**Den mekaniske tidsmåler**

|  |
| --- |
| **Et inspirationsforløb til matematik B og fysik B Lærervejledning** |

**OM FORLØBET**

**Fag og niveau:** Matematik B og fysik B. Forløbet er udviklet og afprøvet på htx, men kan tilpasses stx-forløb.

**Antal lektioner:** 40 lektioner à 60 minutter

**Kernestof:**

Fysik:

* Svingninger og bølger
* Tyngdekraftens arbejde
* Energibevarelse – mekanisk, kinetisk og potentiel

Matematik:

* Deskriptiv matematik
* Beskrivelse af harmonisk bevægelse
* Regression og matematisk modellering

Studieområdet:

* Læsestrategier og notatteknik
* Skrivehandlinger, fremstillingsformer og genrer i fagene og på tværs af fag, herunder sprogrigtighed og argumentation.

**EVT. SUPPLERENDE STOF**

* Fritlegeme diagrammer
* Harmoniske bevægelser[[1]](#footnote-2)

**Udarbejdet af:** Pia Thomsen, Aalborg Tekniske Gymnasium, [piat@aatg.dk](mailto:piat@aatg.dk) og Kasper Winther.

**INTRODUKTION TIL FORLØBET**

I 1714 udskrev parlamentet i Storbritannien en konkurrence, der gik ud på at opfinde en metode til at bestemme tiden præcist på sørejser sådan, at man dermed kunne beregne, hvilken længdegrad man befandt sig på, og dermed undgå katastrofale skibsforlis. I dette forløb står eleverne over for samme opgave; de skal konstruere et mekanisk apparat, der kan måle tiden så præcist som muligt. De skal specificere apparatets måleusikkerhed samt maksimal varighed af målingen - jo længere tidsrum, de kan måle, desto bedre.

Forløbet er planlagt som et tværfagligt forløb, som en del af studieområdet på HTX, og lavet sådan, at det kan tilpasses klassens niveau, uddannelsesplanen og eventuelle valgemner. Forløbet kan ligeledes justeres i forhold til, hvor meget tid der er til rådighed.

Inden forløbet er eleverne i fysik blevet bekendte med grundbegreber for bølger og kræfter og i matematik med trigonometriske funktioner.

**Om elevarbejdet**

Forløbet indledes med en præsentation af narrativ og problem, som fungerer som introduktion til selve udfordringen. Eleverne præsenteres også for de kriterier, der er til apparatet og rammen for deres arbejde.

Ligeledes introduceres de til engineering designprocessen og de enkelte delprocesser, hvis denne er ukendt for dem. (Se første dag i lektionsplanen).

Forløbet er struktureret efter de enkelte delprocesser, men man kan vælge at tage eleverne igennem delprocesserne i en anden rækkefølge og tilpasse materialet og lektionsplanen.

På Aalborg Tekniske Gymnasium er forløbet fremadrettet et studieområdeforløb for cirka 8 2. g klasser med temaet matematiske modeller. De 40 timer/lektioner i forløbet afvikles i løbet af 8 undervisningsdage (a 5 lektioner) i forårssemesteret.

Hele forløbet er centralt styret med en fælles holdnotesbog, der kopieres ud til de enkelte klasser, og som klassens lærere tilretter efter behov.

De fleste fysiklærere og deres klasser vælger, at forløbet også er et valgtema om emnet harmoniske bevægelser, penduler eller tilsvarende. Her suppleres med opgavesæt for de valgte emner. For nogle studieretninger kan dette sagtens nås inden for rammerne af forløbet – for andre tillægges få timer efterfølgende.

**Elevopgaven**

**Narrativ og problem**

I 1707 skete der et katastrofalt skibsforlis ved Isles of Scilly ud for Storbritanniens sydvestlige spids. Næsten 2000 sømænd gik ned med fire krigsskibe, da de uventet ramte klipper under havoverfladen. En af de primære årsager til forliset var, at navigatøren havde vurderet skibenes position i længdegrader forkert, da længdegradsbestemmelse kræver, at man kender tiden ret præcist. Og det gjorde man ikke i starten af 1700-tallet.

I 1714 udskrev parlamentet i Storbritannien en konkurrence i at opfinde en metode til at bestemme tiden præcist på sørejser, sådan at man dermed kunne beregne hvilken længdegrad man befandt sig på ("The Longitude Act"). Sir Isaac Newton vurderede og godkendte de indkomne forslag.[[2]](#footnote-3)

|  |
| --- |
| **Udfordring**  I står nu over for samme opgave og I skal derfor konstruere et mekanisk apparat, der kan måle tiden så præcist som muligt. |

**Rammer og kriterier**

* I skal specificere apparatets måleusikkerhed samt maksimal varighed af målingen. Jo længere tidsrum I kan måle i, desto bedre.
* I skal også specificere forudsætningerne for, at apparatet virker (for eksempel om det vil virke på et gyngende skib eller på Månen).
* Bemærk, at apparatet ikke behøver at vise tiden på en urskive eller lignende - det skal blot være en mekanisme der kan bruges til manuelt at tælle sekunder og minutter.

**Krav til jeres arbejdsproces**

* Stoffet i matematik og fysik og arbejdsarkene (se bilag 2) skal læses og tilhørende opgaver laves. Dette er en forudsætning for at komme helt i mål med jeres projekt.
* Lav en matematisk model af jeres tidsmåler, der beskriver dens tidsmåling som funktion af forskellige uafhængige variable. Anvend modellen til at beregne tidsmålingen ved indsættelse af relevante variable.
* Konstruer det fysiske apparat og verificer, at det opfører sig, som modellen forudsiger, og overholder de opstillede kriterier. Dokumentér jeres målinger i en journal.
* Fremstil en poster til præsentation af jeres løsningsforslag.
* Gruppelogbogen udfyldes dagligt ved hver dags ophør (efter 5 lektioner) – og placeres sammen med den øvrige projektdokumentation efter aftale med jeres lærer.

**Krav til jeres poster/præsentation**

Præsentationen skal som minimum indeholde disse emner:

* Jeres idé
* Den tidsmåler I endte med at lave
* Jeres matematiske model og vejen til den
* Jeres måleusikkerhed, og hvordan I har bestemt den (herunder standardafvigelse)
* Evt. noget perspektivering og kritik: ville denne teknologi virke på for eksempel et skib?
* Journalen, der ligger til grund for jeres præsentation, skal også være tilgængelig efter aftale med jeres lærer.

**Naturvidenskabelige undersøgelser**

I forløbet skal eleverne:

* Undersøge, hvordan tidsmålingen afhænger af forskellige uafhængige variable.
* Undersøge nøjagtigheden på tidsmålingen ved at lave gentagne målinger.
* Undersøge præcisionen på apparatet ved forskellige tidsintervaller.

**INDDRAGELSE AF Engineering-didaktikKEN**

Engineering-didaktikken inddrages igennem hele forløbet. I første lektion præsenteres eleverne for engineering designprocessen (EDP-modellen) ved tavlegennemgang (se under lektion 1 i lektionsplanen).

Herefter arbejder eleverne selv med modellen ud fra metodekort udleveret i lektionerne. Hvilke metodekort, der anvendes hvornår, kan ses i lektionsplanen. Læreren kan udvælge de metodekort, der foretrækkes og udelade resten. Metodekortene giver en god vejledning og hjælper eleverne til at holde sig i den fase, de er i. Kortene er derfor centrale for at få eleverne igennem designprocessen som helhed – og især i forhold til at få dem til at tage “turen rundt i modellen” en gang mere.

I slutningen af hver dag udfylder eleverne deres fælles gruppelogbog. Eleverne skal skiftes til at være skribent. Elevernes projektdokumentation – herunder journaler og logbog - skal være tilgængelige for læreren undervejs, for eksempel i Lectio, OneNote eller Teams.

Logbogen fra Engineer the future bruges som skabelon: <https://engineerthefuture.dk/media/m22phnm1/logbog_planlaegning.docx>

Et par gange spørges der også om:

* Hvilke metodekort har I valgt og hvorfor?
* Hvordan er jeres dokumentation af fasen?
* Hvilke læseteknikker er der brugt – hvad er godt for jer?
* Hvilken notatteknik brugte i?
* Er der anvendt korrekt fagligt sprog? Giv eksempler her på.
* I jeres behandling af måledata, har I anvendt forskellige analysemetoder (fx regression). Hvad er formålet? Er der nogle begrænsninger?

**APPARATUR OG MATERIALER TIL FORLØBET**

* EDP magnetplader eller poster til tavlen
* Målebånd
* Lineal
* Skydelære
* Vinkelmåler
* Snor
* Lodder i diverse størrelser
* Gevindstænger med møtrikker og beslag
* Vægt
* Fjedre
* Diverse Pasco-sensorer og andre elektroniske måleapparater må gerne bruges til at bestemme måleusikkerhed og varighed på tidsmåleren.
* Træ
* Diverese beholdere
* Evt. 3D-printer

Anskaffelse af ovennævnte udstyr samt detaljeplanlægning af indholdet for de enkelte dage/ lektioner. Desuden bør et teknologiværksted og et fysiklaboratorium være til rådighed under forløbet.

**Lærerforberedelser OG GODE RÅD TIL UDFØRELSEN**

Petriskåle med agar skal enten støbes på gymnasiet eller indkøbes. Hvis man kører to runder, skal der være seks petriskåle per gruppe.

Hvis der er én dag mellem modulerne, anbefales det at sætte agarpladerne i varmeskab. Hvis der er mange dage mellem, anbefales det at lade dem stå ved stuetemperatur. Det er vigtigt, at de ikke tørrer ud, så tape dem godt til i siderne.

Vær OBS på:

* Eleverne må ikke trykke for hårdt på agaren, da den så revner-
* Variabelkontrol! Hvor mange variable tester eleverne på én gang?
* Kontrolplade/startplade. Sørger de for at have noget at sammenligne med?
* Laboratoriehygiejne: Håndtering af sterile agarplader, håndhygiejne under forsøget og afskaffelse og håndtering af pladerne ved forsøgets afslutning.

**Refleksioner og gode råd fra underviserne**

Det er IKKE hensigten, at eleverne skal finde et færdigt apparat på nettet, der kan 3D-printes eller på anden måde kopieres. Mekanismen, der styrer urets hastighed og gør, at det tikker, forventes ikke at være en del af apparatet. (På dansk ”hæmværket” eller engelsk ”an escapement mechanism”). Det skal blot være noget, der svinger eller ændrer tilstand med et nogenlunde fast tidsinterval. Eksempler på dette kunne være penduler (snore og fjedre), vand der drypper, kugler der triller frem og tilbage, osv.

Det kan overvejes at lade eleverne blive inspireret af forskellige løsninger, for eksempel John Harrisons ur fra The Longitude Act fra 1714, som vandt konkurrencen:

<https://www.youtube.com/watch?v=WbhvUIot6D4>

Eleverne skal dog også selv have lov til at finde deres egne løsninger, så det er en balancegang.

**LektionsplaN**

Alle dage er 5 lektioner svarende til 5 klokketimer. I de første to runder af afviklingen er timerne placeret 8 dage i træk, men vil som forsøg blive afviklet som 3-4-1 dage, hvor de første dage er med fokus på engineering modellens første faser og de midterste på konstruktion og forbedring, mens den sidste dag er afsat til præsentation og evaluering. Der arbejdes i grupper af 3-4 elever. Logbogen er ikke nævnt herunder, men udfyldes, som nævnt, dagligt.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tid** | **Engineering designproces** | **Indhold** | **Materialer/ lektier** |
| **DAG 1**  Lektion  1-5 | Et billede, der indeholder tekst, cirkel, Font/skrifttype, logo  Automatisk genereret beskrivelse  Et billede, der indeholder cirkel, skærmbillede, logo, Font/skrifttype  Automatisk genereret beskrivelse  Et billede, der indeholder tekst, logo, skærmbillede, Font/skrifttype  Automatisk genereret beskrivelse | * Lærer ved tavle: Introduktion til forløbet - elevoplæg      * Læs om skrivemetoder og processkrivning.      * Gruppearbejde:   + Forstå udfordringen - problemskitse.   + Undersøge - videnskortlægning. Brug tænkeskrivning i denne fase.   + Få ideer - brainstorm. Brug hurtigskrivning i denne fase.   + Logbog – fokus på SO-faglige mål: Læsestrategier og notatteknik * Individuelt:   + Opstart på matematik/fysik arbejdsark. Brug selvvalgt notatteknik til at skrive egne noter.   + Sørg for at alle kommer i gang med at læse noget teori selv, da der spørges til dette i logbogen. | Ingen lektier til den første dag  EDP-magnetplader eller poster til tavlen  Fx *SO htx - Studieområdet og studieområdeprojektet* ISBN: 9788761690791  Afsnit 1.7 om skrivemetoder og processkrivning |
| **DAG 2**  Lektion  6-10 | Et billede, der indeholder cirkel, skærmbillede, logo, Font/skrifttype  Automatisk genereret beskrivelse  Et billede, der indeholder tekst, logo, skærmbillede, Font/skrifttype  Automatisk genereret beskrivelse  Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Font/skrifttype, logo  Automatisk genereret beskrivelse | * Teoriundervisning: Fokus på teori i matematik/fysik.      * Individuelt arbejde med matematik-/fysikopgaver – se bilag 2.      * Gruppearbejde:   + Undersøge   + Få ideer   + Konkretisere   + Logbog | Lektier:  SO-htx bogens afsnit [1.6](https://sohtx.systime.dk/index.php?id=209), [1.6.1](https://sohtx.systime.dk/?id=p211) om læsestrategier og notatteknik.   eller  Læs <https://studybox.dk/studyblog/studieteknik/11-enkle-notatteknikker-og-laesemetoder> |
| **DAG 3**  Lektion  11-15 | Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Font/skrifttype, logo  Automatisk genereret beskrivelseEt billede, der indeholder cirkel, tekst, skærmbillede, logo  Automatisk genereret beskrivelse | * Teoriundervisning: Fokus på teori i matematik/fysik.      * Individuelt arbejde med matematik/fysik-arbejdsark.      * Gruppearbejde:   + Konkretisere   + Konstruere   + Logbog | Lektie: Der skal arbejdes individuelt med arbejdsarkene i fysik og matematik. Besvarelsen af arbejdsarkene skal være færdige i løbet af dag 4.  Værksted og materialer skal være tilgængelige |
| **DAG 4**  Lektion  16-20 | Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Font/skrifttype, logo  Automatisk genereret beskrivelse  Et billede, der indeholder cirkel, tekst, skærmbillede, logo  Automatisk genereret beskrivelse | * Teoriundervisning: Fokus på teori i matematik/fysik.      * Individuelt arbejde med matematik/fysik-arbejdsark.      * Gruppearbejde:   + Konkretisere   + Konstruere   + Logbog fokus på skrivehandlinger, fremstillingsformer og genrer i fagene samt kollaborative metoder | Lektier:  Der skal arbejdes individuelt med arbejdsarkene i fysik og matematik. Besvarelsen af arbejdsarkene skal være færdig i løbet af dag 4, og der arbejdes ikke yderligere på disse på skolen.  Værksted og materialer skal være tilgængelige |
| **DAG 5**  Lektion  21-25 | Et billede, der indeholder cirkel, tekst, skærmbillede, logo  Automatisk genereret beskrivelse  Et billede, der indeholder cirkel, skærmbillede, Grafik, logo  Automatisk genereret beskrivelse | * Gruppearbejde:   + Konstruere   + Forbedre   + Logbog   HUSK:   * + Dokumentation af forsøg og matematisk model | Lektie:  Om skriftlig formidling og præsentationsformer  Afsnit [5.10](https://sohtx.systime.dk/?id=p285), [5.11](https://sohtx.systime.dk/?id=p286) og [5.12](https://sohtx.systime.dk/?id=p287) i SO-htx bogen  Værksted og materialer skal være tilgængelige |
| **DAG 6**  Lektion  26-30 | Et billede, der indeholder cirkel, tekst, skærmbillede, logo  Automatisk genereret beskrivelse  Et billede, der indeholder cirkel, skærmbillede, Grafik, logo  Automatisk genereret beskrivelse | * Gruppearbejde:   + Konstruere   + Forbedre * Logbog Fokus skrivehandlinger, fremstillingsformer og genrer i fagene og på tværs af fag, herunder sprogrigtighed og argumentation.   HUSK   * + Dokumentation – målejournaler, matematiskmodel og poster til præsentationen dag 8 | Lektier:  Der bør arbejdes med dokumentation og præsentationen, der skal være færdige i løbet af dag 7.  Værksted og materialer skal være tilgængelige |
| **DAG 7**  Lektion  31-35 | Et billede, der indeholder cirkel, skærmbillede, Grafik, logo  Automatisk genereret beskrivelse  Et billede, der indeholder cirkel, Grafik, logo, Font/skrifttype  Automatisk genereret beskrivelse | * Gruppearbejde:   + Forbedre   + Præsentere (forberede poster-fremlæggelse).   + Logbog   HUSK:   * + Dokumentation – poster og rapport | Lektie:  Der bør arbejdes med præsentationen, den skal være færdig i løbet af dagen.  Værksted og materialer skal være tilgængelige |
| **DAG 8**  Lektion  36-40 | Et billede, der indeholder cirkel, Grafik, logo, Font/skrifttype  Automatisk genereret beskrivelse | * Gruppearbejde:   + Præsentere (færdiggørelse af poster og finpudsning af fremlæggelse).   + Hver gruppe præsenterer deres produkt og poster for klassen. Ca. 20 minutter pr. gruppe   + Evaluering af projektet   Præsentationen skal som minimum indeholde disse emner:   * Jeres idé * Den tidsmåler I endte med at lave * Jeres matematiske model og vejen til den * Jeres måleusikkerhed, og hvordan I har bestemt den (herunder standardafvigelse) * Evt noget perspektivering og kritik: ville denne teknologi virke på fx et skib? | Lektie:  Der bør arbejdes med poster og fremlæggelse, så eleverne er klar til at fremlægge i løbet af dagen.  Evt. skema til peer evaluering kan udleveres. |

**RESSOURCERUM**

**Bilag 1:**

**Fysik**

I Systime: [Orbit B htx/eux](https://orbithtxb.systime.dk/)

* **Svingninger og bølger** - definition af grundbegreber (afsnit 5, 5.1, 5.2). (Dette har de fleste gennemgået under emnet lys/elektromagnetiske bølger).
* **Tyngdekraftens arbejde** (afsnit 9, 9.1, 9.2)
* **Energibevare**l**se** – mekanisk, kinetisk og potentiel (afsnit 9.5, 9.6, 9.7)

Evt. også:

* [Grundlæggende Fysik B:](onenote:#section-id={2F957446-76C8-49F7-9CC9-26D6EC001EA4}&end&base-path=https://tc201512.sharepoint.com/sites/Arbejdsgruppe-SO/SiteAssets/Arbejdsgruppe%20-%20SO%20Notesbog/SO-forløb%204%20EiG.one) Afsnit 4.8: [**Fritlegeme diagrammer**](https://grundlaeggendefysikb.systime.dk/?id=188)
* [Grundlæggende Fysik A:](https://grundlaeggendefysika.systime.dk/) Afsnit 11.2 og 11.3: **Harmonisk bevægelse** og [**Model for matematisk pendul**](https://grundlaeggendefysika.systime.dk/?id=141)

**Matematik**

I Systime: [Mat B htx](https://matbhtx.systime.dk/?id=1):

* **Deskriptiv statistik** (afsnit 7, 7.1)
* **Matematisk beskrivelse af harmonisk bevægelse** (afsnit 8.14.11, 8.14.12, 8.14.13, 8.14.14)
* **Regression og matematisk modellering** (afsnit 8.16, 8.16.1, 8.16.2, 8.16.3, 8.16.4, 8.16.5, 8.17)

Evt. også:

* <https://www.webmatematik.dk/lektioner/saerligt-for-htx/trigonometri/svingninger-og-periodiske-funktioner>
* <https://www.webmatematik.dk/lektioner/matematik-b/regression>
* <https://www.studieportalen.dk/kompendier/matematik/formelsamling/statistik/deskriptiv-statistik>
* <https://www.webmatematik.dk/lektioner/matematik-b/statistik>

**Studieområdet og SOP htx**

I [SO htx - Studieområdet og SOP](https://sohtx.systime.dk/?id=1):

* **Læsestrategier og notatteknik** (afsnit 1.6, 1.6.1)

Alternativ kilde om emnet: <https://studybox.dk/studyblog/studieteknik/11-enkle-notatteknikker-og-laesemetoder>

* **Skrivehandlinger, fremstillingsformer og genrer i fagene og på tværs af fag,** herunder sprogrigtighed og argumentation (afsnit 5.8, 5.9, 5.10, 5.11, 5.12)
* **Kollaborative og individuelle skrivemetoder til læring, refleksion og formidling** (afsnit 1.7)

1. Se bilag 1 – reference til afsnit i Systime bøgerne: Orbit B htx/eux, Grundlæggende Fysik A og B samt Mat B HTX og webmatematik [↑](#footnote-ref-2)
2. Online intro til Harrisons chronometer:

   [The Clock That Changed the World (BBC History of the World)](https://www.youtube.com/watch?v=T-g27KS0yiY)

   [John Harrison's marine timekeepers | Royal Museums Greenwich (rmg.co.uk)](https://www.rmg.co.uk/royal-observatory/attractions/john-harrisons-marine-timekeepers)  [↑](#footnote-ref-3)