

# MOF – Vật liệu Khung cơ - Kim

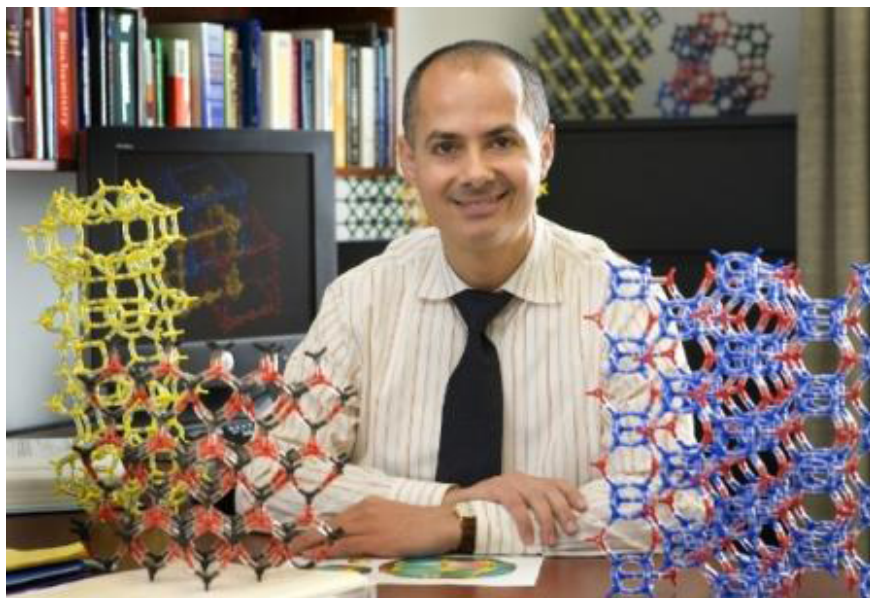
✦ NHẬT MINH

MOF được xem là loại vật liệu “nóng” nhất hiện nay, mở ra nhiều triển vọng cho nền công nghệ “xanh” và đang làm thay đổi diện mạo của hóa học chất rắn và khoa học vật liệu.

MOF, một loại vật liệu có nhiều tính năng “phi thường” đang thu hút sự quan tâm của các nhà khoa học và doanh nghiệp. Một trong rất nhiều tính năng “phi thường” đó là khả năng hấp thụ. Với một lượng MOF có thể tích là x có thể hấp thụ được đến 9x thể tích hydro trong điều kiện môi trường bình thường mà không cần nén với áp suất cao hay hóa lỏng vốn rất nguy hiểm. Không chỉ thế, MOF còn có thể giải phóng hydro dễ dàng chỉ bằng cách đun nóng, và nhanh chóng khôi phục lại cấu trúc ban đầu. Nhờ khả năng tuyệt vời này của MOF nên việc sử dụng hydro làm nguồn năng lượng thay thế ngày càng gần hơn.

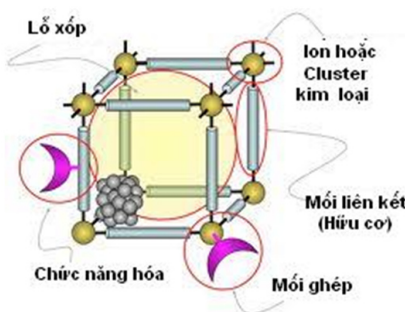
## MOF là gì?

Vật liệu khung cơ-kim MOF (Metal-Organic Frameworks) còn được gọi là vật liệu cấu trúc kim loại-hữu cơ, hoặc các polymer tổ hợp kim loại. MOF là loại vật liệu cấu trúc nano, được kết tinh từ kim loại và các hợp chất hữu cơ: gồm các ion hoặc cluster kim loại liên kết với nhau bởi các cầu nối hữu cơ như phosphonat, cacboxylate hoặc sulfonate, tạo thành một cấu trúc khung không gian ba chiều với những lỗ xốp có kích thước ổn định. Sự kết hợp này tạo nên các tính chất



Giáo sư Omar Yaghi - Người tiên phong trong chế tạo vật liệu khung cơ-kim

nổi trội như lỗ xốp nhiều, diện tích bề mặt lớn (Vật liệu MOF-201 đã được chế tạo có diện tích bề mặt riêng lớn nhất hiện nay: 6240 m<sup>2</sup>/g) giúp MOF có khả năng ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực.

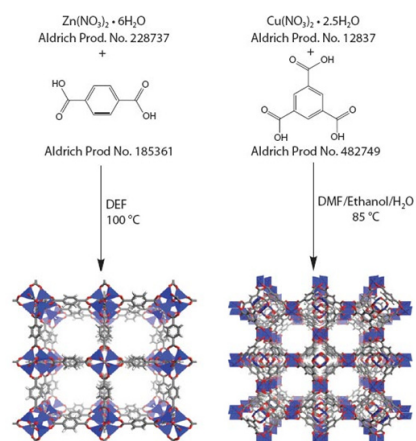


## MOF vô tận các biến thể

Không chỉ được chú ý vì các tính năng nổi bật, MOF còn là nhóm vật liệu duy nhất hiện nay có thể kiểm soát được sự tăng trưởng và tính chất của cấu trúc vật liệu. Các nhà khoa học có thể thay đổi các thành phần gần như theo ý muốn để làm ra các loại MOF có các cấu trúc, thuộc tính và ứng dụng khác nhau. Ngoài ra, nguồn nguyên liệu

để chế tạo MOF dễ tìm và rẻ, như oxit kẽm và nhựa PE.

MOF thường được tổng hợp bằng phương pháp nhiệt phân (solvothermal): làm nóng một hỗn hợp các liên kết hữu cơ và muối kim loại trong một dung môi phân cực. Nhược điểm của phương pháp là quá trình tổng hợp tốn nhiều thời gian và ít phù hợp với những vật liệu



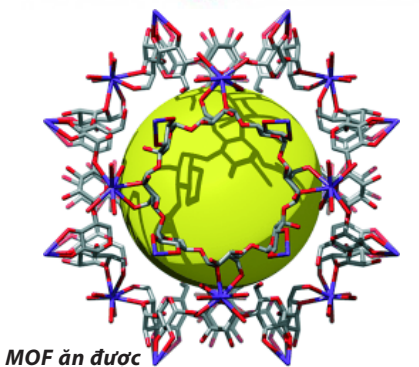
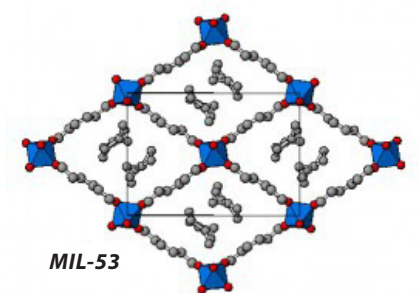
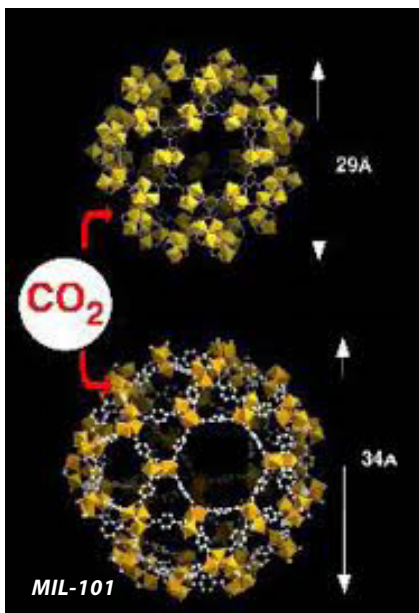
Tổng hợp MOF bằng phương pháp nhiệt phân

nhạy cảm với nhiệt. Ngoài ra còn một số phương pháp khác như: thủy phân (hydrothermal), hóa siêu âm (sonochemical),... được sử dụng tùy theo cấu trúc loại MOF muốn tạo ra.

Hiện nay, các nhà khoa học đã tổng hợp được khoảng 200 loại vật liệu MOF.

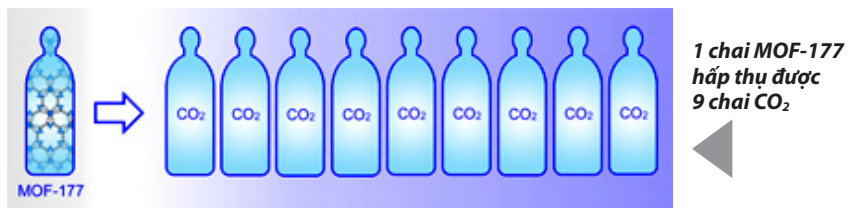
## MOF thay đổi muôn mặt cuộc sống

*Phương tiện lưu trữ hydro lý tưởng:* đây là tính năng tuyệt vời nhất của MOF! Trong điều kiện bình thường, ở thể khí,

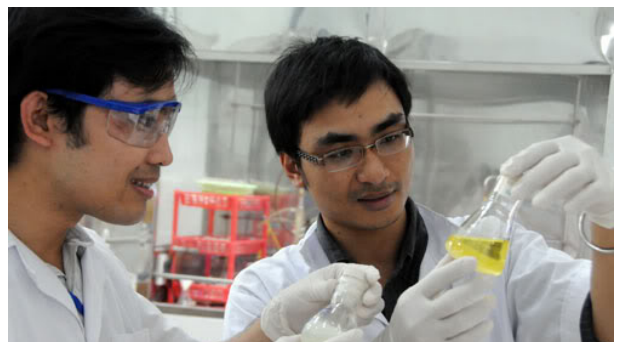


## Một số loại vật liệu MOF đang được chú ý

Tên gọi	Đặc tính
MIL-101	Do Viện Lavoisier ở Versailles tổng hợp, là loại vật liệu hiệu quả nhất để lưu trữ khí CO <sub>2</sub> . Gần đây MIL-101 còn được biết đến như một chất xúc tác có hoạt tính cao.
MIL-53	Do Viện Lavoisier ở Versailles tổng hợp. Có đặc tính "hít thở", có thể co giãn khi hấp thụ giống như một lá phổi hít thở không khí. MIL-53 có thể hấp thụ một lượng hydro khoảng 3,1% trọng lượng. Đặc biệt là khi được đun nóng, sẽ giải phóng hydro nhanh chóng và ngay lập tức khôi phục lại cấu trúc như ban đầu.
MIL-88	Được một nhóm các nhà nghiên cứu từ Pháp, Anh, châu Âu và European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) chế tạo. Có cấu trúc linh hoạt, dễ dàng thay đổi hình dạng, cấu trúc đóng hay mở tùy theo ảnh hưởng của áp suất, nhiệt độ, ánh sáng, hoặc các tác động từ bên ngoài. Tương tự MIL-53, MIL-88 cũng có thể co giãn thể tích một cách đáng kinh ngạc, từ 85% - 230%.
MOF-177	Do đại học Michigan sáng chế và phát triển thành công năm 2007. Mỗi gam MOF-177 có diện tích bằng bề mặt một sân bóng đá. Một chai đầy MOF-177 có thể hấp thụ một lượng bằng 9 chai CO <sub>2</sub> mà không cần áp suất cao hay nhiệt độ thấp.
MOF-210	Do một nhóm nhà hóa học tại Hàn Quốc và Mỹ phát triển. Diện tích bề mặt riêng lớn nhất hiện nay. Được tổng hợp dựa trên MOF-177, 1 gam MOF-210 với kích thước khoảng 4 viên đường, có diện tích bề mặt riêng 6240 m <sup>2</sup> /g, đồng thời hấp thụ một lượng CO <sub>2</sub> và N <sub>2</sub> lên tới 2400 cm <sup>3</sup> /g.
MOF-5	Do phòng thí nghiệm của Omar Yaghi (ĐH Michigan) chế tạo năm 1999 từ các oxit kim loại Zn. Đây là loại vật liệu dễ tổng hợp, nguồn nguyên liệu chế tạo có thể tìm được tại Việt Nam với chi phí khá rẻ. Công trình nghiên cứu tổng hợp MOF-5 ứng dụng làm chất xúc tác của Đại học Bách khoa TP.HCM đã được đăng trên tạp chí chuyên ngành ISI ScienceDirect.
MOF ăn được	Từ các phân tử đường, Đại học Northwestern (Mỹ) đã chế tạo được một loại MOF rất đặc biệt, có thể... ăn được. Tuy khả năng hấp thụ nitơ chỉ ở mức trung bình so với các loại MOF khác, nhưng vật liệu này rất triển vọng cho công nghệ thực phẩm và dược phẩm.



Trường Đại học Bách Khoa TP.HCM đã tổng hợp được MOF-5

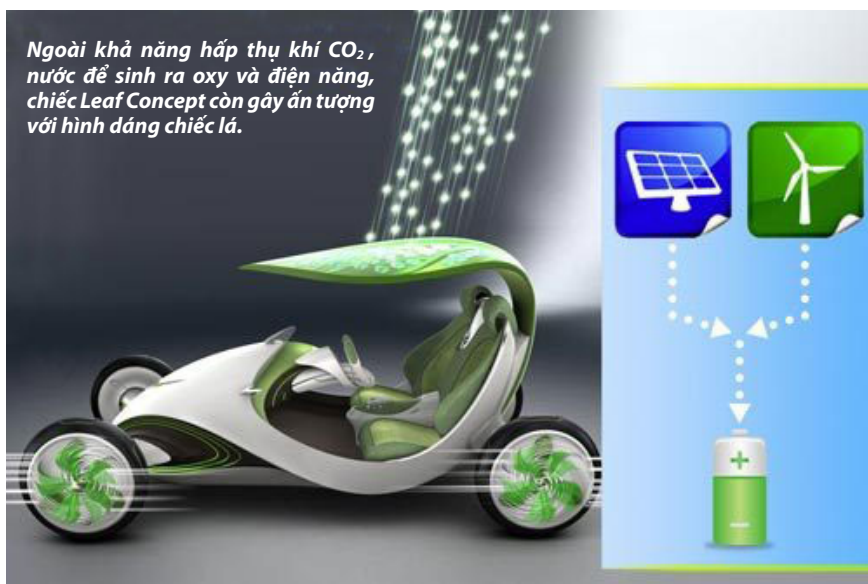


## ► Suối Nguồn Tri Thức

lực tương tác giữ các phân tử hydro chuyển động hỗn độn và cách nhau một khoảng nhất định. Khi được MOF hấp thụ, các phân tử hydro sẽ “nằm” vào những lỗ xốp có kích thước nano cực nhỏ, sắp xếp trong một cấu trúc khung không gian ba chiều trật tự và sát nhau. Nhờ đó, một lượng lớn hydro nằm gọn trong không gian rất nhỏ mà không cần nén. Cơ chế hấp thụ và giải hấp thuận nghịch cũng giúp dễ dàng giải phóng hydro ra khỏi vật liệu MOF khi cần sử dụng. MOF trở thành phương tiện lưu trữ lý tưởng cho hydro – vốn nổi tiếng “khó tính” trong vận chuyển, và nhiều loại khí khác. Hydro được xếp vào loại nhiên liệu vĩnh cửu, nên nhờ MOF, con người đã tiến gần hơn đến một xã hội chủ động về năng lượng và giải quyết hàng loạt vấn đề về môi trường.

**Hấp thụ khí thải môi trường:** sự đa dạng về kích thước lỗ xốp mang lại cho MOF khả năng hấp thụ có chọn lọc cao hỗn hợp các khí. Nhờ đó, MOF có khả năng hấp thụ đúng loại vật chất mong muốn. Các nhà khoa học môi trường đã nhanh chóng nắm bắt tính năng tuyệt vời này để dùng MOF hấp thụ và loại bỏ CO<sub>2</sub> ngay tại ống khói của các nhà máy điện, nhằm giảm khí thải môi trường. Đối với nguồn khí đốt thiên nhiên, MOF cũng là công cụ đặc lực giúp tách ly CO<sub>2</sub>, vốn làm giảm độ tinh khiết của nhiên liệu và gây hiệu ứng nhà kính.

**Sản xuất nhiên liệu “xanh”:** thay vì chỉ lưu trữ CO<sub>2</sub> thu được dưới đất ngầm như hiện nay, các nhà khoa học còn



*Ngoài khả năng hấp thụ khí CO<sub>2</sub>, nước để sinh ra oxy và điện năng, chiếc Leaf Concept còn gây ấn tượng với hình dáng chiếc lá.*

nghiên cứu chế tạo vật liệu MOF để biến CO<sub>2</sub> thành nhiên liệu. Tháng 02/2010, chiếc Leaf Concept của tập đoàn ô tô Thượng Hải khi ra mắt công chúng, không chỉ gây ấn tượng với người xem vì hình dạng giống... một chiếc lá lớn xanh mượt, mà còn do tính năng đặc biệt của phần mui xe làm bằng vật liệu MOF. Phần mui này giúp chiếc xe có khả năng hấp thụ khí CO<sub>2</sub> và nước để sinh ra oxy và điện năng.

**Phân phối thuốc:** độ xốp lớn và khả năng tham gia phản ứng hóa học trên bề mặt các lỗ xốp giúp vật liệu MOF có thể đóng vai trò như một chất xúc tác trong sản xuất dược phẩm. Ngoài ra, nhờ kích cỡ lỗ xốp và cấu trúc có thể biến tính theo yêu cầu, vật liệu MOF có khả năng như một chất phân phối thuốc có thể kiểm soát tốc độ phân

phối như mong muốn. Sử dụng vật liệu MOF trong ngành dược giúp tăng hiệu quả thuốc và giảm thiểu tác dụng phụ của dược phẩm.

**Thiết bị chiếu sáng và cảm biến:** các nhà khoa học Anh tại đại học Cambridge đã phát hiện ra, MOF cũng có thể hoạt động như một nguồn ánh sáng trắng và có thể thay

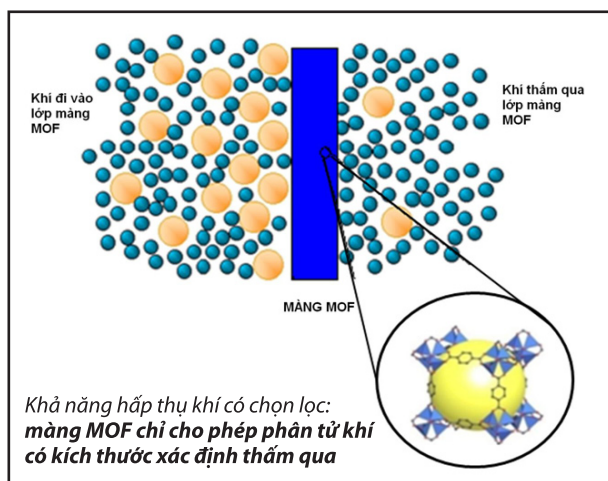
đổi màu sắc. Điều này mở rộng thêm lĩnh vực ứng dụng của loại vật liệu này như một thiết bị chiếu sáng tiềm năng thay thế đèn dây tóc và huỳnh quang truyền thống.

Bên cạnh đó, khả năng phát quang cùng với tính chất hấp thụ chọn lọc giúp vật liệu MOF có tiềm năng ứng dụng như một thiết bị cảm biến. Trong tương lai, nếu có thể đạt đến khả năng cảm biến khí oxy, glucosa và các phân tử sinh học, vật liệu MOF sẽ cực kỳ hữu dụng trong lĩnh vực y sinh.

### Mang MOF đến với thực tiễn

Người tiên phong trong chế tạo MOF là Giáo sư Omar Yaghi (ĐH California, Los Angeles) từ đầu thập kỷ 90. Được biết đến từ những năm 1965, nhưng mãi đến năm 1999, MOF mới nhận được nhiều sự quan tâm khi Yaghi “đánh thức” những tính năng đặc biệt của loại vật liệu này theo hướng ứng dụng: phân tách khí, phân phối thuốc, chuyển hóa năng lượng... đặc biệt là lưu trữ khí. Nhiều trung tâm nghiên cứu về MOF đã được Giáo sư Omar Yaghi đã thành lập mang lại cơ hội học tập và nghiên cứu cho thế hệ trẻ nhiều nước trên thế giới, trong đó có Việt Nam.

MOF còn rất hấp dẫn các nhà đầu tư vì loại vật liệu này có thể sản xuất với khối lượng lớn chỉ từ nguồn nguyên liệu chi phí thấp và phổ biến. Tuy nhiên, hầu



Khí đi vào lớp màng MOF

Khí thấm qua lớp màng MOF

MÀNG MOF

**Khả năng hấp thụ khí có chọn lọc: màng MOF chỉ cho phép phân tử khí có kích thước xác định thấm qua**

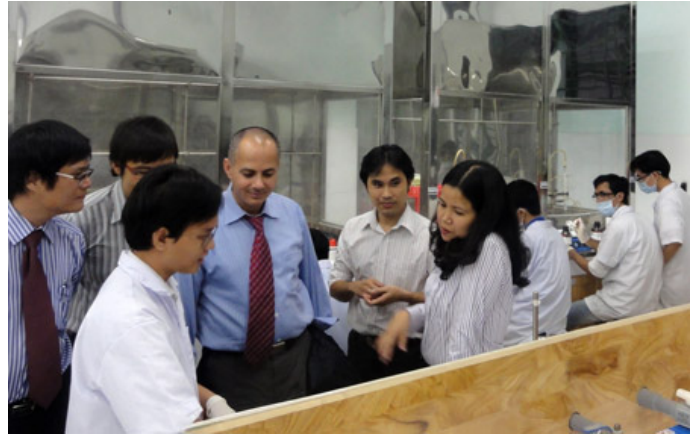
hết các vật liệu MOF hiện nay đều được tổng hợp từ các nguyên liệu hóa dầu. Do đó, thách thức đặt ra cho các nhà khoa học là tìm kiếm những nguồn nguyên liệu khác có khả năng tái tạo và nhất là không phát sinh thêm CO<sub>2</sub> trong quá trình sản xuất.

Hiện tại trên thị trường đã có một số sản phẩm MOF thí điểm do tập đoàn BASF (Đức) sản xuất với tên thương phẩm là Basolite. Kế hoạch của BASF là sẽ đưa loại vật liệu MOF tuyệt vời này vào sản xuất trên quy mô công nghiệp trong vòng hai năm tới. EU cũng bắt đầu dự án MACADEMIA, tập hợp các nhà nghiên cứu và khoa học nhiều kinh nghiệm trong ngành để phát triển việc sử dụng vật liệu MOF trong công nghiệp.

Tại Việt Nam, Đại học Khoa học Tự nhiên và Đại học Bách khoa TP.HCM là những đơn vị tiên phong trong lĩnh vực nghiên cứu MOF, đã nhận được sự hỗ trợ nhiệt tình từ phía các chuyên gia của Đại học California, Los Angeles (UCLA). Những nghiên cứu về MOF tại nước ta chỉ mới ở quy mô phòng thí

nghiệm, chủ yếu là nghiên cứu thiết kế cấu trúc hữu cơ làm tiền chất tổng hợp nhằm tăng diện tích bề mặt, và khảo sát tiềm năng ứng dụng trong lĩnh vực lưu trữ khí hydro, CO<sub>2</sub>, đặc biệt là khí thải trong giao thông.

Năm 2011, hội thảo về MOF lớn nhất Việt Nam diễn ra trong tháng 3 đã đánh dấu sự hợp tác thành công giữa Đại học Quốc gia TP.HCM và UCLA với chương trình MANAR (Molecular and Nano Architecture), nghiên cứu và đào tạo về vật liệu cấu trúc phân tử và nano. Các trung tâm MANAR có mặt ở nhiều nước trên thế giới hiện nay như Bắc Mỹ, Hà Lan, Pháp, Đức,



**Giáo sư Yaghi và các sinh viên Đại học Quốc gia tại phòng thí nghiệm MANAR**

Nhật, Hàn Quốc, Qatar... tạo nên một hệ thống, tập trung nghiên cứu công nghệ xanh. Trở thành thành viên trong hệ thống MANAR là cơ hội tuyệt vời để các nhà khoa học nước ta có điều kiện nghiên cứu sâu hơn, mang lại giải pháp cho các vấn đề nan giải của đất nước như năng lượng sạch và môi trường. □

Vui một chút



### Nghề thuốc vất vả

Ba đưa trẻ vào tiệm thuốc bắc. Một đứa hỏi mua 500 đồng cam thảo.

Ông thầy thuốc dù đã rất già nhưng vẫn vui vẻ bắc thang leo lên trên kệ ở tuốt trên cao bê cái thẩu thuốc xuống. Bán xong, ông leo thang trở lên cẩn thận cất cái thẩu thuốc lại chỗ cũ. Trở xuống, ông hỏi đứa thứ hai:

- Còn cháu mua thuốc gì?
- Cháu mua 500 đồng cam thảo.

Ông thầy bực mình, nhưng cũng đành chiều khách, lại bắc thang leo lên lấy thẩu cam thảo xuống bán. Sợ như lần trước, ông hỏi luôn đứa thứ ba:

- Còn mày mua 500 đồng cam thảo luôn hả?

Đứa bé lắc đầu. Ông thầy yên chí, bắc thang leo lên cất cái thẩu cam thảo, rồi leo xuống, hỏi nó mua gì. Thằng bé nói:

- Dạ ông bán cho cháu 1.000 đồng cam thảo.

### Làm toán

Thầy giáo hỏi cả lớp trong giờ toán đố: Nếu năm ngoái thầy sinh đôi hai cậu con trai, năm nay sinh thêm một gái, đố các em thầy có bao nhiêu con?

Cả lớp im phăng phắc đến tiếng con ruồi bay cũng nghe. Thấy không ai giơ tay, thầy bảo: Tí, nói thầy nghe nào?

- Tí lúng túng: thưa thầy, không có ai cả.
- Thầy ngạc nhiên: này nhé, năm ngoái 2, năm nay 1...
- Tí lắc đầu quả quyết: thưa không ạ... Mẹ em nói chỉ có đàn bà mới sinh con được thôi ạ.

(Sưu tầm)

