

COMPITI E SUDDIVISIONE FONDI TRA LE UNITÀ DI RICERCA
prot. 2005022470

Coordinatore Scientifico	Santi AIELLO
Ateneo	Università degli Studi di FIRENZE
Titolo della Ricerca	La polvere interstellare come agente e oggetto dell'evoluzione galattica
Finanziamento assegnato	Euro 164.000
Durata	24 Mesi

Obiettivo della Ricerca

"La polvere è onnipresente nell'universo, si intromette direttamente o indirettamente nella maggior parte dei campi della moderna astronomia. La polvere composta di piccole particelle solide (di dimensioni inferiori al micron), pervade lo spazio interstellare nella Via Lattea e nelle altre galassie: essa si trova in una ampia varietà di ambienti astrofisici, che vanno dalle comete alla nubi molecolari giganti, dagli involucri circumstellari ai nuclei galattici [1]. E' un fatto generalmente accettato che le particelle di polvere rappresentino, nonostante la loro massa costituisca una frazione minima della massa galattica, un fattore essenziale nella intera evoluzione delle galassie: le particelle di polvere catalizzano la formazione stellare (e le loro emissioni IR, millimetriche e submillimetriche ne sono il loro tracciatore) e hanno una influenza decisiva sulla evoluzione del gas interstellare nella direzione di una superiore complessità chimica, fino, probabilmente, alla sintesi di composti prebiologici. Per di più, le piccole particelle di polvere che pervadono lo spazio interstellare rappresentano un mezzo peculiare che non può essere simulato con facilità in laboratorio: "produrre particelle di alcune centinaia di Ångstrom di dimensioni, tenerle completamente separate l'una dall'altra e dagli altri solidi, mantenerle in un vuoto ultra spinto a bassa temperatura e studiare le interazioni fotoniche con queste particelle a lunghezze d'onda che vanno dal lontano IR all'estremo UV, costituisce un difficile compito sperimentale. Questa è l'opportunità che abbiamo nel caso della polvere interstellare" [2].

Lo studio della polvere interstellare richiede quindi un forte approccio multidisciplinare, richiede cioè il concorso di metodi e di bagagli intellettuali che appartengono a discipline piuttosto distanti fra di loro: in primo luogo naturalmente l'astrofisica, ma anche la fisica chimica, la spettroscopia molecolare, la fisica dello stato solido e la matematica applicata si rivelano necessarie. Non si può realisticamente pensare che un solo gruppo di ricerca possieda tutte le competenze necessarie, né la necessaria strumentazione. Per non parlare delle risorse finanziarie, spesso al limite della sufficienza.

Per questa ragione nel 1998 alcuni gruppi di ricerca che da tempo si dedicano allo studio del mezzo interstellare, in particolare della fisica e della chimica del gas e della polvere, operando sia presso Università che presso Osservatori Astronomici, hanno colto l'opportunità offerta dai Programmi Nazionali di Ricerca, finanziati dal MIUR, per aggregare la loro esperienza, le loro conoscenze e la loro strumentazione in progetti unificati di ricerca di dimensioni nazionali: Il primo di questi progetti "Polvere e Molecole in Ambienti Astrofisici" ha avuto inizio nel 1998 e si è concluso nel 2000. Un secondo progetto: "Polvere e molecole nello, spazio: connessioni ed evoluzione", ha avuto inizio nel 2000 e si è concluso nel 2002. Un terzo progetto "Solidi e Molecole in Astrofisica è stato appena portato a termine. La precedente pluriennale pratica di collaborazione sia nell'ambito di accordi bilaterali, sia nel quadro di progetti coordinati finanziati dal Consiglio Nazionale delle Ricerche e dall'Agenzia Spaziale Italiana, la forte affinità culturale, l'alto grado di complementarità, nonché rapporti interpersonali eccellenti, hanno reso facile l'integrazione e il coordinamento dei gruppi.

I risultati scientifici di queste esperienze sono molto positivi come documentano i numerosi lavori pubblicati e i contributi a convegni. Non pochi fra questi lavori sono stati resi possibili soltanto grazie alla collaborazione di unità di ricerca con competenze complementari (sperimentali-teoriche; osservative-teoriche) e dall'uso comune delle attrezzature di laboratorio. Desideriamo sottolineare anche che il "valore aggiunto" che le singole unità di ricerca hanno ricavato dalla partecipazione ai precedenti progetti è consistito anche nella possibilità di avere continui scambi di opinione, di informazioni e di dati, nell'immediato a titolo di collaborazione disinteressata, ma che hanno successivamente dato origine ad alcune delle ricerche congiunte inserite nel presente progetto.

Per tutte queste ragioni noi proponiamo questo nuovo progetto di ricerca, con l'obiettivo di ampliare ed estendere i risultati già ottenuti. Come già in precedenza, partecipano a questo progetto ricercatori delle Università di Pisa, Firenze, Napoli (Università "Parthenope"), Lecce, Messina, Catania e Cagliari e degli Osservatori di Arcetri (Firenze), Monte Porzio (Roma), Capodimonte (Napoli), Cagliari e Catania. Le unità di ricerca che partecipano al progetto costituiscono nel loro insieme un vero e proprio team di dimensioni nazionali, la cui composizione e competenza permette di trattare un ampio ventaglio di argomenti, che spaziano dall'interazione dei processi di formazione stellare con le nubi molecolari originarie, alla struttura e chimica del mezzo interstellare, sia denso che diffuso, al calcolo dei parametri ottici di particelle di polvere non sferiche, all'origine e natura delle bande interstellari diffuse, ma che hanno come elemento unificante le interazioni tra le varie componenti della materia interstellare studiate in un contesto evolutivo.

In questo progetto l'enfasi è messa in particolar modo sul ruolo della polvere interstellare nel contesto della più generale evoluzione galattica

I compiti delle singole unità di ricerca nell'ambito del progetto sono complementari e il contributo di ciascuna di esse è essenziale ai fini del raggiungimento degli obiettivi del progetto.

Tutte le Unità di Ricerca afferenti al progetto collaborano con ricercatori e istituzioni nazionali ed estere.

Le Unità di Ricerca afferenti al progetto svolgono anche una importante attività di formazione. Alle ricerche partecipano infatti

numerosi laureandi e dottorandi.

[1] D.C.B. Whittet 2003 "Dust in the Galactic Environment" (IoP publishing) p. XIII.

[2] D.R. Hufmann 1977, Adv. Phys. 26,129 (quoted in [1])

Innovazione rispetto allo stato dell'arte nel campo

Nel corso delle passati decadi la nostra conoscenza delle proprietà e dell'evoluzione del mezzo interstellare si è considerevolmente estesa. Un grande impulso alle ricerche sul mezzo interstellare è venuto dall'aumento della sensibilità dei telescopi IR e submm e dalle osservazioni in quota e dallo spazio. Un contributo importante è venuto anche dalle misurazioni e simulazioni di laboratorio. Nonostante questi successi il puzzle costituito dai processi che hanno luogo nel mezzo interstellare è lungi dall'essere completo. Molte "caselle" rimangono ancora vuote"

A titolo di esempio ne citiamo alcuni dei quesiti che attendono una risposta e a cui il presente progetto rivolge una particolare attenzione:

a) 40 anni di intense ricerche (osservazioni da Terra e dallo spazio, ricerche di laboratorio) hanno condotto gli astrofisici ad una drastica riconsiderazione del ruolo della polvere nella Galassia. Si è capito che la polvere interstellare rappresenta un fattore attivo e onnipresente che non solo modifica in modo decisivo le condizioni nel mezzo interstellare, ma influenza vigorosamente l'intera evoluzione galattica" Il suo ruolo è in realtà duplice. Essa infatti risponde alle modifiche delle condizioni fisiche che essa ha contribuito a determinare modificandosi, cioè essa è nel contempo agente della evoluzione galattica e oggetto di questa stessa evoluzione. E' chiaro pertanto perché, la comprensione della reale natura delle particelle di polvere, della loro composizione, della loro morfologia rappresenti ancora una difficile sfida per gli studiosi del settore.

Nel corso degli ultimi 15 anni, l'inventario dei modelli di polvere proposti si è ampliato notevolmente, ma nessuno di essi è del tutto soddisfacente. Le difficoltà sono facilmente comprensibili quando si pensi al carattere molto indiretto dei nostri canali di informazione sulla polvere: le uniche proprietà delle particelle di polvere accessibili alla osservazione sono quelle ottiche, il modo con cui la polvere interagisce con la radiazione elettromagnetica (estinzione, scattering). Le particelle di polvere, una volta espulse dai siti di formazione nello spazio interstellare, subiscono l'influenza delle condizioni locali che ne possono alterare in maniera significativa le proprietà primordiali: il tasso di distruzione ad opera degli shock è molto superiore al tasso di iniezione delle particelle nel mezzo interstellare, pertanto un meccanismo efficiente di accrescimento deve poter funzionare nel mezzo interstellare, nelle nubi interstellari dense l'interazione della polvere con la componente gassosa porta alla formazione di mantelli molecolari che rivestono la superficie dei grani modificandone sia le proprietà chimiche e morfologiche sia anche le caratteristiche spettrali. A loro volta i mantelli sottoposti a radiazioni UV e corpuscolari possono subire riprocessamenti (fotolisi dei mantelli, fotodesorbimento di atomi e molecole dalla superficie, alterazioni del materiale ad opera dei raggi cosmici). Le particelle, infine, tendono a coagulare insieme formando aggregati porosi.

Ciò che noi otteniamo dalle osservazioni rappresenta pertanto la manifestazione finale ed osservabile di diversi processi, probabilmente contemporanei, e' impossibile investigare direttamente non fosse altro che per le scale di tempo coinvolte. Noi possiamo, tuttavia, simulare questi processi in laboratorio, dove la compressione delle scale temporali può essere ottenuta intensificando l'azione dei vari fattori considerati

b) Rimangono elusivi i dettagli del ruolo della polvere nella evoluzione chimica del mezzo interstellare:

E' ormai assodato che le particelle di polvere sono siti di formazione di molecole ma un corretto modellamento dei processi di formazione si scontra con la insufficiente conoscenza dei tassi di reazione.

Non sono chiari i meccanismi di evaporazione di alcune molecole dalla fase solida (sulla superficie dei grani di polvere) alle basse temperature delle nubi prestellari.

Gli ammino acidi estratti dal meteorite Murchinson presentano un rapporto D/H molto alto in confronto agli ammino acidi terrestri ciò che suggerisce una loro origine interstellare (o quantomeno dei loro precursori). Inoltre alcuni di questi ammino acidi presentano significativi eccessi della forma isomera levogira probabilmente indotta da fotolisi selettiva ad opera della radiazione UV polarizzata circolarmente. Quanto in la', verso la formazione di molecole complesse di natura prebiotica, si può spingere l'evoluzione chimica dei ghiacci interstellari? Quale il ruolo degli aggregati di polvere?

c) Il mezzo interstellare diffuso esibisce alcuni dei pezzi più interessanti del puzzle interstellare: le bande diffuse interstellari (DIBs), le bande infrarosse non identificate (UIBs) e l'emissione rossa estesa (ERE). La determinazione degli agenti responsabili di questi fenomeni rappresenta una delle sfide più difficili che gli astrofisici devono affrontare.

d) La scoperta di abbondanze molecolari caratteristiche delle nubi dense in regioni a bassa estinzione solleva il problema della reale natura delle nubi interstellari diffuse.

Le risposte a questi e ai numerosi altri quesiti aperti sulle proprietà e l'evoluzione della materia interstellare possono essere trovate soltanto con una combinazione di osservazioni opportunamente mirate, di simulazioni di laboratorio e di analisi teoriche. Il nostro progetto comprende tutte e tre queste linee di ricerca.

In particolare il progetto prevede, anche attraverso l'ampliamento delle dotazioni strumentali attualmente disponibili, un esteso insieme di attività di laboratorio, miranti a) alla produzione e alla caratterizzazione di analoghi della polvere interstellari, b) allo studio degli effetti combinati della radiazione UV e corpuscolare sulla evoluzione chimica dei mantelli c) studio della energetica delle reazioni di formazione molecolare sulla superficie dei grani.

Ci aspettiamo di ottenere informazioni preziose sulle proprietà della polvere interstellare dalla analisi della componente carboniosa del materiale che la sonda STARDUST riporterà a Terra e che la NASA trasmetterà alla U.R di Napoli.

Le osservazioni delle regioni di formazione stellare mireranno ad ottenere un numero statisticamente significativo di oggetti in cui si possa capire come le condizioni fisiche ed il particolare stadio evolutivo di una nube molecolare influenzino i processi chimici. Le

osservazioni delle nubi oscure saranno in particolare diretta a determinare le proprietà locali della polvere (proprietà di estinzione, distribuzione ecc.) che influiscono sullo stato fisico delle nubi e la loro evoluzione.

Il raggiungimento degli obiettivi del progetto, anche se parziale, rappresenterà un importante passo in avanti nella comprensione dei processi che hanno luogo nel mezzo interstellare.

Criteri di verificabilità

Articoli su riviste scientifiche internazionali con referee

Contributi (orali e poster) congressi internazionali e nazionali

Elenco delle Unità di Ricerca

Sede dell'Unità	Università degli Studi di FIRENZE
Responsabile Scientifico	Santi AIELLO
Finanziamento assegnato	Euro 38.600

Compito dell'Unità

L'attività di ricerca della U.R. riguarderà principalmente:

- (1) chimica delle nubi dense (osservativa e teorica)
- (2) chimica delle nubi diffuse (osservativa e teorica)
- (3) chimica prebiotica del disco solare protoplanetario (teorica)

1a) Da un punto di vista osservativo è importante avere un numero statisticamente significativo di oggetti da cui dedurre le condizioni fisiche e lo stadio evolutivo di una nube molecolare. Le osservazioni programmate riguardano specie molecolari ionizzate e neutre in nubi pre-stellari, sia di piccola massa che massicce, e in nubi contenenti giovani oggetti stellari. Questo implica l'utilizzo di telescopi radio e submm quali l'antenna di Pico Veleta e l'IRAM, il Caltech Submillimeter Observatory ed il Submillimeter Array (Mauna Kea), CARMA (USA), l'APEX, (Cile). L' U.R. partecipa attivamente anche alla preparazione scientifica della missione Herschel e all'utilizzo dello interferometro ALMA.

1b) L'U.R. studierà i meccanismi di frazionamento del deuterio nella formaldeide e nel metanolo. La natura dell'interazione gas-polvere verrà studiata sia attraverso modelli sia attraverso simulazioni di laboratorio (in collaborazione con le U.R. di Napoli e di Catania). I risultati verranno utilizzati nell'interpretazione di osservazioni di molecole complesse, probabilmente evaporate dalle superfici dei grani di polvere, nelle regioni calde che circondano le stelle in formazione.

1c) Proseguirà, in collaborazione con l'U.R. di Lecce, lo studio delle proprietà di estinzione della polvere all'interno dei globuli di Bok, la cui conoscenza è essenziale per una corretta determinazione del campo di radiazione nelle nubi.

2a) Il problema della chimica delle nubi diffuse è capire come l'ossigeno ed il carbonio interstellari si trasformino in ioni molecolari. Le grandi abbondanze osservate di CH^+ e HCO^+ implicano sorgenti di energia in eccesso rispetto all'energia media delle nubi diffuse. La necessità di una chimica "calda" ha suggerito che l'energetica di queste regioni sia dominata da onde d'urto o turbolenza. La U.R. analizzerà la natura delle proprietà di eccitazione di importanti specie molecolari nelle strutture dissipative turbolente e le comparerà con le condizioni del mezzo interstellare freddo. I risultati teorici verranno confrontati con osservazioni ottiche ed IR dell'interfaccia tra nubi diffuse ed il più rarefatto mezzo internube.

2b) Saranno studiati gli idrocarburi policiclici aromatici (PAH). Queste macromolecole segnano il confine tra le particelle solide e la componente molecolare raccogliendo una frazione considerevole del carbonio interstellare disponibile. Queste molecole dovrebbero dare origine ad un ricco spettro, tuttavia nessun PAH specifico è stato finora identificato. Saranno pertanto sviluppati modelli di PAH e comparati spettri sintetici nel visibile ed IR con i dati osservativi disponibili. Il fine ultimo della modellistica è la creazione di un atlante delle caratteristiche spettroscopiche di un grande numero di PAH specifici.

3) Gli amminoacidi proteici sono sempre, eccettuata la glicina, di conformazione L. Fra le teorie avanzate per spiegare questa peculiarità, particolare favore incontra quella "extraterrestre", secondo cui amminoacidi si sarebbero formati nella nebulosa presolare, dove successivamente radiazione UV polarizzata circolarmente avrebbe prodotto per fotolisi selettiva un eccesso enantiomerico. Questo materiale prebiotico, depositato sulla Terra primordiale da meteoriti e particelle di polvere interplanetaria, potrebbe essere stato l'iniziatore del processo che ha generato l'omochiralità terrestre. Nel modello che svilupperemo in collaborazione con la U.R. di Messina, gli amminoacidi si formano nell'interno degli aggregati di polvere presenti nella nebulosa presolare mentre la radiazione polarizzata circolarmente viene generata "in situ" quando radiazione polarizzata linearmente illumina gli aggregati (vedi anche compiti della U.R. di Messina).

Sede dell'Unità	Università degli Studi di MESSINA
Responsabile Scientifico	Ferdinando BORGHESE
Finanziamento assegnato	Euro 25.900

Compito dell'Unità

I compiti di questa unità nell'ambito del progetto sono:

1) Attività di laboratorio: produzione e caratterizzazione di analoghi di particelle di polvere interstellare.

In una prima fase, verranno prodotti e caratterizzati grani carboniosi e di silicati, la cui morfologia e composizione chimica siano confrontabili con le distribuzioni previste per la polvere interstellare.

In una seconda fase, i risultati di misure di scattering di radiazione visibile su appropriate dispersioni di particelle verranno confrontati con i risultati ottenuti mediante modelli teorici, già sviluppati o in via di sviluppo.

Utilizzando laser di potenza (KrF-248nm, Nd:YAG-1064, 532nm) su di opportuni bersagli con composizione a base di carbonio, olivina e mista verranno prodotti grani il più possibile simili nella stechiometria a quelli interstellari. Tali bersagli verranno preparati utilizzando un sistema di sintetizzazione a partire anche da minerali naturali. Verranno effettuati studi spettroscopici sul plasma prodotto in seguito all'interazione laser-target al fine di comprendere i fenomeni chimico-fisici che avvengono al suo interno e successivamente durante la fase di espansione. I grani così prodotti verranno raccolti su opportuni substrati, eventualmente riscaldati, posti di fronte al target. La morfologia dei grani sarà investigata mediante l'uso di microscopi ottici, a scansione elettronica (SEM) ed a forza atomica (AFM), mentre la loro composizione sarà studiata mediante tecniche spettroscopiche sia ottiche che elettroniche (FTIR, XPS).

Parte della attività verrà svolta presso i laboratori dell'Istituto per i Processi Chimico-Fisici del C.N.R. (Sezione di Messina), con i cui ricercatori è in corso da anni una stretta collaborazione. Infine sarà messo a punto un sistema per determinare la distribuzione angolare dell'intensità di luce polarizzata monocromatica diffusa dai grani dispersi in soluzione. Ciò al fine di confrontare i risultati sperimentali con le previsioni dei modelli teorici. L'U.R. ha già elaborato, nel corso degli anni, programmi per il calcolo delle proprietà ottiche dei grani di polvere, anche di morfologia complessa (aggregati di particelle) e delle loro dispersioni.

2) Studio dei processi fotochimici negli aggregati di polvere interstellare.

E' noto che gli aminoacidi proteici, sono sempre, eccettuata la glicina, di conformazione L. Fra le molte teorie avanzate per spiegare questa peculiarità particolare attenzione merita quella "extraterrestre". Nello scenario che essa propone gli aminoacidi si sarebbero formati nella nebulosa presolare, dove, successivamente, radiazione UV polarizzata circolarmente avrebbe prodotto per fotolisi selettiva un eccesso enantiomerico. Questo materiale prebiotico, trasferito sulla Terra da meteoriti, micrometeoriti e polvere interplanetaria, avrebbe avuto un ruolo significativo nella evoluzione chimica della chiralità terrestre. In effetti, a) è stato dimostrato sperimentalmente che la radiazione UV polarizzata circolarmente genera in una miscela di molecole chinali, inizialmente racemica, un eccesso enantiomerico, sia pure di lieve entità. Questo piccolo eccesso può amplificarsi notevolmente attraverso processi di autocatalisi b) oltre 70 aminoacidi e nucleobasi e zuccheri sono presenti nei meteoriti. Il rapporto D/H in questi aminoacidi suggerisce una loro origine interstellare. Inoltre alcuni di questi aminoacidi presentano eccessi della forma isomera levogira. Questo scenario contiene tuttavia due passaggi critici: la formazione del materiale prebiotico e la sorgente di radiazione polarizzata circolarmente. Nel modello che ci proponiamo di sviluppare in collaborazione con l'U.R. di Firenze, gli aminoacidi si formano nell'interno degli aggregati di polvere presenti nella nebulosa presolare mentre la radiazione polarizzata circolarmente viene generata "in situ" quando radiazione polarizzata linearmente illumina gli aggregati.

Sede dell'Unità	Università degli Studi di LECCE
Responsabile Scientifico	Francesco STRAFELLA
Finanziamento assegnato	Euro 29.400

Compito dell'Unità

L'attività della U.R. riguarderà principalmente:

- 1) lo studio della struttura interna e dinamica delle nubi interstellari,*
- 2) la determinazione della funzione di massa iniziale (IMF),*
- 3) lo studio dell'interazione delle protostelle con l'ambiente.*

1) Struttura interna e dinamica delle nubi interstellari.

Negli anni scorsi l'U.R. ha acquisito una notevole esperienza nell'indagare la struttura interna delle nubi interstellari (ISC): sono state osservate nell'ottico e vicino-IR tre piccole ISC. Si osserveranno altri tre oggetti con diversa longitudine galattica ed attività di formazione stellare al fine di verificare le possibili correlazioni fra queste proprietà e la rotazione galattica. Si utilizzerà l'imaging ottico (bande B, V, I) e vicino-IR (J, H, K) per ricavare l'estinzione e l'arrossamento prodotti dalla polvere sulla radiazione proveniente dalle stelle del fondo che, attraversa le nubi stesse. Da queste osservazioni multispettrali saranno ricavate indicazioni sulle proprietà locali della polvere, alla cui analisi collaboreranno con le U.R. di Firenze e di Messina particolarmente esperte nella elaborazione di modelli di chimica interstellare e nella trattazione dell'interazione tra radiazione e polveri. Il progetto prevede

anche l'osservazione di ISC a lunghezze d'onda millimetriche per studiarne la struttura usando come tracciatori della massa le linee di emissione molecolare e l'emissione continua della polvere. Queste osservazioni permetteranno di studiare anche il comportamento del rapporto gas/polvere alle scale spaziali consentite dalle mappe. Questa attività contribuirà certamente anche alla definizione dei programmi osservativi per la missione Herschel/ESA in cui l'U.R. è coinvolta attraverso una collaborazione con l'istituto IFSI-INAF di Roma.

2) Popolazione protostellare nelle nubi molecolari

All'interno delle nubi molecolari giganti ha luogo una serie di processi che portano alla formazione stellare: Stelle con masse diverse si formano seguendo modalità differenti: stelle di massa grande ed intermedia si formano soprattutto in cluster mentre oggetti di più bassa luminosità (cioè massa) si formano anche isolati. Nonostante queste differenze, la visione comunemente accettata del processo di formazione stellare si è basata finora principalmente su studi di oggetti isolati di bassa massa, tanto che non esiste ancora una teoria soddisfacente della formazione stellare in ammassi. Vela Molecular Ridge (VMR) è, a nostro avviso, una delle regioni migliori per studiare i vari meccanismi della formazione stellare come "clustering", formazione isolata, flussi di materia. L'intento è quindi di effettuare un censimento delle stelle e dei clusters giovani nel VMR-D per mezzo di osservazioni profonde ottenute sia da terra (TIMM2 e SofI ad ESO) sia dallo spazio (IRAC e MIPS a bordo del satellite Spitzer).

3) Attraverso uno studio spettroscopico nella regione del vicino-IR e del millimetro, si vuole studiare la fisica e la chimica indotta dagli shock creati all'interno di ISC dagli outflow di materia associati alla formazione di nuove stelle. La fisica delle regioni di shock sarà studiata sfruttando le opportunità di risoluzione spaziale e spettroscopica offerte dalla strumentazione ESO (e.g. l'unità di campo integrale SINFONI e l'interferometro AMBER a VLT).

Alle scale spaziali tipiche degli outflows molecolari, si intende studiare la chimica delle regioni di shock con temperature dell'ordine delle centinaia di Kelvin. In questo contesto studieremo l'evoluzione dei grani di polvere indotta dalla competizione di fenomeni di accrescimento e distruzione. Le osservazioni riguarderanno molecole come l'SiO, per le quali si prevede che l'abbondanza in fase gassosa aumenti di ordini di grandezza a causa del riprocessamento dei grani in shocks di tipo C. I risultati delle osservazioni verranno confrontati con le previsioni dei modelli elaborati dalla U.R di Firenze.

Sede dell'Unità	Università degli Studi di CATANIA
Responsabile Scientifico	Valerio PIRRONELLO
Finanziamento assegnato	Euro 28.600

Compito dell'Unità

Nel periodo di finanziamento la U.R. di Catania effettuerà:

- misure di laboratorio di efficienza di formazione di molecole su superfici (che simulano quelle presenti negli spazi interstellari), e misure della energetica delle reazioni;
- caratterizzazione con tecniche di fisica delle superfici dei solidi di interesse;
- applicazioni teoriche dei risultati di laboratorio ad ambienti interstellari.

a) Le misure di laboratorio continueranno ad essere effettuate insieme con G. Vidali e J. Roser presso il Physics Department della Syracuse University dove esiste l'apparato sperimentale in cui abbiamo portato avanti le misure di formazione di molecole su superfici amorfe e policristalline, che hanno assegnato una riconosciuta leadership ai gruppi di Catania, Syracuse.

I fondi di supporto al gruppo americano (spese per l'apparato sperimentale e per i materiali di consumo a Syracuse) saranno a carico delle agenzie USA di finanziamento (NASA e NSF).

Il programma dettagliato delle ricerche è il seguente:

a.1) Investigheremo la formazione di idrogeno molecolare su silicati amorfi di composizione che va da quelli ricchi di ferro a quelli ricchi di magnesio (i campioni necessari verranno preparati dal gruppo di Napoli che partecipa a questa stessa richiesta di finanziamento) e su strati di ghiaccio amorfo preparati "in situ", ponendo particolare attenzione nello studio degli effetti indotti nella efficienza di catalisi di superfici sottoposti ad irraggiamento con fotoni UV. Intendiamo estendere questi esperimenti anche a temperature più alte allo scopo di considerare anche il coinvolgimento dei siti di chemisorbimento e non solo quelli di fisisorbimento.

a.2) Misureremo l'energia cinetica delle molecole appena formate sui silicati amorfi di varia composizione, così come abbiamo fatto sugli strati di ghiaccio amorfo.

a.3) Si cercherà di studiare almeno una delle sequenze di reazioni di idrogenazione di C, O e N, che portano alla formazione di metano, acqua ed ammoniacca sulle superfici di silicati, carbonio amorfo e ghiaccio amorfo.

Tali misure consentiranno di conoscere meglio la formazione e la crescita dei mantelli ghiacciati sui grani nelle nubi dense.

a.4) Si cercherà di produrre N₂, che è stato osservato da FUSE per la prima volta nel 2004) nel mezzo interstellare con una abbondanza di gran lunga superiore a quanto previsto dai modelli astrochimici della fase gassosa.

b) la caratterizzazione delle superfici verrà effettuata con Bonanno e Xu del Dipartimento di Fisica dell'Università della Calabria, esperti in tecniche AUGER, LEED, ISS ecc.; per la misura del grado di porosità si utilizzerà la tecnica della cosiddetta "decoration", consistente nell'inviare sulla superficie atomi di gas nobili o molecole non reattive per ottenere le curve di adsorbimento in funzione della dose di atomi.

Un importante risultato di questa collaborazione sarà l'avvio anche in laboratori italiani di ricerche sperimentali sulla formazione di molecole su superfici d'interesse astrofisico, così come è già avvenuto negli ultimi anni all'University College di Londra ed all'Università di Leiden.

c) intendiamo estendere in collaborazione con O. Biham (Gerusalemme) l'approccio che usa le Master Equations (da noi introdotto per la prima volta per superare le difficoltà dell'approccio usuale basato sulle Rate Equations) nel costruire modelli della chimica sui grani che includano un insieme ampio di reazioni.

Le applicazioni teoriche dei risultati di laboratorio ottenuti ad alta temperatura verteranno principalmente sulla formazione di idrogeno molecolare nelle PDR (Photon Dominated Regions), dove il tasso di distruzione delle molecole di H₂ formate è estremamente alto a causa degli intensissimi flussi UV, ed insieme con il gruppo di Firenze; attenzione verrà data anche alla formazione di idrogeno molecolare sugli Idrocarburi Policiclici Aromatici (PAHs), e dal punto di vista teorico e da quello sperimentale.

Sede dell'Unità	Università degli Studi di NAPOLI "Parthenope"
Responsabile Scientifico	Alessandra ROTUNDI
Finanziamento assegnato	Euro 41.500

Compito dell'Unità

L'attività dell'U.R. si svilupperà lungo le seguenti linee:

1) Studio del processo di condensazione ed evoluzione dei grani di carbone attraverso analisi strutturali, morfologiche e spettroscopiche di grani analoghi cosmici prodotti in laboratorio ma anche di materiale interstellare raccolto in situ dalla sonda STARDUST (NASA).

2) Studio delle modificazioni indotte da irraggiamento ionico e fotolisi UV su campioni di carbone e silicati coperti di ghiaccio.

1a) sarà studiato un nuovo scenario di condensazione del carbone in cui le molecole di C₆₀ costituiscono i "semi" per l'accrescimento e l'evoluzione dei grani. La molecola C₆₀ potrebbe avere un ruolo chiave anche nelle modifiche che il carbone subisce allo stato solido. L'analisi di immagini, ottenibili da microscopia elettronica in trasmissione ad alta risoluzione (HRTEM), di vari campioni di carboni ottenuti con diverse tecniche di condensazione con l'obiettivo di studiare la formazione delle strutture presenti nel tessuto amorfo a partire da molecole di fullerene allineate che evolvono verso le strutture curvilinee. Inoltre, sarà approfondito lo studio spettroscopico di campioni di carbone per rilevare la presenza di molecole di carbonio lineari che sono alla base della formazione di fullereni

1b) All'inizio del 2006 la missione spaziale STARDUST riporterà a Terra grani di polvere interstellare e cometaria (P/Wild-2) che costituirà il miglior collegamento con la polvere presolare e quella presente nelle nubi molecolari. La NASA a Marzo 2005 ha approvato il proposal LANDS (LABoratory ANALYSIS of DUST from Space) P. I. A. Rotundi. Nello studio della componente carboniosa del materiale STARDUST che la NASA trasmetterà alla U.R. si adotteranno seguenti metodi: 1. Studio morfologico e di caratterizzazione chimica con l'ausilio di un microscopio elettronico a scansione ad emissione di campo (FESEM), dotato di un rilevatore Energy Dispersive X-ray (EDX) e uno di Backscattered Electron. La morfologia e la dimensione dei grani di carbone sarà caratterizzata con elevata accuratezza. Verranno analizzate le proprietà superficiali dei grani e determinata la distribuzione elementare mediante analisi quantitativa su aree di dimensioni microniche, 2) Acquisizione di spettri infrarossi utilizzando l'apparato di microspettroscopia a disposizione della U.R., così da contribuire allo studio comparativo tra i grani cometari e quelli interstellari.

2) Nel tempo di vita di una nube densa (circa 10⁷ anni), specie molecolari e atomiche condensano dando luogo, spesso dopo reazioni chimiche superficiali, alla formazione di mantelli di ghiacci sui grani refrattari. Alcune specie possono reagire sul grano formando nuovi radicali e molecole. I grani sono ulteriormente processati dai raggi cosmici, fotoni UV e shock. Saranno pertanto studiati in laboratorio gli effetti indotti dall'irraggiamento ionico e da fotolisi UV su campioni a base silicatica e carboniosa ricoperti da ghiacci. Saranno inoltre studiati gli effetti indotti all'interfaccia dall'irraggiamento ionico e da fotolisi UV su grani di carbone amorfo ricoperti da miscele di ghiaccio contenenti acqua (per es. H₂O:H₂S) e altri ghiacci contenenti O e/o N (per es. O₂, N₂). Inoltre verrà valutata la possibile formazione di SiO in seguito a processamento energetico di campioni a base di silicio. In particolare saranno considerati silicati e campioni a base di silicio ricoperti da ghiaccio di acqua. Tutti i campioni verranno studiati tramite spettroscopia IR e Raman in situ. Saranno inoltre studiate le proprietà di sublimazione delle specie formate all'interfaccia e nel ghiaccio irraggiato tramite TPD (Temperature Programmed Desorption). Le specie rilasciate in fase gassosa verranno analizzate tramite spettroscopia di massa. Gli aspetti teorici connessi con l'interazione gas-grani nelle nubi molecolari dense e in hot cores verranno analizzati in collaborazione con l'unità di ricerca di Firenze.