



PRIMO WORKSHOP ITALIANO DI ASTROCHIMICA. MOLECOLE COMPLESSE DI INTERESSE ASTROFISICO

Simona Gallerani^a - Linda Podio^b - Dimitrios Skouteris^c

^aScuola Normale Superiore

simona.gallerani@sns.it

^bOsservatorio di Arcetri

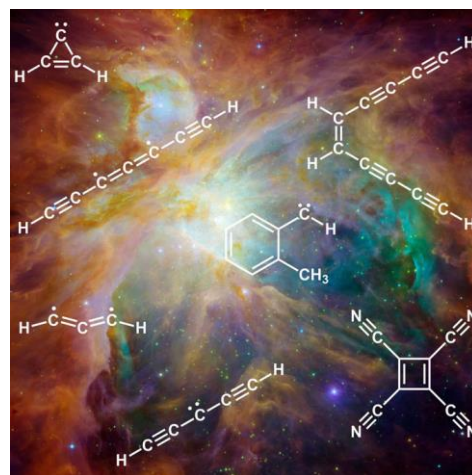
lpodio@arcetri.astro.it

^cScuola Normale Superiore

dimitrios.skouteris@sns.it

<http://www.arcetri.astro.it/astrochem/index.html>

Il primo workshop Italiano di Astrochimica, tenutosi a Firenze nel mese di marzo 2016, ha ospitato circa 100 astrofisici e chimici che lavorano nell'ambito di osservazioni di molecole complesse nello spazio, modelli teorici di formazione di specie prebiotiche, calcoli ed esperimenti di laboratorio di spettroscopia cinetica e molecolare.



Nel mese di marzo 2016 ha avuto luogo il primo workshop di Astrochimica Italiano a Palazzo Strozzi, un monumento rinascimentale nel centro storico di Firenze. Il workshop, organizzato dalla Scuola Normale Superiore (SNS) e dall'Istituto Nazionale di Astrofisica (tramite l'Osservatorio Astrofisico di Arcetri ed il Progetto Premiale iALMA), nasce dalla esigenza di mettere in contatto astrofisici e chimici italiani che lavorano nell'ambito di osservazioni, modelli teorici ed esperimenti di laboratorio relativi alla formazione di molecole complesse.

I recenti progressi ottenuti nella costruzione di osservatori millimetrici (e.g. ALMA, NOEMA) ed infra-rossi (e.g. Spitzer, Herschel) consentono di censire la complessità chimica presente nello spazio, passaggio fondamentale per la comprensione di come sia avvenuta la formazione di molecole pre-biotiche e di come esse si siano assemblate nei mattoni costitutivi della vita.

Il workshop ha ospitato circa 100 scienziati tra studenti, ricercatori, dottorandi e docenti, provenienti da 14 diverse sedi italiane (università ed enti di ricerca) e 7 università straniere. I contributi, divisi in 4 sessioni, 8 conferenze su invito e 16 presentazioni brevi hanno spaziato dall'osservazione di molecole complesse nello spazio alla modellistica della loro formazione, dalla spettroscopia cinetica e molecolare alla chimica prebiotica.

La sessione della mattina di giovedì 10 marzo è stata dedicata alle osservazioni di molecole complesse nello spazio.

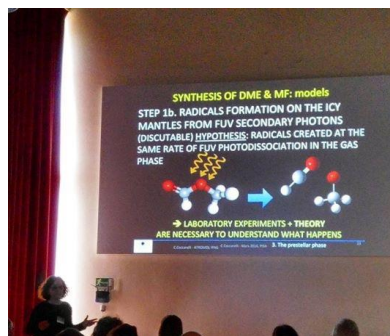
Questa prima sessione è cominciata con una presentazione su invito a cura della Dott.ssa Feruglio (in figura), ricercatrice della Scuola Normale ed esperta in osservazioni millimetriche extra-galattiche di righe di emissione molecolari. A seguire, il Dott. Francesco Costagliola della Chalmers University of Technology in Svezia ha presentato diversi risultati osservativi ottenuti con ALMA in galassie oscurate nell'ottico, ma luminose



nell'infrarosso. Queste prime due presentazioni hanno rilevato come la complessità molecolare è ben presente non solo all'esterno della nostra galassia, ma sin nelle più lontane galassie fino ad ora conosciute. La conferenza è proseguita con la presentazione del codice MADEX a cura del Prof. José Cernicharo dell'Università di Madrid (CSIC) in collaborazione con il laboratorio di spettroscopia dell'Università di Valladolid in Spagna. Il Prof. Cernicharo ha spiegato come dopo molti anni di ricerca sia stato possibile identificare un grande numero di righe di emissione sconosciute e come uno studio di questo tipo sia il passaggio forzato per la scoperta di nuove specie molecolari. La seconda parte della sessione è stata dedicata ad osservazioni di specie chimiche in regioni di formazione stellare nella nostra Galassia. La Prof. Paola Caselli, direttore del Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik di Monaco, ha presentato osservazioni di molecole deuterate a diversi stadi del processo di formazione di stelle di tipo solare, dai cosiddetti nuclei prestellari, alle protostelle e ai dischi protoplanetari. La Prof. Caselli ha sottolineato come il confronto di queste osservazioni con i valori di deuterazione misurati nelle comete, nei meteoriti e sulla Terra siano elementi chiave per capire l'origine del Sistema Solare. La conferenza è proseguita con le presentazioni del Dr. Claudio Codella e del Dr. Victor Rivilla dell'INAF - Osservatorio Astrofisico di Arcetri. Le presentazioni hanno mostrato come la complessità molecolare sia osservata in associazione a stelle giovani di tipo solare così come in stelle di alta massa. Il Dr. Codella ed il Dr. Rivilla hanno discusso i processi di formazione delle molecole organiche complesse e di molecole pre-biotiche, come la glicolaldeide ovvero lo zucchero più semplice, durante il processo di formazione di stelle che potrebbero formare sistemi planetari simili al Sistema Solare. Questo tipo di osservazioni risultano di fondamentale importanza per comprendere l'origine della vita.

L'argomento centrale della sessione del pomeriggio è stata la spettroscopia cinetica e molecolare.

Tale sessione si è aperta con una presentazione su invito della Prof. Cristina Puzzarini del Dipartimento di Chimica dell'Università di Bologna. La Prof. Puzzarini ha mostrato l'importanza della sinergia tra dati osservativi astronomici e studi di spettroscopia rotazionale (sia di laboratorio che computazionale) al fine di riconoscere e caratterizzare molecole organiche complesse presenti nello spazio. In seguito, il Dott. Francesco Fontani dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri ha evidenziato l'importanza dello studio del processo di deuterazione dell'ammoniaca, dell'acqua e di molecole più complesse (e.g. metanolo) al fine di stabilire quale sia il canale preferenziale di formazione delle molecole, in fase gassosa ovvero sulla superficie dei grani di polvere. Nella presentazione successiva, il Dott. Sergio Rampino del CNR di Perugia ha sottolineato l'importanza di calcoli di dinamica esatta nello studio di reazioni di interesse astrochimico, mostrando uno studio della reazione fra un atomo di carbonio e uno ione CH^+ per produrre ioni C_2^+ . Questi studi sono molto importanti per valutare i calcoli cinetici (più comuni) che si usano per prevedere la velocità di reazioni. La Prof. Nadia Balucani dell'Università di Perugia ha discusso l'importanza nel contesto astrochimico di diverse reazioni capaci di sintetizzare molecole organiche complesse. Ha inoltre sottolineato come recenti risultati indicano che tale sintesi può avvenire sia in fase gassosa che sulla superficie di grani di polvere. La Dott.ssa Daniela Ascenzi del Dipartimento di Fisica dell'Università di Torino ha discusso le reazioni tra ioni e molecole che conducono alla formazione in fase gassosa di molecole organiche sottolineando l'importanza di tali processi nelle condizioni fisiche dello spazio, ossia per basse densità e temperature. La Dott. Ascenzi ha mostrato i risultati degli esperimenti di laboratorio che permettono di misurare le sezioni d'urto delle reazioni di interesse, soffermandosi su reazioni di cruciale importanza per l'evoluzione chimica dell'atmosfera di Titano. A seguire il Prof. Stefano Falcinelli dell'Università di Perugia ha illustrato l'importanza dell'interazione con radiazione nell'ultravioletto, nell'X e nel gamma per l'evoluzione chimica delle molecole nella ionosfera dei pianeti del Sistema Solare, come Venere e Marte.



La prima sessione di venerdì 11 marzo è stata dedicata a modelli ed esperimenti di formazione di molecole complesse ed è stata introdotta dalla Prof.ssa Serena Viti della University College London tramite una presentazione su invito.

La Prof.ssa Viti ha dimostrato che i rapporti di righe emesse da molecole organiche complesse dipendono fortemente dalle proprietà delle galassie in cui queste righe vengono osservate. Risulta quindi fondamentale interpretare questo tipo di osservazioni tramite una analisi statistica bayesiana che esplori il complesso spazio dei parametri da cui dipende l'intensità delle righe di emissione di molecole complesse. A seguire la Prof.ssa Cecilia Ceccarelli (in figura), dell'Institut de Planetologie et d'Astrophisique de Grenoble (IPAG), ha

approfondito la discussione sulla formazione di due molecole organiche complesse di particolare rilevanza per l'evoluzione chimica delle regioni di formazione stellare, ovvero l'etere dimetilico ed il formiato di metile. La Prof.ssa Ceccarelli ha mostrato osservazioni di queste molecole nelle fredde nubi molecolari e nelle regioni calde intorno a stelle giovani e ha dimostrato come il confronto con i modelli favorisca processi di formazione in fase gassosa rispetto a processi di formazione sulla superficie dei grani di polvere. Il Prof. Gianturco dell'Università di Innsbruck ha parlato della possibilità di sintesi nello spazio di idrocarburi policiclici aromatici (PAHs) e ha mostrato alcuni calcoli di dinamica quantistica che indicano come la crescita di tali composti possa essere indotta attraverso l'attaccamento metastabile di elettroni a composti come il coronene. La Dott.ssa Elisabetta Palumbo dell'INAF - Osservatorio Astrofisico di Catania, è stata invitata a presentare una panoramica sugli esperimenti portati avanti nei laboratori di Catania. Tali esperimenti sono di fondamentale importanza per valutare l'efficienza dei processi di formazione di molecole organiche complesse sui mantelli ghiacciati che ricoprono i grani di polvere nelle regioni di formazione stellare. Gli esperimenti dimostrano che molecole pre-biotiche, quali la glicolaldeide, possono essere prodotte in seguito all'irraggiamento dei ghiacci con raggi ultravioletti o con particelle energetiche.



Fabrizio Capaccioni (in figura), ideatore e responsabile principale dello strumento VIRTIS, spettrometro installato sulla navicella spaziale Rosetta. L'esperimento Rosetta ha consentito per la prima volta nella storia dell'umanità l'atterraggio di una navicella su di una cometa. Il prof. Capaccioni ha presentato i più recenti risultati ottenuti nel caso della cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko, la cui superficie risulta essere ricca di molecole organiche, ma povera di ghiaccio e generalmente caratterizzata da bassi valori di albedo. In seguito la dott.ssa Maria Cristina De Sanctis, direttore scientifico della sonda Dawn, ha riportato i risultati dell'analisi di Cerere, l'asteroide più grande della fascia principale del sistema solare. Dall'analisi della Dott.ssa De Sanctis risulta che la superficie di Cerere è ricca di fillosilicati ammoniati ed invece povera di ghiaccio. L'analisi della composizione delle comete e degli asteroidi è di notevole importanza per quanto riguarda lo studio dell'origine della vita sulla terra, in quanto tali corpi minori sono depositari di informazioni preziose sulla composizione della proto-nebula dalla quale si è formato il sistema solare.

Il Prof. Ugliengo dell'Università di Torino è stato invitato ad introdurre la sezione del pomeriggio che ha visto la chimica prebiotica quale argomento centrale.

Il Prof. Ugliengo ha evidenziato l'importanza di sintesi chimica sulla superficie di grani interstellari ed in particolare di grani di silicati (come la olivina). Ha mostrato i risultati di calcoli relativi alla velocità di formazione della molecola di idrogeno (H_2) sulla superficie di silicati indicando le difficoltà nel modellizzare tali sistemi. La Dott.ssa Montero-Campillo dell'Università di Madrid, in seguito, ha discusso la identificazione di molecole molto specifiche, i cianobutadini, ed il loro riconoscimento attraverso tecniche spettroscopiche (le quali costituiscono, effettivamente, l'unico modo che abbiamo di identificare le varie specie chimiche nello spazio). La studente di dottorato della Scuola Normale Fanny Vazart ha spostato l'attenzione sullo studio di molecole prebiotiche, proponendo un possibile schema chimico per la formazione di formammide, una molecola particolarmente rilevante nell'ambito prebiotico in quanto rappresenta un probabile precursore di basi azotate e amminoacidi. Il Prof. Saladino dell'Università di Viterbo ha ulteriormente approfondito l'argomento relativo alle molecole prebiotiche, illustrando un possibile schema di catalisi della condensazione della formammide (con lo scopo di sintesi di molecole biologiche) attraverso "giardini chimici", ed in particolare la formazione di membrane tubulari di silicati. Il trasferimento di molecole organiche complesse nelle atmosfere planetarie è stato discusso dal Prof. Longo dell'Università di Bari che ha proposto le meteoriti ricche in carbonati come possibili portatori e ha suggerito la magnesite come un minerale particolarmente promettente a tale scopo. Infine, la Dott.ssa Fornaro dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri ha discusso il ruolo dei minerali nella chimica prebiotica, esplorando il collegamento fra la termodinamica dell'adsorbimento delle molecole sui minerali e la loro fotostabilità, nonché il ruolo della spettroscopia nelle indagini.

Data la partecipazione numerosa della comunità astrochimica italiana al workshop, ampio spazio è stato riservato anche alla presentazione di poster. I poster hanno mostrato i risultati più recenti riguardanti le osservazioni di molecole organiche complesse nello spazio, dai corpi del sistema solare alle regioni di formazione stellare; i

risultati degli esperimenti di laboratorio basati sull'irraggiamento di ghiacci simili a quelli che ricoprono la polvere interstellare; studi teorici delle reazioni chimiche di formazioni di molecole complesse sia in fase gassosa che sulla superficie dei grani.

Alla fine del workshop si sono tenuti due seminari divulgativi molto partecipati (<http://vis.sns.it/conferenze-pubbliche-di-astrochimica-a-palazzo-strozzi-sns/>).

La prima è stata tenuta dal Prof. Andrea Ferrara (in figura) della Scuola Normale il quale ha affrontato l'affascinante tematica della possibilità di forme di vita extra-terrestre e presentato quali sono gli sforzi della comunità scientifica odierna per migliorare le nostre conoscenze in questo senso, tramite il progetto SETI, acronimo di "Search for Extra-Terrestrial Intelligence".



La seconda conferenza pubblica è stata presentata dal Dott. Leonardo Testi, Astronomo Associato all'INAF - Osservatorio Astrofisico di Arcetri ed attualmente al lavoro all'European Southern Observatory (ESO) per il programma scientifico di ALMA, il più grande interferometro sensibile a lunghezze d'onda millimetriche, situato in Cile. Il Dott. Testi ha presentato lo stato attuale della ricerca di molecole complesse nel cosmo soffermandosi sulle prospettive future. In questo contesto ha sottolineato il ruolo fondamentale di ALMA per rilevare la debole

emissione di molecole ed atomi nell'Universo, dagli ingredienti più semplici come carbonio, ossigeno e acqua fino a quelli che riteniamo essere i mattoni fondamentali per lo sviluppo della vita.

Le attività del workshop sono state trasmesse al pubblico tramite un canale di divulgazione scientifica, visitabile al seguente link:

<http://www.link2universe.net/2016-03-11/primo-workshop-di-astrochimica-in-italia-in-svolgimento-a-firenze/>