

9-11
rokov

Autori:

Ivana Brtnová Čepičková, Jan Janovec

Oblasť prírodovedného vzdelávania:

Fyzika, Konštrukcie

Sprístupňované koncepty:

pevnosť materiálu, priehradové nosníky, experiment

Veková kategória žiakov:

9 až 11 rokov

Časová náročnosť:

135 min

Zhrnutie:

Žiaci sa na základe vlastných experimentov a pozorovaní učia, že pevnosť konštrukcie je určená jej tvarom a riešením jej konštrukčných častí. Vedomosti nadobudnuté v oblasti konštrukčných aktivít budú použité a overené v úlohe na konštrukciu vlastného papierového modelu mostu.

Ciel':

Cieľom aktivity je naučiť žiakov hodnotiť pevnosť určitej konštrukcie v súvislosti s jej tvarom. Žiaci by mali vedieť navrhnuť a zostrojiť vlastný model. Materiál a pomôcky: plán výučbovej jednotky, žiacke pracovné listy, poznámky učiteľa, ostatné

Akú hmotnosť udrží papier?

Autori: Ivana Brtnová Čepičková, Jan Janovec

Akú hmotnosť udrží papier?

PLÁN VYUČOVACEJ JEDNOTKY

Učiteľ:

- formuluje problém: Aký pevný je papier? Koľko toho unesie? Čo určuje nosnosť určitého produktu?

Následne žiaci pod vedením učiteľa realizujú sériu aktivít, ktoré vedú k tomu, že si uvedomia, že tvar určitého produktu je dôležitý pre jeho pevnosť.

Na základe týchto poznatkov potom žiaci formulujú predpoklady o pevnosti určitých produktov v závislosti od ich tvaru.

- usmerňuje žiakov a motivuje ich, aby svoje predpoklady zakreslili.

Žiaci:

- realizujú experimenty zamerané na pevnosť materiálu s ohľadom na jeho tvar a konštrukciu.
- na základe svojich vlastných experimentov a pozorovaní žiaci zakreslia vlastné závery, ktoré následne aplikujú pri riešení vlastného konštrukčného návrhu.

Výskum

Žiaci majú zodpovedať otázku, aký pevný je papier a akú hmotnosť jednoduchý papierový most unesie. Na základe otázky a predošlých skúseností formulujú predpoklad.

- Papier je jemný, slabý materiál.
- Pevnosť výrobku môžeme zvýšiť použitím väčšieho množstva materiálu.

Žiaci overujú svoje predpoklady prostredníctvom série experimentov. Pracujú v dvojiciach alebo väčších skupinkách.

Počas realizácie experimentov sa žiaci učia, ako zvýšiť nosnosť mostnej konštrukcie výberom tvaru konštrukčných prvkov a ich usporiadaním a tým vyvracajú svoje pôvodné predpoklady.

Na základe skúseností žiaci formulujú nový predpoklad:

- Papier je pomerne silný materiál, ktorého vlastnosti môžu byť podporené vhodným tvarom konštrukcie.

Žiaci verifikujú svoj predpoklad v úlohe navrhnuť a skonštruovať svoj vlastný papierový most. Navrhnuté a skonštruované modely potom porovnávajú a testujú ich nosnosť.

Žiaci by mali vedieť zodpovedať otázku, ktorá bola položená v úvodnej diskusii.

Hodnotenie

Zásadným zistením plynúcim z realizácie tejto aktivity je, že nosnosť a pevnosť výrobkov je daná nielen silou použitého materiálu, ale aj ich celkovým tvarom a tvarom použitých dielov.

Žiaci prostredníctvom experimentov objavujú princípy priehradových nosníkov, ktoré môžu aplikovať pri konštruovaní vlastných papierových modelov mostov.

Upravené podľa 'teaching science as inquiry' (Carin et al., 2005);

'Inquiry-based science instruction – What is it and does it matter?' (Minner et al., 2009);

'the psychology of teaching Scientific Thinking: implications for science teaching and learning (Li, Klahr, 2006).

Akú hmotnosť udrží papier?

pri-sci-net



inquire
investigate
evaluate
connect

Pracovný list – pokyny pre učiteľa

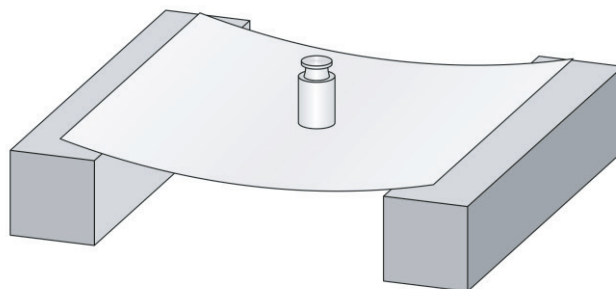
Akú hmotnosť udrží papier? Zostrojenie papierového mosta

1. Odvážite 1 až 4 hárky papiera a hmotnosť zapíšte do tabuľky 1.
2. Zapište zistenú nosnosť listov papiera a nosnosť prepočítanú na 1 g hmotnosti materiálu, z ktorého pozostáva most. Nosnosť na 1 g sa vypočíta tak, že sa celková hmotnosť m vydělí nosnosťou mn ($n = m/mn$).
3. Pri vkladaní listov, sa zistí, že nosnosť sa zvyšuje s množstvom hárkov papiera, ale nosnosť prepočítaná na 1 g materiálu je približne rovnaká. Záver, ktorý vyplýva z údajov, je: zvyšovaním vrstiev papiera môžeme zvýšiť nosnosť mosta pri značnom zvýšení jeho hmotnosti a tým aj spotreby materiálu.
4. Pri použití mosta s harmonikovým skladoom zistíme významný nárast nosnosti mosta. Nárast nosnosti je zaznamenaný aj pri použití harmonikového mosta s perforáciou. Vyplýva z toho, že k nárastu nosnosti došlo len vďaka zmena tvaru papiera.
5. Rozstrihanie papiera s harmonikovým skladoom pozdĺž skladov vedie vytvoreniu tzv. tyčí s L-profilom ako sa používajú pri kovových konštrukciách. Keď sa má ohnúť takto zložený papier do tvaru L ide to oveľa ťažšie ako keď sa ohýba rovný papier. Tento jav vysvetľuje, prečo použitie takýchto „L-tyčí“ z papiera tak veľmi zvyšuje nosnosť mostu.
6. Ak zatlačíte prstami na vrcholoch jednoduchých priehradových konštrukcií (trojuholník, štvorec), budete vidieť, že trojuholník je silnejší.
7. Nájdite konštrukcie mostov, v ktorých sa opakujú trojuholníkové tvary na Internete (obr. 3 a 4).
8. Ak zostavíte most z opakujúcich sa trojuholníkov, dosiahnete najvyššiu stabilitu a nosnosť.

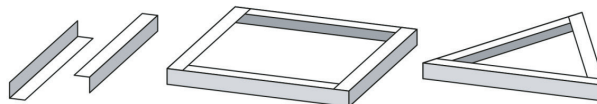
Záverečné zhrnutie

Čo sme sa naučili pri realizácii uvedených aktivít?

- Nosnosť a pevnosť produktu je daná pevnosťou materiálu a tvaru častí, z ktorých sa skladá.
- Je možné zohnúť a nastrihať papier tak, že dostaneme „tyče“ s L-profilom, ktoré sú pevnejšie ako plochý papier.
- Zlepením „L-tyčí“ do tvaru trojuholníkov pripravíme pevné štruktúry priehradových nosníkov.
- Vo všeobecnosti je papier považovaný za jemný, mäkký materiál. Avšak, naše experimenty ukázali opak. Papier môže uniesť viac ako stonásobok svojej hmotnosti.
- Priehradové nosníky sú základom pre mnohé produkty, ako napr. rámy bicyklov, automobilové konštrukcie, strešné konštrukcie i mosty.
- Rám bežných bicyklov pozostáva z troch základných trojuholníkov (2 na zavesenie zadného kolesa).



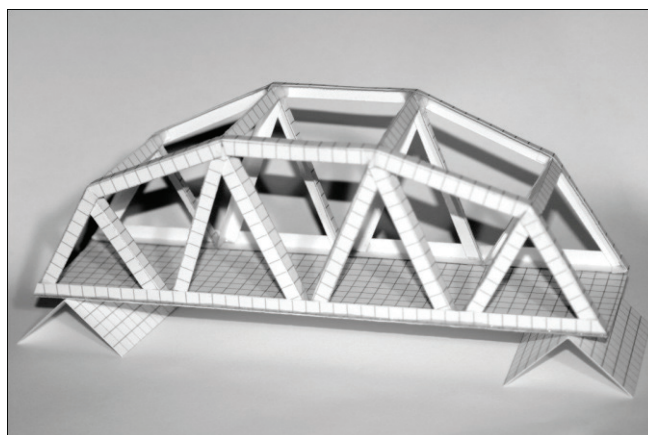
Obr. 1 Zisťovanie nosnosti plochého papierového mosta



Obr. 2 L-prúžky („tyče“) a jednoduché priehradové nosníky



Obr. 3 a 4 Príklady priehradových konštrukcií použitých na mostoch. Zdroj: Railway bridges. Top Con Service [online]. 1992-2011 [cited. 02.19.2012]. Dostupné na: <http://www.topcon.cz/reference/railway-mosty.htm>



Obr. 5 Vzorový most

Akú hmotnosť udrží papier?

Metodické poznámky pre učiteľa

Pokyny pre učiteľa:

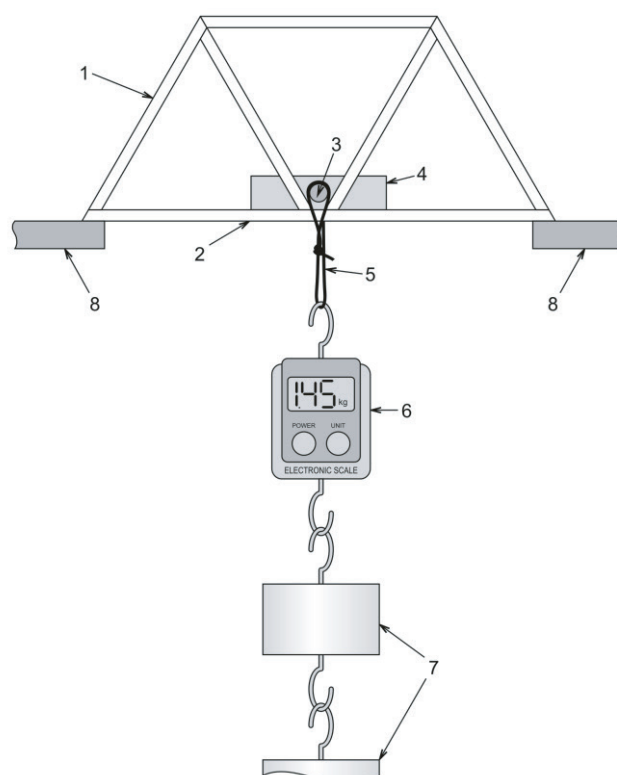
Žiaci sa pokúsia zrealizovať úvodné zadania podľa pokynov v pracovnom liste. Pomoc učiteľa je potrebná, keď sa pripravuje harmonikové zloženie papiera, pričom žiaci používajú hrot noža. Pre vykonanie záťažového testu je nutné nájsť vhodný priestor, ktorý by mali žiaci premostiť – preklenúť. Najvhodnejšie sú dve dosky s rovnakou výškou vzdialené od seba 19 cm. Takýto odstup je optimálny, ak žiaci použili papier formátu A4, ktorého šírka je 21 cm.

Legenda:

- 1 – papierový most
- 2 – mostovka
- 3 – drevená (železná) tyč
- 4 – drevený hranol (prevŕtaný skrz)
- 5 – motúz (lanko)
- 6 – silomer
- 7 – závažia
- 8 – dosky

Umiestí drevený hranol približne uprostred mosta a do otvoru uprostred vloží železnú alebo drevenú tyč. Ak hranol nemá vyvŕtaný otvor, položí tyč na hranol. Na oba konce tyče priviaže motúz a na konce oboch motúzov pripevní silomer. Na silomer zavesí závažia. Pridáva závažia, kým sa most nezačne rozpadáť.

Súčet pridaných závaží musí byť pripočítaný k dopredu odváženému hranolu, tyči a motúzu. Výsledky sa zapisujú do tabuľky (tab. 1) na tabuľku. V prípade, že sa používa tabuľkový procesor, výpočet maximálnej nosnosti mosta n na 1 g materiálu môže byť vykonaný automaticky ($n = mn/m$).



Obr. 1 Schéma záťažového testu mostu

Skupina	Názov mosta	Hmotnosť mosta m , [g]	Maximálna nosnosť mosta mn , [g]	Maximálna nosnosť na 1 g materiálu n
A	Most snov	16,52	4690	284
B	Dračí most	28,76	5260	183
C	Sloní most	12,28	3930	320
D	Apollo	10,21	2290	224
...

Tab. 1 Maximálna nosnosť mosta (príklad)

Akú hmotnosť udrží papier?

Poznámky:

- Aktivita môže byť realizovaná v dvojiciach alebo skupinkách maximálne po štyroch.
- Ak nie sú k dispozícii žiadne dosky na premostenie, je možné použiť knihy s rovnakou hrúbkou (aspoň 2,5 cm).
- Najvhodnejší papier pre realizáciu týchto aktivít je s gramážou 200g/m². Papier môže mať rôznu kvalitu, ale vždy je zaujímavé následne vyskúšať aj verziu s perforovanou harmonikou.
- Ja vhodné použiť štvorcový papier alebo štvorcovú sieť naň nakresliť, či vytlačiť na tlačiarni.
- Pri robení zhybov (hrán) na papierovej konštrukcii by mali žiaci používať hrot noža (napr. na otváranie listov, pretože má tupú čepeľ) na označenie hrany. Žiaci musia dbať na bezpečnosť pri práci s nožom.
- Učiteľ by mal pri plánovaní mosta diskutovať so žiakmi o kvalite jeho návrhu a zároveň o jeho realizovateľnosti.
- Ak nie je silomer k dispozícii, nosnosť mosta môže byť určená tým, že následne použité závažia odvážime.
- Zisťovanie nosnosti mosta musí byť starostlivo sledované, aby žiaci videli, že most sa zrúti len pod váhou daných závaží.
- Zrútenie daného mosta je neopakovateľná udalosť a preto je vhodné urobiť videozáznam pre ďalšie analýzy tohto procesu so žiakmi.

Akú hmotnosť udrží papier?

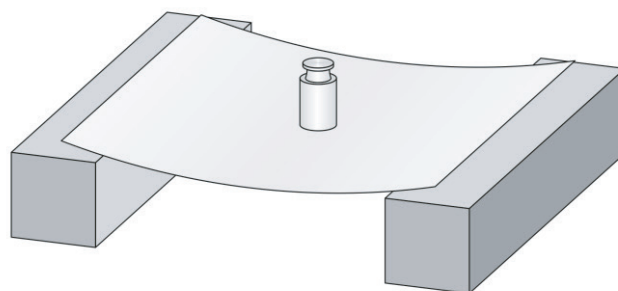
Pracovný list

Pomôcky:

- tvrdý papier (200 g/m²) A6
- rýchlo schnúce lepidlo na papier
- pravítko
- ceruzka
- nôž na otváranie listov
- digitálne váhy s citlivosťou na 0,1 gramu
- súprava závaží
- dierkovač na papieri
- 2 drevené hranoly 2,5 × 2,5 × 12 cm

Postup:

- Odváž alebo vypočítaj hmotnosť jedného hárku papiera rozmeru A6. Výsledok doplň do tabuľky. Vypočítaj aj hmotnosť 2, 3 a 4 hárkov papiera s rovnakým rozmerom a výsledok zapíš do tabuľky.
- Prelož hárak papiera cez dva hranoly, tak ako je to naznačené na obrázku 1 a polož naň závažie. Pridávaj závažia, kým sa papier nedotkne lavice. Zapíš celkovú hmotnosť závaží, ktoré si musíš pridať do tabuľky a stĺpca – nosnosť mosta.
- Následne zopakuj test s tým že pridáš postupne ďalšie hárky papiera. Zapíš čo si zistil a vypočítal do tabuľky.
- Prepočítaj nosnosť mosta na 1 gram materiálu, ktorý bol použitý na konštrukciu mosta (hmotnosť papiera). Ako sa menil tento údaj podľa počtu hárkov papiera? Prečo?



Obr. 1 Zisťovanie nosnosti plochého papierového mosta

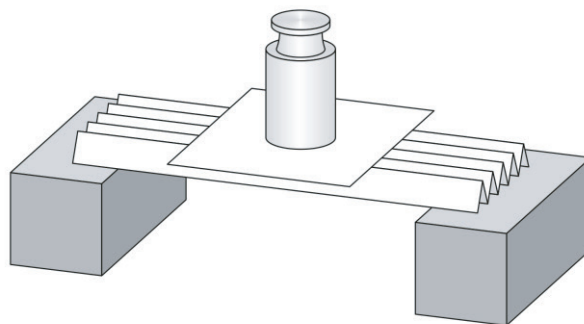
Test č.	Počet hárkov papiera	Hmotnosť papiera A6 m _{A6} , [g]	Celková hmotnosť m, [g]	Nosnosť mosta m _n , [g]	Nosnosť prepočítaná na 1 g materiálu n
1.	1				
2.	2				
3.	3				
4.	4				

Tab. 1 Nosnosť plochého papierového mosta

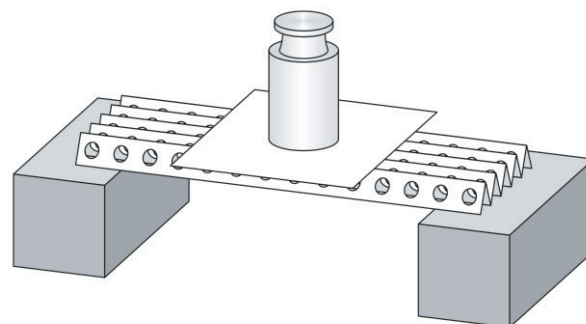
Akú hmotnosť udrží papier?

Poznámky:

- Zober hárok papiera a vo vzdialenosti 12, 32, 52, 72 a 92 mm od dlhšieho okraja nakresli linky. Otoč papier z opačnej strany a naznač linky vo vzdialenosti 22, 42, 62 a 82 mm od dlhšieho okraja.
- Použi pravítko a hrot noža na otváranie listov, aby si linky vyryl do papiera pre ľahšie zloženie do tvaru harmoniky.
- Zlož papier do tvaru harmoniky a prelož ho cez dva hranoly, tak ako je to naznačené na obrázku 2. Použi štvorec papiera ako podklad pre závažia, ktoré budeš klásť na most za účelom zistenia nosnosti.
- Zisti nosnosť mosta tak, ako pri predošlom teste a prepočítaj nosnosť na 1 gram materiálu. Líši sa táto hodnota od predošlého testu s plochým papierovým mostom? Prečo?
- Poskladaj hárok papiera do tvaru harmoniky tak ako pri predošlom teste. Cez sklady papiera vyraz pomocou dierkovača dierky tak ako je to naznačené na obrázku 3.
- Odváž hmotnosť takto odľahčeného papiera a údaj zapíš do tabuľky č. 2.
- Urči nosnosť mosta: perforovaný harmonikovo zložený papier prelož ho cez dva hranoly, tak ako je to naznačené na obrázku 3. Použi štvorec papiera ako podklad pre závažia, ktoré budeš klásť na most za účelom zistenia nosnosti.
- Vypočítaj nosnosť, ktorá pripadá na 1 gram materiálu. Výsledky zapíš do tabuľky č. 2. a porovnaj s predchádzajúcimi testami. K akým záverom si dospel?



Obr. 2 Zisťovanie nosnosti papierového mostu v tvare harmoniky



Obr. 3 Zisťovanie nosnosti papierového mostu v tvare harmoniky s perforáciou

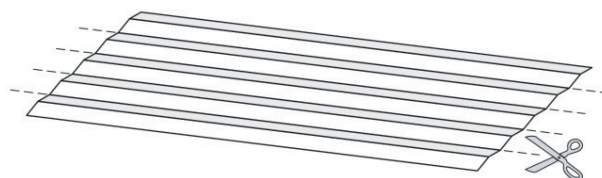
Test č.	Typ mostu	Celková hmotnosť m, [g]	Nosnosť mosta mn, [g]	Nosnosť prepočítaná na 1 g materiálu n
5.	Harmonikovo zložený papierový most			
6.	Perforovaný harmonikovo zložený papierový most			

Tab. 2 Nosnosť mosta v tvare harmoniky

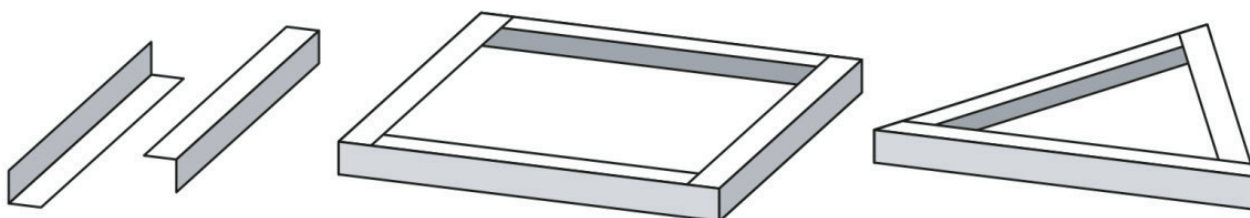
Akú hmotnosť udrží papier?



- Použi harmonikovo zložený papier z testu č. 5 rozstrihaj ho pozdĺž skladov (obrázok 4) tak, aby si dostal prúžky papiera s jedným skladom.
- Pokús sa zohnúť tieto L-prúžky v uhle 90°. Ide to ľahko?
- Zlep uvedené L-prúžky do tvaru štvorca a rovnostranného trojuholníka s dĺžkou strany 5 cm (obrázok 5).
- Pokús sa ich zdeformovať a zisti aké sú odolné. Ktorý tvar je pevnejší? Pokús sa vysvetliť prečo.

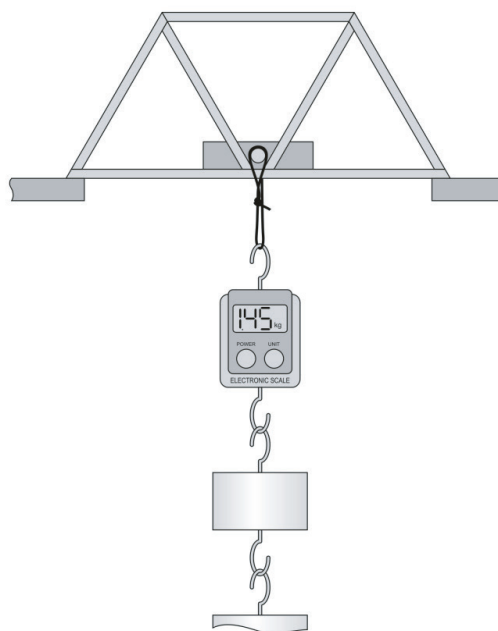


Obr. 4 Nastrihanie harmonikovo zloženého papiera



Obr. 5 L-prúžky a jednoduché priehradové nosníky

- Tvary, ktoré si vyrobil predstavujú základné jednotky priehradových nosníkov. Je pre ne typické, že pozostávajú z tyčí s rovnakým profilom (prierez v tvare L) a základná opakujúca sa jednotka je trojuholník. Pre ich pevnosť a zároveň ľahkosť ich často používajú architekti a inžinieri. Trojuholníkový tvar je základom pre rám bicyklov, pre automobilové konštrukcie, strešné konštrukcie i mosty.
- Na základe toho, čo si sa naučil sa teraz pokús navrhnuť svoj vlastný papierový most. Snaž sa, aby mal čo najvyššiu nosnosť a zároveň čo najnižšiu hmotnosť.
- Následne sa bude určovať nosnosť tohto mosta záťažovým testom, ako je naznačené na obrázku 6.
- Skôr než začneš, skús sa inšpirovať tým, čo nájdeš na internete. Ako kľúčové slovo môžeš do internetového prehliadača zadať nosníky, nosníkové konštrukcie alebo priehradové nosníky. Prezri si návrhy konštrukcií od expertov.
- Pri stavbe papierového mosta si musíš uvedomiť, že aj lepidlo má určitú hmotnosť.
- Realizácia záťažového testu je vyvrcholením tvojho úsilia a až teraz sa ukáže ako precízne si pracoval. Všimni si, aké mosty navrhli tvoji spolužiaci a pokús sa odhaliť, v čom spočívajú silné a slabé stránky ich konštrukcie.



Obr. 6 Testovanie nosnosti mosta

Akú hmotnosť udrží papier?

Záver:

Prečo si používal papiere ohnuté do tvaru L?

Je množstvo (hmotnosť) použitého materiálu dôležité pre pevnosť konštrukcie?

Vyber správne tvrdenie:

- Čím ťažší most, tým viac unesie.
- Nosnosť mosta nie je daná jeho tvarom, ale závisí od materiálu, z ktorého je vyrobený.
- Materiál, z ktorého je most vyrobený, je dôležitý pre jeho pevnosť, ale tvar mosta je ešte dôležitejší.

Papier je považovaný za jemný a mäkký materiál. Čo si sa dnes o ňom naučil?

Vymenuj niekoľko prvkov, ktoré bývajú súčasťou priehradových nosníkov.

Z koľkých trojuholníkov pozostáva rám bicykla?