| **Emne: Dæmpning og resonans i svingninger** | |
| --- | --- |
| **Fag(niveau): Fysik A** | **Fag(niveau): Matematik A** |
| **Problemformulering:**   * Redegør for de mekaniske principper for et simpelt masse-fjedersystem med viskøs dæmpning for hhv. en fri og en forceret svingning. Opstil herunder de styrende ligninger der beskriver massens bevægelse. * Redegør for fænomenerne egenfrekvens, dæmpning samt resonans og egensvingninger både ud fra en fysisk såvel som en matematisk betragtning. Udled fra de styrende ligninger hvordan og hvornår de givne fænomener kommer til udtryk. * Design og udfør en eller flere forsøgsopstillinger, der kan undersøge fænomenerne: egenfrekvens, dæmpning samt resonans af et simpelt masse-fjedersystem. Sammenhold de eksperimentielle observationer med den udledte teori. * På baggrund af de fremlagte analyser samt eksperimentelle resultater diskuter hvordan man ud fra dette vidensgrundlag kan undgå uønskede svingninger i en givet konstruktion. | |
| **Beskrivelse af forsøg:**  **Idé til forsøg**   * Undersøg et lod–fjeder-system, hvor loddet udsættes for en periodisk ydre kraft, og vis, at amplituden bliver maksimal ved systemets egenfrekvens (resonans). * Kombinér teori om harmoniske svingninger, egenfrekvens og dæmpning med eksperimentelle målinger og matematisk modellering (differentialligning eller sinus-fit).   **Udstyr**   * Lod–fjeder-system ophængt i stativ. * Sæt af kendte lodmasser (fx 50–500 g). * Sensor til registrering af bevægelse (bevægelsessensor, positionssensor, eller kamera + videotracking). I den forbindelse kan en papskive monteres, så man bedre kan tracke bevægelsen. * En lille motor / vibrator, der kan give periodiske stød i loddet * Computer med Logger Pro eller lignende til tidsserier og fit * Dæmpning af systemet kan laves, enten ved at sætte yderligere papskiver ind, eller ved at bruge en spand med vand   **Forsøg 1: Egenfrekvens (fri harmonisk svingning)**  Formål: Bestemme fjederkonstant  og systemets egenfrekvens, som senere sammenlignes med resonansfrekvensen for tvungen svingning.   1. Bestem fjederkonstant    * Hæng forskellige lodder på fjederen og mål ligevægtsudstrækningen .    * Brug Hookes lov  og  til at bestemme  (lineær regression af  mod ). 2. Fri svingning    * Hæng et lod  på fjederen, træk det lidt ned fra ligevægt og slip.    * Mål position som funktion af tiden.    * Bestem periode  og frekvens .    * Sammenlign den målte frekvens med teorien for egenfrekvens:   Her kan matematikdelen fx være at tilpasse en funktion  til data (svagt dæmpet svingning) og bestemme  og .  **Forsøg 2: Tvungen svingning og resonans**  Formål: Påvise resonans ved at variere frekvensen af en ydre påvirkning og måle amplituden.   1. Opstilling    * Monter lod–fjeder-systemet, så det påvirkes periodisk:      + fx ved at montere fjederen på en lodret bevægelig arm, der kører sinusformet op og ned med justerbar frekvens      + eller ved at bruge en vibrator/oscillator, hvor frekvensen kan indstilles.    * Sørg for, at amplituden af driveren er moderat (så systemet ikke slår i bund).     Figur 1. Fjedersystem uden dæmpning    Figur 2. Fjedersystem dæmpet ved hjælp af vand   1. Frekvens-sweep    * Vælg en række drivfrekvenser  omkring den egenfrekvens, du fandt i forsøg 1 (fx fra 0,5  til 2 ).    * For hver frekvens:      + lad systemet køre, indtil det når en stationær svingning      + mål den maksimale amplitude  (fx som udsving omkring ligevægt).    * Notér  og tegn en graf . 2. Forventet resultat    * Amplituden er lille ved lav og høj frekvens.    * Der opstår en tydelig toppunkt (maksimal amplitude) ved en frekvens tæt på egenfrekvensen : det er resonansfrekvensen.    * Med tydelig dæmpning vil resonanskurven være bred og toppunktet lavere; med svag dæmpning skarp og høj.   I den skriftlige opgave kan man efterfølgende arbejde med følgende:   * Udlede bevægelsesligningen for et tvunget, dæmpet lod–fjeder-system: * Bruge teori til at fremhæve, at responsens amplitude som funktion af  har et maksimum (resonans) nær , og at positionen af maksimum afhænger af dæmpningen . * Diskutere, hvordan dine forsøg (grafen ) stemmer overens med teorien:   + Hvor ligger resonansfrekvensen i forhold til egenfrekvensen?   + Hvor bred/skarpt er maksimum, og hvad siger det om dæmpning i systemet? * Eventuelt lave en mere enkel model først (uden dæmpning), og derefter forklare, hvorfor den ikke passer perfekt, og hvordan dæmpning forbedrer modellen. | |
| **Litteraturliste:**  [**https://hvad-er-matematik-3.praxis.dk/296**](https://hvad-er-matematik-3.praxis.dk/296)  [**http://spiff.rit.edu/classes/phys312/workshops/w5b/damped\_theory.html**](http://spiff.rit.edu/classes/phys312/workshops/w5b/damped_theory.html) | |