# SRP om fusionsenergi.

Dette er et par eksempler på SRP opgaveformuleringer med fusionsenergi hvor eleven har lavet forsøg på NORTH på DTU. Begge opgaver er i FY og MA.

Det første eksempel omhandler krydsprodukt og vektorer i 3D i matematikdelen, det andet eksempel arbejder med topologi i matematikdelen.

**Version 1**

Opgaveformulering

FAG: FY - MA

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Font/skrifttype, nummer/tal

Indhold genereret af kunstig intelligens kan være forkert.

Beskrivelse

Denne SRP inkluderede i matematikdelen definition af krydsproduktet, og bevis for formlen for krydsproduktet. Her defineres for to vektorer i rummet, som fastlagt ved følgende tre betingelser:

1. er arealet af det (ev.t udartede) parallelogram udspændt af og
2. og
3. ( , , er højredrejet

Det blev også bevist, at krydsprodukter er antikommutative og bilineære.

I fysikken delen præsenteres Lorentskraften og der udledtes hvordan ladede partikler bevæger sig i den simple feltkonfiguration, hvor der er en ydre kraft, som er vinkelret på et homogent magnetfelt og E=0. Bagefter analyserede eleven, ladede partiklers bevægelse i simple toroidiale felter og diskuterede mulige løsninger på problemet med indesluttet plasma. Eleven inddrog samtidigt forsøget på DTU.

Elevens resume:

I dette projekt undersøges partiklers bevægelse i forskellige feltkonfigurationer. Dette gøres først ved matematisk at undersøge krydsprodukter. Her blev det bevist, at koordinatsættet for et krydsprodukt er som vist i ligning (1.11). Det blev også bevist, at krydsprodukter er antikommutative og bilineære. Derefter præsenteres Lorentzkraften, som er ligningen for den kraft, en ladet partikel oplever i et elektromagnetisk felt, som ses ved ligning (2.1). Efter dette bliver partikelbevægelsen i en simpel feltkonfiguration, med en ydre kraft K vinkelret på magnetfeltet B, udledt og forklaret illustrativt. Det ses her, at negativt ladede partikler og positivt ladede partikler bevæger sig i hver deres lodrette retning. Derefter undersøges ladede partiklers bevægelse i et simpelt toroidalt magnetfelt Det vises her, at partikler i disse felter oplever forskellige former for drift, som i sidste ende resulterer i, at plasmaet ikke kan holdes indesluttet i et simpelt toroidalt magnetfelt. Derefter vises løsninger på de problemer, der opstår i et simpelt toroidalt magnetfelt ved at introducere og forklare to forskellige typer fusionsreaktorer. Disse typer af fusionsreaktorer er tokamakken og stelleratoren, og det vises her, at feltkonfigurationerne som de forskellige fusionsreaktorer danner, gør at de teoretisk set kan indeslutte plasma. Det vises i forlængelse af dette, at det simple toroidale magnetfelt brugt i DTU’s tokamak North ikke er godt nok til at kunne indeslutte plasma i længere tid ad gangen.

Kort Litteraturliste

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Font/skrifttype, algebra

Indhold genereret af kunstig intelligens kan være forkert.

Et billede, der indeholder tekst, kvittering, algebra, Font/skrifttype

Indhold genereret af kunstig intelligens kan være forkert.

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Font/skrifttype, dokument

Indhold genereret af kunstig intelligens kan være forkert.

**Version 2:**

Opgaveformulering

Emne: Fusionsreaktorer

FAG: FY, MA

Et billede, der indeholder tekst, skærmbillede, Font/skrifttype, dokument

AI-genereret indhold kan være ukorrekt.

Kort beskrivelse

Denne SRP inkluderede i matematikdelen bl.a. et induktionsbevis for Euler karakteristikken.

I fysikken delen forklares anvendelsen af en tokamak til at indeslutte plasmaet og at dette er nødvendig for at kunne lave fusionsprocessen. Tokamak skaber et torus-formet magnetfelt der sikrer den nødvendige fastholdelse af plasmaets placering. Man kan ved at modulere og betragte partikelbevægelserne i forskellige konfigurationer af magnetfelter, argumentere for at tokamakken giver den bedste indeslutning af plasmaet. I opgaven redegøres for de fysiske krav, der gælder for en fusionsreaktion, og hvilke betingelser det stiller til en fusionsreaktor. Derudover gennemgås essentielle matematiske størrelser for at vise de unikke topologiske egenskaber for en 2-torus, som gør den anvendelig i en fusionsreaktor. Dette leder hen til opbygningen af tokamakken og andre fusionsreaktorer. Til sidst beskrives forsøg på DTU med et simpelt toroidalt magnetfelt.

Elevens resume:

Den kontrollerede fusionsproces, er en kompleks størrelse. Centralt for processen er at et plasma, bestående af frie elektroner og kerner fra hydrogen isotoper, indesluttes i en kompliceret konfiguration af magnetfelter, som tilsammen effektivt indeslutter plasmaet.1 Dette er nødvendigt for at fusionsprocessen kan kontrolleres. Den mest fremherskende metode til at indeslutte plasma er ved hjælp af en tokamak, med hvilken der skabes et torus-formet magnetfelt der sikrer den nødvendige fastholdelse af plasmaets placering.2 Man kan ved at modulere og betragte partikelbevægelserne i forskellige konfigurationer af magnetfelter, argumentere for at tokamakken giver den bedste indeslutning af plasmaet.3 I opgaven redegøres for de fysiske krav, der gælder for en fusionsreaktion, og hvilke betingelser det stiller til en fusionsreaktor. Derudover gennemgås essentielle matematiske størrelser for at vise de unikke topologiske egenskaber for en 2-torus, som gør den anvendelig i en fusionsreaktor. Dette leder hen til opbygningen af tokamakken og andre fusionsreaktorer, som i modsætning til det simple toroidale magnetfelt, danner et effektivt plasmaindesluttende magnetfelt. Til sidst beskrives et forsøg på DTU med et simpelt toroidalt magnetfelt, som demonstrerer at denne type magnetfelt ikke effektivt indeslutter plasma, hvorfor det ikke kan benyttes til energiproduktion i fusionsreaktorer.

Kort litteraturliste

1. Abate, D, et al., “Plasma shape effect on the n = 0 stability of RFX-mod-shaped tokamak plasmas” (2019). Tilgængelig ved: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1741-4326/ab0fd1
2. AFTER ITER, Tilgængelig ved: <https://www.iter.org/sci/iterandbeyond>
3. Atiyah, M. F., “Vectorfield with finite singularities.”. Tilgængelig ved:
4. [http://archive.ymsc.tsinghua.edu.cn/pacm\_download/117/6123-](http://archive.ymsc.tsinghua.edu.cn/pacm_download/117/6123- 11511_2006_Article_BF02392157.pdf)

[11511\_2006\_Article\_BF02392157.pdf](http://archive.ymsc.tsinghua.edu.cn/pacm_download/117/6123- 11511_2006_Article_BF02392157.pdf)

1. Bourke, Paul, “Circles and Spheres” 1992, tilgængelig ved: <http://paulbourke.net/geometry/circlesphere/>
2. Brief History Of Fusion: Tilgængelig ved:

<https://lppfusion.com/technology/brief-history-of-fusion-power/>

1. Broer, H.W, et al, Index Theory, 2012, s. 5, s. 11. Tilgængelig ved:

<https://fse.studenttheses.ub.rug.nl/10368/3/A9R96E6.pdf>

1. Euler Karakteristik: Available from:

<https://hmn.wiki/da/Euler_characteristic>

1. Hairy Ball Theorem, Tilgængelig ved:

https://en.wikipedia.org/wiki/Hairy\_ball\_theorem

1. Heiselberg, B. Dam, et al, Plasmafysik og fusionsenergi – fremtidens energikilde, 2015, s.14-22, s. 26-40, s. 46-48
2. Homeomorphism, Tilgængelig ved: https://en.wikipedia.org/wiki/Homeomorphism
3. Jensen, V.O, DTU – Fusionsplasmafysik

<https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/56583791/ris_m_2743.pdf>

1. Josevich, Piotr, et al, The Poincaré-Hopf Index Theorem and the Fundamental Theorem of

<https://www2.math.upenn.edu/~pjmcgrat/research/pumj.pdf>

1. Fusionsenergi.dk: <https://www.fusionsenergi.dk/>
2. Pocaré-Hopf Theorem, <https://en.wikipedia.org/wiki/Poincaré–Hopf_theorem>