

WWW 2025 Mechanizmy odkształcalne - zadania kwalifikacyjne

Marcin Kępa

Kwiecień 2025

1 Przygotowania

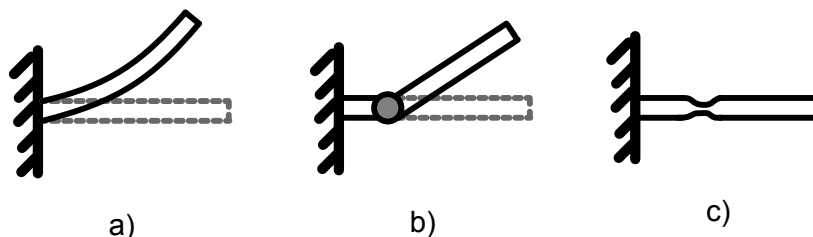
W trakcie warsztatów będziemy potrzebowali programu do modelowania 3D, który pozwala na eksportowanie rysunku bądź modelu do formatów .stl w przypadku druku 3D oraz .dxf w przypadku wycinania laserem. Planuję prowadzić warsztaty korzystając z Fusion360 i z nim jestem w stanie wam pomóc, ale jeśli czujesz się komfortowo w innym programie, to również jest w porządku.

1. W ramach przygotowania do tego zainstaluj i oswój się z Fusion360. W tym celu potrzebujesz zaaplikować o licencję edukacyjną na stronie producenta: <https://www.autodesk.com/education/edu-software/fusion>. Może to zająć parę dni, więc nie odkładaj tego na ostatnią chwilę!
2. Częścią zadania poniżej jest przygotowanie rysunku technicznego lub modelu 3D. Zachęcam do zrobienia tego bezpośrednio w Fusion. Rysunek techniczny zazwyczaj generowany jest bezpośrednio z modelu 3D. Model 3D zazwyczaj projektowany jest przez tworzenie rysunków (*Sketch* w Fusion), a następnie ekstrudowanie ich do trzeciego wymiaru. Jest wiele tutoriali na ten temat w Fusion i jest to dobry punkt wyjścia. Jeśli jednak jest to dla Ciebie coś nowego i nie masz czasu uczyć się programu zanim w ogóle zaczniesz rozwiązywać zadanie, rysunek techniczny na kartce jest jak najbardziej w porządku. Pamiętaj o wybraniu rozsądnej skali rysunku, ponieważ zbyt mały rysunek nie będzie czytelny. Utrzymywanie odpowiedniej skali również pozwala ominąć niektóre wymiary, ponieważ powinno być możliwe zmierzenie odległości na rysunku, podzielenie przez skalę i otrzymanie docelowego wymiaru. Nie jest to jednak substytutem odpowiedniego opisu wymiarów. Po wskazówce na temat przygotowywania rysunków odsyłam do jednej z moich ulubionych książek, której krótki fragment na ten temat również załączam w linku [1].

Finalnie, jeśli nie możecie się doczekać, by dowiedzieć się więcej, lub z jakiegokolwiek innego powodu macie ochotę zajrzeć do podręcznika, większość warsztatów bazuje na [2].

2 Pseudo-Rigid-Body models

Jednym z najprostszych modeli mechanizmów odkształcalnych (compliant mechanisms) jest zignorowanie problemu i założenie, że docelowy mechanizm możemy reprezentować przez złożenie sztywnych segmentów oraz prostszych do modelowania połączeń. Na przykład odkształconą belkę z rys. 1a możemy przybliżyć przez sztywny segment oraz zawias, jak pokazuje rys. 1b. Takim zawiasem może być na przykład intencjonalnie zwężony fragment belki, jak na rys. 1c. W ten sposób możemy korzystać ze standardowych intuicji i narzędzia przy projektowaniu i analizie mechanizmów odkształcalnych. Zwężony fragment jest najprostszym, lecz nie jedynym sposobem na otrzymanie docelowego ruchu.



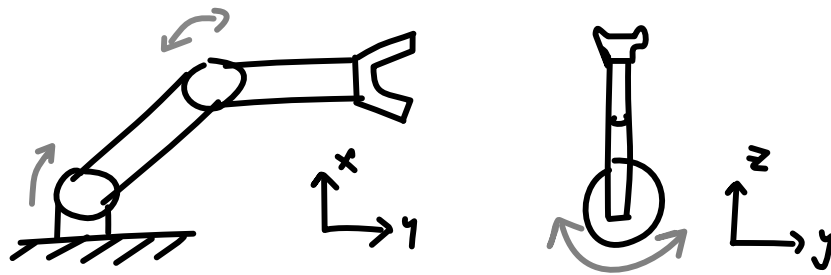
Rysunek 1: a) Odształcona belka b) Model belki złożony z dwóch sztywnych segmentów oraz zawiasu.

Korzystając z tego modelu (o ile adekwatne), przygotuj rysunek techniczny lub model 3D oraz dyskusję modelu ramienia robotycznego zdolnego do poruszania się w płaszczyźnie xy i (bonus) z - zobacz rys. 2, zbudowanego z drewna, np. patyczków do lodów, mieszadeł do kawy itp. Wykorzystaj przynajmniej jeden segment bazujący na elementach odkształcalnych. Przyjmij jako cel zakres ruchu około 30 mm w każdej osi. Pamiętaj o podaniu kluczowych wymiarów (np. grubość segmentów odkształcalnych oraz sztywnych). W twoim modelu postaraj się zaadresować kwestie:

1. Rozsądną grubość segmentów sztywnych i odkształcalnych. W ramach dyskusji uzasadnij swój wybór. W razie wątpliwości *wykonaj eksperyment!*
2. Kontrolę każdej z osi, czyli w jaki sposób proponujesz poruszać ramieniem. Jeśli poprzez śrubę, pamiętaj, by umieścić jej lokalizację na rysunku. Jeśli poprzez linki, postaraj się je umieścić.
3. Jak ciężkie ładunki twój model mógłby przenosić? Oczywiście przewidzenie konkretnej wartości jest daleko poza zakresem ćwiczenia, ale chciałbym zwrócić waszą uwagę na korespondencję pomiędzy wymiarami sztywnych i odkształcalnych łączników, a końcowym zachowaniem modelu.

Twój rysunek oraz opis powinien być wystarczający, by ktoś, kto nie zastanawiał się nad tym projektem, był w stanie go zbudować.

Na koniec, jeśli jesteś w stanie, zbuduj swój model. Będziesz do tego potrzebować patyczków, które można dostać w sklepach typu Empik/Tiger pod hasłem patyczki kreatywne/modelarskie, albo przekonać lokalną lodziarnię do odstąpienia paru. Do wycinania kształtów polecam nóż tapicerski albo preferowalnie skalpel (również Empik, albo sklep z zaopatrzeniem medycznym). Do złożenia wszystkiego klej typu super glue/kropelka będzie dobrym rozwiązaniem. Do pomiarów przydatna będzie dobra linijka (najlepiej stalowa z podziałką 0.5 mm) lub suwmiarka. Oba przyrządy dostaniecie w sklepach budowlanych bądź modelarskich i potrafią być zaskakująco przydatne w życiu codziennym.



Rysunek 2: Schematyczna ilustracja ramienia robotycznego. To nie jest rysunek techniczny! Zawiasy są oznaczone okręgami.

Literatura

- [1] J. H. Moore, C. C. Davis, and M. A. Coplan, Building Scientific Apparatus, 4th ed. (Cambridge University Press, Cambridge, 2009). Link do rozdziału o rysunkach: https://drive.google.com/file/d/1lQnaX2Q-q011640xUcEUu6qLad7by1r5/view?usp=share_link
- [2] L. L. Howell, S. P. Magleby, and B. M. Olsen, Handbook of Compliant Mechanisms (John Wiley & Sons, 2013).