajkowski, F. Davi, R. Del Moral, A. Fleury, C. Marchand, M. S. Pravikoff (CENBG)

J.-P. Dufour (URA 451 Gradignan, France)

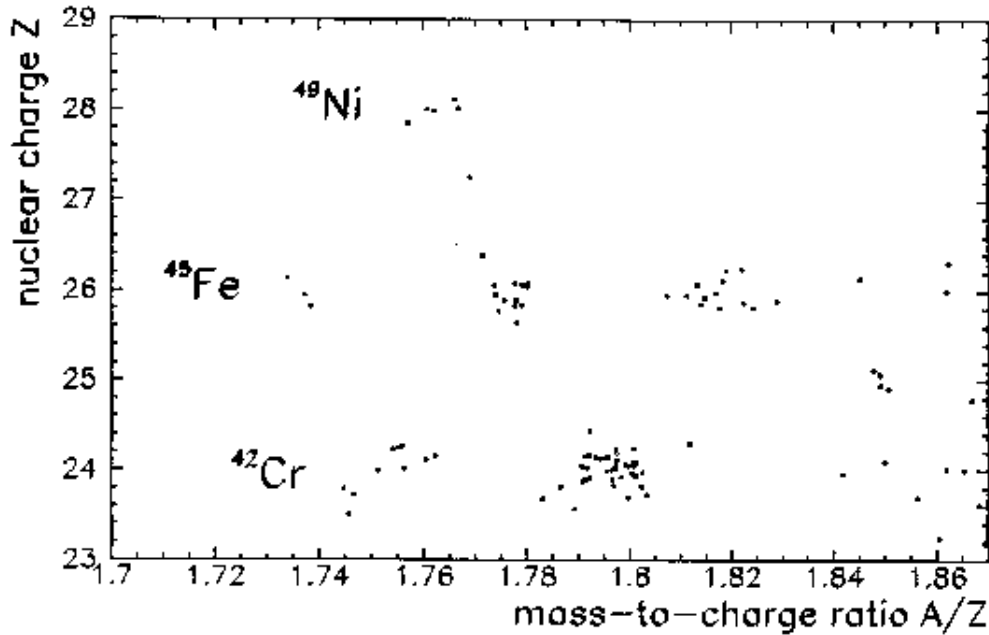
J. Benlliure, F. Boué, R. Collatz, A. Heinz, M. Hellström, Z. Hu, E. Roeckl, M. Shibata, K. Sümmerer (GSI, Darmstadt, Allemagne)

Z. Janas, M. Kamy, M. Pfützner (IEP, Varsovie, Pologne)

M. Lewitowicz (GANIL, Caen, France)

A primary beam of ^{58}Ni at 600 MeV/nucleon from the SIS synchrotron at GSI was used to produce proton-rich isotopes in the titanium-to-nickel region by projectile fragmentation on a beryllium target. The fragments were separated by the projectile-fragment separator FRS and unambiguously identified by means of its standard detection set-up using a ToF-D E-Br analysis. We report here the first observation of the $T_Z = -7/2$ nuclei ^{45}Fe and ^{49}Ni , the most proton-rich nuclei ever synthesized with an excess of seven protons. In addition, the new isotope ^{42}Cr ($T_Z = -3$) was also identified. These isotopes are, according to commonly used mass predictions, all unbound with respect to two-proton emission from their ground states. However, we did not observe any count corresponding to ^{38}Ti ($T_Z = -3$), although we expected about 5 counts in a setting optimized for this isotope.

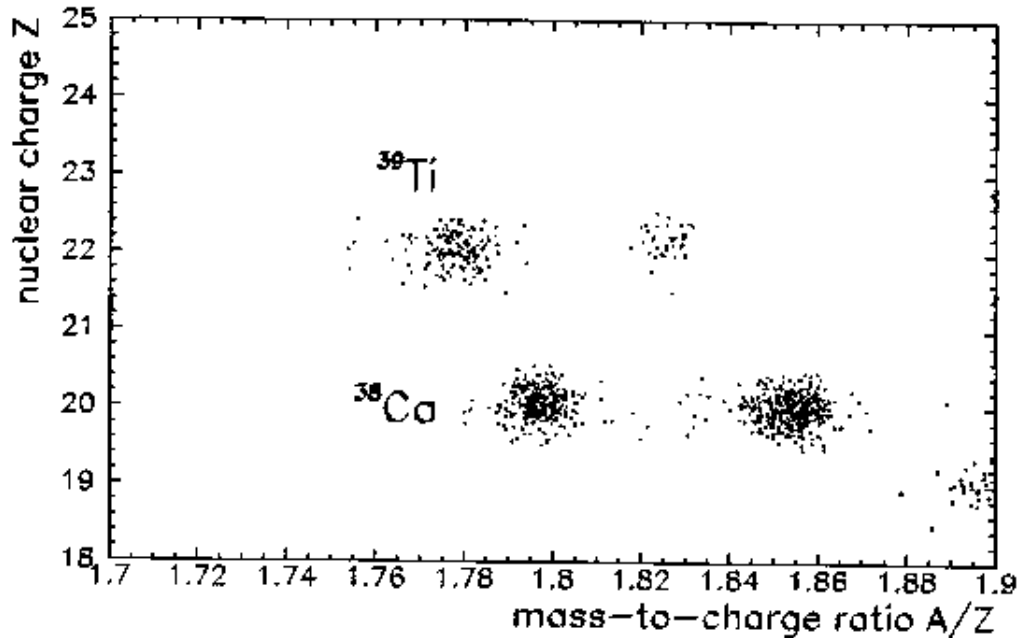
La radioactivité 2 protons à partir de l'état fondamental a été prédite il y a près de 30 ans par V. I. Goldanskii; elle peut avoir lieu soit par émission de ^2He , soit par émission simultanée de deux protons non corrélés spatialement. Pour les noyaux pressentis pour ce type de radioactivité, l'émission d'un seul proton est interdite du point de vue énergie. Le mode de décroissance 2p a déjà été observé pour les noyaux ^6Be et ^{12}O , mais le Q de la réaction est alors nettement supérieur à la barrière coulombienne et n'autorise pas un processus de désintégration de durée de vie assez longue. Cette dernière est effectivement, dans ces deux cas, de l'ordre de 10^{-21} s. De plus, les données expérimentales indiquent que le processus est une émission séquentielle de deux protons.



Les calculs théoriques de V. I. Goldanskii prévoient que les noyaux ^{22}Si , ^{31}Ar , ^{39}Ti et ^{42}Cr peuvent décroître par émission 2p, mais il s'est avéré qu'en raison de leur durée de vie, c'est l'émission β qui est le processus dominant pour les trois premiers candidats. Les prédictions théoriques de B. A. Brown donnent ^{39}Ti , ^{45}Fe et ^{48}Ni comme meilleurs candidats, avec une durée de vie pour l'émission 2p située dans une fourchette allant de 1 ms à 150 ms. A ces prédictions s'ajoute celle de E. Ormand qui propose également ^{38}Ti . De ces quatre derniers noyaux, seul ^{39}Ti avait été observé avant nos mesures.

Nous avons entrepris d'étudier les candidats à la radioactivité 2p que sont ^{38}Ti , ^{42}Cr , ^{45}Fe et $^{48,49}\text{Ni}$. Pour cela, nous avons tout d'abord identifié, au GSI, par mesure de perte d'énergie, de temps-de-vol et analyse en rigidité magnétique, les fragments provenant de la fragmentation d'un faisceau de ^{58}Ni de 600 MeV/nucléon sur une cible de béryllium de 4 g/cm², la séparation des fragments du projectile se faisant sur la ligne FRS avec un dégradeur intermédiaire en aluminium. Les différents éléments de la ligne ont été adaptés en fonction de la région des isotopes riches en proton étudiée.

La figure ci-dessous présente le spectre bidimensionnel donnant la charge nucléaire Z en fonction du rapport de la masse à la charge A/Z dans le cas du réglage de la ligne pour ^{45}Fe . Tous les événements représentés sur ce spectre remplissent des conditions très strictes et redondantes sur les pertes d'énergie mesurées dans les différents détecteurs, les temps-de-voil et les positions. En effectuant un réglage préliminaire sur ^{48}Fe , des prédictions ajustées de modèles ont fait partie des critères de sélection. Au total, nous obtenons dix événements de ^{42}Cr , trois événements de ^{45}Fe et cinq événements de ^{49}Ni , ces trois isotopes n'ayant jamais été observés auparavant. De par la chute d'un facteur de l'ordre de la vingtaine par unité de masse de la section efficace de production dans la queue de distribution isotopique du côté des noyaux déficients en neutrons, nous n'attendons aucun événement de ^{48}Ni .



Nous avons également mesuré ^{38}Ti en réglant la ligne FRS à des valeurs intermédiaires entre les valeurs optimales pour ^{38}Ti et ^{39}Ti dans la première moitié du spectromètre et sur ^{38}Ti dans la seconde moitié. Cela a permis une transmission quasi-identique et proche des valeurs maximales pour les deux isotopes. Le spectre résultant est porté sur la figure ci-contre. Les mêmes critères de sélection que dans le cas de ^{45}Fe ont été appliqués aux isotopes de titane. Ici aussi, le bruit de fond a été pratiquement totalement éliminé, ce qui nous permet d'avoir confiance dans la qualité des événements restants. La figure ci-dessous présente le spectre obtenu, dans lequel ^{39}Ti a été observé (166 coups), mais pas un seul événement n'a pu être attribué à ^{38}Ti . Cette absence permet de mettre une limite supérieure à sa durée de vie. L'hypothèse que nous estimons la plus probable est que, pour ^{38}Ti , $T_{1/2}$ est notablement inférieur au temps de vol du fragment (350 ns) ; en tenant compte des variations systématiques observées pour d'autres fragments de ^{58}Ni et en admettant que ces variations sont du même ordre dans le cas de ^{38}Ti , nous déduisons que $T_{1/2}(^{38}\text{Ti}) \leq 120$ ns. Par des calculs de pénétration de barrière et la masse de l'état fondamental de ^{36}Ca , il en sort un excès de masse minimal de 9,14 MeV pour ^{38}Ti .

^{45}Fe et ^{49}Ni sont les premiers noyaux de $T_Z = -7/2$ à être identifiés expérimentalement. Ce sont d'ailleurs probablement les seuls noyaux de $T_Z = -7/2$ à être accessibles expérimentalement, les autres membres de cette famille, qu'ils soient plus légers comme ^{41}Cr ou plus lourds comme ^{53}Zn devant être non-liés et de durée de vie inférieure à 10^{-13} s.

^{45}Fe que nous avons observé dans cette expérience est le candidat placé en-tête par les prédictions de masse les plus récentes pour l'émission 2p. Il est en effet, comme nous le montrons, à portée d'atteinte du point de vue expérimental et sa période vis-à-vis de l'émission 2p devrait être courte par rapport à celle de la voie par émission b, mais suffisamment longue eu regard du temps de transition dans un spectromètre. Nous pouvons donner une limite inférieure à sa durée de vie, qui est de 350 ns ou plus. De même que ^{45}Fe , ^{49}Ni est prédit non-lié vis-à-vis de l'émission 2p. Toutefois, ce pourrait n'être que de quelques centaines de keV et donc indiqué une domination du processus de désexcitation par émission b.

Nous avons également identifié ^{42}Cr qui est le quatrième membre de la série $T_Z = -3$, s'ajoutant à ^{22}Si , ^{46}Fe et ^{50}Ni . Si l'on tient compte des dernières évaluations de masses, l'énergie disponible pour les 2 protons est de $(0,26 \pm 0,34)$ MeV, ce qui conduit à une période pour l'émission 2p supérieure à 10^7 s. Il faut donc s'attendre à ce que l'embranchement 2p soit alors infinitésimal et probablement non mesurable.