

Lepidla – látky, které spojují

Marco Spurk

Doporučený ročník 8. – 9.

Časový rámec 4 × 45 min.

Tematický celek Člověk a výroba v praxi

Cíle a rozvoj kompetencí

- ▶ Žáci se naučí, jak funguje lepidlo. Přičemž základními pojmy, kterými vysvětlíme princip lepení, jsou adheze a koheze.
- ▶ Poznatky si žáci upevní praktickou částí, ve které vyrobí lepidlo a navrhnu mechanismus na testování jeho adhezivní síly.

Mezipředmětové vztahy

- ▶ **KOMUNIKAČNÍ TECHNIKA** vyhledávání informací
- ▶ **FYZIKA** měření sil
- ▶ **BIOLOGIE** příklady lepidel v přírodě
- ▶ **CHEMIE** výroba lepidla
- ▶ **UMĚNÍ** využívání lepidel v umění
- ▶ **TECHNICKÉ PRÁCE** sestavení měřicího zařízení

Teoretický úvod

Lepení je technika, se kterou se dnes setkáváme na každém kroku. Ať už při lepení vzkazu na dveře nebo fotografie do alba, tak také při obouvání bot nebo při používání mobilu. Když se pozorně rozhlédneme okolo sebe, zjistíme, že jsme obklopeni předměty, které by se bez dobrých lepidel rozpadly. Patří sem tapety, etikety na lahvích, nábytek, kachličky, náplast a další.

Lepidla se však čím dál častěji používají nejen v domácnostech a školách, ale i v průmyslu. U mnohých vysoce specializovaných materiálů se používá lepení, především tam, kde se vyžaduje pevnost a nízká hmotnost. Například listy rotorů gigantických větrných elektráren jsou upevněné flexibilními lepidly odolnými vůči obrovské zátěži. Vždyť vydrží i rychlost otáčení 300 km/h. Také v leteckém a automobilovém průmyslu umožňují vhodná lepidla vývoj nových a lehčích materiálů. Vidíme tedy, že toto vyučovací téma se dá uvést mnoha způsoby.

Metodická část pro učitele

STRUKTURA VYUČOVACÍ HODINY

1. dvouhodinovka

- ▶ Úvod – 20 min. rozhovor učitele s žáky
- ▶ Experiment 1 – 40 min. skupinová práce (2 osoby)
- ▶ Učební text pro žáka – 20 min. samostatná práce

2. dvouhodinovka

- ▶ Opakování učiva z první dvouhodinovky – 10 min. rozhovor učitele s žák
- ▶ Experiment 2 – Příprava a výroba lepidla – 15 min. skupinová práce (2 osoby)
- ▶ Experiment 2 – Návrh kontrolního mechanismu – 15 min. skupinová práce (2 osoby)
- ▶ Experiment 2 – Měření – 20 min. skupinová práce (2 osoby)
- ▶ Experiment 2 – Slepování různých materiálů – 15 min. skupinová práce (2 osoby)
- ▶ Závěrečný pohovor – 10 min. rozhovor učitele s žáky

Úvod (cca 20 minut)

► rozhovor učitele s žáky

Všichni žáci už znají různá lepidla a každodenně je používají. Takže poznatky a zkušenosti, které už mají, nám umožní jednoduché uvedení tématu (viz část „Teoretický úvod“). Předložit můžeme mnoho příkladů z běžného života. Ukážeme žákům sbírku různých v obchodech dostupných lepidel, která ilustruje, že na každý materiál existuje vhodné lepidlo (klih na dřevo, lepidlo na porcelán, plast apod.) Kromě toho se lepidla liší svou silou, tedy podle toho, zda lze slepené předměty znovu lehce oddělit (např. papírky na poznámky) nebo pevně drží pohromadě. Kromě běžných příkladů, které žáci znají z každodenního života, jim můžeme ukázat i méně běžné příklady z přírody a technické oblasti. Překvapivě například působí, že skla na některých mrakodrapech jsou „jen“ nalepená. Jiným příkladem jsou mušle, které se navzdory stálému vlnobití pevně drží skal. Jsou k nim přilepené lepidlem, které si samy vyrábějí.

Experiment 1 (cca 40 minut)

► skupinová práce (2 osoby)

Cílem tohoto experimentu je postupně žáky seznámit se základními principy „lepení“. Jedná se o pojmy „adheze“, „koheze“ a „smáčivost“. Kromě sil mezi lepidlem a součástí, kterou lepíme (adheze), jsou přítomny i síly uvnitř lepidla (koheze). O pevném lepení lze mluvit pouze tehdy, pokud jsou adheze i koheze dostatečně velké. Smáčivost je důležitá pro vznik správného kontaktu mezi lepidlem a lepenou součástí.

Žáci mohou pozorovat následující jevy:

Voda, olej a med mají různé adhezní vlastnosti. Molekuly vody se vzájemně přitahují vnitřními silami, které jsou větší než síly mezi molekulami vody a skla. To znamená, že koheze vody je větší než adheze vody a skla. Poznáme to podle toho, že kapka vody si na skle zachová tvar kapky a nerozteče se. Říkáme tomu také špatná smáčivost. K tomu, aby se obě podložní sklíčka od sebe oddělila, stačí malá síla ve směru tahu a velmi malá ve směru zatížení spoje.

Olej se chová jinak. Kapka oleje se na skle lépe rozlije, smáčivost je tedy vyšší. Svědčí to o tom, že koheze mezi molekulami oleje a molekulami skla je větší než v případě vody a skla. I vnitřní síly mezi molekulami oleje jsou větší než mezi molekulami vody. Vede to k tomu, že především ve směru zatížení spoje je potřeba větší síla než u vody. Na oddělení obou sklíček je však potřeba větší síla také ve směru tahu. Z toho plyne, že olej je lepší lepidlo než voda.

Ve srovnání s těmito dvěma kapalinami jsou vnitřní síly mezi molekulami medu největší a také jeho adheze ke sklu je nejsilnější. Poznáme to podle síly, kterou musíme vynaložit, abychom sklíčka od sebe oddělili. Ve srovnání s vodou a olejem je v obou směrech nutná větší síla. Proto je med z těchto tří látek nejlepším lepidlem.

Jelikož je smáčivost v experimentech velmi dobře viditelná, měli bychom žáky upozornit, aby si jí cíleně všímali.

V souvislosti se smáčivostí můžeme zmínit rovněž jeden z problémů při výrobě lepidel: Dobré smáčivosti docílíme, pokud je lepidlo řídké. Koheze kapalin je však obecně malá, proto kapaliny nejsou schopné vytvářet pevné spoje. Pevná lepidla mají, naopak, vysokou kohezi, avšak malou smáčivost, takže nedokážou vytvářet spoje s jinými materiály.



Jak lze tento problém vyřešit?

Řešením je čas. Lepidlo se vyrábí tak, aby bylo ze začátku tekuté, mělo tedy dobrou smáčivost. Po jisté době ztuhne a to znamená, že má dobrou kohezi. Z tohoto důvodu lze tekuté lepidlo dobře nanést a díky vysoké smáčivosti vytvořit velkou kontaktní plochu. Zatímco lepidlo schne, spojované součástky je ještě možné uzpůsobit. Když ztuhne, vzniká mezi nimi trvalé spojení.

Jelikož smáčivost hraje takovou významnou roli, je pochopitelné, proč je při lepení důležité správně opracovat povrch lepených součástek. Je to stejně důležité jako správný výběr lepidla, který závisí na materiálu, z něhož jsou součástky vyrobeny. Důkladné odstranění nečistot z povrchu umožní dobrý kontakt lepidla se součástkou, broušením se zvětší povrch a použití lepidla vyrobeného ze stejného materiálu jako součástka zvýší smáčení a vede tak k pevnějšímu spojení.

Jako shrnutí by si měli žáci poznamenat následující:

Čím větší jsou obě síly, adheze i koheze, tím pevnější slepení bude. Dobré smáčení je důležité, aby byla možná vysoká koheze.

ZADÁNÍ NA ZÁVĚR EXPERIMENTU 1

Když žáci skončí práci na experimentu 1, přečtou si studijní materiál a uvědomí si, kde v právě dokončeném experimentu hrála roli adheze, koheze a smáčivost.

Lepidlo je nemechanický materiál, který dokáže spojovat součástky prostřednictvím přilnavosti (adheze) a soudržnosti (koheze) **Adheze a koheze** jsou tedy základní pojmy nezbytné pro pochopení procesu lepení.

ADHEZE (z latinského adhaerere – přilnout) je způsobena přitažlivými silami mezi kontaktními plochami dvou látek. Jedná se tedy o síly mezi povrchy látek (například mezi lepidlem a součástkou, vodou a sklem, ještěrkou a stěnou).

KOHEZE (z latinského cohaerere – souviset) vzniká přitažlivými silami mezi složkami **uvnitř látky**. Jde tedy o vnitřní síly v látce nebo v lepené součástce. Jsou to například přitažlivé síly v kapce vody, díky kterým vzniká tvar kapky. Kohezní síly jsou největší v pevných látkách, menší jsou v kapalinách a nejmenší v plynech.

Experiment 2 (cca 65 minut)

► skupinová práce (2 osoby)

Jak silné je doma vyrobené lepidlo z netučného tvarohu (kaseinové lepidlo)?

Úlohou žáků je vyvodit z doposud získaných poznatků, jak vyrobit lepidlo, které bude mít na začátku dobrou smáčivost a po nějaké době dobrou vnitřní soudržnost.

Je zřejmé, že při výrobě lepidla hrají roli i další faktory. Patří sem počáteční konzistence, dosažení konečné konzistence, doba zpracování a podobně. Přísady do lepidla důsledně vybíráme podle toho, na jaký účel ho plánujeme použít. Proto je na trhu dostupný tak obrovský počet lepidel. Každé je určeno na lepení určitého materiálu.

Návrh testu, který prověří sílu kaseinového lepidla a porovná ji s produkty dostupnými v obchodě, představuje všestranný proces, při kterém ke konečnému výsledku vede mnoho různých faktorů.

„Lepení“ ve vizuálním umění

Co by byly barvy bez pojiva?



Použité materiály a odkazy
Wagner, G., Kleben und Verbinden (Lepenie a spájanie).
NiU Chemie Heft 80, 2004

Quarks et al., Die Kunst des Klebens (Umenie lepenia),
WDR Kolín, 2000

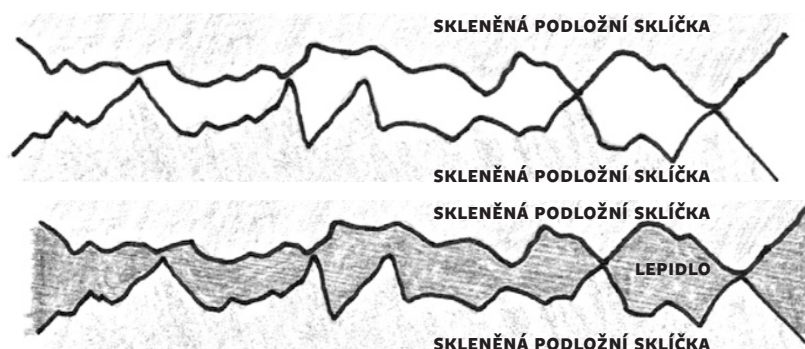
Habenicht, Kleben (Lepenie),
Springer-Verlag, 2002

<https://www.vci.de/fonds/schulpartnerschaft/unterrichtsmaterialien/unterrichtsmaterial-klebstoffe.jsp>

Co znamená lepení?

K tomu, aby se dva materiály vzájemně slepily, se musí jejich povrchy k sobě velmi, velmi přiblížit. Je to proto, že síly mezi nimi působí jen na nepředstavitelně malé vzdálenosti. Jen při vzájemné vzdálenosti několika Ångströmů ($1 \text{ \AA} = 0,0000001 \text{ mm} = 10^{-7} \text{ mm} = 10^{-10} \text{ m}$) mohou působit takzvané Van der Waalsovy síly, které způsobují, že se drobné částice (atomy a molekuly), z kterých se materiál skládá, vzájemně přitahují. Roli hrají i chemické vazby mezi molekulami samotného lepidla, které také působí jen na velmi malé vzdálenosti.

A to je hlavní problém lepení. Skoro žádný materiál nemá úplně hladký povrch. Při pohledu přes elektronový mikroskop se i zdánlivě hladké povrchy jako sklo nebo CD ukážou jako hrbolaté. Jakmile tedy k sobě přitlačíme dvě podložní sklíčka, budou se dotýkat jen vrcholy těchto výstupků a přitažlivé síly mezi nimi nebudou dost silné na to, aby se vytvořilo trvalé spojení.



Obr. 1 Dvě podložní sklíčka bez lepidla. Při velkém zvětšení vidíme, že povrchy působí drsně jako pohoří, takže je mezi nimi jen málo styčných bodů, na kterých mohou působit přílnavé síly.

Obr. 2 Tekuté lepidlo vyplní prostory mezi výstupky, což vytvoří mnoho styčných bodů, na kterých mohou působit přílnavé síly.

Doprovodné materiály
<http://www.lepidla.cz/cs/>

http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/hsv__specialni_metody_svarovani__lepeni_materiálu__mrna.pdf

Pomoci zde může tekuté lepidlo. To vytvoří kontakt mezi dvěma plochami, které chceme slepit. Lepidlo nateče až do „údolí“ plochy sklíčka a vytvoří tak dostatek styčných bodů mezi lepidlem a plochou. To stejné platí pro druhou stranu. Získáme tedy dva povrchy, mezi kterými je díky lepidlu dostatek styčných míst, takže součet přílnavých sil stačí na dostatečnou soudržnost. Toto se označuje pojmem **adheze**.

To, jestli lepidlo úplně vteče do „údolí“ a vytvoří tak největší možný počet styčných míst nebo zda vytvoří jen povrchní kontakt, závisí na mnoha faktorech. Mírou této vlastnosti lepidla je **smáčivost**. Velmi dobře ji můžeme pozorovat, když nakapeme lepidlo na lepený povrch. Čím víc povrch lepidlo odpuzuje, tím menší je jeho smáčivost, a tím slabší bude soudržnost lepených předmětů. Souhrnně platí, že čím jsou si molekuly lepidla a lepeného materiálu podobnější, tím lepší je smáčivost, a tím pevněji se podaří předměty slepit.

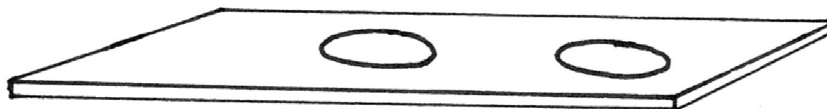
Dokud je však lepidlo tekuté, lze slepené povrchy od sebe oddělit. Zatím tedy nevzniklo trvalé spojení. Na to musí být lepidlo uvnitř tuhé, čili je potřebná **koheze**. V mnoha lepidlech s obsahem ředidel je koheze přítomna díky makromolekulám. Dokud je lepidlo tekuté, jsou makromolekuly volné. Když se ředidlo odpaří, dostanou se k sobě blíže, takže mohou začít působit výše popsané síly. Jelikož jsou to dlouhé molekuly, které se navíc zauzlují, spojení je poté ještě pevnější. Náznorným příkladem je vaření špaget. Dokud se těstoviny vaří ve vodě, volně se v ní pohybují. Když slijeme vodu, dostanou se špagety k sobě blíže a vzájemně se poslepují. Kromě toho se zauzlují a vzniknou mezi nimi

Voda, olej nebo med, co je nejlepší lepidlo?

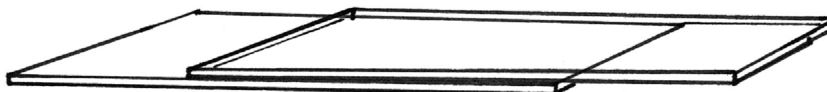
POMŮCKY

- ▶ 1 vodovzdorný tenký fix
- ▶ 6 skleněných podložních sklíček
- ▶ 3 pipety
- ▶ voda
- ▶ olej
- ▶ tekutý med

POSTUP Vezměte jedno z podložních sklíček a na levý konec označte fixem druh lepidla (olej, voda nebo med). Rozetřete po sklíčku dvě kapky daného lepidla, jednu uprostřed a jednu vpravo.

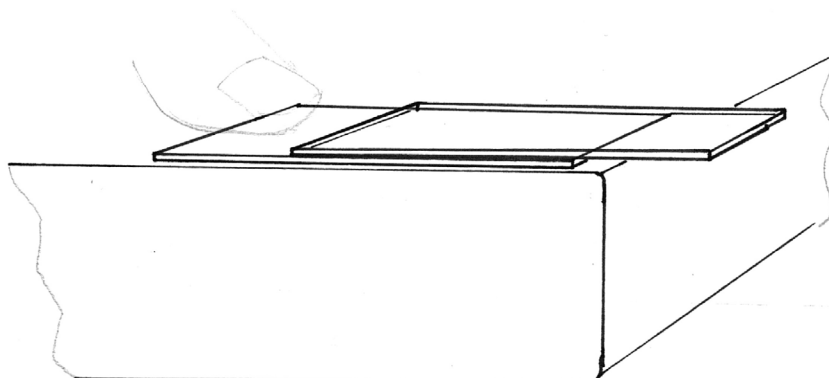


Potom na pravou stranu sklíčka, na které je připravené lepidlo, přiložte druhé sklíčko. Sklíčka se tedy budou asi ze dvou třetin překrývat. Pevně je k sobě přitlačte.



Postup zopakujte s olejem a s medem.

Vezměte sklíčka slepená vodou a pokuste se je od sebe opět oddělit. Postupujte přitom následovně. **(Pozor! Úlomky skla Vás mohou vážně poranit!)** Položte slepená sklíčka na kraj stolu tak, aby ho vrchní sklíčko přesahovalo (viz spodní obrázek). Přitlačte spodní sklíčko pevně ke stolu. Vrchní sklíčko teď pomalu oddělte ve směru tahu (nahoru).



1

EXPERIMENT

Potom k sobě obě sklíčka opět pevně přitiskněte a postup zopakujte, tentokrát však sklíčka od sebe oddělte ve směru zatížení spoje (vodorovně).

Na list papíru si do tabulky poznačte, jestli se sklíčka daly oddělit **velmi těžce, těžce, středně těžce, lehce anebo velmi lehce**. Všimněte si také, zda byl rozdíl mezi směrem tahu a směrem zatížení spoje.

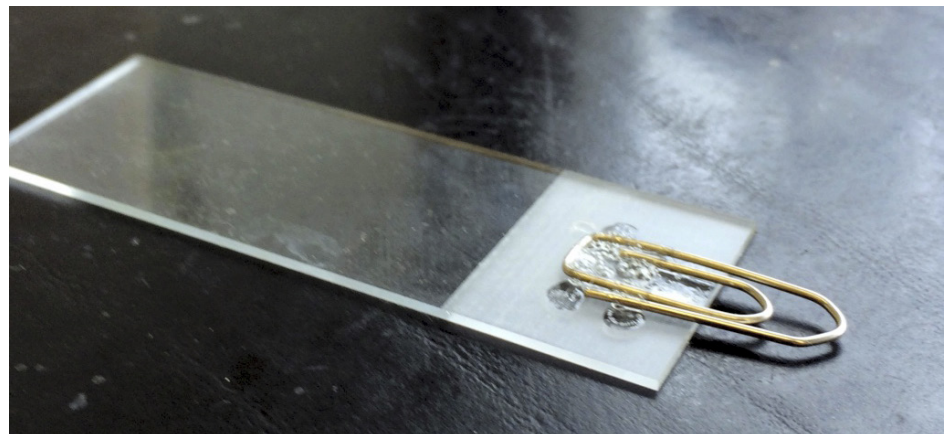
Celý postup zopakujte se sklíčky slepenými olejem a medem. Až když vyzkoušíte všechny tři lepidla, запиšte definitivní výsledky do tabulky níže.

lepidlo	voda	olej	med
směr tahu			
směr zatížení spoje			



Kterým ze tří lepidel lze nejlépe slepit sklo?

ALTERNATIVA Pokud chceme síly objektivně změřit, můžeme na vrchní sklíčko připevnit kancelářskou sponku, na kterou potom zavěsíme siloměr a tím změříme vynaloženou sílu.



ZADÁNÍ Při lepení se vzájemně spojují nejrůznější materiály. Někdy tak, že je lze opětovně oddělit, někdy natrvalo. Každé lepení se zakládá na dvou fyzikálních fenoménech, na adhezi a kohezi. Když zjistíte, co tyto pojmy znamenají, pochopíte, co je to lepení. Kromě toho si nastudujte, co znamená „smáčivost“.

2

EXPERIMENT

**Lepidlo z netučného tvarohu**

Namíchejte lepidlo z netučného tvarohu a vyzkoušejte, jestli s ním lze lepit. Porovnejte ho s lepidly, která se dají koupit v obchodě. Navrhněte způsob testování adhezní síly lepidla. Porovnejte přitom také dobu tuhnutí jednotlivých lepidel.

POMŮCKY

- ▶ 1 uzavíratelnou sklenici s víčkem (150 ml)
- ▶ netučný tvaroh
- ▶ tyčinku na míchání
- ▶ uhličitán amonný
- ▶ váhu
- ▶ odměrku

POSTUP Označte uzavíratelnou sklenici nápisem „**lepidlo z tvarohu**“. Dejte do ní 120 ml vody, 25 g netučného tvarohu a 7 g uhličitánu amonného, zavřete ji víčkem a protřepejte, dokud nedosáhnete hladké hmoty bez hrudek. Směs poté nechte 2 – 3 minuty nabobtnat. Za tuto dobu si můžete nachystat pomůcky na testování síly lepidla:

- ▶ 12 proužků papíru
- ▶ štětec
- ▶ pravítko (nepotřebujete, pokud používáte čtverečkovaný papír)
- ▶ stopky (mobil)
- ▶ siloměr
- ▶ lepidlo z obchodu

Zamyslete se, jak můžete tyto pomůcky využít při zkoušce adhezní síly tvarohového lepidla ve směru zatížení spoje (viz Experiment 1). Porovnejte vaše tvarohové lepidlo s lepidlem z obchodu.

**Zakreslete své testovací zařízení:**

Pokud jste si promysleli, jak budete testovat sílu lepidla, můžete začít s měřením.

1. Vezměte 6 proužků papíru a štětcem naneste tvarohové lepidlo přesně na 2 cm jednoho konce.
2. Vezměte 2 z těchto proužků a přitlačte je k sobě konci natřenými lepidlem. Dvakrát to zopakujte tak, abyste měli 3 dlouhé slepené papírové proužky.
3. Všechny tři papírové proužky označte nápisem „lepidlo z tvarohu“. Na první proužek napište „začátek“, na druhý „10 min.“ a na třetí „suché“.
4. Papírky zatížejte, aby se mohly pevně slepit.
5. Zapněte stopky.
6. Vezměte papírek označený nápisem „začátek“ a proveďte adhezní sílu ve směru zatížení spoje (viz Experiment 1). Výsledek zaznamenejte do tabulky.

Do následujícího měření vám ještě zbývá trocha času. Využijte ho a slepte proužky lepidlem z obchodu. Postupujte stejně jako předtím a zaznamenejte do tabulky výsledek pro papírek označený jako „začátek“. Po deseti minutách zopakujte měření s příslušnými papírky slepenými tvarohovým lepidlem a запиšte výsledek. Jakmile schly 10 minut i proužky slepené lepidlem z obchodu, změřte také ty.

Do posledního měření papírků s označením „suché“ vám opět zbývá trocha času. Začněte měřit až tehdy, když je tvarohové lepidlo na papírku úplně zaschlé. Stejně to platí pro papírky slepené lepidlem z obchodu. Také výsledky těchto měření zaznamenejte do tabulky. Zatímco čekáte, vyzkoušejte, zda lze lepidlem z tvarohu slepit i jiné materiály, například papír a sklo.

Tabulka na zaznamenání hodnot sil naměřených siloměrem
(nezapomeňte uvést jednotky!)

	začátek	10 min.	suché
lepidlo z tvarohu			
lepidlo z obchodu			

Jaké rozdíly jste zjistili?



