

Jeste li zadovoljni kvalitetom koju dobivate?

– Zadovoljni smo kvalitetom isporučenog gorivog otpada jer su svi parametri sukladni zahtijevanim vrijednostima. Svaku pošiljku otpada kontroliramo u našem laboratoriju te oporabljujemo isključivo onaj otpad koji svojom kvalitetom udovoljava definiranim graničnim vrijednostima. Pošiljke otpada koje ne odgovaraju kriterijima postavljenim na razini LafargeHolcim Grupe vraćaju se pošiljatelju. Naš ključni fokus je zaštita zdravlja ljudi i stalno smanjenje utjecaja na okoliš te smo u tom smjeru postavili sve procedure proizvodnje cementa prema kojima radimo. Svake godine organiziramo Dan otvorenih vrata na kojima svim posjetiteljima pokazujemo što i kako radimo. Nekoliko puta tema je bila zbrinjavanje otpada gdje smo prvenstveno govorili o potrebi

smanjenja stvaranja otpada, o potrebi recikliranja. Tek na kraju dolazi naša uloga zbrinjavanja kao energetska i materijalna oporaba, koja izravno smanjuje korištenje tradicionalnih fosilnih goriva, ali je ipak samo jedan dio cjelokupnog procesa gospodarenja otpadom.

U kojem postotku to gorivo zamjenjuje fosilna goriva te koliko smanjuje emisije CO₂?

– Zamjenska goriva koristimo od 1999. godine, a uspjeli smo doći zamjenu od samo 16 % fosilnih goriva godišnje. Za usporedbu, tvornice cementa u Austriji i Švicarskoj koriste 90 % do čak 100 % energije iz otpada.

Izvor: Jozo Vrdoljak, Privredni vjesnik 3935 od 4. 7. 2016.

TEHNOLOŠKE ZABILJEŠKE



Uređuje: Dušan Ražem

Najmanji LEGO: motori, prekidači i pumpe u nanomjerilu

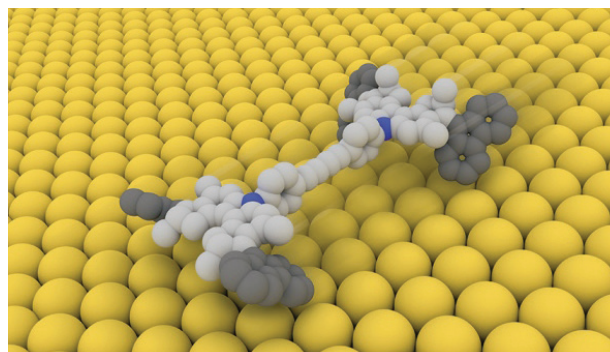
Tijekom proteklih 25 godina znanstvenici su stvorili dojmiv skup prekidača, zupčanika, motora, štapova, prstenova, propelera i drugih molekularnih mehanizama koji se mogu međusobno povezivati kao da su LEGO sastavnice, ali u nanomjerilu. Područje je privuklo pozornost i dodjelom ovogodišnje Nobelove nagrade za kemiju. Nagrada je podijeljena za rad na dizajnu i sintezi molekularnih strojeva koji vode prema nanoskopskim spravama i sustavima koji su veličinom sličniji živim stanicama nego ijednoj umjetnoj napravi. "Napravili smo pedesetak raznih motora" kaže Ben Feringa, kemičar sa Sveučilišta u Groningenu u Nizozemskoj i jedan od dobitnika Nobelove nagrade. "Manje me zanima napraviti još jedan motor nego stvarno upotrijebiti jednog od njih".

Mnogi istraživači na području ne očekuju da prve primjene uključuje složene strojeve. Umjesto toga predviđaju da će se osnovne sastavnice molekularnih strojeva upotrebljavati u raznim područjima: kao prekidači koji, pokrenuti svjetlom, usmjereno otpuštaju lijekove, ili kao pametni materijali koji mogu pohranjivati energiju ili se širiti i skupljati kao odziv na obasjavanje svjetlom. To znači da bi se molekularni arhitekti trebali povezati s istraživačima koji rade u područjima koja bi mogla imati koristi od pojedinih elemenata tih nanostrojeva.

Prekidači

Mnogi današnji molekularni strojevi vuku svoje porijeklo iz relativno jednostavne naprave koju je 1991. načinio Fraser Stoddart, kemičar sa Sveučilišta Northwestern u Evanstonu, Illinois, također jedan od ovogodišnjih dobitnika Nobelove nagrade za kemiju. Bio je to uređaj poznat kao rotaksan, koji se sastoji od molekule u obliku prstena koji je navučen na 'osovinu', linearnu molekulu koja na krajevima ima 'klinove' koji sprječavaju da prsten spadne s osovine. Prema svakom kraju osovine nalaze se kemijske skupine koje mogu stupati u kemijsku vezu s prstenom. Stoddart je našao¹ da prsten može kliziti po osovini naprijed – natrag između ovih skupina, što je predstavljalo prvi molekularni prijenosnik (šatl).

Do 1994. Stoddart je preinačio oblik tako da je osovina dobila dvije različite kemijske skupine.² Molekula je došla do izražaja u



Karl-Heinz Ernst,
Izvor: <http://dx.doi.org/10.1038/525018a>

otopini; promjena kiselosti tjerala je prsten s jednog kraja osovine na drugi: šatl je postao reverzibilni prekidač. Slični molekularni prekidači mogli bi se jednog dana upotrebljavati u osjetilima koja odgovaraju na toplinu, svjetlo ili specifične kemikalije ili za otvaranje poklopca nanokontejnera da bi isporučili teret molekula nekog lijeka točno u pravo vrijeme i na pravo mjesto u tijelu.

Stoddartovi prekidači imali su dvije osobine koje će se ponavljati u svim sljedećim molekularnim strojevima. Prvo, poveznice između prstena i veznih mjesta na osovini nisu bile jake kovalentne veze kakve povezuju atome u molekulama. Umjesto toga, bila su uspostavljena elektrostatska privlačenja između slabo pozitivnih i slabo negativnih područja dvije komponente. To znači da su se veze mogle slobodno stvarati i prekidati, kao vodikove veze koje povezuju dvije zavojnice molekule DNK. Drugo, šatl nije trebao izvanjski izvor energije za kretanje naprijed – natrag. Pogonilo ga je sudaranje s drugim molekulama u otopini, pojava poznata kao Brownovo gibanje.

Uskoro su uslijedili drugi prekidači. Neke su pokretali svjetlo ili promjene temperature, dok su drugi vezivali specifične ione ili molekule iz otopine, slično kao što rade ionski kanali u staničnim membranama, otvarajući se ili zatvarajući kao odziv na kemijske podražaje.

Stoddartova istraživanja, međutim, krenula su u drugom smjeru. Zajedno s Jamesom Heathom s Kalifornijskog instituta za tehnologiju u Pasadeni on je upotrijebio milijune rotaksana da bi napravio memorijsku napravu.³ U sendviču između silicijevih i titanovih

elektroda rotaksani su se mogli električki uključivati u jedno od dva stanja i upotrijebiti za bilježenje podataka. Taj "molekularni abak" veličine oko 13 mikrometara sadržavao je 160 000 bitova, a svaki je bio sastavljen od nekoliko stotina rotaksana – gustoće oko 100 gigabita/cm², što je usporedivo s najboljim komercijalnim danas pristupačnim tvrdim diskovima (*hard drives*).

Upotrebljavajući 24 najuspješnija bita Stoddartov tim uspijevao je spremirati i regenerirati slova "CIT" (kratica za California Institute of Technology). Ali prekidači nisu bili osobito robustni i raspadali su se nakon manje od 100 ciklusa. Rješenje koje obećava sastoji se u tome da ih se smjesti u čvrste porozne kristale poznate kao metal-organske matrice (*metal-organic framework – MOF*), koje ih štite i organiziraju u precizna trodimenzionalna uređenja. Početkom 2015. Robert Schurko i Stephen Loeb sa Sveučilišta Windsor u Kanadi pokazali su da mogu pakirati oko 10²¹ molekularnih šatlova po kubičnom centimetru MOF;⁴ koncem iste godine Stoddart⁵ je otkrio još jedan MOF koji može sadržavati rotaksane. MOF je montiran na elektrodi i rotaksani su se mogli masovno uključivati i isključivati promjenom napona.

Drugi istraživači upotrijebili su rotaksane da bi napravili katalizatore koji se mogu uključivati i isključivati. Godine 2012. Leigh⁶ je opisao sustav s atomom dušika po sredini osovine, gdje ga normalno pokriva prsten. Po dodatku kiseline prsten se miče u stranu otkrivajući dušikov atom tako da može katalizirati kemijsku reakciju. Prošle godine Leigh je opisao⁷ rotaksan s dva katalitička mjesta. Pomicanje prstena s jednog mjesta na drugo omogućava promjenu aktivnosti rotaksana, tako da se molekule iz smjese lijepe jedna na drugu na dva različita načina. Leigh sada istražuje mogućnost da se nekoliko različitih katalizatora stavi u istu otopinju gdje bi se uključivali i isključivali redom kojim želimo izgrađivati složene molekule, slično kako to enzimi rade u stanicama.

Nanomotori

Velik korak naprijed na području nanotehnologije učinjen je 1999. kad je u laboratoriju Bena Feringe stvoren prvi sintetički molekularni motor.⁸ Bila je to jedinstvena molekula koja je sadržavala dvije jednake "lopaticice" povezane dvostrukom vezom između dva atoma ugljika. Ta kemijska veza držala je lopaticice na miru dok svjetlosni impuls ne bi preveo dvostruku vezu u jednostruku, što je omogućavalo lopaticama da se okreću. Bitno je da je oblik lopaticice omogućavao okretanje samo u jednom smjeru, koje je trajalo dok je trajalo osvjjetljenje. Feringa je upotrijebio molekularne motore da bi stvorio nanokolica s četiri kotača.⁹ Također je pokazao¹⁰ da nanomotori mogu davati dovoljno energije da bi kotrljali stakleni štapić po površini tekućeg kristala. Štapić je bio dug 28 mikrometara – tisuće puta dulji od nanomotora.

Velike nade polažu se u fotoaktivne spojeve koji bi mogli vratiti vid osobama s makularnom degeneracijom, tj. oštećenjem štapića i čunjića oka, koji su odgovorni za osjet svjetla. Dirk Trauner, kemičar sa Sveučilišta Ludwig Maximilian u Münchenu lani je pokazao¹¹ da jedna injekcija fotoaktivne molekule DENAQ u oko slijepih miševa djelomično vraća njihov vid na nekoliko dana, omogućavajući im razlikovanje svjetla i tame.

Hodači

Prije nego što je ijedno stvorenje na Zemlji prohodalo, stanice su u svojoj opremi imale nešto poput nogu. Primjer su dvokraki proteini nazvani kinezini, koji postavljaju jedno "stopalo" ispred drugoga dok raznose svoj teret molekula po staničnim mikrotubulima. Nadahnuti kinezinom znanstvenici su sagradili umjetne hodače od DNK-a. Te molekule imaju "stopala" kojima se usidre na određeno mjesto vezivanjem s komplementarnim uzvojnica DNK-a položenima na stazi; dodavanjem DNK-a "stopalo" se oslobađa i priprema za sljedeći korak. Jedan od najdojmljivijih primjera opisao je 2010. Nadrian Seeman¹² sa Sveučilišta New York: njegov hodač imao je 4 "stopala" i 3 "ruke" kojima je mogao skupljati nanočestice zlata dok se gibao po pločici od DNK-a.

Takvi hodači besciljno bi lutali da nemaju ugrađen zapinjač koji im ne dopušta da učine korak natrag. U mnogih hodača taj zapinjač sastoji se od relativnih brzina kemijskih reakcija koje zapravo predstavljaju vezivanje i oslobađanje "stopala" uz stalno udaranje Brownova gibanja koje pomiče oslobođeno "stopalo" naprijed.¹³

Daljnji razvoj može ići u dva glavna smjera: ostati u nanomjerilu, gdje bi strojevi obavljali zadatke na molekularnoj razini, koji se ne bi mogli obavljati nikako drukčije; ili ići na makro plan rabeći milijarde molekula da bi se preoblikovali materijali ili prenosili tereti kao što bi ih prenosila vojska mrava. Primjer nano-pristupa sličan je ribosomu i sastoji se od rotaksana koji uzima aminokiseline sa svoje osovine i slaže ih u peptidni lanac.¹⁴ Ali može se zamisliti i makro verzija: 10¹⁸ nanostrojeva tijekom 36 sati može proizvesti nekoliko miligrama peptida.

Literatura:

1. P. L. Anelli, N. Spencer, J. F. Stoddart, *J. Am. Chem. Soc.* **113** (1991) 5131–5133, doi: <http://dx.doi.org/10.1021/ja00013a096>.
2. R. A. Bissell, E. Córdova, A. E. Kaifer, J. F. Stoddart, *Nature* **369** (1994) 133–137, doi: <http://dx.doi.org/10.1038/369133a0>.
3. J. E. Green, J. W. Choi, A. Boukai, Y. Bunimovich, E. Johnston-Halperin, E. Delonno, Y. Luo, B. A. Sheriff, K. Xu, Y. S. Shin, H.-R. Tseng,
4. J. Fraser Stoddart, J. R. Heath, *Nature* **445** (2007) 414–417, doi: <http://dx.doi.org/10.1038/nature05462>.
5. K. Zhu, C. A. O'Keefe, V. N. Vukotic, R. W. Schurko, S. J. Loeb, *Nature Chem.* **7** (2015) 514–519, doi: <http://dx.doi.org/10.1038/nchem.2258>.
6. P. R. McGonigal, P. Deria, I. Hod, P. Z. Moghadam, A.-J. Avestro, N. E. Horwitz, I. C. Gibbs-Hall, A. K. Blackburn, D. Chen, Y. Y. Botros, M. R. Wasielewski, R. Q. Snurr, J. T. Hupp, O. K. Farha, J. Fraser Stoddart, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **112** (36) (2015) 11161–11168, doi: <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1514485112>.
7. V. Blanco, A. Carlone, K. D. Hänni, D. A. Leigh, B. Lewandowski, *Angew. Chem. Int. Ed.* **51** (2012) 5166–5169, doi: <http://dx.doi.org/10.1002/anie.201201364>.
8. J. Beswick, V. Blanco, G. De Bo, D. A. Leigh, U. Lewandowska, B. Lewandowski, K. Mishiro, *Chem. Sci.* **6** (2015) 140, doi: <http://dx.doi.org/10.1039/C4SC03279A>.
9. N. Koumura, R. W. J. Zijlstra, R. A. van Delden, N. Harada, B. L. Feringa, *Nature* **401** (1999) 152–155, doi: <http://dx.doi.org/10.1038/43646>.
10. T. Kudernac, N. Ruangsapapichat, M. Parschau, B. Maciá, N. Katsonis, S. R. Harutyunyan, K.-H. Ernst, B. L. Feringa, *Nature* **479** (2011) 208–211, doi: <http://dx.doi.org/10.1038/nature10587>.
11. R. Eelkema, M. M. Pollard, J. Vicario, N. Katsonis, B. Serrano Ramon, C. W. M. Bastiaansen, D. J. Broer, B. L. Feringa, *Nature* **440** (2006) 163, doi: <http://dx.doi.org/10.1038/440163a>.
12. I. Tochitsky, A. Polosukhina, V. E. Degtyar, N. Gallerani, C. M. Smith, A. Friedman, R. N. Van Gelder, D. Trauner, D. Kaufer, R. H. Kramer, *Neuron* **81** (2014) 800–813, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2014.01.003>.
13. R. D. Astumian, *Nature Nanotechnol.* **7** (2012) 684–688, doi: <http://dx.doi.org/10.1038/nnano.2012.188>.
14. R. Krishnan, M. R. Blanco, M. L. Kahlscheuer, J. Abelson, C. Guthrie, N. G. Walter, *Nature Struct. Mol. Biol.* **20** (2013) 1450–1459, doi: <http://dx.doi.org/10.1038/nsmb.2704>.
15. Y. Noda, Y. Hayashi, K. J. Ito, *Appl. Polymer Sci.* **131** (2014) 40509, doi: <http://dx.doi.org/10.1002/app.40509>.

Izvor: Mark Peplow, *Nature* **525** (2015) 18–21, doi: <http://dx.doi.org/10.1038/525018a>