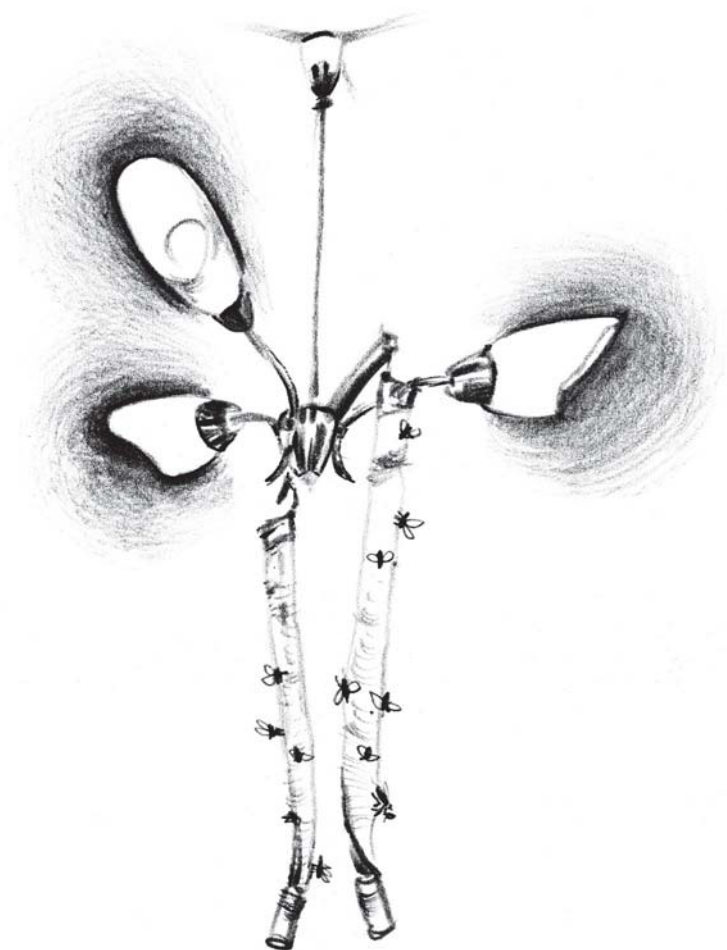


12. Zalepená huba



*Vynalezl jsem lepidlo, které přilepí cokoli k čemukoli!
... A v čem to svinstvo chcete uchovávat?*

Co je na střepy, už se neslepí – snadno zapamatovatelný rým z písničky Marie Rottrové nemá dozajista nic společného se střepy skutečnými. Dnešní pokročilé technologie dokáží totiž slepit ledacos. A ruce zručných restaurátorů umí oživit anticou krásu i z hromady nevzhledných střepů. Lepením nemusíme jen navracet poškozeným věcem jejich původní funkčnost. Lepidla patří i k výrazným budovatelským prostředkům. Kdysi jsem odbíral časopis ABC a v něm byly vystřihovánky papírových modelů různých autíček, družic, letadel a všelikých jiných udělátek. Tuto činnost jsem miloval. Z placatého papíru narůstal za pomoci lepidla třírozměrný model lunárního modulu, sovětsko-americké orbitální stanice Sojuz-Apollo nebo lunárního vozítka, v němž se astronauti proháněli po povrchu Měsíce. I v mnoha komerčních výrobcích naleznete lepené spoje, bez nichž by daná věc byla nefunkčním šrotem. Lepené spoje drží pohromadě nábytek, bez lepení by se neobešla většina obalů potravin. A v supermarketu vám polepí zboží nejružnějsími nálepkami na nejnevhodnějších místech. Mnohokrát jsem drhnul ohyzdnou cenovku z krásného hrníčku a bál se, abych ho nepoškrábal. Kapitoulou samou pro sebe jsou inventární čísla. Kdykoli na katedře koupíme novou věc a protrpíme byrokratická kolečka spojená s její evidencí, přinese nakonec sekretářka nálepku, kterou je třeba dotýčnou lampičku, podložku či součástku zohyzdit. Tvůrkyně nálepek z děkanátu trvají na tom, abych jejich výtvar nalepil na procesor v počítači, okulár v dalekohledu či mlhovinový filtr. Námitka, že tím danou věc zničím, se nepřijímá. Jednou, až opustím své pracoviště, naleznou mí následovníci v druhém šuplíku shora úplný poklad. Snad tisíce evidenčních čísel, která jsem nastřádal za desítky let, tam ukryta čekají na svou příležitost.

I ve fyzice máme jedno prapodivné lepidlo. Říkáme mu gluonové pole a má hodně společného se skutečným lepením. V našem příběhu se k němu také dostaneme. Nebýt něj, neměli bychom neutrony, protony a ani atomová jádra.

„Co je na střepy, už se neslepí.“ Ano, lepení používáme i v přeneseném smyslu slova: slepit rozbítý vztah, politický slepenec, polepená budoucnost... Pokaždé, když v poslední době odcháším ze schůze katedry, říkám, si, že kdybych si pusu zalepil nějakou páskou, udělal bych lépe. Ale v příběhu, který začínáte číst, schůze, politiku i mezilidské vztahy vynecháme. Vydáme se do říše opravdových lepidel, bez nichž si moderní svět už nedokážeme představit.

První lepidla

Lidé se pokoušeli lepit k sobě předměty už odedávna. Zpočátku k tomu využívali přírodní tekutiny – smolu (pryskyřici) vytékající z poranění jehličnatých stromů, kaučuk, přírodní tér (většinou z břízy) a další látky. V době kamenné se používaly pazourky, které naši předci vkládali do dřevěné vidlice sloužící jako jednoduchá násada. Pazourek byl připevněn pruhy kůže a podle archeologických nálezů se k jeho upevnění používalo i jednoduché lepidlo podobné současnému téru. Nejstarší nalezený pazourek s lepidlem pochází ze střední Itálie. Padesát kilometrů jihovýchodně od Florencie odkryli archeologové v roce 2001 v blízkosti řeky Arno jílovou vrstvu, v níž se nacházely kosterní pozůstatky mamuta a drobných savců a různé artefakty svědčící o osídlení této oblasti ve starších čtvrtohorách. Mezi nimi byly dva kamenné pazourky částečně pokryté přírodním térem. Plynová chromatografie ukázala, že jde o tér obsahující *triterpeny* (*betulin* a *betulon*) získané z kůry břízovitých stromů. Takové látky se v Evropě využívaly k lepení v neolitu (před sedmi až deseti tisíci lety), ale toto je první případ, kdy datace sahá až do období před více než 100 000 lety.

Později se lidé naučili toto první superlepidlo připravovat i horkou cestou (tzv. pyrolýzou, suchou destilací bez přístupu vzduchu). Zkuste uzavřít nadrcenou březovou kůru do plechové nádoby a tu na několik hodin zasypte rozžhavenými uhlíky z ohniště. Po otevření nádoby v ní naleznete popel z břízy a černou látku, tér, která je za tepla tekutá a za studena je vynikajícím lepidlem, které používali už neandrtálci. A mimochodem – jde prý doslova o všelék s dezinfekčními účinky, kterým lze vyléčit celou řadu chorob.



Jeden z pazourků pokrytých térem, který byl nalezen ve střední Itálii v blízkosti vesničky Bucine.

Z období před 6 000 lety pocházejí nálezy rozbitých hliněných nádob, které byly slepeny přírodními pryskyřicemi z jehličnatých stromů a opětovně používány. V roce 1991 byly na ledovci v Ötztalských Alpách nalezeny velmi dobře zachovalé ostatky člověka, kterému dnes neřekne nikdo jinak než „ledový muž Ötzi“. Tato přírodní mumie je stará zhruba 5 300 roků a můžete se na ni podívat v muzeu v italském Bolzanu, kde je mumie uložena ve speciálním chladicím boxu a návštěvníci na ni čekají dlouhé fronty. Spolu s Ötzim byly nalezeny dva šípy s kamennými hroty a měděná sekera. U všech nástrojů bylo k upevnění použito lepidlo na bázi téru, jenž byl připraven pyrolýzou, tedy zahříváním kůry stromů bez přístupu vzduchu.

Ve starém Egyptě a dalších civilizacích této doby už připravovali kvalitní lepidla nejen z rostlinných zdrojů, ale i lepidla živočišného původu. Egypťané lepili papyry kaseinem, bílkovinou přítomnou v mléce savců. Řekové a Římané se v prvních stoletích našeho letopočtu naučili dýhovat dřevěné výrobky – na dřevo horší jakosti přilepili několik milimetrů tlustou vrstvu (dýhu) z kvalitního dřeva. Tuto techniku dále rozvíjeli a začali kombinovat dýhy různých barev do dekorativních obrazců (tzv. intarzie). K lepení využívali rostlinná i živočišná lepidla nejrozumnějších druhů, například z vajíček, ryb nebo kůže získané vařením zbytků kůží, kostí, rohů a paznehtů hospodářských zvířat.

V Evropě se ve velkém množství začala lepidla využívat v nábytkářském průmyslu v 18. století. Významní výrobci spojovali části nábytku většinou klijem, ať už kaseinovým nebo vařeným z částí zvířecích těl. Živočišné bílkoviny jsou totiž vynikajícím lepidlem.

První továrna na lepidla byla založena v roce 1690 v Holandsku. Lepidla připravovali ze zvířecích tkání. První patent na rybí lepidlo byl podán ve Velké Británii v roce 1750. První syntetická lepidla využívající umělé pryskyřice (na bázi fenolů) se objevila po roce 1910 a sto let jejich používání přineslo nebývalý rozmach a doslova revoluci v technice lepení.

Sám jsem se přesvědčil, že vyrobit lepidlo není žádným velkým uměním. Kdysi jsem na jednom astronomickém soustředění vařil kaši pro větší počet lidí. Vzniklá hmota sice nebyla požitelným pokrmem, ale jako vynikající škrobové lepidlo šla použít okamžitě. Pokud navštívíte čínské restaurace, je na jídelníčku k mání pikantní pálivá polévka lidově přezdívána „hlen“. Jsem přesvědčen, že i tento produkt by šlo za pomoci minimálních úprav přeměnit na kvalitní lepidlo.

Jak lepidla fungují

Většina lepidel je založena na smáčení povrchu lepící kapalinou neboli pojidlem. Molekuly pojidla i povrchu mají nesymetrické rozložení elektrického náboje a působí na své okolí přitažlivými silami (kladně nabitě části molekul se přitahují k záporně nabitým částem sousedních molekul). Pokud jde o molekuly stejného druhu, hovoříme o kohezních silách. Ty se uplatňují uvnitř lepeného spoje. Pokud jde o působení na rozhraní dvou prostředí, což je případ styku lepidla s lepeným povrchem, hovoříme o adhezní síle. Polární molekuly lepidla se přitahují k molekulám lepeného povrchu. Adheze a koheze stojí za úspěšností většiny lepidel. Lepidlo zpravidla obsahuje rozpouštědlo, které umožní snadné nanesení na povrch. Po vyschnutí rozpouštědla je v některých případech ideální, pokud si lepidlo ponechá vlastnosti silně viskózní kapaliny. Takový spoj je pak pružný nebo dokonce ohebný. Existují i lepidla, která

při zahřátí zkapalní. Toho se využívalo při prvním lepení přírodními pryskyřicemi a térem. Dalším příkladem je obyčejné pájení v elektrotechnice. Jiná lepidla jsou dvousložková; u nich dojde k „vytvrzení“ teprve po smíchání obou složek. Princip lepení je ve všech uvedených případech podobný a je založen na jevech adheze a koheze.

U některých lepidel je adheze doplněna i dalšími fyzikálními jevy. Pokud je látka pórovitá, může lepidlo difundovat do pórů látky a výsledný spoj je výrazně pevnější. Difúze nemusí probíhat na úrovni pórů, ale i na molekulární úrovni, kdy molekuly lepidla difundují mezi molekuly lepené látky. Pokud je toto pronikání do povrchu lepené látky způsobeno adhezními silami, hovoříme o adsorpci. Kvalitě lepeného spoje může také výrazně napomoci vytvoření chemické vazby mezi molekulami lepidla a molekulami povrchu. Ať už je uplatněný mechanismus jakýkoli, lepidlo by mělo vytvořit pevný spoj, který je dlouhodobě stabilní.



Jak lepidla dělíme

Každé lepidlo obsahuje jako hlavní složku pojidlo. Zpravidla je v lepidle také rozpouštědlo, které po slepení dvou částí povrchu vyschne. Lepidla ale obsahují i další látky: plnidla, která vytvářejí kostru pro pojivou látku, změkčovadla, která zajistí, aby lepený spoj zůstal houževnatý a nepraskal, barviva a v některých případech tvrdidla. Tvrdidla se využívají zejména u syntetických lepidel, přidávají se k nim ve velmi malém množství až v okamžiku vlastního lepení. Tvrdidla reagují s pojidlovou částí lepidla a způsobí chemickou reakci, při níž vznikají látky odlišné od původních složek. Lepidlo ztuhne do výsledného spoje. Po přidání tvrdidla je třeba připravené lepidlo velmi rychle zpracovat.

Lepidel používáme v moderní společnosti neskutečné množství a dělíme je z nejrůznějších hledisek. Základní dělení je podle původu. Máme lepidla rostlinná, živočišná a syntetická.

K **rostlinným lepidlům** patří různé přírodní pryskyřice, tér, kaučuk, škrob apod. Dnes jsou nejběžnější škrobová lepidla (například známá bílá lepicí pasta). Škroby vznikají v rostlinách fotosyntézou a průmyslově se připravují z brambor, kukuřice, pšenice, rýže a dalších plodin. Extrahovaný škrob je prášek, kterým se mohou zahušťovat omáčky a polévky, škrob je i hlavní součástí oblíbeného pudinku. V lepidlech se škrob používá buď přímo, nebo po zahřátí nad 160°, kdy se škrob mění v dextrin (tzv. škrobovou klovatinu).

Druhou velkou skupinou rostlinných lepidel jsou přírodní pryskyřice, které se získávají z jehličnatých i jiných stromů. Odvodněná pryskyřice jehličnanů, jež je zbavena éterických olejů, se nazývá kalafuna. Dnes se používá jen málo, například k lepení pryžových dílů před vulkanizací, ke zvýšení třecího odporu smyčců u hudebních nástrojů nebo při pájení. K nejnámějším lepidlům připraveným z přírodních pryskyřic patří arabská guma a kanadský balzám. Arabská guma neboli klovatina se vyrábí z mízy akácií. Kdysi ji úředníci hojně používali k lepení papíru. Dnes se arabská guma většinou nahrazuje mnohem levnějšími syntetickými lepidly. Přírodní prys-

kyřice mají ale stále velký význam v optice. Pro spojování optických členů, například různých čoček, se dodnes používá kanadský balzám, který se extrahuje z jedle balzámové a kanadské a který má skvělé optické vlastnosti.

Živočišná lepidla obsahují živočišné bílkoviny, které mají výborné adhezní schopnosti. K nejstarším a dodnes často používaným patří klihy (želatinová lepidla). Připravují se vařením tkání různých zvířat, včetně ryb. Při této proceduře vzniká želatina (glutin), jejímž ohřátím vznikne klíh. Dřevěné spoje lepené klihem jsou velmi pevné, při namáhání se často stane, že dřevo praskne jinde než v lepeném spoji. Tak jako většina přírodních lepidel, jsou i klihy požitelné, alespoň ve formě želatiny. Můžete si pochutnat například na želatinových medvědících z našich obchodních řetězců. Klihy se občas připravují i z krve domácích zvířat, která obsahuje bílkovinu albumin. Většinou se používá krev z jatek. Albuminová lepidla se dají využít například při dýchování nábytku.

Poslední skupinou živočišných lepidel jsou kaseinová lepidla připravená z mléka savců. Kaseinová bílkovina (kasein) se z mléka vysráží za pomoci kyselin a poté se suší a mele na bílý prášek, který vytvoří po smíchání s vodou vynikající lepidlo.

Dnes tvoří nejrozsáhlejší skupinu **syntetická lepidla**, kterých je neuskutečné množství. Připomeňme proto jen ta neznámější. Celulózová lepidla jsou založena na celulóze příbuzných látkách, neznámějším na našem trhu je Kanagom, se kterým lze snadno slepit papír, kůži, dřevo a obtížně se zaschlý odstraňuje ze zapatlaných prstů. Akrylátová lepidla obsahují polyakryláty. Myslím, že každý



Vteřinové lepidlo, nepostradatelný pomocník každé moderní domácnosti.

zná typické zástupce této skupiny, lepidla Herkules nebo Duvilax. Akryláty se používají nejen k lepení papíru, ale i k lepení obkladaček, textilií, tapet, polystyrenu, polyuretanu a dalších materiálů. Překližky a dřevotřísky se vyrábí za pomoci formaldehydových lepidel. Ta jsou ale při vdechování jedovatá, a proto se je dnes snažíme nahrazovat jinými lepidly. Za zmínku stojí ještě různé roztoky PVC nebo epoxidová lepidla – umělé pryskyřice, k jejichž vytvrzení dojde po přidání tvrdidla. Umělé pryskyřice mají velmi široké použití, můžete s nimi lepit porcelán, kovy, sklo, keramiku. Vynikající jsou také pro zhotovování různých odlitků nebo vyplňování nechtěných děr a nerovností.

V posledních letech jsou velmi oblíbená vteřinová lepidla. Zakoupíte je v každém supermarketu za pár kaček. Hlavní složkou je kyanoakrylát, tzv. akrylátová pryskyřice, která v přítomnosti vody (iontů OH⁻) velmi rychle polymeruje. Výhodou jsou relativně pevné spoje, které „drží“ během několika sekund. Nevýhodou je krátká doba skladovatelnosti, po otevření maximálně několik týdnů. Ale i uzavřená tuba vteřinového lepidla je po roce nepoužitelná, neboť kyanoakrylát zpolymeruje. Kyanoakrylátové lepidlo bylo patentováno v roce 1942 společností Goodrich Company pod značkou *Super Glue* a jeho vynálezcem je Harry Wesley Coover (1917–2011). Vteřinová lepidla mají velmi široké použití, hodí se k lepení kovů, keramiky, plastových modelů, akvárií a využívají se i v medicíně ke spojení tkání bez nutnosti šití. Vzhledem k tomu, že kyanoakrylát polymeruje ve vlhkém prostředí, není nic příjemného si kapkami lepidla potřísnit prsty a už vůbec není dobré, aby se lepidlo dostalo na rty, pokud tedy není vaším cílem mít dokonale zalepená ústa.

Gluonové pojivo

První objevenou elementární částicí byl elektron, který detekoval v katodovém záření v roce 1897 anglický fyzik Joseph John Thomson (1856–1940). V roce 1911 objevil novozélandský fyzik Ernest Rutherford (1871–1937) atomové jádro obsahující kladně nabitě částice – protony. Slovo proton bylo ale poprvé použito až kolem roku 1920. V roce 1932 objevil anglický fyzik James Chadwick

(1891–1974) neutron a do částicové ZOO přibyl další přírůstek. Fyzika oné doby byla krásná a jednoduchá: atomové jádro tvořily neutrony a protony a v atomárním obalu se proháněly elektrony.

Už v polovině 60. let dvacátého století bylo známo velké množství elementárních částic, z nichž některé měly velmi podobné vlastnosti a tvořily celé rodiny příbuzných částic. Americký fyzik Murray Gell-Mann (*1929) navrhl v roce 1961, že jsou tyto částice složené z menších celků, které jsou zodpovědné za jejich společné vlastnosti. Prvním úspěchem nové teorie byla předpověď existence částice Ω^- (omega minus), která byla objevena v roce 1964. V témže roce Gell-Mann dokončil svou teorii kvarků, nových částic, ze kterých by měl být složený i neutron a proton. Nezávisle na něm podobně uvažoval také izraelský fyzik a pozdější politik Yuval Ne'eman (1925–2006) a existenci kvarků předpověděl i americko-ruský fyzik George Zweig (*1937). Kvarky byly až do roku 1968 považovány za hypotetické částice, jejichž existence je minimálně nejistá. Za definitivní potvrzení lze považovat experimenty z roku 1968, které proběhly ve Stanfordském urychlovačovém centru SLAC. Při ostřelování protonů za pomoci urychlených elektronů byla uvnitř protonu patrná tři bodová centra a ukázalo se, že proton není skutečnou elementární částicí, ale je složený z menších částic. Jistá nedůvěra ke ztotožnění těchto částic s Gell-Mannovými kvarky krátkodobě přetrvávala i po tomto objevu. Gell-Mann získal za své práce Nobelovu cenu za fyziku pro rok 1969.

Jenže jak drží kvarky uvnitř neutronu a protonu pohromadě? Příroda nám zde připravila jakési lepidlo nebo pojivo, chcete-li, kterému říkáme gluonové pole (slovo *glue* znamená v angličtině lepit, pojít). Gluonové pole si můžeme představit jako opravdové lepidlo s velmi zajímavými vlastnostmi. Na vzdálenostech menších než 10^{-15} metru toto lepidlo téměř nelepí. Kvarky se uvnitř protonu nebo neutronu pohybují volně. Ale běda, pokud se některý kvark vzdálí od ostatních na vzdálenost větší než 10^{-15} metru. Gluonové pojivo začne intenzivně fungovat a kvark nemůže proton opustit, je v něm doslova uvězněn. Celému mechanismu říkáme silná interakce. V mikrosvětě se objekty chovají někdy jako vlnění a jindy jako částice.

Pokud je naše gluonové lepidlo vlněním, hovoříme o gluonovém poli. Pokud se projevuje jako částice, hovoříme o gluonech, polních částicích, které neustále pendlují mezi kvarky a slepují je tak dohromady.

Volné kvarky nemohou existovat a jsou gluonovým pojivem vždy pospojovány do dvojic (ty nazýváme mezony), nebo do trojic (těm říkáme baryony a patří mezi ně náš dobře známý proton a neutron). Existenci gluonů předpověděl Muray Gell-Mann už v roce 1962. Objeveny byly v německé částicové laboratoři DESY v roce 1979 při srážkách urychlených elektronů s pozitrony na urychlovači DORIS (detektor PLUTO). Ty vedly ke vzniku úzké rezonance (pík v energetickém spektru odpovídající velmi krátce žijící částici) rozpadající se na tři gluony.

Gluonové lepidlo (silná interakce) nespojuje jen kvarky do protonů a neutronů. Prosakuje z nich ven a dokáže také spojit neutrony a protony do větších celků – atomových jader. Bez gluonového pojiva by se atomová jádra rozpadla, kladně nabitě protony se totiž odpuzují a jádro by brzy opustily.



Tři kvarky uvnitř každého protonu a neutronu jsou drženy pohromadě gluonovým pojivem. Stejně pojivo je zodpovědné i za soudržnost atomového jádra.

Víte, že

■ Víte, že na podobných principech, jako je lepení, funguje třírozměrný tisk? Tiskárna postupně nanáší třírozměrný objekt, a to vrstvu za vrstvou. Jednotlivé vrstvy u sebe drží buď kohezními silami (stejný materiál) nebo adhezními silami (různé materiály).

■ Víte, že adhezi může napomoci elektrické pole? Na počátku roku 2016 publikovali na Laussanské polytechnice EPFL zajímavé experimenty s robotem, jehož „prsty“ tvořila ohebná silikonová blána s elektrodami zalitými uvnitř. Po přiložení napětí se na bláně a na blízkém předmětu vytvořil náboj a vzniklá elektrostatická síla způsobila „přilepení“ blány k předmětu, například vajíčku, které pak bylo možné snadno přenášet.

■ Víte, že adhezi využívá k lepení i lidské tělo? Například krevní destičky, ze kterých tělo buduje v poraněném místě „strup“, jsou k vlásečnicím „přilepeny“ adhezními silami. Obdobnými silami drží i různé struktury na buněčných membránách v těle nejrozličnějších organismů.

Poučení na závěr: Tu a tam je lepší, když některé věci zůstanou neslepeny. Než se bezhlavě pustíte do lepení hromádky střepů, zvažte, jak moc je to třeba, a zda by nebylo prospěšnější dělat něco jiného, například zajít s kamarády na pivo.