

## دراسة جزيئية ( 12CO(J=1-0) في المناطق المركزية لمجرات ماركرين

أكرم محمد علي

جامعة الأنبار - كلية العلوم

تاريخ القبول: 2008/9/8

تاريخ الاستلام: 2008/2/27

**الخلاصة:** تمت الاستفادة من بيانات الانبعاث 2.6mm الصادر عن جزيئة ( 1-0 ) 12CO في انوية عينة بلغت 73 مجرة من مجرات ماركرين ذات الضيائية تحت الحمراء • 1010L ~ Lfir وميل  $\langle i \rangle$  محدد بين ( 900 - 00 )، لغرض استقصاء نشاط الفعالية في تكوين النجوم من خلال دراسة خواص الهيدروجين الجزيئي ( H2 ) من حيث تقدير وفرته وحساب كتلته والتنبؤ بأن الغالبية العظمى لجزيئات الغاز تتركز في المنطقة المركزية لهذه العينة ، حيث تعد جزيئات H2 , CO أداة مهمة في دراسة تركيب المجرات والتفاعلات الحاصلة عند النشوء النجمي ، ومدى ارتباطه بالمتغيرات الأخرى من ضيائيات تحت حمراء وبصرية وغيرها . وحيث أن معظم عينة البحث هي من النوع الحلزوني المبكر فإن دراستنا أكدت ان معظم الغاز الجزيئي ما بين النجوم في المناطق المدروسة يكون بصورته الهيدروجينية والذي لا يمكن رصده إلا من خلال دراسة توزيع جزيء CO ومن خلال الضيائية ( Lco ) .

**كلمات مفتاحية:** ( 12CO(J=1-0) ، مناطق مركزية ، مجرات ماركرين

## المقدمة

القوي بين Lfir وبين Lco و MH2 وان معدل قيمة MH2 هو بين (  $108 \cdot 5 \cdot 1010$  ) M $\epsilon$  وكما زادت قيمة Lfir تزداد النسبة Lco/Lfir تنخفض كلما زادت Lfir حيث يتركز الغاز CO في المجرات الحلزونية داخل المناطق المركزية للمجرة على بعد محدود من الكيلوفرسخ ( 18 ) ، ففي داخل القرص المجري هناك علاقة قوية بين مركبتي الغاز (H1+H2) داخل تراكبيهما الكبير ( 13 ) فيبدو أنهما مزوجان رغم إن مركبة H1 تتواجد في غلاف أو محيط السحب الجزيئية العملاقة الكثيفة إلا انه لا يرتبط مع الغاز المتأين H2 مما يعني أن الغاز الذري يتحول إلى حالته الجزيئي ليتركز في المركز دون أن يرتبط معه . ومن البيانات الأرصادية لجزيئة 12CO(1-0) والموضحة في الجدول (2) وبيانات H1 المأخوذة من ( Thomas et al. ) ( 20 ) وبيانات FIR من ( Dunne et al. 2000 & NED ) جاء بحثنا هنا لدراسة العلاقة بين CO, H1, H2 ومع خصائص النشوء النجمي الأخرى لعينة مختارة من المجرات حيث أن الدراسات السابقة تناولت خصائص الغاز الذري وبشكل منفصل عن الغاز الجزيئي أو إنها تناولت الغاز الجزيئي دون النظر إلى الغبار وعلاقته بالغاز الجزيئي وغيره .

من المعروف أن نسبة الغاز والغبار ما بين النجوم تختلف داخل المجرة الواحدة حتى إن قسماً من المجرات تهيم فيها الصيغة الجزيئية على غيرها مما يعني أن دراسة خصائص هذه الصيغة من خلال العمليات الفيزيائية التي تجري على الجزيئات مهم جداً في تحديد العديد من خصائص المجرة نفسها . ومن خلال رصد الخط 2.6mm الصادر عن جزيئة 12CO(1-0) يمكن دراسة محتوى الهيدروجين الجزيئي وأيضا دراسة تركيب المجرة وسرعتها الزاوية ، فالانبعاثات الصادرة عن جزيئة الكربون لها مدى واسع من الضيائيات (23) و 50% منها يأتي من النواة . كما أن توزيع جزيئة H2 ذو مدى واسع ويختلف من مجرة إلى أخرى بسبب التفاعلات المدية . والعديد من الدراسات التي أجريت على خصائص الجزيئة 12CO(J=1-0) في العديد من المجرات كان لمعرفة خصائص تلك المجرة بالإضافة إلى وفرته ، فالمجرات الحلزونية القريبة درست من قبل Sage ( 15 ) ووجد أن وفرة الكتلة الجزيئية كانت تمثل 20% من الكتلة الكلية للغاز ، وهذه الكتلة بدورها تعتمد على المسافة . أما علاقة الارتباط بين كل من CO و H1 والانبعاث تحت الأحمر للمجرات المرصودة من قبل IRAS فقد درست ووجدت الارتباط

## عينة البحث :

تعد عينة بحثنا واحدة من اكثر العينات مناسبة وأهمية في دراسة خصائص الغاز الجزيئي لامتلاكها نواة غالباً ما تكون نفس هيئة نواة مجرة سايبرت وتصنف على أساس إنها مجرات سايبرت من النوع الأول وتمتلك خطوط انبعاث واسعة جداً وخطوط ضيقة محذورة ذات سرعة اقل من سرعة الخطوط الواسعة (5) تعرف بمجرات ماركرلين، حيث أخذنا 73 مجرة منها محددة بالإحداثيات  $0 < \alpha < 24$  و  $-12 < \delta < 73$

تمتلك انبعاثاً حرارياً صادراً عن النجوم الثقيلة والقليل منها يملك انبعاثاً غير حراري بينما نسبة منها تمتلك نوى مجرية فعالة AGN . واستفدنا من البيانات المنشورة في البحوث الحديثة وموقعي LEDA , NED والموضحة في الجدول رقم ( 1 ) بينما جدول رقم ( 3 ) تضمن معاملات الارتباط بين المتغيرات ومستوى المعنوية لهذه الارتباطات ضمن مستوى احتمالاتها . وقد افترض ثابت هابل ( Ho ) بالقيمة  $75 \text{ km.s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  لغرض حساب المسافة.

الانبعاث ( J=1-0 )  $12\text{CO}$ :

تتركز جزيئة CO ذات الطيف  $2.6\text{mm}$  في المناطق المركزية من المجرات وترصد عادة بواسطة التقنيات الراديوية بسبب وفرة هذه الجزيئة الناتج من وفرة عنصري C,O في هذه المناطق بالإضافة إلى الاستقرار التي تتمتع بها هذه الجزيئة وبالتالي تميز انبعاثها في المجرة ، مما يجعلها أداة لتقدير النشوء النجمي داخل السحب العملاقة وتحديد كتلة الغاز الجزيئي وتوزيعه مستفيدين من حقيقة أن المقياس الطيفي الجزيئي والبصري لمجرتنا متوافر وبالتالي يمكن المقارنة بينه وبين طرق القياس الأخرى الموجودة . ولما كانت CO متوفرة فان نسبة ضيائيتها LCO المحسوبة من العلاقة ( 11 ) :

$$\text{Log Lco}=1.425+\text{log Ico}+2\text{log } \theta+2\text{log D}$$

إلى الضيائية Lfir الناشئة من الغبار الساخن بسبب نشوء نجوم OB ستكون مقياساً جيداً للنشوء النجمي .

معامل التحويل ( X ) يعرف هذا المعامل بأنه النسبة بين الكثافة الشحنية للهيدروجين الجزيئي إلى شدة خط CO المحسوب من ارصادات مجرتنا ( N(H2)/Ico ) ( 16 ) ويعتمد تقدير قيمة الغبار والغاز في المجرات على هذا المعامل التي أوضحت الدراسات اختلافه بين مجرة وأخرى (3). Booth & Aalto(2) Boselli et al(3). وحتى إن طرق قياسه متعددة. ويعتقد أن قيمته تكون عالية في المجرات الفقيرة بالمعادن وينخفض في المجرات ذات الانفجارات النجمية الغنية بالغبار مما يزيد وفرة CO (12) . ويستخدم هذا المعامل في حساب كتلة الغاز الجزيئي ( H2 ) باستخدام العلاقة (15)

$$\text{MH2} = 4.8 \text{ Lco}$$

والتي تكافيء علاقة الكثافة الشحنية مع شدة الخط ضمن معامل قيمته 3  $1020 \text{ mol. cm}^{-2}$  \* والمحسوب في(19) والذي يمثل معامل التحويل الذي يعطي قيمة متميزة لكتلة ( H2 ) والذي تم استخدامه في بحثنا (7) (28) .

## النتائج والتحليلات :

كتلة الهيدروجين الجزيئي ( MH2 ) :

باستخدام معامل التحويل وجد أن متوسط القيمة لـ LogMH2 هي 9.4 أي ما يعادل  $109\text{M}\text{€} * 2.4$  وتتفق مع ما تم الحصول عليه (23,24) . وحيث أن النقص الحاصل في الغاز الذري HI والمتوفر بنسبة عالية في المجرة من خلال النشوء النجمي لا يمكن تفسيره إلا بعد الأخذ بعين الاعتبار العنصر الجزيئي H2 فإننا لم نجد أية علاقة ارتباط بين هاتين المركبتين بسبب التكتف العالي للغاز الجزيئي في المركز والمناطق التي تبعد عدة كيلو فرسخ عنه ، بينما ينتشر الغاز الذري خارج المركز في غلاف أو محيط السحب الجزيئية وفي أطراف المجرة مما يعني ان مقارنة أحد الطورين مع الكتلة الكلية لا يعطي تميزاً أحدهما على الآخر وهو ما يتفق مع ما وجد في (11) .

وحيث إن النسبة MH2 / MH1 تصل قيمتها إلى الواحد ودالة لنوع الشكل للمجرة(25) (23) وان الغاز الذري أكثر وفرة نسبة إلى الكتلة الكلية للمجرة في الأنواع المبكرة من المجرات بسبب انتشاره الواسع أكثر من الغاز الجزيئي فان عينة بحثنا ذات الأغلبية من النوع المبكر كانت ذات قيمة لهذه النسبة هي ( 0.5 ) وهي اكبر من النسبة ( 0.15 ) التي وجدت في (4) لمجرات من النوع المبكر وهذا يدعم قولنا بان العينة ذات محتوى HI واطئ في المناطق المركزية وان الغاز الجزيئي متوافر بشكل كبير في هذه المناطق وفقاً لمعدلات النشوء النجمي الحاصل فيها، لأن المناطق خارج الأقراص المجرية لا تحتوي على غاز H2 البارد وبالتالي فان ذلك يعني انخفاض كفاءة الانبعاث لجزيئة CO ( عندئذ تكون قيمة X عالية ) .

الدليل الآخر على هيمنة الصيغة الجزيئة في المناطق المركزية للعينة المختارة هو الضيائية تحت الحمراء البعيدة ( Lfir ) ، حيث وجدنا أن معدلها كان  $10.44 \text{ L€} * 1010\text{L€}$  أي ما يعادل  $2.75$  وهي ضمن المجرات التي تمتلك ضيائيات

$\text{Lfi} \leq 1010\text{L€}$  ، أي أنها متميزة بهذا الانبعاث الناشئ من تكون النجوم الثقيلة OB بسبب الانفجارات النجمية أو من النواة المجرية حيث يتحول فيها H1 إلى H2 أو من النجوم المتشكلة سابقاً فيها ، وحتى إن Lfir تتبع بشكل متميز من الغبار داخل السحب الجزيئية كما ان المجرات التي تمتاز بانبعاث UV عالي ، كما هو في عينة ماركرلين عينة البحث ، تنتج ضيائية تحت حمراء عالية مما يعزز الارتباط بين MH2 مع Lfir في هذه المناطق الذي هو ترابطاً خطياً قوياً وباحتمالية متميزة ، جدول ( 3 ) والمخطط ( 1 ) ، وهو أقل من ارتباط MH2 مع MH2+MH1 فالمجرات ذات الانفجارات النجمية تُظهر ميلاً للزيادة في الضيائية Lfir مع MH2 بسبب فعالية الغاز الجزيئي في المناطق المركزية والمدعوم بالنسبة Lfir/MH2 التي وجد أن معدلها هو

( 1.15 ) ، ففي المجرات الحلزونية يكون معدل النشوء النجمي متناسباً بشكل طردي مع كتلة الغاز الجزيئي وبالتالي فان النسبة Lfir/Lco هنا ستكون مرتفعة بحدود ( 9.03 ) وهي ضمن حدود المجرات تحت

الغبار لكي يمنع عن الجزيئات الإشعاع النجمي فوق البنفسجي الذي يعمل على تفكيك الجزيئات ، فالجزيئات تتواجد فقط في السحب البينجمية الأكثر كثافة والأكثر ظلاماً لسببين : الأول إن الغبار يعمل كواقي لها ، والثاني ان الغبار يعمل كمحفز لتكوين الجزيئات بحيث توفر الدقائق مكاناً تتجمع فيه الذرات وتتفاعل لتكوين الجزيئات .

وهذا الترابط هو أقوى من الترابط بين  $M_{H1}$  و  $M_{dust}$  حيث إن الهيدروجين البارد جداً ( 15 Kel ) أو اقل لا يمكن أن يطلق الإشعاع المعروف بـ 21cm فتتراص ذراته لتكوّن جزيئات  $H_2$  ولا يرافقه غبار كافي، عندها يكون الانبعاث الصادر عن الغبار مصاحباً لانبعاث الجزيئات . وحيث أن النسبة  $f_{60}/f_{100}$  تمثل مركبة الحرارة للغاز الحار ، فإن  $H_2$  سترتبط تقريباً مع مركبة الانبعاث الحراري بشدة في عينة البحث التي تتميز بالانفجارات النجمية. وهذا ما يتفق مع ما حصل عليه كل من (17) Sanders & Mirable و (3) Boselli et al. و (8) Draine.

وكدليل على ما متوفر من معادن داخل عينة البحث من اجل تقدير وجود جزيئة CO تمت دراسة المتغير  $M_{H2}/M_{dust}$  حيث وجد أن متوسط القيمة كانت 2.99، والمتغير  $M_{H1}/M_{H2}$  ذو متوسط قيمة 3.26 وهي أكبر من متوسط المتغير الأول لأن متوسط كتلة ذرة الهيدروجين هي أكبر من متوسط كتلة جزيئة الهيدروجين في هذا النوع من المجرات (22) بينما كانت متوسط القيمة للمتغير  $M_{gas}/M_{dust}$  هي 3.49 (ذري  $M_{gas}=M_{H1}+M_{H2}$ ) وهذا يعني إن عينة بحثنا غنية بالغاز (ذري وجزيئي) نسبة إلى الغبار ، فالمجرات التي تمتاز بالضيائية  $L_{fir}$  تقل فيها النسبة  $M_{gas}/M_{dust}$  وتزداد بزيادة كتلة الغاز ، وحيث أن عينة البحث هي أجسام كبيرة ذات نسبة  $L_{fir}/M_{H2}$  منخفضة فإنها ستفقد جزءاً من الانبعاث FIR الصادر عن الغبار بسبب فقرها للمعادن ، المخطط ( 4 ) وهو نفس ما أكدته دراسة (1) Andreani et al. و (26) Young et al. كما إن النتائج أكدت بان المجرات عينة البحث ذات النوع المبكر لها نسبة  $M_{gas}/M_{dust}$  منخفضة مما يعكس حقيقة أن بعض الغبار يترافق مع النجوم الناشئة في الانتفاخات المركزية لعينة البحث .

الضيائية ( LCO ) : حسبت هذه الضيائية من العلاقة ( 11 ) :

$$\text{Log Lco} = 1.425 + \text{log Ico} + 2\text{log } \theta + 2\text{log D}$$

بحيث رسمت العلاقة بين  $M_{H1}$  و  $L_{co}$  ووجدنا النسبة  $L_{co}/M_{H1}$  تتراوح قيمتها ( 0.185 ) وهو ضمن المدى لما وجدته (15) Sage . فكما انخفضت كتلة الغاز الذري تزداد  $L_{co}$  بمعدل زيادة ينخفض كلما تزداد  $M_{H1}$  ويعزى هذا التغير إلى أسباب منها : انه عندما تكون قيمة  $M_{H1}$  عالية فان عدد السحب الجزيئية المتشكلة في المجرة سيكون كبيراً وبعضها سيكون سميكاً مما يعني إن محتوى CO الكلي لا يمكن كشفه أثناء الرصد وأيضاً السحب غير الكثيفة ( غير سميكة ) سوف لا يمكن كشف نسبة من الـ CO فيها أثناء الرصد . ومن المحتمل يعود سبب هذه العلاقة إلى النشوء النجمي في عينة البحث وبالتالي فإن  $M_{H2}$  العالية ستعتمد بشكل كبير على كتلة الغاز الذري .

الحمراء اللامعة جداً ULFIR . وهو ما يتفق مع ما تم الحصول عليه في (25) . ولما كان النشوء النجمي يعتمد على درجة حرارة الغبار (  $T_{dust}$  ) والمحسوبة من العلاقة :

$$T_{dust} = -34.8 \log f_{60}/f_{100} + 46.96$$

فهناك على الاقل مركبتين مساهمتين في حرارة الغبار الاولى هي الغبار البارد (  $T_{dust} \leq 30 \text{ K}$  ) المرافق للغاز البارد ، والغبار الحار (  $T_{dust} \geq 50 \text{ K}$  ) المرافق للسحب التي تتكون فيها النجوم الثقيلة ، فقد وجد ان هناك ارتباطاً ضعيفاً بينه وبين النسبة  $L_{fir}/M_{H2}$  ، جدول ( 3 ) ومخطط ( 2 ) ، حيث يأتي انبعاث FIR من الغبار الساخن المتحد مع السحب الجزيئية فالزيادة في كل من  $L_{fir}$  و  $T_{dust}$  تعطي زيادة لهذه النسبة التي هي دليل على مدى التفاعل بين الذرات والجزيئات وقيمتها للمجرات المفردة بحدود ( 20 ) (24) . لكننا نلاحظ ان هناك فرقاً بينها وبين القيمة المستحصلة لدينا والسبب يعود الى ان عينة بحثهم كانت مجرات تحت حمراء لامعة وفيها عدد من الأنظمة المجرية المدمجة مع بعضها وذات درجة حرارة غبار عالية جداً تدعم الانبعاث  $L_{fir}$  الصادر عنها .

وللتأكيد على قوة النشوء النجمي الحديث في عينة البحث فقد وجدنا علاقة ارتباط ضعيفة بين  $M_{H2}$  و LB حيث تدل الضيائية الزرقاء على النشوء النجمي القديم ، وباحتمالية عالية ، جدول ( 3 ) ، تمثلت بالمعادلة التالية:  $\text{Log } M_{H2} = ( 0.36 \pm 0.14 ) \text{Log } LB + ( 3.42 \pm 1.17 )$  لأن LB للقرص المجري ناتجة في الأساس من نجوم بأعمار اقل من بليونيات من السنين ، وكما يظهر إن الميل هو اقل من ( 1 ) مما يشير إلى أن توزيعات  $H_2$  في المجرات المتدنية والمرتفعة في الضيائية ليست متماثلة ، والمدى الصغير في توزيع CO في المجرات متدنية الضيائية يشير إلى أن كمية كبيرة من الضوء الأزرق يتشكل من خارج المنطقة التي يتواجد فيها الغاز الجزيئي وهذا يؤدي بدوره إلى تناقص الميل في العلاقة  $M_{H2} \sim LB$  .

وإذا ما حسبنا النسبة  $M_{H2}/LB$  نجدها لا تعتمد على نوع التشكل للمجرة وذات قيمة سالبة (  $-0.89 \pm 0.05$  ) دلالة على أن العينة لها ضيائية زرقاء ينتج لونها الأزرق من خارج المنطقة الجزيئية بما فيها القرص والانتفاخ المركزي للمجرة حيث يتركز الغاز الجزيئي في مركز المجرة وهي نفس ما توصل إليه كل من (17) Sanders & Mirable و (14) O'Neil & Schinnerer .

العلاقة بين (  $M_{H2}$  ) و (  $M_{dust}$  ) :

إن معرفتنا لخصائص وتطور محتوى الغاز والغبار في المجرات ضروري وأساسي لفهم حالة وتطور نشاط الانفجارات النجمية ، وان دراسة الغاز الجزيئي يكمل دراسة الغبار . لذلك تم حساب كتلة الغبار من العلاقة (6):

$$\text{Log } M_{dust} = \text{log } L_{fir} + 5\text{log } (40/T_{dust}) - 4$$

ووجدنا علاقة الارتباط القوية بينهما بمعامل ارتباط قوي واحتمالية عالية ، جدول ( 3 ) ومخطط ( 3 ) ، تأتي من أن جزيئات الهيدروجين تتشكل على سطح دقائق وسط ما بين النجوم حيث يكون هناك حاجة لوجود

الانفجارات الانفجارية ولحد بعض الكيلوفرسخ، فان الارصادات الفوتومترية لانبعاث 2.6mm المتوفر بشكل كبير أظهرت وجوده في انوية الأقراص المجرية لهذا النوع

( 7 ) ، بينما الخط 21cm الصادر عن ذرة HI لا يصدر من المناطق المركزية ويشير إلى دوران وسرعة تشتت القرص الخارجي ويدرس من عرض 50% & 20% ، لذلك حصلنا على معدل قيم W20 و W50 هي ( 233.1 , 269.1 kmsec ) على التوالي بينما معدل Wco كان ( 224.5 km/sec ) لمعظم المجرات لها عرض خط للهيدروجين اكبر من عرض خط الكربون ( 10 ) ، وان Wco المصحح من تأثير الميل يرتبط ارتباطاً قوياً موجياً مع كل من هذين المستويين وباحتمالية عالية ومتميزة ، جدول ( 3 ) ، ووجود مثل هذا الارتباط القوي يعود إلى أسباب عدة ، فربما هناك دوران مفاجئ لقرص النواة / أو توسع لجزيئات الغاز الناتج من الطاقة الحركية الداخلية للسوبرنوفات والرياح النجمية المصاحبة للنشوء النجمي في المناطق المركزية ، فإذا كانت جزيئات الغاز في الجزء المركزي متجمعة بكثرة فان سرعة التشتت وسط السحب المفردة سوف تزيد من عرض الخط Wco وبالتالي يزداد W20 و W50 ومن ثم يزداد التشتت الملاحظ في المخططين ( 8 ، 9 ) ، أو ربما يعود إلى أسباب خارجية مثل أن يؤدي النشوء الأهليلجي للسحابة إلى خط CO عريض وتشكل الجزيء H2 الذي يؤدي إلى اختلاف دوران الغاز داخل المجرة ويزيد من فعالية تكون النجوم في المجرة ، لذلك تعد الأجسام التي لها انبعاث عريض لـ CO مادة مهمة لدراسة ديناميكية الغاز في المنطقة المركزية.

ولما كانت الكتلة والضيائية والسرعة للمجرات ترتبط مع بعضها (  $L \sim v_n \sim M$  ) فان المجرة ذات الكتلة العالية ستكون ذات دوران سريع وبالتالي ستكون ضيائيتها عالية ، مما يعني أن عرض الخط W20 و W50 سيرتبط بشكل مباشر مع Lfir و LB لأن هاتين الضيائيتين تمثلان ضيائية المجرة بشكل عام بينما سيرتبط Wco مع MH2 فقط بسبب النشاط الانفجاري لتكوين النجوم وتمركز كل من H2 و CO في المناطق المركزية ، حيث أن كتلة الغبار والغاز هما جزء من كتلة المجرة فهي بدورها سترتبط مباشرة بعلاقة طردية مع سرعة دوران المجرة المقاسة من خلال Wco و WHI .

#### المناقشة :

حاولنا في بحثنا هذا دراسة 73 عينة من مجرات ماركرين مرصودة عند الخط 12CO(J=1-0) لغرض دراسة خصائص الغاز الجزيئي في المناطق المركزية وفعالية النشوء النجمي فيها . واختيرت هذه العينة من كتلوك IRAS واستخلصنا النتائج التالية :

( 1 ) تبين لنا من نتائج التحليل أن عينة البحث تمتاز بوفرة الغاز الذري ( H1 ) المنتشر في أرجاء المجرة وترجح كفته على كفة الغاز الجزيئي ( H2 ) ضمن الكتلة الكلية لكن نسبته تتناقص نتيجة تحوله إلى الطور الغازي بسبب النشوء النجمي وتمركز غاز H2 في المناطق المركزية

أما النسبة Lco/Lfir فإنها ستقل تبعاً للزيادة في Lfir حيث كان معدل قيمتها ( 3.956 - ) والإشارة السالبة تؤكد تميز الضيائية Lfir بسبب الحساسية العالية للضيائية تحت الحمراء لدرجة حرارة الغبار مع علمنا إن هناك مجرات لها Lco منخفضة أصلاً بسبب وجود السحابات الجزيئية السمكية المعتمة التي لا يمكن رصد CO فيها بشكل جيد مما يجعل قيمة هذه النسبة سالبة ( 9 ) . وبعد تطبيق العلاقة بينهما سنحصل على خط مستقيم ذو تشتت في انتشار نقاطه بسبب طريقة الرصد واطفاء التلسكوب أو ربما بسبب معامل التحويل الذي قد يكون مسؤولاً عن جزء من هذا التبثر للنقاط ، وربما بسبب أن تماوج الانبعاث الصادر عن جزيئة CO أثناء الانتقال أحياناً وبالتالي إلى حدوث أخطاء في القياس أثناء الرصد ، وقد يعود السبب إلى اختلاف هذه النسبة إلى كتلة الغبار وإلى درجة تمركز الغاز الجزيئي في المناطق المركزي الذي يختلف حسب الحجم وبعد المجرة المدروسة ، فإذا ما لاحظنا المخطط ( 5 ) لوجدنا إن هناك علاقة ارتباط خطية وقوية ذات ميل مقارب للواحد بين كتلة الغبار وضيائية جزيئة الكربون اكثر من علاقة Lco مع Lfir مما يجعل هذه النتيجة تتفق مع ما حصل عليه Sage(15) مما يعني تميز عينة البحث بضيائيات عالية في المناطق المركزية .

الكثافات السطحية للمتغيرات (  $\sigma$  ) :

من المعروف لنا أن المجرات الكبيرة تكون لامعة أكثر عند جميع الأطوال الموجية وقد قارنا سابقاً كتلة الهيدروجين الجزيئي مع الضيائيات ومع كتلة الغبار لكننا لم نختبر تأثير الحجم والتوزيع للمادة داخل المجرة ، لذا علمنا على دراسة هذه المتغيرات للتخلص من تأثير الحجم ومعايرة البيانات المستحصلة مع حجم المجرة وذلك بحساب الكثافات السطحية لكل متغير والتي من خلالها يمكن معرفة تميز الطور الجزيئي للهيدروجين في المناطق المركزية المدروسة، وباستخدام الانحدار المتعدد عززنا التأكيد على ارتباط الهيدروجين الجزيئي مع الضيائية تحت الحمراء وكتلة الغبار بمعاملات ارتباط قوية واحتمالية عالية ومعنوية متميزة ، جدول ( 3 ) والمخططين ( 6 ، 7 ) ، وحسب المعادلتين التاليتين :

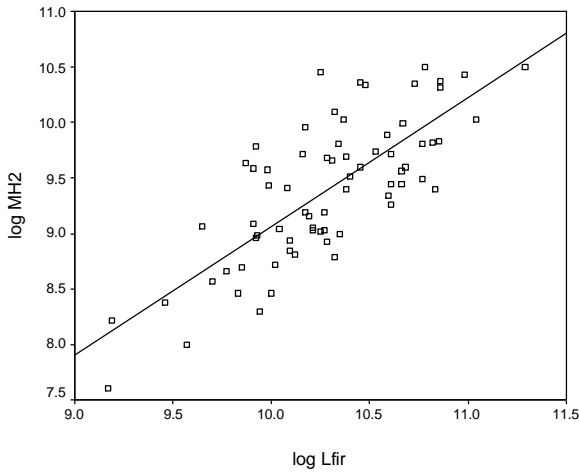
$$\log S_{H_2} = (0.54 \pm 0.08) \log S_{fir} + (2.04 \pm 0.57)$$

$$\log S_{H_2} = (0.65 \pm 0.09) \log S_{dust} + (7.34 \pm 0.24)$$

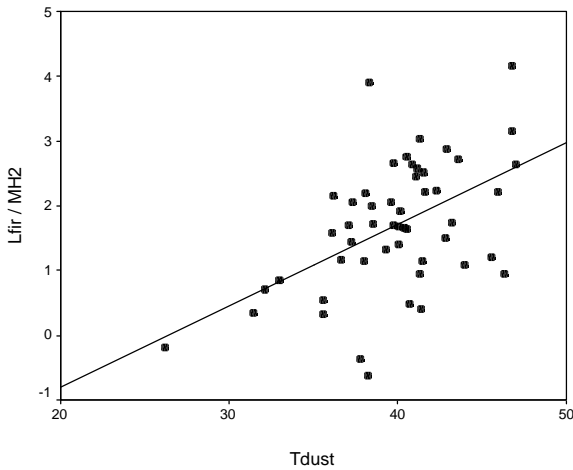
فالمجرة التي تحتوي على نسب عالية من الغبار تشير إلى وجود سحب جزيئية فيها ، ويكون الارتباط للصيغة الجزيئية مع  $\sigma_{fir}$  اكثر منه مع  $\sigma_B$  بسبب تميز عينة البحث بالنشوء النجمي الحديث المرتبط بشكل قوي مع الطور الغازي ، وهو ما يتفق مع نتائج Wong & Blitz(21) . علاقة ( TF ) :

تعتبر هذه العلاقة أداة لقياس بعد المجرات باستخدام عرض الخط 2.6mm ( Wco ) وذلك بقياس منحنى سرعة دوران المجرة المعتمد على الكتلة ، وهذه السرعة تقدر من عرض الخط الطيفي لجزيئة CO مع علمنا أن هذا الخط يزداد عرضه تحت تأثير دوبلر . ومن سرعة التشتت وسط السحب المفردة أو بواسطة الدوران المجري ، وحيث أن CO تتمركز في مستوي واحد من قرص مجرات سافيرت ذات

20. Thomas,H.C.,Dunne,L.etal.,MNRAS,329.747T,2002
21. Wong,T. & Blitz,L., Ap. J., 569,2002.
22. Yao,,L. & Seaquist,E.,stron.Astroph.J.,astr-Ph/0301511v1,2003.
23. Young,J & S,Kenezek,P.M, Ap.J.347,L55,1989.
24. Young,J.,Schloerb,F.P.,Kenney,J. & Lord,S.D,Astroph.J.,304,pp.581,1986.
25. Young,J.&Scoville,N.,Astron.Astroph.J.,29,p.581-625,1991.
26. Young,J.,Xie,S.,Tacconi,L. et al., Astrophysical Journal,98,p.219,1995.
27. Young,J.S.,Xie,sh.,Kenney,J. & Rice,W.,Astrophysical Journal,70,pp.699-722 ,2003.
28. Zhu,M.Seaquist,E.R.& Kuno,n, Ap.J. ,2003.



مخطط رقم ( 1 ) يوضح الارتباط الجيد بين Lfir و MH2 في عينة البحث



مخطط رقم ( 2 ) الارتباط الضعيف بين حرارة الغبار والنسبة Lfir/MH2 مبين في هذا المخطط

وزيادة كفاءة عملية النشوء النجمي وبالتالي زيادة احتمالية ارتباط MH2 مع بقية المتغيرات الأخرى .

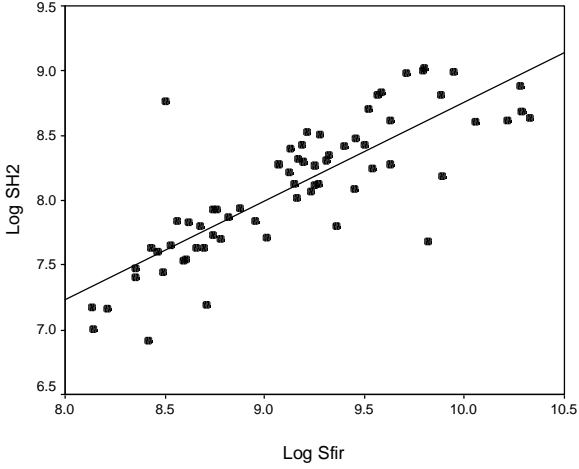
( 2 ) حيث أن عينة البحث تمتاز بالنشوء النجمي الحديث فلابد ان تتميز بانبعثات تحت احمر بعيد يشير إلى الانفجارات النجمية الحديثة حيث كان الارتباط بين الضيائية ( Lfir ) مع المتغيرات اكثر من الضيائية الزرقاء ( LB ) التي تشير إلى النشوء النجمي القديم .

( 3 ) بما أن الغبار ساخناً في المناطق التي يتواجد فيها الغاز الجزيئي فان جزءاً كبيراً من الضيائية ( Lfir ) يكون ناتجاً من المناطق المركزية المدروسة مما يجعل ارتباطها مع الضيائية ( Lco ) الصادرة عن جزيئة CO جيداً .

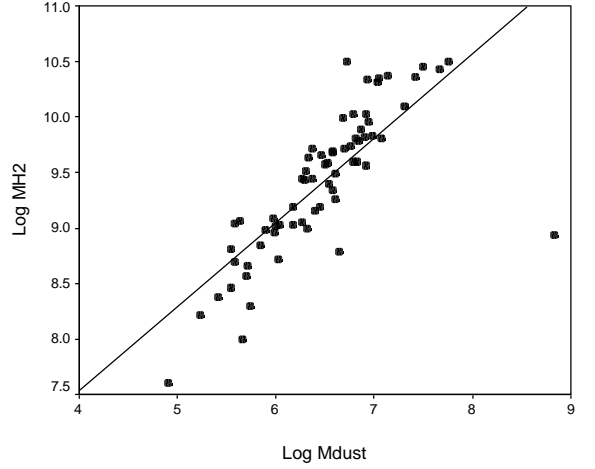
( 4 ) وبسبب المحتوى الكبير لـ HI فإن الانبعثات 21cm الصادر عنه يكون اكبر عرضاً من الانبعثات 2.6mm الصادر عن جزيئة CO ، لكنهما يرتبطان ارتباطاً جيداً مما يجعلنا أن نقترح إن الدوران المفاجئ لقرص النواة ربما يؤدي إلى توسع عرض الخط لجزيئات الغاز بالإضافة إلى سرعة دوران المجرة مما يجعل الارتباط قوياً بينهما .

#### المصادر

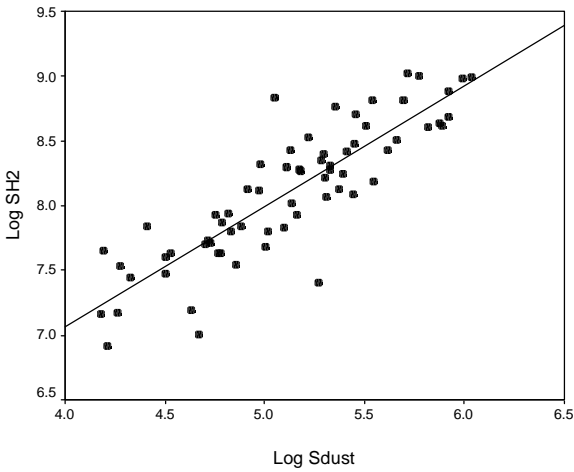
1. Andreani,P., Casoi,F.& Gerin.M. , Astro. Astrophy. J., 300, 1995,p.43-57.
- 2.Booth,R.S. & Aalto,S.,1998 ,” In the Molecular astrophysics of Stars And galaxies” Oxford Scinces Puplication,437.
3. Boselli,A.,Lequeux,J. & Gavazze, G., Astron. Astrophy. J.,astr-Ph/0112275v1,2001.
4. Boselli,A.,Gavazzi,G.,Bonfanti,G,A., A.&A.J.,astro-Ph/0201281v1,2002.
5. Carroll,B. &Ostlie, D.,”An Introduction to Modern Astrophysics” Addisio-Wesley,NewYork,1996.
6. Devereux,N.A. & Young,J.S., Ap.J,371,515,1991.
7. Downes,D & Solomon,P.M., ApJ.,507,615,1998.
8. Drain,B,Astron.Astrophy.J.,astro-Ph/0305508v1,2003.
9. Gondhalekar,P.M.,Morgan,D.H,Dopita,M.,Ellis,R.S,M NRAS,219,505,1986.
10. Heckman,T.,Blitz,L.,Wilson,A. & Armus,L. Ap.J.,342,735,1989.
11. Kandalaian,R.A,Kalloghlian,A.T,Al-Naimiy,H.M,Khassawney,A.M,43,p.524-574,2000.
12. Maloney,P. & Black,J.H, Ap.J.,325,389,1988.
13. Neinger,N.,Gue'linM.etal.,A&A,310,725,1996.
14. O'Neil,K. & Schinnerer,E.,Astrophical Journal,astro-Ph/0304021v2,2003.
15. Sage,L.,Astron. Astrophy.J.,272,p.123-136,1993.
16. Sanders,D.B,Scoville,N.Z,Soifer,B.T.,Astrop.J.,370,pp.158-171,1991.
17. Sanders,D.B&Mirabel,J.,Astron.Astroph.,34,p.749,1996.
18. Sofue, Y.,Koda,J.,Naknishi,H.&Onodera,S.,Kohno,k.,Tomita,A.&Okumura,S.,astrPh/0301008,2003.
19. Solomon,P.M,Downes,D.,Radford,S.JE & Barrett,J.W.,Ap.J.,478,144,1987.



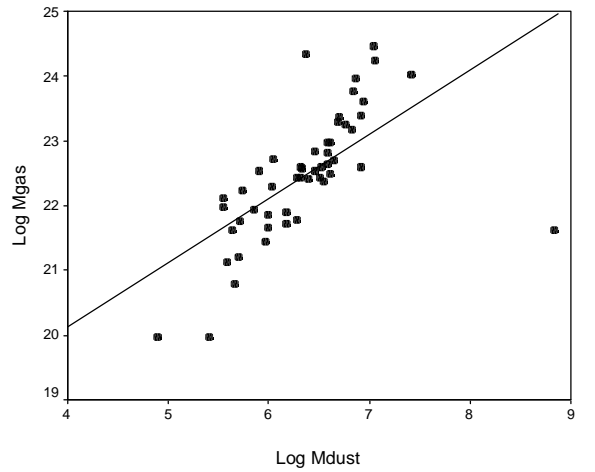
مخطط رقم ( 6 ) يبين علاقة الكثافة السطحية لكل من H2 و Lfir



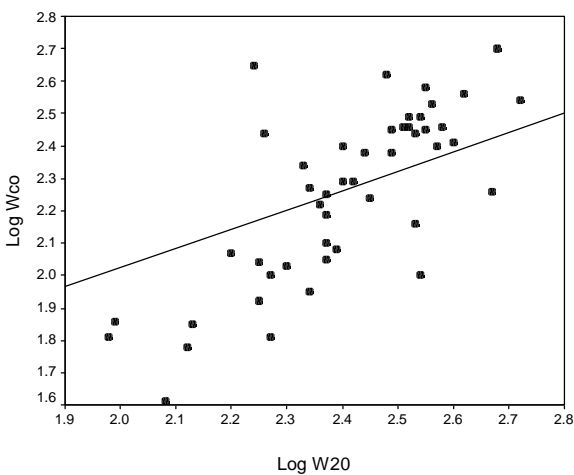
مخطط رقم ( 3 ) يتضح فيه العلاقة الجيدة بين كتلتي الغبار و MH2



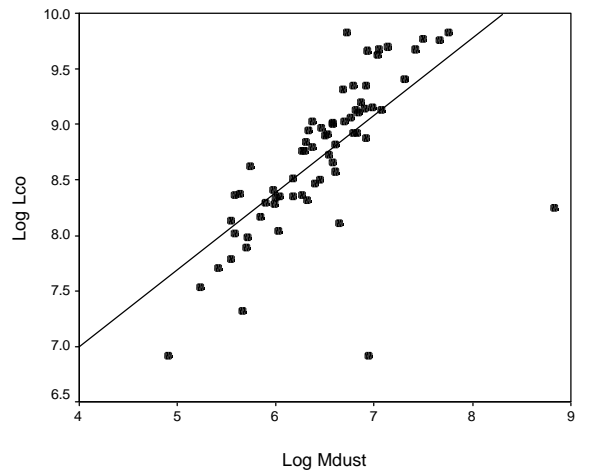
مخطط رقم ( 7 ) يوضح العلاقة بين الكثافة السطحية لكل من H2 والغبار



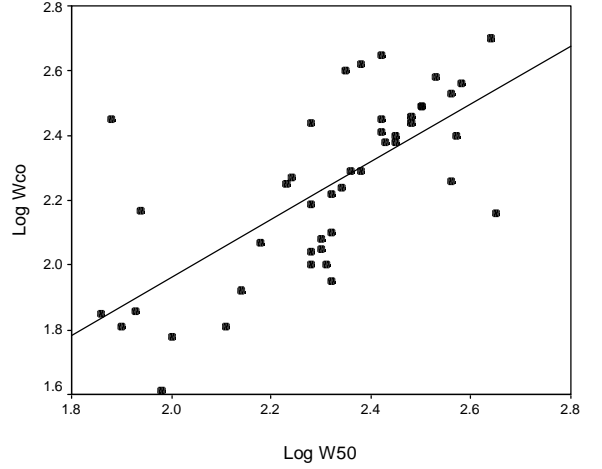
مخطط رقم ( 4 ) يلاحظ فيه تميز الغاز على الغبار في عينة البحث



مخطط رقم ( 8 ) يوضح الارتباط لعرض خط الانبعاث لكل من الهيدروجين الذري عند عرض 20% والكربون



مخطط رقم ( 5 ) هو علاقة ذات ميل يقارب الواحد بين Lco و Mdust



مخطط رقم ( 9 ) يوضح ارتباط عرض خط الانبعاث لكل من الهيدروجين الذري عند عرض 50% والكربون

## 12CO ( 1-0 ) Molecular in Central Region of Markarian Galaxies statistic study

AKRAM M. ALi

E.mail: [hommam2002@yahoo.com](mailto:hommam2002@yahoo.com)

**Abstract:** From 2.6mm line of 12CO ( 1-0 ) molecular we utilize from data of 72 specimens of Markarian galaxies have IR luminosity ( $L_{\text{fir}} \sim 10^{10} L_{\odot}$ ) and inclination  $\langle i \rangle$  between ( $0^{\circ} - 74.4^{\circ}$ ) to investigation starformation activity from study of Hydrogen molecular ( H<sub>2</sub> ) properties wherfrom estimation its abundunce and mass then prediction that most of molecular gas concetrate in central region of the samples , where ( CO,H<sub>2</sub> ) look at as important tool to study galaxies structure and activities due to of staformation and its relation with other variables. Whereas most sample is late type spiral galaxies , our study emphasize that most interstellar molecular gas is ( H<sub>2</sub> ) that can't observed easily exept by study of CO distribution or Luminosity ( L<sub>co</sub> ).

جدول رقم ( 1 ) يوضح البيانات العامة لعينة البحث

Mk Name	RA. H M S	Dec. ° ' "	F <sub>60</sub> m	F <sub>100</sub> Jy	a <sub>25</sub> arcmin	D ( Mpc )	i ( ° )	T	T <sub>dust</sub> (Kel)	log L <sub>B</sub> (L <sub>⊙</sub> )	log L <sub>FIR</sub> (L <sub>⊙</sub> )
1 Mk 334	00 03 09.6	21 57 37	4.345	4.318	0.977	86.59	44.5	Sy 1.8	47.05	10.4	10.66
2 Mk 335	00 06 19.5	20 12 10	0.3433		0.316	101.97	0	Sy 1		10.83	
3 Mk 545	00 09 53.4	25 55 26	8.77	15.34	1.862	61.29	42.5	SB	38.51	10.68	10.75
4 Mk 938	00 11 06.5	-12 06 26	16.08	17.16	1.445	77.24	70.8	HII	45.98	9.92	11.14
5 Mk 555	00 46 06.3	-01 36 43	4.221	8.676	1.023	54.03	29.2		36.07	10.6	10.35
6 Mk 353	01 03 16.4	22 20 34	3.877	5.713	0.871	63	65	SB	41.10	9.87	10.39
7 Mk 1157	01 33 31.2	35 40 06	1.991	3.479	1.412	60.21	38.5	Sy 2	38.53	10.21	10.09
8 Mk 573	01 43 57.8	02 21 00	1.24	1.263	1.230	68.84	23.2	Sy 2	46.68	10.04	9.92
9 Mk 575	01 48 33.1	12 36 50	2.791	5.368	0.912	72.11	32.4	SB	37.07	10.28	10.41
10 Mk 363	01 50 58.5	21 59 51	2.46	3.58	0.588	39.13	36.5	SB	41.29	9.77	9.78
11 Mk 2	01 54 53.8	36 55 05	5.96	7.78	0.660	73.43	27.3		42.93	10.38	10.69
12 Mk 1014	01 59 50.2	00 23 41	2.224	2.164	0.354	646.69	44	Sy 1	47.37	11.29	12.11
13 Mk 1034	02 23 20.4	32 11 34	6.475	11.45	0.588	136.36	38.8	Sy 1	38.34	10.45	11.31
14 Mk 1040	02 28 14.5	31 18 42	2.555	4.551	3.630	65	83.1	Sy 1	38.24	10.61	10.27
15 Mk 1050	02 37 39.9	34 25 54	5.099	7.275	1.174	65.99	67.5		41.59	10.31	10.54
16 Mk 602	02 59 50.6	02 46 17	3.69	5.602	1.174	37.92	34	SB	40.65	9.93	9.93
17 Mk 1066	02 59 58.6	36 49 14	10.98	12.15	1.479	48.2	68.2	Sy 2	45.43	9.99	10.57
18 Mk 1073	03 15 01.4	+3 42 16	8.166	11.11	0.954	93.08	32.8	Sy 2	42.31	11.04	10.55
19 Mk 1405	03 43 56.9	-0 23 6	4.58	11.22	1.096	66.15	35.1		33.42	10.85	10.60
20 Mk 617	04 33 59.8	-08 34 44	32.31	32.69	1.288	63.12	35	SB	46.78	10.66	11.26
21 Mk 1088	04 54 38.3	03 16 05	7.03	10.77	1.659	61.61	20.7		40.51	10.77	10.64
22 Mk 1093	05 07 44.0	08 01 07	8.264	13.28	1.122	59.71	47.5	SB	39.79	10.16	10.69
23 Mk 1194	05 11 46.1	05 12 02	7.16	11.5	1.584	63.2	53.8	SB	39.80	10.67	10.67
24 Mk 620	06 50 08.7	60 50 45	6.021	10	2.951	24.85	52.4	Sy 1	39.29	10.09	9.79
25 Mk 9	07 36 57.0	58 46 13	0.962	1.2	0.537	158.12	29.3	Sy 1.5	43.62	10.61	10.56
26 Mk 79	07 42 32.8	49 48 35	1.503	2.363	1.288	87.83	28.2		40.12	10.66	10.28
27 Mk 88	08 28 10.6	55 42 45	1.194	2.615	0.186	122.37	0		35.11	10.34	10.53
28 Mk 91	08 32 28.1	52 36 22	4.89	7.33	0.871	68.03	6.1		40.84	9.91	10.56
29 Mk 114	09 30 11.7	55 51 09	1.492	3.175	1.479	99.75	28.7		35.55	10.32	10.44
30 Mk 708	09 42 11.2	04 40 23	5.76	7.564	2.187	26.07	74.4	SB	42.84	9.65	9.78
31 Mk 404	09 42 54.2	31 50 50	12.47	23.17	2.818	17.48	57.9	HII	37.25	9.92	9.84
32 Mk 1239	09 52 19.1	-01 36 43	1.335			76.27		Sy 1		10.28	
33 Mk 133	10 02 11.1	72 07 31	3.087	5.576	1.096	27.08	12.3	SB	38.02	9.70	9.59
34 Mk 1259	10 38 32.9	-07 10 35	4.7		2.138	28.81	41	SB		10.00	
35 Mk 35	10 45 22.4	55 57 38	5.54	6.746	1.349	12.48	54.4	HII	43.98	9.17	9.11
36 Mk 158	10 59 09.0	61 31 50	8.55	12.54	1.737	28.08	67.7	SB	41.17	9.91	10.03



Mk Name	RA. H M S	Dec. ° ' "	F <sub>60</sub> m	F <sub>100</sub> Jy	a <sub>25</sub> arcmin	D ( Mpc )	i ( ° )	T	T <sub>dust</sub> (Kel )	log L <sub>B</sub> (L <sub>⊙</sub> )	log L <sub>FIR</sub> (L <sub>⊙</sub> )
37 Mk 731	11 12 39.8	09 03 21	3.21	4.88	2.041	18.81	49.3		40.63	9.19	9.26
38 Mk 171	11 28 32.2	58 33 44	103.7	122.45	1.288	41.59	55.5	HII	46.43	10.77	11.41
39 Mk 188	11 47 34.3	55 58 02	4.576	11.52	1.819	31.85	39.7		33.01	10.19	9.97
40 Mk 1466	12 08 11.1	02 52 42	5.72	10.52	4.073	16.35	47.2		37.75	9.83	9.42
41 Mk 759	12 10 37.5	16 01 59	4.116	8.727	1.819	28.11	40	SB	35.60	10.02	9.78
42 Mk 201	12 14 09.6	54 31 36	25.66	25.88	1.819	33.41	59.8	SB	46.83	10.21	10.61
43 Mk 439	12 24 36.2	39 22 59	5.9	11.17	2.089	13.17	16.3	SB	37.31	9.46	9.26
44 Mk 769	12 25 25.5	16 28 12	8.35	12.32	1.995	21.93	65.7	SB	41.40	9.94	9.81
45 Mk 52	12 25 42.8	00 34 22	4.43	5.68	2.138	29.93	36.5	SB	43.20	9.85	9.75
46 Mk 213	12 31 22.1	57 57 53	3.936	6.006	1.621	41.04	49.2	SB	40.57	10.25	10.03
47 Mk 231	12 56 14.2	56 52 28	35.4	32.28	1.288	166.24	43.1	Sy 1	49.32	10.98	12.12
48 Mk 54	12 56 55.9	32 26 52	0.9347	1.827	0.776	178.84	68.9	HII	36.83	10.82	10.73
49 Mk 1341	13 00 58.6	-00 01 39	2.555	7.145	2.138	15.96	50.6		31.42	9.57	9.14
50 Mk 266	13 38 17.5	48 16 37	11.07	33.8	0.724	112.16	33.8	Sy2+Line	40.44	10.86	11.17
51 Mk 273	13 44 41.7	55 53 12	21.74	21.38	0.831	152	72.8	Sy 2	47.21	10.25	11.85
52 Mk 1485	13 53 21.6	40 21 50	2.22	8.76	2.691	30.39	45	HII	26.21	10.32	9.74
53 Mk 1365	13 54 31.2	15 02 39	4.203	6.113	0.954	74.25	44.7		41.30	9.98	10.57
54 Mk 281	13 57 04.8	41 50 48	5.15	13.75	2.630	29.71	40		32.12	10.27	9.97
55 Mk 799	14 00 45.8	59 19 43	10.82	19.47	2.187	39.77	51.3	SB	38.08	10.38	10.47
56 Mk 1376	14 13 14.8	-03 12 27	8.55	8.886	2.630	24.77	90	Sy 1.9	46.36	10.12	9.87
57 Mk 1379	14 17 40.2	-07 25 03	4.357	6.27	1.380	34.96	33.6	SB	41.46	10.09	9.93
58 Mk 286	14 19 26.7	71 35 18	4.352	6.846	0.871	101.05	30.3	SB	40.11	10.59	10.86
59 Mk 848	15 18 06.3	42 44 37	9.15	10.7	0.660	160.57	80.9		44.59	10.32	11.54
60 Mk 691	15 46 58.8	17 53 03	3.909	7.743	1.621	43.93	59.4	SB	36.63	10.35	10.17
61 Mk 297	16 05 12.9	20 32 32	6.46	10.19	0.812	62.68	41.9		40.07	10.61	10.62
62 Mk 496	16 11 40.7	52 27 24	6.25	8.935	0.631	117.2	68.7	SB+SB	41.56	10.73	11.13
63 Mk 518	21 58 36.0	12 02 20	2.835	4.169	0.588	124.76	30.6		41.13	10.37	10.85
64 Mk 311	22 58 34.3	15 10 22	1.817	3.305	0.416	122.43	0		37.92	10.45	10.67
65 Mk 928	23 18 22.6	-04 24 58	8.09	10.67	1.318	97.76	40	Irr	42.78	10.48	11.07
66 Mk 530	23 18 56.6	00 14 38	0.8525	2.038	1.380	116.52	56.9	Sy 1	33.79	10.78	10.36
67 Mk 533	23 27 56.7	08 46 45	5.28	8.146	0.933	115.77	24.1	Sy 2	40.41	10.86	11.06
68 Mk 534	23 28 46.6	03 30 41	7.28	11.81	1.380	67.52	59.2		39.65	10.53	10.74
69 Mk 538	23 36 14.1	02 09 19	10.52	11.51	1.905	37.24	50	SB	45.60	10.27	10.32
70 Mk 331	23 51 26.8	20 03 10	17.32	21.63	0.851	71.77	48.6		43.60	10.17	11.13
71 Mk 542	23 56 19.1	-02 05 02		0.4849	0.223	97.11	33.4			10.08	
72 Mk 3	23 59 25.5	20 44 59	4.871	9.493		33.52	24.3	SB	36.18	10.17	9.99

جدول رقم ( 2 ) يتضمن بيانات جزيئة CO والهيدروجين

Mk name		CO data								H data	
		$\theta$ ( $^{\circ}$ )	Telesc. Type	$W_{CO}$ Km/s	$I_{CO}$ Kel.km/sec	Log $L_{CO}$ ( $L_{\odot}$ )	Log $M_{HI}$ ( $M_{\odot}$ )	log $M_{H_2}$ ( $M_{\odot}$ )	log $M_{dust}$ ( $M_{\odot}$ )	$W_{20}$ Km/s	$W_{50}$ Km/s
1	Mk 334	45	FCRAO	290	1.7	8.84	9.516	9.516	6.31	377	301
2	Mk 335	45	FCRAO	230	0.95	8.73		9.405			
3	Mk 545	22	IRAM	364	17	8.92	9.879	9.594	6.83	413	380
4	Mk 938	22	IRAM	347	16.7	9.11	10.176	7.880	684	520	
5	Mk 555	33	ONSLA	65	5.4	8.66	9.665	9.339	658	186	128
6	Mk 353	22	IRAM	278	17.6	8.95	9.319	9.633	6.33	181	192
7	Mk 1157	17	NRO	110	8	8.35	9.339	9.028	6.17	179	190
8	Mk 573	33	ONSLA	125	1.7	8.37		9.047	5.59		
9	Mk 575	22	IRAM	117	15	9.00	9.672	9.681	6.58	160	153
10	Mk 363	17	NRO		8.2	7.98	9.369	8.664	5.71	177	150
11	Mk 2	22	IRAM	106	7.5	8.72	9.444	9.396	6.54	200	
12	Mk 1014	55	NRAO	130	0.2	9.83		10.507	7.75		
13	Mk 1034	22	IRAM	450	20.1	9.68	9.609	10.362	7.41	173	261
14	Mk 1040	55	NRAO	500	1.8	8.79	10.538	9.4662	6.37	476	440
15	Mk 1050	22	IRAM	250	16.7	8.97	9.575	9.651	6.46	254	283
16	Mk 602	22	IRAM	194	10.9	8.30	9.714	8.984	5.90	263	227
17	Mk 1066	22	IRAM	271	19.3	8.76		9.441	6.29		
18	Mk 1073	33	ONSLA	260	8.9	9.35	9.578	10.028	6.92	401	264
19	Mk 1405	33	ONSLA	280	11.1	9.15		9.828	6.99		
20	Mk 617	22	IRAM	255	14.8	8.88	9.450	9.560	6.92		
21	Mk 1088	22	IRAM	377	13.4	8.82	9.443	9.496	6.61	352	336
22	Mk 1093	43	SEST	253	6.1	9.03	9.948	9.709	6.70	370	375
23	Mk 1194	22	IRAM	291	10.2	9.32	9.513	9.995	6.68	323	
24	Mk 620	22	IRAM	340	22.5	8.25	9.211	8.932	5.83	363	365
25	Mk 9	45	FCRAO	170	0.8	9.03		9.712	6.37		
26	Mk 79	33	ONSLA	185	1.4	8.76	2.444	9.444	6.27	218	172
27	Mk 88	33	ONSLA	100	3.1	9.13		9.808	6.81		
28	Mk 91	45	FCRAO	113	6	8.91	9.417	9.585	6.52	232	199
29	Mk 114	22	IRAM	400			10.270		6.70		222
30	Mk 708	22	IRAM	197	27.1	8.38	9.123	9.061	5.64	252	242
31	Mk 404	45	FCRAO	280	11.4	8.28	9.211	8.963	5.99	311	261
32	Mk 1239	45	FCRAO	290	0.57	8.25		8.931			
33	Mk 133	22	IRAM	83	8.2	7.89	9.093	8.568	5.70	178	138
34	Mk 1259	17	NRO		9.5	7.78		8.462			
35	Mk 35	45	FCRAO	41	1	6.92	8.636	7.603	4.90	120	96
36	Mk 158	22	IRAM	126	25.3	8.41	8.909	9.3089	5.97	235	208
37	Mk 731	22	IRAM	100	7.5	7.53		8.213	5.23		
38	Mk 171	22	IRAM	150	60	9.13		9.805	7.08		
39	Mk 188	22	IRAM	240	22.8	8.47	9.606	9.153	6.39	276	270
40	Mk 1466	22	IRAM	120	17.8	7.79	9.575	8.466	5.55	244	201
41	Mk 759	22	IRAM	167	10.7	8.04	9.638	8.716	6.03	229	211
42	Mk 201	22	IRAM	149	16.4	8.37	9.244	9.052	6.27	15	87
43	Mk 439	22	IRAM	70	22.5	7.70	8.363	8.381	5.41	134	72
44	Mk 769	22	IRAM	89	6.8	7.62	9.634	8.304	5.74	217	207
45	Mk 52	45	FCRAO	60	2.3	8.02	8.994	8.698	5.59	133	101
46	Mk 213	22	IRAM	311	10.1	8.34	9.318	9.020	6.00	332	317
47	Mk 231	22	IRAM	197	16	9.76		10.435	7.67		
48	Mk 54	33	ONSLA	430	1.5	9.14		9.822	6.91		
49	Mk 1341	22	IRAM	155	6.4	7.32	8.990	8.001	5.66	237	189
50	Mk 266	55	NRAO	400	4.9	9.70		10.375	7.14		
51	Mk 273	22	IRAM	499	19.8	9.77		10.450	7.49		
52	Mk 1485	22	IRAM	240	10.5	8.11	9.817	8.791	6.65	309	282
53	Mk 1365	22	IRAM	217	11.2	8.90	9.253	9.580	6.50	216	
54	Mk 281	45	FCRAO	278	6.8	8.51	9.658	9.189	6.45	339	305
55	Mk 799	22	IRAM	309	49.8	9.01	9.511	9.686	6.58	343	313
56	Mk 1376	22	IRAM	286	17.2	8.13	9.452	8.813	5.55	330	
57	Mk 1379	22	IRAM	72	9.4	8.17	9.431	8.849	5.85	97	86
58	Mk 286	33	ONSLA	175	5.4	9.20	10.249	9.883	6.86	280	221
59	Mk 848	22	IRAM	93	7.8	9.41		10.093	7.31		
60	Mk 691	22	IRAM	100	8.4	8.32	9.660	8.999	6.32	185	189
61	Mk 297	17	NRO	180	12.5	8.58	9.890	9.256	6.61	463	366
62	Mk 496	55	NRAO	100	4.3	9.68	10.038	10.356	7.05	348	205
63	Mk 518	33	ONSLA	199	5	9.35		10.032	6.79		
64	Mk 311	33	ONSLA	124	1.9	8.92		9.596	6.79		
65	Mk 928	55	NRAO	259	5.9	9.66		10.366	6.93		
66	Mk 530	33	ONSLA	570	17.1	9.83		10.507	6.72		

67	Mk 533	55	NRAO	145	4	9.63	10.335	10.314	7.04	335	449
68	Mk 534	33	ONSLA	420	8.7	9.06	9.847	9.740	6.76	304	238
69	Mk 538	22	IRAM	177	12.4	8.35	9.798	9.025	6.04	235	169
70	Mk 331	33	ONSLA	281	16.1	6.92	9.952	9.952	6.94	355	76
71	Mk 542	33	ONSLA	150	2	8.74		9.417			
72	Mk 332	22	IRAM	64	22.7	8.52	9.055	9.196	6.17	96	79

جدول رقم ( 3 ) يوضح معاملات الارتباط بين المتغيرات

Variable	Log L <sub>fir</sub>	Log L <sub>fir</sub> /M <sub>H2</sub>	Log L <sub>B</sub>	Log M <sub>dust</sub>	Log M <sub>HI</sub>	Log σ <sub>fir</sub>	Log σ <sub>dust</sub>	Log W <sub>20</sub>	Log W <sub>50</sub>
Log M <sub>H2</sub>	R= 0.89 P 0.2098 N= 70		R= 0.35 P < 10 <sup>-6</sup> N= 68	R= 0.5 P < 10 <sup>-6</sup> N= 66					
T <sub>dust</sub>		R= 0.14 P = 0.06 N= 64							
Log L <sub>CO</sub>				R=0.68 P < 10 <sup>-6</sup> N= 57	R= 0.50 P < 10 <sup>-6</sup> N= 53				
Log σ <sub>MH2</sub>						R= 0.51 P < 10 <sup>-6</sup> N= 62	R= 0.67 P < 10 <sup>-6</sup> N= 63		
Log W <sub>CO</sub>								R= 0.72 P < 10 <sup>-6</sup> N= 44	R= 0.64 P < 10 <sup>-6</sup> N= 41

N – عدد المجرات

P – الاحتمالية

R – معامل الارتباط