**Erasmus + programmas projekts “Mobilās laboratorijas STEM zināšanu uzlabošanai” (2020-1-LV01-KA201-077502)**

2022.

**Mehānika un simulācijas**

**Mācību līdzeklis skolēniem, 7. un 8.klasei**

**Autors: Mg.sc.ing.Māris Eiduks**

**Korektors: Dr.sc.ing.Juris Krizbergs**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Saturs  [1. Materiāli un to mijiedarbība ar apkārtējo vidi – mehānika 1](#_Toc101459289)  [1.1. Produkta īpašības 3](#_Toc101459290)  [2. Datorsimulācija un virtuālie eksperimenti 6](#_Toc101459291)  [2.1. Datorsimulācija 6](#_Toc101459292)  [2.2. Inženiera loma 11](#_Toc101459293)  [2.3. Virtuālie eksperimenti: 12](#_Toc101459294)  [Tests 14](#_Toc101459295)  [Izmantotie avoti 15](#_Toc101459296) Materiāli un to mijiedarbība ar apkārtējo vidi – mehānika Nodaļas mērķis ir izcelt nelielu, bet svarīgu inženieru projektēšanas un ikdienas daļu, kas tiešāk saistīta ar matemātikas un fizikas pielietojumu – inženieraprēķini.  Nav svarīgi, vai tu skaties uz mašīnu, lielāku ēku, lidmašīnu vai pat raķeti – visus šos objektus vieno ne tikai tas, ka inženieris uzzīmējis, un kāds ražojis, bet arī ir veikti stiprības, kustības, noturības un citi aprēķini, lai nodrošinātu, ka izstrādātais produkts pilda savu uzdevumu.  Inženieris ir veicis aprēķinus un izvērtējis, kā izvēlētā materiāla īpašības spēs veikt iecerēto darbu pie noteiktām apkārtējās vides iedarbēm. Piemēram, ka tilts spēs izturēt noteikta svara automašīnas, ka lidmašīnai būs atbilstošas jaudas dzinēji, lai to paceltu gaisā, un tai pašā laikā spārni ir pievienoti pietiekoši stipri, lai to visu varētu izturēt. Tu vari lietot dažādus produktus, iekārtas un transporta līdzekļus un paļauties, ka kāds, kas to projektēja, ir ņēmis vērā visas iespējamās slodzes, produkts būs drošs un darbosies, kā iecerēts.  Vēsturiski cilvēki kā sabiedrība ir mācījušies no mēģinājumiem un kļūdām, tā krājot pieredzi. Piemēram, kāds būvēja māju, tai vētrā sabruka jumts, un nākošo māju būvējot, jau bija zināms, ka jumts ir jānostiprina, vai jābūvē savādāk. Tādējādi zināšanas par apkārtējo pasauli tika uzkrātas un nodotas no paaudzes uz paaudzi, līdz galu galā tika pierakstītas fizikas un matemātikas formā, kā kopējās cilvēces zināšanas, kas tiek papildinātas vēl arvien.  Šo uzkrāto zināšanu pamatus tu apgūsti mācību stundās, un, ja izlemsi kļūt par kādas jomas speciālistu, piemēram inženieri, mediķi, varbūt kādas jomas zinātnieku, tad varēsi tos apgūt padziļinātā formā turpmāk savā profesionālajā karjerā. Vispusīgā formā tu ar tiem saskaries jau tagad, un turpināsi visu dzīvi. Būs lietas, ko tu saproti, un lietas, kas tev liksies kā brīnums – un tas būs atkarīgs no tā, cik būsi ieinteresēts apgūt šīs minētās zināšanas.  Lietojot ikdienas lietas, kopš bērnības mēs intuitīvi apgūstam šīs lietas un to īpašības, piemēram, daži materiāli ir izturīgāki, citi elastīgāki, kādus var lietot ēdiena gatavošanā, citus nevar. Dažas drēbes un apavi kalpo ilgi, citas izjūk negaidīti ātri; visbiežāk tas būs atkarīgs no pielietoto materiālu kvalitātes, un cik kvalitatīvi un atbilstoši pielietojumam ir izgatavoti. Tas attiecas arī uz citām lietām, kas mums apkārt, un ir vienā vai otrā veidā ražotas. Protams, ir lietas, ko radījusi daba, bet arī dabas lietām ir savas īpašības, ko mēs varam lietot savās interesēs. Piemēram, koks - dažādu sugu kokiem ir dažādas mehāniskās īpašības (stiprība, cietība un blīvums), dažus lietojam kā konstrukcijas elementus, un būvējam pat daudzstāvu mājas, bet citus neizmantojam, piemēram balzas koka šķiedra ir ļoti viegla, bet nav stipra, tā noder lidmodeļu veidošanā. Daži koki ir labāki apkurei, citi mazvērtīgāki.  Materiālu īpašības bieži uztveram kā pašu par sevi saprotamu lietu, bet inženieri, kas rada produktus, redz tos mazliet citā gaismā - viņiem ir jāizlemj, kurš materiāls tiks izmantots, kādas tam precīzi būs īpašības, lai nodrošinātu izvirzītās prasības. Tādēļ materiāli tiek testēti, tiek noteiktas to īpašības, un tad inženieris, ņemot vērā noteiktus parametrus, tos var izvēlēties un izrēķināt, vai produkts ar konkrētu materiālu kopumu spēs pildīt uzdevumu iecerēti ilgi, piemēram, līdz garantijas laika beigām.  Inženieri ir speciālisti, kas ir padziļināti apguvuši tehniskās zināšanas un pielieto tās, radot jaunus vai uzlabojot esošus produktus visdažādākajās jomās. Daļa darba ir vienkārša un tiek balstīta pieredzē, bet citas darbības prasa iedziļināšanos un izpratni par materiāla uzvedību pie slodzes, kā izvērtēt slodzes un citas ārējas iedarbes, un rezultātā izvēlēties materiālu, konstrukciju, mehānismu un tamlīdzīgi.  Pirms datori ienāca tik plaši mūsu ikdienā, inženieraprēķini tika veikti ar roku. Laikam ejot, sāka izmantot kalkulatorus un citu skaitļošanas tehniku. Šodien liela aprēķinu daļa tiek veikta datoros. Datorā mēs matemātiski varam aprakstīt produktu, definēt materiālu īpašības, kādas slodzes iedarbosies, un izskatīt dažādus lietojuma variantus, atrodot kritiskās slodzes un vājās vietas. Šīs darbības un aprēķinus sauc par ***datorsimulāciju***. Tas ļauj reālistiski, bet vienlaikus virtuāli, izmēģināt produktu.  Inženieri savā ikdienas projektēšanas darbā nepārtraukti izvērtē, vai izvēlētā materiāla tehniskās īpašības apmierinās izstrādājamā produkta prasības. Ja produktā paredzēta kāda kustība, tad inženieris analizē mehānismu, vai tā kustības amplitūda būs pietiekama, vai spēs sasniegt iecerēto ātrumu, vai pietiks jaudas kustības veikšanai pie noteiktiem nosacījumiem.  **Biežāk lietotie konstrukciju materiāli:**  ·         joprojām visbiežāk lietotais konstrukciju un dažādu izstrādājumu materiāls ir **metāls;**  ·         nākošais, ko būtu vērts minēt, ir visdažādākās **plastmasas** (polimēri u.tml. materiāli);  ·         koks **– ļoti** interesants materiāls ar relatīvi augstu stiprību šķiedras augšanas virzienā un zemākām mehāniskām īpašībām šķērsvirzienā;  ·          ja skatāmies no pielietojuma apjoma, tad noteikti jāpiemin **betons** – mākslīgais akmens, kas var tikt lietots viens vai arī apvienots ar citiem materiāliem, veidojot sava veida kompozītu risinājumus;  ·         **kompozītu materiāli**, piemēram, stikla vai oglekļa šķiedras, kas savienotas ar kādu matricu, piemēram, sveķiem, metāla armatūru betonā vai daudzām citām materiālu kombinācijām.  Materiālu mehāniskās īpašības ir nepieciešams izvērtēt un ņemt vērā projektēšanas procesā, lai izvēlētos atbilstošāko projektēšanas mērķim. Piemēram, izvēlēties mazliet dārgāku materiālu, kas nodrošina augstāku stiprību, bet vienlaikus ļauj rezultātā iegūt vieglāku produktu. Bet, ja svars nav problēma, tad var izvērtēt lietot mazliet vairāk, bet lētāku materiālu. Šajā gadījumā tiek ņemta vērā gan materiāla izvēle, gan ekonomiskie jautājumi, lai radītu produktu par pieņemamu gala cenu.  **Papildus informācijai:** interesants video par materiālu īpašībām angļu valodā (1 min): [**https://youtu.be/yRpY9Su4sKw**](https://youtu.be/yRpY9Su4sKw)  NB! Ja vēlaties uzlikt subtitrus latviešu valodā, lūdzu, atveriet video youtube.com platformā un pie video iestatījumiem izvēlieties subtitri – automātiska tulkošana - latviešu valoda. **1.1. Produkta īpašības** Katru materiālu raksturo noteiktas īpašības, vienlaikus atšķirot tos vienu no otra.  Svarīgākās **produkta īpašības**, kuras analizē inženieris, ir:  ·         ***Blīvums*** – definē materiāla tilpuma vienības svaru, nosakot, cik svērs gala produkts;  ·         ***Stiprība*** – raksturo, kādas slodzes materiāls varētu izturēt, pretoties tām;  ·         ***Elastība/stingums*** – raksturo, kā materiāls pretojas deformācijai, piemēram, pievienojot to pašu slodzi vienāda izmēra metāla vai gumijas elementam, tā deformācijas būs atšķirīgas;  ·         un neskaitāmas citas īpašības, kā elektriskās (izolācija un vadītspēja), siltuma vadītspēja, nodiluma izturība, kā arī pieejamība tirgū un materiāla cena.  Materiāli tiek ražoti atbilstoši standartiem, lai iegūtu iespējamu un atkārtojamu kvalitāti, vienlaikus tie var tik testēti, lai noteiktu konkrēta materiāla īpašības.  **Ko nozīmē cipari uz skrūvēm?**  Iespējams, esat pamanījuši marķējumus uz skrūvju galviņām – speciālisti pēc šiem marķējumiem var izrēķināt, kādu spēku skrūve varēs nest – tās stiprību.    Pirmais cipars apzīmē stiprību MPa (megapaskālos), bet otrais pasaka, cik % no stiprības ir metāla tecēšanas robeža (stiprība, pie kuras metāls sāk neatgriezeniski deformēties). Zinot skrūves diametru, var izrēķināt skrūves nestspēju.  Piemēram, M6 skrūves diametrs ir 6mm, vītnes efektīvais šķērsgriezums ir 20.1mm2. Ja uz skrūves galviņas redzam ciparus 4.8, tad varam secināt, ka tās materiāla stiprība ir 400 MPa un tecēšanas robeža ir 80% no 400MPa, jeb 320 MPa.  Zinot, ka stiprība tiek izrēķināta pēc formulas:  ,  kur S ir spriegums, F ir spēks un A ir šķērsgriezuma laukums. Varam pārveidot formulu, lai izrēķinātu, kāds ir maksimālais spēks, ko varētu nest šī skrūve:  No tā izriet, ka iepriekšminētajai skrūvei maksimāli pieliekamais spēks ir 320\*20.1=6423 (N) Kas atbilst aptuveni 656 kg (iegūst, iepriekšējo rezultātu dalot ar 9.81).  Biežs apzīmējums uz skrūvēm ir 8.8. Izvēlieties skrūves diametru, un izrēķiniet, cik liels ir maksimālais spēks, ar kādu to varētu slogot.  \* standarta skrūvju (M5 - M39) parametrus (angļu valodā) varat atrast, piemēram, šeit  <https://eurocodeapplied.com/design/en1993/bolt-design-properties>  \*\* izskaidrojošs video angļu valodā bez subtitru izvēles iespējas (1 min): <https://youtu.be/-_BxnhLyuH8>  Esam izveidojuši nelielu uzskates video par eksperimentu RTU Mehānikas institūta materiālu testēšanas laboratorijā uz Zwick Z600 iekārtas, kas spēj stiept un spiest ar līdz pat 60 tonnu lielu spēku.  Testu veicām ar:   1. koka dēlīti 2. tērauda paraugu 3. alumīnija paraugu.   Tika veikti materiālu deformāciju un spēku, kas bija nepieciešami to izraisīšanai, mērījumi. Paraugi tiek stiepti garenvirzienā, līdz tie pārtrūkst. Rezultātā ieguvām stiprību raksturojošus parametrus, kas apkopoti tabulā zemāk.   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Parauga veids | R max | F max | **F max** | L0 | S | a | b | **Fmax ja D=10mm** | | MPa | kN | **kg** | mm | mm² | mm | mm | **kg** | | Koks 1 | 30 | 53.89 | **5495.49** | 174.16 | 1800 | 20 | 90 | **240.4** | | Koks 2 | 34 | 26.8 | **2732.9** | 264.18 | 790.5 | 17 | 46.5 | **272.5** | | Tērauds | 402 | 40.18 | **4097.18** | 101 | 100 | 2 | 50 | **3221.7** | | Alumīnijs | 97 | 4.76 | **485.73** | 89.11 | 49 | 0.7 | 70 | **777.4** |   R max – maksimālā stiprība megapaskālos (MPa); parametrs, kas tiek iegūts, dalot maksimāli sasniegto slodzi ar parauga šķērsgriezumu. Šis ir visbiežāk lietotais parametrs, lai salīdzinātu materiālu maksimālo stiprību.  F max – maksimāli sasniegtais spēks kiloņūtonos (kN) ); *burts k nozīmē, ka vērtība jāreizina ar 1000, lai iegūtu ņūtonus*  F max - maksimāli sasniegtais spēks, pārrēķinot uz kilogramiem (kg) intuitīvai uztverei  S – parauga šķērsgriezums  L0 – parauga testēšanas garums  Fja D=10mm – maksimālais spēks, ko sasniegtu, ja materiāls būtu 10 mm diametra apaļstienis, spēks dots kg.   * [2x stiepes tests koka dēlim](https://youtu.be/25MyIP8II_Q) * [Stiepes tests tērauda sloksnei](https://youtu.be/mxbmWIsEkR4) * [Stiepes tests alumīnija sakausējuma paraugam](https://youtu.be/PCkjkVLjjdE)   Tabulā augstāk ir apkopota informācija no materiālu stiprības stiepē pārbaudes, testi redzami video. Maksimāli sasniegtā slodze attēlota 3 dažādās mērvienībās, un papildus pārrēķināta materiāla stiprība uz paraugu, ja tas būtu apaļstienis ar diametru 10mm, lai uzskatāmi parādītu katra materiāla stiprību salīdzinājumā.  Absolūtā vērtībā varam redzēt, ka koka paraugs nr.1 izturēja visvairāk jeb 5495 kg, jo tas vienlaikus bija pats lielākais paraugs, ja skatāmies uz paraugu šķērsgriezumu. Ja skatāmies uz paraugiem no inženiera skata punkta, tad visaugstāko stiprību uzrādīja tērauda paraugs, kur R max = 402 MPa.  Megapaskāli ir vērtība, kas tiek iegūta, pielikto spēku dalot ar materiāla šķērsgriezuma laukumu, jeb precīzāk - ņūtoni uz kvadrātmilimetru, kas ir vispārpieņemta materiālu stiprības salīdzināšanas mērvienība.  Tabulas pēdējā kolonna sniedz vieglāk saprotamā veidā aprēķinātu paraugu stiprību, ja mēs novienādotu testējamo paraugu izmēru un tad testētu, tad sasniegtajai maksimālajai slodzei vajadzētu būt aptuveni dotajai. Uzskatāmi redzams, ka tērauda paraugs ir visstiprākais, tad seko alumīnija paraugs un abi koka paraugi. Tērauda paraugu mēs varētu slogot stiepē maksimāli līdz pat 3 tonnām. Alumīnija paraugs varētu izturēt 3 reizes vairāk, kā koka paraugs, bet tai pašā laikā četras reizes mazāk, kā tērauda paraugs.    Paraugu pārbaudes līknes; pēc tabulā redzamajiem datiem tu vari noteikt, kura līkne ir kuram materiālam *(padoms: lietojiet Rmax kolonu no tabulas).*  Dažādiem metāliem ir dažādas īpašības, piemēram, daži ir mīksti un viegli formējami, bet vienlaikus ar zemu stiprību. Citi ir ar augstu stiprību, zemāku elastību un daudz grūtāk formējami. Īpašības ir atkarīgas no tērauda sastāvdaļām, kura pamatelements ir dzelzs.  Papildu informācija:  1) par dzelzi: <https://lv.wikipedia.org/wiki/Dzelzs>  2) par metāliem: <https://lv.wikipedia.org/wiki/Met%C4%81li> Datorsimulācija un virtuālie eksperimenti Lai arī metāliem ir labas tehniskās īpašības, ir pieejami materiāli un to apvienojumi, kas sniedz vēl augstākas stiprības īpašības, piemēram, kompozīti.  Visbiežāk, interesējoties par kompozītiem, tu sastapsi oglekļa šķiedras *(angļu valodā - carbon)* un stikla šķiedras kompozītus. Viena no lielākajām priekšrocībām, veidojot produktus no kompozītmateriāliem, ir tāda, ka tu vari izvietot precīzi materiālu vietās, kur stiprība ir nepieciešama, un samazināt materiāla daudzumu, kur stiprības pietiek.  Par kompozītu varam uzskatīt arī Latvijā ražoto finieri, kur ar līmi tiek salīmēta koka šķiedra 2 virzienos, iegūstot koka izskata materiālu ar labākām īpašībām, kā pašam kokam.  Kad materiāla īpašības ir zināmas, mēs varam sākt izmantot materiālu gudri, ņemot vērā to īpašības, un izvēloties starp atbilstošajiem.  Lai izvēlētos materiālu, inženieri izrēķina slodzes, kādas materiālam produktā tiks pieliktas, un tad, izvērtējot rezultātu, piemeklē atbilstošas stiprības materiālu. Vienkāršākiem gadījumiem inženieriem pietiek ar analītiskiem aprēķiniem uz papīra, pielietojot atbilstošas formulas.  Otra prakse, kas bija populāra projektējot, ir būvēt prototipus, tad tos slogo mazliet lielākās slodzēs, kā ikdienā tiktu produkts lietots, tā izvērtējot izvēlētos materiālus. Šī pieeja pati par sevi ir ļoti dārga un laikietilpīga, jo parasti ietver vairākus izmēģinājuma modeļu variantus. Mūsdienās šo problēmu risina ar datorprogrammām. Produkti tiek projektēti 3D modelēšanas programmās, un parasti šīm programmām ir pieejami papildu risinājumi, kas ļauj veikt virtuālus eksperimentus ar izveidoto produktu. Šos virtuālos eksperimentus sauc par ***simulācijām***. Datorprogrammā mēs varam pateikt, kā tiks pieliktas slodzes, definēt katras detaļas materiāla īpašības, un tad veikt aprēķinu. Šis ļoti paātrina pareizu materiāla un tā daudzuma izvērtēšanu. Iespējams, tiek taisīti daži prototipi, bet ļoti bieži paļaujas uz aprēķiniem un iztiek bez prototipiem, jo, ja inženieris simulācijā redz, ka kaut kur slodze pārsniedz pieļaujamo, viņš var uzreiz reaģēt un pamainīt ģeometriju, tā taupot laiku un līdzekļus, neveidojot fiziskus prototipus.  Piemēram, ja tu ražotu velosipēdu, tu noteikti vēlētos zināt, vai izvēlētā materiāla rāmis spēs izturēt tam paredzētās slodzes. Inženieris izvērtēs, kādas būs lielākās slodzes, kas varētu tikt pieliktas. Tās noteikti būs atkarīgas, kādam mērķim velosipēds būs paredzēts, vai braukšanai sacensībās vai mierīgi pa pilsētu, cik smags būs cilvēks (parasti velosipēda dokumentācijā ir minēts, kāds ir maksimāli pieļaujamais svars), un tad izrēķinās tā stiprību un ilgmūžību. Ja rezultāts apmierinās prasības, tad rāmi varēs nodot ražošanai; ja nē, tad tiks veiktas izmaiņas un veikts aprēķins no jauna, līdz pozitīvam rezultātam. **2.1. Datorsimulācija** Ar ***datorsimulāciju*** mēs saprotam mūsu fiziskās pasaules kopiju, kur varam veikt pārbaudi vai atkārtošanu virtuālajā pasaulē. Virzieni varētu būt visdažādākie, ne tikai stiprības pārbaude, bet arī lai noskaidrotu, cik karsts kļūs kāds elements, kā šķidrumi pārvietosies vai sajauksies, kā telpa ventilēsies, vai būs vibrācijas un cik lielas tās būs, cik lielu slodzi radīs vējš un sniegs, vai ēka izturēs, kā gaisma spīdēs vai atspīdēs, un neskaitāmi daudz citu pielietojumu. Kā jau iepriekš tika minēts, fizikāli testi uz prototipiem ir dārgi un laikietilpīgi. Datorsimulācijas būtiski samazina šīs ar izstrādi saistītās izmaksas, jo iespējams uzreiz veikt izmaiņas modelī un pārbaudīt to neizgatavojot, un rezultātā iegūt labāko produktu, ļaujot ērti veikt inovācijas.  Display SOLIDWORKS Simulation Results  1800 N  fiksācija  *Simulācijas piemērs, kur pētīti pacēlāja mehānisma elementi. Krāsu karte raksturo slodzes – kur zils tur slodze maza, kur sarkans, tur slodze ir vislielākā. Šajā gadījumā lielākā slodze nesasniedz materiāla maksimālo slodzi, kuras vērtība attēlota pie sarkanās joslas.*  Gandrīz kā nākotnes risinājums šodienā ir mūsdienīgas datorprogrammas, kas ļauj radīt produkta ģeometriju, pasakot programmai, kā elements, piemēram, kāda detaļa, darbosies, kādas slodzes tai tiks pieliktas, kā citi elementi stiprināsies, tādējādi aprakstot šo detaļu, kā rezultātā programma, balstoties uz definēto informāciju, ģenerē ģeometriju, kas varēs izpildīt uzdotās slodzes, to sauc par ***ģeneratīvo projektēšanu*** *(*angļu valodā *- generative design).*  Otrs līdzīgs virziens ir tā saucamā ***topoloģiskā optimizācija*** *(*angļu valodā *-topological optimization)*, kur inženieris izveido ģeometriju, kas pēc būtības pilda nepieciešamo uzdevumu, bet tai iespējams ir daudz lieka materiāla. Atkal definējot iespējamās slodzes, ar šo metodi tiek ņemts nost materiāls - veidota ģeometrija, kas atkarībā no uzliktā optimizācijas uzdevuma (optimizējot meklējam labāko risinājumu) izveido ģeometriju, kas apmierina prasības.  NB! ***Būtiskākā atšķirība*** starp abām metodēm ir tāda, ka ģeneratīvā projektēšanā materiāls tiek likts klāt, veidojot formu, bet topoloģiskajā optimizācijā visbiežāk tiek ņemts nost, lai sasniegtu labāko rezultātu – bieži vien rezultāti izskatās ļoti līdzīgi.  Zemāk attēlā redzams interesants topoloģiskās optimizācijas piemērs, kur ar cilvēka siluetu attēlots sākuma variants, kur ģeometrija rupja un patērē daudz materiāla, un turpmāk no kreisās uz labo pusi soļi uz optimizētāku variantu.    Piemērs interesants ar to, ka simulācijas rezultātā tu vari atpazīt to pašu klasisko krēslu, ko ikdienā lietojam. Šis piemērs ir ne tik daudz svarīgs jauna krēsla izgudrošanai, bet vairāk, lai pierādītu, ka metode sniedz ticamu rezultātu. Bet, ja mēs vēlamies šādu krēslu ražot, mūsdienu tehnoloģijas mums to ļauj. Varam 3D modelēšanas programmā mazliet izgludināt formas, un tad domāt par ražošanas veidu, kā 3D drukāšana, ar kuru varētu no dažādiem materiāliem tieši izdrukāt šo krēslu vai, piemēram, izdrukāt formu, kurā atliet no kāda materiāla šādu krēslu.  generico_chair_1  Cita, bet ne mazāk interesanta lieta, ar ko saskaras ikdienā inženieri, ir spēka pārneses mehānismi. Gadījumos, kad produktos ir kustīgi elementi, kas veic kādu uzdevumu, piemēram, griežas, pārvieto, paceļ un tamlīdzīgi, inženierim ir svarīgi atrast piemērotāko un to pielietot.  Mehānismus varam atrast visdažādākajās vietās, velosipēdā, blenderī, automašīnā (neskaitāmi), liftā gan pacelšanas, gan arī durvju atvēršanas mehānisms, tie ir visapkārt un daudzkārt pat mums neredzami. Vienkāršākie spēka pārvades mehānismi ir ķēdes un siksnu pārvadi, zobrati, kas visbiežāk pārvada rotācijas kustību, bet atkarībā no izmēriem un veida var mainīt gan kustības virzienu, gan kustības ātrumu, gan kustības veidu, gan spēku, kas tiek padots uz dzenošo elementu.  Par vienu no vienkāršākiem mehānismiem varam uzskatīt līdzsvara šūpoles, caur kuru darbību var tikt izskaidroti gan zobrati, gan citi spēka un ātruma pārneses veidi.    Ja līdzsvara šūpoļu abas puses sver vienādi, tad šūpoles ieņem horizontālu stāvokli, ja viena no pusēm kļūst smagāka, tad tā nolaižas. Attālumu no centra līdz spēka *(svara)* pielikšanas vietai sauc par plecu. Ar šo plecu garuma atšķirību varam mainīt gan līdzsvaru, gan ieregulēt to, ja svars abos galos atšķirīgs.  Izmantojot šīs zināšanas, varam arī pacelt ko ļoti smagu ar šādu mehānismu, ja smagā elementa pusē atstājam īsu plecu, bet paši spiežam uz garāku plecu. Pārvietojot svarus tuvāk vai tālāk no centra, varam iegūt līdzsvaru, novienādojot piepūles uz centra asi.  *Senais domātājs Arhimeds esot teicis, dodiet man atbalsta punktu un pietiekami garu plecu, un viņš varēšot pacelt Zemeslodi.*  Sastādot matemātisku attiecību ar svaru un plecu garumiem, iespējams izrēķināt nezināmo svaru. Šis princips tiek izmantots klasiskajos līdzsvara svaros. Smalkāk šos vienkāršos un cilvēcei sen zināmos jautājumus jūs apskatīsiet fizikas nodarbībās.    Kontroljautājums: Ko tu vari secināt no šūpolēm ar kastēm?  **Papildus informācijai:**   1. Interesants video angļu valodā, kur stāsta, kā no līdzsvara šūpoļu matemātikas nonākt līdz zobratiem un spēka pārnesei (10 min.): <https://www.youtube.com/watch?v=JOLtS4VUcvQ> 2. populārzinātnisks video angļu valodā (3 min): [https://youtu.be/8GHRZabpsQE](https://youtu.be/8GHRZabpsQE%20)   *NB! Ja vēlaties uzlikt subtitrus latviešu valodā, lūdzu, atveriet video youtube.com platformā un pie video iestatījumiem izvēlieties subtitri – automātiska tulkošana - latviešu valoda.*    Apskatīsim divus zobratus. Spēka pārnese zobratos tiek nodrošināta ar zobu palīdzību. Inženierim visinteresantākie parametri šādā mehānismā ir zobratu diametru vai zobu skaita attiecība, kustības virziens un informācija par to, kurš ir dzenošais zobrats un kurš ir dzītais. Parasti pie dzenošā zobrata tiek pielikts spēks, ko sauc par griezes momentu, un tā pārnesi nodrošinās mehānisms. Ja zobrati vienādi, tad spēks un ātrums, ko varēs saņemt uz otras ass, būs tāds pats, kā uz pirmās, vienīgi kustības virziens būs pretējs. Bet, ja pirmais zobrats būs lielāks, tad otrais griezīsies ātrāk, bet varēs nodot mazāku spēku, bet, ja pirmais būs mazāks, tad otrais griezīsies lēnāk, bet varēs nodot lielāku spēku.  **Attēls, kurā ir metāla piederumi, aprīkojums  Apraksts ģenerēts automātiski**  Ļoti līdzīgu darbību noteikti esat ievērojuši velosipēdos ar tā saucamo ātrumu pārslēdzēju: 1) ja ieslēgsiet velosipēdam priekšā mazo zobratu, bet aizmugurē lielu, arī ātri griežot pedāļus neizdosies braukt ātri, bet varēsiet bez lielas piepūles uzbraukt stāvā kalnā. 2) ja ieslēgsiet velosipēdam priekšā lielāko zobratu un aizmugurē mazāko, būs grūti uzsākt kustību, jo būs nepieciešama piepūle, bet, kad būs sasniegts ātrums, tad būs viegli braukt ātri, salīdzinoši lēni griežot pedāļus.  Šis pats princips ir pielietots ne tikai velosipēdos, bet arī automašīnu ātrumkārbās. Un tas, ko dara pieredzējuši vadītāji uzsākot kustību, dzenošā zobrata pusē lieto mazāku zobratu, kas griež lielāku zobratu dzītā zobrata pusē, un tad, transporta līdzeklim ieskrienoties, maina pārnesumus tā, ka abi zobrati kļūst vienādi vai dzenošais kļūst lielāks pie lieliem ātrumiem. Nav starpības - auto vai velosipēds, pārnesumu izmantošana ir līdzīga, tik vienā transpotlīdzeklī spēku rada dzinējs, bet otrā cilvēka muskuļi.  Velosipēda piedziņas mehānisma atšķirība ir tāda, ka zobratu zobi ir savienoti ar ķēdi; tas nodrošina, ka abu zobratu rotācijas kustība notiek vienā virzienā – velosipēdists griež pedāļus kustības virzienā.    Velosipēda piedziņas mehānisma kustība kustīgā attēlā*, gif*  [*https://images.app.goo.gl/fBxt81tVGGttAmLA6*](https://images.app.goo.gl/fBxt81tVGGttAmLA6)  Zobrati un līdzīgi elementi var tikt izmantoti ne tikai ātruma un spēka pārneses maiņai, bet arī kustības virziena un kustības veida izmaiņai. Zemāk attēlā piemērs, kā kustības virziens var tikt mainīts par 90 grādiem, vai kā otrā attēlā, rotācijas kustība tiek pārvērsta virzes kustībā vai pretēji.    **Papildus informācijai***:*   1. *Mehānismu piemēri (15 min):* [*https://youtu.be/HlSCn0esufk*](https://youtu.be/HlSCn0esufk) 2. Piemērs, kā ar trīšu palīdzību var pacelt daudz smagāku kravu, kā pieliktā piepūle, bieži lietots mehānisms pacelšanas risinājumos (ceļamkrāns, lifts): [*https://www.youtube.com/watch?v=jtk2V0M6k3M*](https://www.youtube.com/watch?v=jtk2V0M6k3M)   *NB! Ja vēlaties uzlikt subtitrus latviešu valodā, lūdzu, atveriet video youtube.com platformā un pie video iestatījumiem izvēlieties subtitri – automātiska tulkošana - latviešu valoda.* **2.2. Inženiera loma** Kad inženieris plāno pielietot iepriekš minētos vai citus mehānismus, tad pamatmērķis ir izstrādāt uzdevumu, kādu tiem būs jāveic, cik lielu slodzi jāpārnes, ar kādu ātrumu jākustas – tās ir lietas, ko skolā iesāk mācīt priekšmetos, kā matemātika, fizika un citi, kā arī, ja izvēlēsieties turpināt studijas šai virzienā, tad šīs zināšanas apgūsiet padziļināti un uzzināsiet ļoti daudz ko interesantu.  Kad mehānismu kustības un slodžu parametri ir zināmi, tad inženieris var pieņemt lēmumu par materiāliem un detaļu izskatu produktā.  Piemēram, ja tu kā inženieris projektētu liftu, tad tev noteikti būtu jāsaprot, cik lielas kravas vai cik cilvēkus jāpārvieto. No tā izrietēs, cik liels būs lifts, cik liela būs nepieciešamā lifta šahta. Inženieris sākot projektēt, izlems ar kādu ātrumu lifts pārvietosies, vai ātrums būs mainīgs, atkarībā no tā varēs izvēlēties, cik jaudīgs dzinējs būs nepieciešams. Svarīgs ir ne tikai ātrums braukšanai augšā lejā, bet arī, cik ātri durvis atvērsies un aizvērsies. Liela atšķirība būs, ja lifts būs relatīvi zemā ēkā vai debesskrāpī. Protams, papildus būs nepieciešams domāt arī par automātiku, vadību un elektriskajiem lifta elementiem – šeit varētu būt noderīgs inženieris- mehatroniķis.  Inženiera darbā ietilpst arī prognozēt, cik ilgi produkts strādās. Tas varētu būt vajadzīgs, arī lai netiktu izveidots pārāk labs produkts, kas kalpotu mūžīgi, jo tad nākošos nevarēs pārdot, vai gluži pretēji, ja vēlās ražot produktus, kas kalpos stipri ilgāk kā obligātais garantijas laiks. Materiāli tiek pētīti no ilgizturības puses, piemēram, cik daudz reizes materiālam varēs pielikt slodzi, līdz tas sabruks. Šādi rezultāti ļauj prognozēt produktu ilgmūžību. Varbūt esi dzirdējis, ka automašīnām tiek dota garantija, piemēram, līdz 120 000 km vai 3 gadi. Tas nozīmē, ka viss ir projektēts tā, ka pie vidējas lietošanas automašīnas galvenajiem elementiem vajadzētu šo laiku strādāt bez trūkumiem. Pēc tam, ļoti iespējams, autoražotājs varēs papildus nopelnīt, tirgojot rezerves daļas un veicot servisu.  Šīs zināšanas izmanto uzņēmums, kas plāno, cik izmaksās produkta ražošana, jo iekārtu lietošanas izmaksas ietekmē produkta cenu. Balstoties uz šiem aprēķiniem, tiek noteikta uzņēmuma veiksme, veidojot konkurētspējīgus un peļņu nesošus produktus.  Inženiera darbs ir svarīgs un interesants, pilns ar izaicinājumiem, vienlaikus noderīgs visai sabiedrībai. Ir gadījumi, kur mēs kā sabiedrība esam guvuši mācību nākotnei sāpīgā veidā – kad projektējot kaut kas nav ņemts vērā vai izvērtēts - kad rezultāts nepilda ieceri. Viens tāds sens, bet bieži pieminēts piemērs ir Tacoma Narrows (ASV) tilta sabrukšana, kur projektējot tika izveidota tilta forma un mehāniskās īpašības, kas pie noteikta vēja virziena un intensitātes varēja ierosināt tiltā rezonansi – iešūpot tiltu, tā ka šūpošanās pieauga, līdz tas sabruka. Par laimi, lai arī tas notika 1940. gadā, tas tika dokumentēts uzfilmējot, un visi var mācīties no pieļautām kļūdām.  ***Papildus informācijai***:   1. Dokumentāls video no notikuma angļu valodā (4 min): <https://youtu.be/3mclp9QmCGs> 2. Vikipēdijas raksts angļu valodā:   <https://en.wikipedia.org/wiki/Tacoma_Narrows_Bridge_(1940)>  Pielietojot datorprogrammu sniegtās iespējas, mūsdienu inženieri varētu simulēt tilta uzvedību gan dažādu vēju slodzēs, kā arī virtuāli slogot tiltu, lai izvērtētu elementu stiprību un stabilitāti.  Inženiera karjera ir izaicinājumu bagāta, iespējams visas dzīves garumā risināt interesantus uzdevumus, veidot produktus un strādāt arī sabiedrības labā, nodrošinot un ceļot komforta līmeni, kādā sabiedrība dzīvo, pielietojot skolā un darba gaitās gūtās zināšanas. |
| **2.3. Virtuālie eksperimenti:**  *SOLIDWORKS apps for kids* produkta MECH IT sadaļa ļauj veidot mehānismus, un pārbaudīt tos darbībā <https://www.swappsforkids.com/apps/mech-it/>  Autodesk mehānikas pielietojuma produkti jauniešiem:  [https://tryengineering.org/game/autodesk-digital-steam-applied-mechanics/](https://tryengineering.org/game/autodesk-digital-steam-applied-mechanics/%20)  <https://tryengineering.org/game/tinkercad/>  <https://tryengineering.org/game/how-to-be-an-inventor/>  Šāviņa kustība <https://www.brainpop.com/games/projectilemotion/> - izšauj lādiņu no lielgabala un trāpi mērķī. Izpēti lidojuma ceļu, šaujot dažādus objektus no lielgabala, un izpēti lidojuma trajektoriju un citus parametrus ietekmējošos faktorus.  Svārstu laboratorija <https://tryengineering.org/game/pendulum-lab/> Izmēģini vienu vai vairākus svārstus un pārliecinies, kā un kādi faktori ietekmē šūpošanos. Izmēģini to pašu uz mēness vai citas planētas gravitācijā.  **Papildus interesanti resursi:**   1. Materiāli un to stiprība (matērija) angļu valodā (4 min): [https://www.youtube.com/watch?v=340MmuY\_osY](https://www.youtube.com/watch?v=340MmuY_osY%20) (šķidrs, ciets, elastīgs vai stiprs, magnētisks, elektrību vadošs vai nē; parasti izvēlēts pēc pielietojuma mērķa) 2. Zobrati, ķēžu un siksnu pārvadi (velosipēds, ātrumkārba) – ātruma maiņa vai spēka pārneses maiņa, ratu izmēra attiecība, ievade - izvade, kustības virziens angļu valodā:   (6 min): [https://www.youtube.com/watch?v=uz436Ixbl-I](https://www.youtube.com/watch?v=uz436Ixbl-I%20)  (9min): <https://www.youtube.com/watch?v=yYAw79386WI>  (9 min): <https://www.youtube.com/watch?v=D_i3PJIYtuY>   1. Trīši angļu valodā (16 min): <https://www.youtube.com/watch?v=M2w3NZzPwOM> 2. Trīšu sniegtā priekšrocība angļu valodā (10 min): <https://www.youtube.com/watch?v=oBYa28i_K9Q> 3. Vienkāršas mašīnas angļu valodā (7 min): <https://www.youtube.com/watch?v=LSfNYpCprw4> 4. Inerce un masa angļu valodā (9 min): <https://www.youtube.com/watch?v=hwmf73Bwky8> 5. Ņūtona likums angļu valodā (9 min): <https://www.youtube.com/watch?v=RyASDbAPenU> un (15 min): <https://www.youtube.com/watch?v=Za3DGUEpW2U> 6. Svārstu laboratorija angļu valodā: <https://tryengineering.org/game/pendulum-lab/> Izmēģini vienu vai vairākus svārstus un pārliecinies, kā un kādi faktori ietekmē šūpošanos. Izmēģini to pašu uz mēness vai citas planētas gravitācijā. 7. Interesanti resursi priekš STEM programmām angļu valodā: <https://www.brainpop.com/technology/simplemachines/> 8. Dažādas animācijas (gif) angļu valodā:   <https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Jahobr/Gearboxes> |
| *NB! Ja vēlaties uzlikt subtitrus latviešu valodā, lūdzu, atveriet video youtube.com platformā un pie video iestatījumiem izvēlieties subtitri – automātiska tulkošana - latviešu valoda.* Tests |
| 1. Nosauc divas svarīgas materiāla īpašības?   (brīva atbilde)   1. Kā vienā vārdā sauc virtuālu produkta pārbaudi datorprogrammā?   (brīva atbilde)   1. Nosauc slodzes vienību?   (brīva atbilde)   1. Vai siltums var radīt slodzi materiālam? 2. Jā 3. Nē 4. Ja velosipēdam uz pedāļu ass ir 3 dažādi zobrati, kuru zobratu būtu vēlams izvēlēties, braucot stāvā kalnā, lielāko, vidējo vai mazāko? 5. Lielāko 6. Vidējo 7. Mazāko 8. Ja jums rindā izvietoti 3 zobrati, kādā virzienā griezīsies trešais zobrats, ja pirmais griežas pulksteņrādītāja virzienā? 9. Tajā pašā virzienā kā pirmais 10. Pretējā virzienā kā pirmais      1. Ja divi zobrati savienoti ar ķēdi, kādā virzienā griezīsies zobrati? 2. Vienā 3. Pretēji 4. Ja jums ir 11 rindā savietoti zobrati, kādā virzienā griezīsies 11-tais zobrats, skatoties pret pirmo zobratu? 5. Tajā pašā virzienā kā pirmais 6. Pretējā virzienā kā pirmais 7. Ja jums ir četri rindā savietoti zobrati, kur pirmais griežas pulksteņrādītāja virzienā; kādā virzienā griezīsies ceturtais? 8. Pulksteņrādītāja 9. Pretēji pulksteņrādītāja virzienam 10. Kura ir sprieguma mērvienība materiālos? 11. MPa 12. Megapaskāli 13. Paskāli 14. N/mm2 15. Vai ir iespējams izrēķināt skrūves stiprību, ja ir zināma tās stiprības klase (4.8, 5.6, 8.8) un diametrs? 16. Jā 17. Nē |

# Izmantotie avoti

1. <https://www.gizmodo.cz/?tag=generico-chair>

Materiāls ir izstrādāts Erasmus+ programmas Pamatdarbības Nr.2 (KA 2) stratēģiskās partnerības projekta “Mobilās laboratorijas STEM zināšanu uzlabošanai” (2020-1-LV01-KA201-077502) ietvaros.

Šī publikācija atspoguļo tikai tās autoru viedokli, un Eiropas Komisijas atbalsts šīs publikācijas tapšanai nav uzskatāms par tās satura apstiprinājumu, un Komisija nekādā veidā neuzņemas atbildību par šeit ietvertās informācijas tālāku izmantošanu.