



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## Ice and gas in protostellar clouds and planet-forming disks: a combined laboratory and observational study

Terwisscha van Scheltinga, J.

### Citation

Terwisscha van Scheltinga, J. (2021, November 30). *Ice and gas in protostellar clouds and planet-forming disks: a combined laboratory and observational study*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3245869>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3245869>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

# BIBLIOGRAPHY

- Aikawa, Y., Momose, M., Thi, W.-F., et al. 2003, PASJ, 55, 11
- Aikawa, Y., van Zadelhoff, G. J., van Dishoeck, E. F., & Herbst, E. 2002, A&A, 386, 622
- Akiyama, E., Muto, T., Kusakabe, N., et al. 2015, ApJ, 802, L17
- Al-Refaie, A. F., Yachmenev, A., Tennyson, J., & Yurchenko, S. N. 2015, MNRAS, 448, 1704
- Allan, A., McKean, D. C., Perchard, J.-P., & Josien, M.-L. 1971, Spectrochim. Act. Part A: Molec. Spectrosc., 27, 1409
- Altwegg, K., Balsiger, H., Bar-Nun, A., et al. 2016, Sci. Adv., 2, e1600285
- Altwegg, K., Balsiger, H., Berthelier, J. J., et al. 2017, MNRAS, 469, S130
- Altwegg, K., Balsiger, H., & Fuselier, S. A. 2019, ARA&A, 57, 113
- Andersson, S. & van Dishoeck, E. F. 2008, A&A, 491, 907
- Andrews, S. M. 2020, ARA&A, 58, 483
- Andrews, S. M., Huang, J., Pérez, L. M., et al. 2018, ApJ, 869, L41
- Andrews, S. M., Wilner, D. J., Hughes, A. M., et al. 2012, ApJ, 744, 162
- Andrews, S. M., Wilner, D. J., Zhu, Z., et al. 2016, ApJ, 820, L40
- Ansdell, M., Williams, J. P., van der Marel, N., et al. 2016, ApJ, 828, 46
- Arasa, C., van Hemert, M. C., van Dishoeck, E. F., & Kroes, G. J. 2013, J. Phys. Chem. A., 117, 7064
- Atkinson, R., Baulch, D. L., Cox, R. A., et al. 2006, Atmos. Chem. Phys., 6, 3625
- Bacmann, A., Taquet, V., Faure, A., Kahane, C., & Ceccarelli, C. 2012, A&A, 541, L12
- Balucani, N., Ceccarelli, C., & Taquet, V. 2015, MNRAS, 449, L16
- Baratta, G. A. & Palumbo, M. E. 1998, J. Opt. Soc. Am., 15, 3076
- Baratta, G. A., Palumbo, M. E., & Strazzulla, G. 2000, A&A, 357, 1045
- Barnes, A. J. & Hallam, H. E. 1970, Transactions of the Faraday Society, 66, 1932

- Belloche, A., Müller, H. S. P., Menten, K. M., Schilke, P., & Comito, C. 2013, *A&A*, 559, A47
- Bennett, C. J., Chen, S.-H., Sun, B.-J., Chang, A. H. H., & Kaiser, R. I. 2007, *ApJ*, 660, 1588
- Bennett, C. J., Jamieson, C. S., & Kaiser, R. I. 2009, *Phys. Chem. Chem. Phys. Incorporat. Faraday Transac.*, 11, 4210
- Bennett, C. J. & Kaiser, R. I. 2007, *ApJ*, 661, 899
- Bergantini, A., Maksyutenko, P., & Kaiser, R. I. 2017, *ApJ*, 841, 96
- Bergin, E. A. & Cleeves, L. I. 2018, *Chemistry During the Gas-Rich Stage of Planet Formation* (Springer), 137
- Bergin, E. A., Cleeves, L. I., Gorti, U., et al. 2013, *Nature*, 493, 644
- Bergner, J. B., Guzmán, V. G., Öberg, K. I., Loomis, R. A., & Pegues, J. 2018, *ApJ*, 857, 69
- Bergner, J. B., Öberg, K. I., Garrod, R. T., & Graninger, D. M. 2017, *ApJ*, 841, 120
- Bisschop, S. E., Fuchs, G. W., van Dishoeck, E. F., & Linnartz, H. 2007a, *A&A*, 474, 1061
- Bisschop, S. E., Jørgensen, J. K., van Dishoeck, E. F., & de Wachter, E. B. M. 2007b, *A&A*, 465, 913
- Boamah, M. D., Sullivan, K. K., Shulenberger, K. E., et al. 2014, *Faraday Discussions*, 168, 249
- Bøgelund, E. G., Barr, A. G., Taquet, V., et al. 2019a, *A&A*, 628, A2
- Bøgelund, E. G., McGuire, B. A., Hogerheijde, M. R., van Dishoeck, E. F., & Ligterink, N. F. W. 2019b, *A&A*, 624, A82
- Bøgelund, E. G., McGuire, B. A., Ligterink, N. F. W., et al. 2018, *A&A*, 615, A88
- Boogert, A. C. A., Gerakines, P. A., & Whittet, D. C. B. 2015, *ARA&A*, 53, 541
- Boogert, A. C. A., Hogerheijde, M. R., & Blake, G. A. 2002, *ApJ*, 568, 761
- Boogert, A. C. A., Huard, T. L., Cook, A. M., et al. 2011, *ApJ*, 729, 92
- Boogert, A. C. A., Pontoppidan, K. M., Knez, C., et al. 2008, *ApJ*, 678, 985
- Boogert, A. C. A., Schutte, W. A., Tielens, A. G. G. M., et al. 1996, *A&A*, 315, L377
- Booth, A. S., Walsh, C., Terwisscha van Scheltinga, J., et al. 2021, *Nature Astronomy*, 5, 684
- Bosman, A. D., Walsh, C., & van Dishoeck, E. F. 2018, *A&A*, 618, A182
- Bossa, J. B., Isokoski, K., de Valois, M. S., & Linnartz, H. 2012, *A&A*, 545, A82
- Bossa, J.-B., Maté, B., Fransen, C., et al. 2015, *ApJ*, 814, 47

- Boudin, N., Schutte, W. A., & Greenberg, J. M. 1998, *A&A*, 331, 749
- Bouilloud, M., Fray, N., Bénilan, Y., et al. 2015, *MNRAS*, 451, 2145
- Bregman, J. D., Hayward, T. L., & Sloan, G. C. 2000, *ApJ*, 544, L75
- Briggs, D. S. 1995, in *American Astronomical Society Meeting Abstracts*, Vol. 187, American Astronomical Society Meeting Abstracts, 112.02
- Buntkowsky, G., Limbach, H.-H., Walaszek, B., et al. 2008, *Z. Phys. Chem.*, 222, 1049
- Calahan, J. K., Bergin, E., Zhang, K., et al. 2021, *ApJ*, 908, 8
- Carney, M. T., Hogerheijde, M. R., Guzmán, V. V., et al. 2019, *A&A*, 623, A124
- Carney, M. T., Hogerheijde, M. R., Loomis, R. A., et al. 2017, *A&A*, 605, A21
- Caselli, P. & Ceccarelli, C. 2012, *A&A Rev.*, 20, 56
- Caselli, P., Hasegawa, T. I., & Herbst, E. 1993, *ApJ*, 408, 548
- Cazaux, S., Tielens, A. G. G. M., Ceccarelli, C., et al. 2003, *ApJ*, 593, L51
- Cazzoletti, P., van Dishoeck, E. F., Visser, R., Facchini, S., & Bruderer, S. 2018, *A&A*, 609, A93
- Ceccarelli, C., Caselli, P., Fontani, F., et al. 2017, *ApJ*, 850, 176
- Cernicharo, J., Marcelino, N., Roueff, E., et al. 2012, *ApJ*, 759, L43
- Charnley, S. B. 2004, *Adv. Space Res.*, 33, 23
- Charnley, S. B., Kress, M. E., Tielens, A. G. G. M., & Millar, T. J. 1995, *ApJ*, 448, 232
- Charnley, S. B. & Rodgers, S. D. 2005, in *IAU Symposium*, Vol. 231, *Astrochemistry: Recent Successes and Current Challenges*, ed. D. C. Lis, G. A. Blake, & E. Herbst, 237–246
- Chuang, K. J., Fedoseev, G., Ioppolo, S., van Dishoeck, E. F., & Linnartz, H. 2016, *MNRAS*, 455, 1702
- Chuang, K. J., Fedoseev, G., Qasim, D., et al. 2017, *MNRAS*, 467, 2552
- Cleeves, L. I., Bergin, E. A., Qi, C., Adams, F. C., & Öberg, K. I. 2015, *ApJ*, 799, 204
- Cleeves, L. I., Öberg, K. I., Wilner, D. J., et al. 2016, *ApJ*, 832, 110
- Cornwell, T. J. 2008, *IEEE J. Sel. Top. Signal Process.*, 2, 793
- Coussan, S., Bouteiller, Y., & Perchard, J. P. 1998, *Spectrochim. Act. Part A: Molec. Spectrosc.*, 102, 5789
- Cruz-Diaz, G. A., Muñoz Caro, G. M., Chen, Y. J., & Yih, T. S. 2014, *A&A*, 562, A119

- Cuppen, H. M., Penteadó, E. M., Isokoski, K., van der Marel, N., & Linnartz, H. 2011, *MNRAS*, 417, 2809
- Dartois, E., Schutte, W., Geballe, T. R., et al. 1999, *A&A*, 342, L32
- Dawes, A., Mukerji, R. J., Davis, M. P., et al. 2007, *J. Chem. Phys.*, 126, 244711
- de Barros, A. L. F., Domaracka, A., Andrade, D. P. P., et al. 2011, *MNRAS*, 418, 1363
- Do-Duy, T., Wright, C. M., Fujiyoshi, T., et al. 2020, *MNRAS*, 493, 4463
- Dulieu, F., Amiaud, L., Congiu, E., et al. 2010, *A&A*, 512, A30
- Dullemond, C. P. & Dominik, C. 2004, *A&A*, 421, 1075
- Dutrey, A., Guilloteau, S., & Guelin, M. 1997, *A&A*, 317, L55
- Ehrenfreund, P. & Charnley, S. B. 2000, *ARA&A*, 38, 427
- Evans, J. & Bernstein, H. 1956, *Can. J. Chem.*, 34
- Fayolle, E. C., Bertin, M., Romanzin, C., et al. 2013, *A&A*, 556, A122
- Fedoseev, G., Chuang, K. J., Ioppolo, S., et al. 2017, *ApJ*, 842, 52
- Fedoseev, G., Cuppen, H. M., Ioppolo, S., Lamberts, T., & Linnartz, H. 2015a, *MNRAS*, 448, 1288
- Fedoseev, G., Ioppolo, S., Zhao, D., Lamberts, T., & Linnartz, H. 2015b, *MNRAS*, 446, 439
- Fillion, J.-H., Fayolle, E. C., Michaut, X., et al. 2014, *Faraday Discussions*, 168, 533
- Flaherty, K. M., Hughes, A. M., Teague, R., et al. 2018, *ApJ*, 856, 117
- Fockenberg, C. & Preses, J. M. 2002, *J. Phys. Chem. A.*, 106, 2924
- Foreman-Mackey, D., Hogg, D. W., Lang, D., & Goodman, J. 2013, *PASP*, 125, 306
- Fuchs, G. W., Cuppen, H. M., Ioppolo, S., et al. 2009, *A&A*, 505, 629
- Gaia Collaboration, Brown, A. G. A., Vallenari, A., et al. 2018, *A&A*, 616, A1
- Garrod, R. T. 2013, *ApJ*, 765, 60
- Garufi, A., Podio, L., Codella, C., et al. 2020, *A&A*, 636, A65
- Gerakines, P. A. & Hudson, R. L. 2020, *ApJ*, 901, 52
- Gerakines, P. A., Schutte, W. A., & Ehrenfreund, P. 1996, *A&A*, 312, 289
- Gibb, E., Nummelin, A., Irvine, W. M., Whittet, D. C. B., & Bergman, P. 2000a, *ApJ*, 545, 309
- Gibb, E. L. & Whittet, D. C. B. 2002, *ApJ*, 566, L113
- Gibb, E. L., Whittet, D. C. B., Schutte, W. A., et al. 2000b, *ApJ*, 536, 347

- Gillett, F. C. & Forrest, W. J. 1973, *ApJ*, 179, 483
- Goesmann, F., Rosenbauer, H., Bredehöft, J. H., et al. 2015, *Science*, 349
- Goldsmith, P. F. & Langer, W. D. 1999, *ApJ*, 517, 209
- Goumans, T. P. M. & Andersson, S. 2010, *MNRAS*, 406, 2213
- Goumans, T. P. M., Uppal, M. A., & Brown, W. A. 2008, *MNRAS*, 384, 1158
- Guzmán, V. V., Öberg, K. I., Carpenter, J., et al. 2018, *ApJ*, 864, 170
- Hama, T., Kouchi, A., & Watanabe, N. 2018, *ApJ*, 857, L13
- Hama, T., Yabushita, A., Yokoyama, M., Kawasaki, M., & Andersson, S. 2009, *J. Chem. Phys.*, 131, 054508
- He, J., Acharyya, K., & Vidali, G. 2016a, *ApJ*, 825, 89
- He, J., Acharyya, K., & Vidali, G. 2016b, *ApJ*, 823, 56
- He, J., Emtiaz, S. M., & Vidali, G. 2017, *ApJ*, 837, 65
- Herbst, E. & van Dishoeck, E. F. 2009, *ARA&A*, 47, 427
- Hidaka, H., Watanabe, M., Kouchi, A., & Watanabe, N. 2011, *Phy. Chem. Chem. Phys.*, 13, 15798
- Hidaka, H., Watanabe, N., Shiraki, T., Nagaoka, A., & Kouchi, A. 2004, *ApJ*, 614, 1124
- Hiraoka, K., Ohashi, N., Kihara, Y., et al. 1994, *Chem. Phys. Lett.*, 229, 408
- Hiraoka, K., Sato, T., Sato, S., et al. 2002, *ApJ*, 577, 265
- Hiraoka, K., Yamashita, A., Yachi, Y., et al. 1995, *ApJ*, 443, 363
- Högbom, J. A. 1974, *A&AS*, 15, 417
- Hogerheijde, M. R., Bergin, E. A., Brinch, C., et al. 2011, *Science*, 334, 338
- Hollenbach, D., Kaufman, M. J., Bergin, E. A., & Melnick, G. J. 2009, *ApJ*, 690, 1497
- Hollenstein, H. & Günthard, H. H. 1971, *Spectrochim. Act. Part A: Molec. Spectrosc.*, 27, 2027
- Horn, A., Møllendal, H., Sekiguchi, O., et al. 2004, *ApJ*, 611, 605
- Huang, J., Andrews, S. M., Cleeves, L. I., et al. 2018, *ApJ*, 852, 122
- Hudgins, D. M., Sandford, S. A., Allamandola, L. J., & Tielens, A. G. G. M. 1993, *ApJS*, 86, 713
- Hudson, R. L. 2017, *Spectrochim. Act. Part A: Molec. Spectrosc.*, 187, 82
- Hudson, R. L. & Ferrante, R. F. 2020, *MNRAS*, 492, 283

- Hudson, R. L., Gerakines, P. A., & Ferrante, R. F. 2018, *Spectrochim. Act. Part A: Molec. Spectrosc.*, 193, 33
- Hudson, R. L., Yarnall, Y. Y., & Coleman, F. M. 2020, *Spectrochim. Act. Part A: Molec. Spectrosc.*, 233, 118217
- Inostroza-Pino, N., Mardones, D., Ge, J. J. X., & MacLeod-Carey, D. 2020, *A&A*, 641, A14
- Ioppolo, S., Fedoseev, G., Chuang, K. J., et al. 2021, *Nature Astronomy*, 5, 197
- Ioppolo, S., Fedoseev, G., Lamberts, T., Romanzin, C., & Linnartz, H. 2013, *Rev. Sci. Instrum.*, 84, 073112
- Ioppolo, S., Palumbo, M. E., Baratta, G. A., & Mennella, V. 2009, *A&A*, 493, 1017
- Ioppolo, S., van Boheemen, Y., Cuppen, H. M., van Dishoeck, E. F., & Linnartz, H. 2011, *MNRAS*, 413, 2281
- Isella, A., Guidi, G., Testi, L., et al. 2016, *Phys. Rev. Lett.*, 117, 251101
- Isokoski, K., Bossa, J. B., Triemstra, T., & Linnartz, H. 2014, *Phys. Chem. Chem. Phys. Incorporat. Faraday Transac.*, 16, 3456
- Jamieson, C. S., Mebel, A. M., & Kaiser, R. I. 2006, *ApJS*, 163, 184
- Jin, M. & Garrod, R. T. 2020, *ApJS*, 249, 26
- Jørgensen, J. K., van der Wiel, M. H. D., Coutens, A., et al. 2016, *A&A*, 595, A117
- Kahane, C., Frerking, M. A., Langer, W. D., Encrenas, P., & Lucas, R. 1984, *A&A*, 137, 211
- Kama, M., Bruderer, S., van Dishoeck, E. F., et al. 2016, *A&A*, 592, A83
- Kama, M., Trapman, L., Fedele, D., et al. 2020, *A&A*, 634, A88
- Kastner, J. H., Qi, C., Dickson-Vandervelde, D. A., et al. 2018, *ApJ*, 863, 106
- Keane, J. V., Tielens, A. G. G. M., Boogert, A. C. A., Schutte, W. A., & Whittet, D. C. B. 2001, *A&A*, 376, 254
- Kemper, F., Vriend, W. J., & Tielens, A. G. G. M. 2004, *ApJ*, 609, 826
- Kessler, M. F., Steinz, J. A., Anderegg, M. E., et al. 1996, *A&A*, 315, L27
- Kessler-Silacci, J. E., Hillenbrand, L. A., Blake, G. A., & Meyer, M. R. 2005, *ApJ*, 622, 404
- Kouchi, A., Furuya, K., Hama, T., et al. 2020, *ApJ*, 891, L22
- Lamberts, T., Cuppen, H. M., Fedoseev, G., et al. 2014, *A&A*, 570, A57
- Lamberts, T., Cuppen, H. M., Ioppolo, S., & Linnartz, H. 2013, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 15, 8287
- Larson, R. B. 2003, *Rep. Prog. Phys.*, 66, 1651

- Lebouteiller, V., Barry, D. J., Goes, C., et al. 2015, *ApJS*, 218, 21
- Lebouteiller, V., Barry, D. J., Spoon, H. W. W., et al. 2011, *ApJS*, 196, 8
- Lee, J.-E., Lee, S., Baek, G., et al. 2019, *Nature Astronomy*, 3, 314
- Lehmann, B., Wahlen, M., Zumbunn, R., Oeschger, H., & Schnell, W. 1977, *Appl. Phys.*, 13, 153
- Ligterink, N. F. W. 2017, PhD thesis, University of Leiden
- Ligterink, N. F. W., Coutens, A., Kofman, V., et al. 2017, *MNRAS*, 469, 2219
- Ligterink, N. F. W., Paardekooper, D. M., Chuang, K. J., et al. 2015, *A&A*, 584, A56
- Ligterink, N. F. W., Terwisscha van Scheltinga, J., Taquet, V., et al. 2018a, *MNRAS*, 480, 3628
- Ligterink, N. F. W., Walsh, C., Bhuin, R. G., et al. 2018b, *A&A*, 612, A88
- Limbach, H.-H., Buntkowsky, G., Matthes, J., et al. 2006, *ChemPhysChem*, 7, 551
- Linnartz, H., Bossa, J.-B., Bouwman, J., et al. 2011, in *IAU Symposium*, Vol. 280, *The Molecular Universe*, 390–404
- Linnartz, H., Ioppolo, S., & Fedoseev, G. 2015, *Int. Rev. Phys. Chem.*, 34, 205
- Loeffler, M. J., Baratta, G. A., Palumbo, M. E., Strazzulla, G., & Baragiola, R. A. 2005, *A&A*, 435, 587
- Loomis, R. A., Cleeves, L. I., Öberg, K. I., et al. 2018, *ApJ*, 859, 131
- Loomis, R. A., Cleeves, L. I., Öberg, K. I., Guzman, V. V., & Andrews, S. M. 2015, *ApJ*, 809, L25
- Loomis, R. A., Öberg, K. I., Andrews, S. M., & MacGregor, M. A. 2017, *ApJ*, 840, 23
- Madzunkov, S., Shortt, B. J., Macaskill, J. A., Darrach, M. R., & Chutjian, A. 2006, *Phys. Rev.*, 73, 020901
- Maity, S., Kaiser, R. I., & Jones, B. M. 2015, *Phys. Chem. Chem. Phys. Incorporat. Faraday Transac.*, 17, 3081
- Manigand, S., Jørgensen, J. K., Calcutt, H., et al. 2020, *A&A*, 635, A48
- Martín-Doménech, R., Manzano-Santamaría, J., Muñoz Caro, G. M., et al. 2015, *A&A*, 584, A14
- McClure, M. K., Bergin, E. A., Cleeves, L. I., et al. 2016, *ApJ*, 831, 167
- McGuire, B. A. 2018, *ApJS*, 239, 17
- McGuire, B. A., Shingledecker, C. N., Willis, E. R., et al. 2017, *ApJ*, 851, L46
- McMullin, J. P., Waters, B., Schiebel, D., Young, W., & Golap, K. 2007, in *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, Vol. 376, *Astronomical Data Analysis Software and Systems XVI*, ed. R. A. Shaw, F. Hill, & D. J. Bell, 127



- Mikawa, Y., Brasch, J., & Jakobsen, R. 1971, *Spectrochim. Act. Part A: Molec. Spectrosc.*, 27, 529
- Millar, T. J., Herbst, E., & Charnley, S. B. 1991, *ApJ*, 369, 147
- Milligan, D. E. & Jacox, M. E. 1971, *J. Chem. Phys.*, 54, 927
- Minissale, M., Congiu, E., & Dulieu, F. 2016, *A&A*, 585, A146
- Minissale, M., Congiu, E., Manicò, G., Pirronello, V., & Dulieu, F. 2013, *A&A*, 559, A49
- Minissale, M., Loison, J. C., Baouche, S., et al. 2015, *A&A*, 577, A2
- Miotello, A., Bruderer, S., & van Dishoeck, E. F. 2014, *A&A*, 572, A96
- Miotello, A., van Dishoeck, E. F., Kama, M., & Bruderer, S. 2016, *A&A*, 594, A85
- Miotello, A., van Dishoeck, E. F., Williams, J. P., et al. 2017, *A&A*, 599, A113
- Miyauchi, N., Hidaka, H., Chigai, T., et al. 2008, *Chem. Phys. Lett.*, 456, 27
- Modica, P. & Palumbo, M. E. 2010, *A&A*, 519, A22
- Modica, P., Palumbo, M. E., & Strazzulla, G. 2012, *Planet. Space Sci.*, 73, 425
- Muñoz Caro, G. M., Dartois, E., Boduch, P., et al. 2014, *A&A*, 566, A93
- Müller, H. S. P., Belloche, A., Xu, L.-H., et al. 2016, *A&A*, 587, A92
- Nazari, P., van Gelder, M. L., van Dishoeck, E. F., et al. 2021, *A&A*, 650, A150
- Noble, J. A., Dulieu, F., Congiu, E., & Fraser, H. J. 2011, *ApJ*, 735, 121
- Noble, J. A., Theule, P., Mispelaer, F., et al. 2012, *A&A*, 543, A5
- Oba, Y., Miyauchi, N., Hidaka, H., et al. 2009, *ApJ*, 701, 464
- Oba, Y., Watanabe, N., Hama, T., et al. 2012, *ApJ*, 749, 67
- Oba, Y., Watanabe, N., Kouchi, A., Hama, T., & Pirronello, V. 2010, *ApJ*, 712, L174
- Oba, Y., Watanabe, N., Kouchi, A., Hama, T., & Pirronello, V. 2011, *Phys. Chem. Chem. Phys. Incorporat. Faraday Transac.*, 13, 15792
- Öberg, K. I. 2016, *Chem. Rev.*, 116, 9631
- Öberg, K. I. & Bergin, E. A. 2021, *Phys. Rep.*, 893, 1
- Öberg, K. I., Boogert, A. C. A., Pontoppidan, K. M., et al. 2011, *ApJ*, 740, 109
- Öberg, K. I., Bottinelli, S., Jørgensen, J. K., & van Dishoeck, E. F. 2010, *ApJ*, 716, 825
- Öberg, K. I., Fayolle, E. C., Cuppen, H. M., van Dishoeck, E. F., & Linnartz, H. 2009a, *A&A*, 505, 183
- Öberg, K. I., Fraser, H. J., Boogert, A. C. A., et al. 2007, *A&A*, 462, 1187

- Öberg, K. I., Garrod, R. T., van Dishoeck, E. F., & Linnartz, H. 2009b, *A&A*, 504, 891
- Öberg, K. I., Guzmán, V. V., Furuya, K., et al. 2015, *Nature*, 520, 198
- Öberg, K. I., Guzmán, V. V., Merchantz, C. J., et al. 2017, *ApJ*, 839, 43
- Öberg, K. I., van Broekhuizen, F., Fraser, H. J., et al. 2005, *ApJ*, 621, L33
- Öberg, K. I., van Dishoeck, E. F., & Linnartz, H. 2009c, *A&A*, 496, 281
- Palumbo, M. E. 2005, in *Journal of Physics Conference Series*, Vol. 6, *J. Phys. Conf. Ser.*, 211–216
- Palumbo, M. E., Baratta, G. A., Brucato, J. R., et al. 1998, *A&A*, 334, 247
- Palumbo, M. E., Baratta, G. A., Collings, M. P., & McCoustra, M. R. S. 2006, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 8, 279
- Palumbo, M. E., Tielens, A. G. G. M., & Tokunaga, A. T. 1995, *ApJ*, 449, 674
- Pegues, J., Öberg, K. I., Bergner, J. B., et al. 2020, *ApJ*, 890, 142
- Penteado, E. M., Boogert, A. C. A., Pontoppidan, K. M., et al. 2015, *MNRAS*, 454, 531
- Plyler, E. 1952, *J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol.*, 4, 281
- Podio, L., Bacciotti, F., Fedele, D., et al. 2019, *A&A*, 623, L6
- Podio, L., Garufi, A., Codella, C., et al. 2020, *A&A*, 642, L7
- Pontoppidan, K. M. 2006, *A&A*, 453, L47
- Pontoppidan, K. M., Boogert, A. C. A., Fraser, H. J., et al. 2008, *ApJ*, 678, 1005
- Pontoppidan, K. M., Fraser, H. J., Dartois, E., et al. 2003, *A&A*, 408, 981
- Posselt, W., Holota, W., Kulinyak, E., et al. 2004, in *Proc. SPIE*, Vol. 5487, *Optical, Infrared, and Millimeter Space Telescopes*, ed. J. C. Mather, 688–697
- Qi, C., Öberg, K. I., & Wilner, D. J. 2013, *ApJ*, 765, 34
- Quénard, D., Jiménez-Serra, I., Viti, S., Holdship, J., & Coutens, A. 2018, *MNRAS*, 474, 2796
- Rachid, M. G., Terwisscha van Scheltinga, J., Koletzki, D., & Linnartz, H. 2020, *A&A*, 639, A4
- Raut, U. & Baragiola, R. A. 2011, *ApJ*, 737, L14
- Rejoub, R., Lindsay, B. G., & Stebbings, R. F. 2002, *Phys. Rev.*, 65, 042713
- Roser, J. E., Vidali, G., Manicò, G., & Pirronello, V. 2001, *ApJ*, 555, L61
- Ruud, M. & Gorti, U. 2019, *ApJ*, 885, 146

- Salinas, V. N., Hogerheijde, M. R., Mathews, G. S., et al. 2017, *A&A*, 606, A125
- Sandford, S. A., Allamandola, L. J., Tielens, A. G. G. M., & Valero, G. J. 1988, *ApJ*, 329, 498
- Schöier, F. L., van der Tak, F. F. S., van Dishoeck, E. F., & Black, J. H. 2005, *A&A*, 432, 369
- Schrieffer, R., Chergui, M., & Schwentner, N. 1990, *J. Chem. Phys.*, 93, 9206
- Schutte, W. A., Boogert, A. C. A., Tielens, A. G. G. M., et al. 1999, *A&A*, 343, 966
- Schutte, W. A., Tielens, A. G. G. M., Whittet, D. C. B., et al. 1996, *A&A*, 315, L333
- Schwarz, K. R., Bergin, E. A., Cleeves, L. I., et al. 2016, *ApJ*, 823, 91
- Shu, F. H., Adams, F. C., & Lizano, S. 1987, *ARA&A*, 25, 23
- Simons, M. A. J., Lamberts, T., & Cuppen, H. M. 2020, *A&A*, 634, A52
- Stief, L. J., Payne, W. A., & Klemm, R. B. 1975, *J. Chem. Phys.*, 62, 4000
- Swings, P. & Rosenfeld, L. 1937, *ApJ*, 86, 483
- Taquet, V., López-Sepulcre, A., Ceccarelli, C., et al. 2015, *ApJ*, 804, 81
- Taquet, V., Wirström, E. S., & Charnley, S. B. 2016, *ApJ*, 821, 46
- Teague, R. 2019, *The Journal of Open Source Software*, 4, 1632
- Teague, R., Henning, T., Guilloteau, S., et al. 2018, *ApJ*, 864, 133
- Teague, R. & Loomis, R. 2020, *ApJ*, 899, 157
- Terwisscha van Scheltinga, J., Ligterink, N. F. W., Boogert, A. C. A., van Dishoeck, E. F., & Linnartz, H. 2018, *A&A*, 611, A35
- Testi, L., Birnstiel, T., Ricci, L., et al. 2014, in *Protostars and Planets VI*, ed. H. Beuther, R. S. Klessen, C. P. Dullemond, & T. Henning, 339
- Thi, W. F., van Zadelhoff, G. J., & van Dishoeck, E. F. 2004, *A&A*, 425, 955
- Tielens, A. G. G. M. 2013, *Rev. Mod. Phys.*, 85, 1021
- Tielens, A. G. G. M., Tokunaga, A. T., Geballe, T. R., & Baas, F. 1991, *ApJ*, 381, 181
- Trapman, L., Bosman, A. D., Rosotti, G., Hogerheijde, M. R., & van Dishoeck, E. F. 2021, *A&A*, 649, A95
- Trapman, L., Miotello, A., Kama, M., van Dishoeck, E. F., & Bruderer, S. 2017, *A&A*, 605, A69
- Tudorie, M., Cacciani, P., Cosléou, J., et al. 2006, *A&A*, 453, 755
- Turner, B. E. 1991, *ApJS*, 76, 617

- Tychoniec, Ł., Manara, C. F., Rosotti, G. P., et al. 2020, *A&A*, 640, A19
- van Broekhuizen, F. A., Groot, I. M. N., Fraser, H. J., van Dishoeck, E. F., & Schlemmer, S. 2006, *A&A*, 451, 723
- van Broekhuizen, F. A., Keane, J. V., & Schutte, W. A. 2004, *A&A*, 415, 425
- van der Marel, N., van Dishoeck, E. F., Bruderer, S., & van Kempen, T. A. 2014, *A&A*, 563, A113
- van Dishoeck, E. F., Bergin, E. A., Lis, D. C., & Lunine, J. I. 2014, in *Protostars and Planets VI*, ed. H. Beuther, R. S. Klessen, C. P. Dullemond, & T. Henning, 835
- van Gelder, M. L., Tabone, B., Tychoniec, Ł., et al. 2020, *A&A*, 639, A87
- van 't Hoff, M. L. R., Tobin, J. J., Harsono, D., & van Dishoeck, E. F. 2018a, *A&A*, 615, A83
- van 't Hoff, M. L. R., Tobin, J. J., Trapman, L., et al. 2018b, *ApJ*, 864, L23
- van 't Hoff, M. L. R., Walsh, C., Kama, M., Facchini, S., & van Dishoeck, E. F. 2017, *A&A*, 599, A101
- van't Hoff, M. L. R., Harsono, D., Tobin, J. J., et al. 2020, *ApJ*, 901, 166
- Vasyunin, A. I., Caselli, P., Dulieu, F., & Jiménez-Serra, I. 2017, *ApJ*, 842, 33
- Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T. E., et al. 2020, *Nature Methods*, 17, 261
- Visser, R., Doty, S. D., & van Dishoeck, E. F. 2011, *A&A*, 534, A132
- Walsh, C., Loomis, R. A., Öberg, K. I., et al. 2016, *ApJ*, 823, L10
- Walsh, C., Millar, T. J., Nomura, H., et al. 2014, *A&A*, 563, A33
- Wang, Y., Du, F., Semenov, D., Wang, H., & Li, J. 2021, *A&A*, 648, A72
- Wang, Y., Tennyson, J., & Yurchenko, S. N. 2020, *Atoms*, 8, 7
- Watanabe, N. & Kouchi, A. 2002a, *ApJ*, 571, L173
- Watanabe, N. & Kouchi, A. 2002b, *ApJ*, 567, 651
- Watanabe, N., Mouri, O., Nagaoka, A., et al. 2007, *ApJ*, 668, 1001
- Watanabe, N., Nagaoka, A., Shiraki, T., & Kouchi, A. 2004, *ApJ*, 616, 638
- Weidenschilling, S. J. 1977, *MNRAS*, 180, 57
- Werner, M. W., Roellig, T. L., Low, F. J., et al. 2004, *ApJS*, 154, 1
- Wexler, A. 1967, *Appl. Spectrosc. Rev.*, 1, 29
- Whittet, D. C. B., Gerakines, P. A., Hough, J. H., & Shenoy, S. S. 2001, *ApJ*, 547, 872
- Whittet, D. C. B., Goldsmith, P. F., & Pineda, J. L. 2010, *ApJ*, 720, 259

- Wolszczan, A. & Frail, D. A. 1992, *Nature*, 355, 145
- Wright, C. M., Do Duy, T., & Lawson, W. 2016, *MNRAS*, 457, 1593
- Wright, G. S., Wright, D., Goodson, G. B., et al. 2015, *PASP*, 127, 595
- Yang, Y.-L., Sakai, N., Zhang, Y., et al. 2021, *ApJ*, 910, 20
- Yuan, C., Cooke, I. R., & Yates, John T., J. 2014, *ApJ*, 791, L21
- Zhang, K., Bergin, E. A., Blake, G. A., Cleeves, L. I., & Schwarz, K. R. 2017, *Nature Astronomy*, 1, 0130
- Zhang, S., Zhu, Z., Huang, J., et al. 2018, *ApJ*, 869, L47
- Zins, E.-L., Joshi, P. R., & Krim, L. 2011, *ApJ*, 738, 175