

Teoretisk fysikk og modellering.

Prof. Laszlo P. Csernai, seksjonsleder

Ved Fysisk Institutt har vi ein liten men svært aktiv seksjon som arbeider med eit breitt spektrum av emner, frå rein grunnforskning til bruksforskning. Dese emna har mykje til felles. Alle metodologiske framsteg kan i stor utstrekning brukast i alle forskningsfelt våre. Den tilgjengelege reknekrafta har vakse eksponentielt i dei seinara år, og me brukar denne til å nærma oss oppgåvene som skal løysast teoretisk. Endringa i reknekraft er so dramatisk at Amerika no byter ut dei farlege kjernesprengningsprøvene med numerisk simulering i stor skala.

I denne korte artikkelen vil eg berre velja ut nokre få emner som ein illustrasjon. Prof. Jan S. Vaagen har alt introdusert nylege framsteg innan ekstreme tilstandar av materien, særleg oppdaginga av dei fyrste signaturane til kvark-gluonplasma. Dette er eit svært interessant felt som bind saman relativitetsteori, astrofysikk og teorien for materie under ekstreme tilstandar. Ikkje å undrast på at dette er mitt favoritt-forskningsfelt. I store akseleratorar kan vi lage ørsmå mengder av dette høgenergetiske stoffet ved å la to atomkjerner kollidere med svært høg energi. Når kollisjonen skjer vert kvark-gluonplasma danna og eksploderar i same stund slik at vi observerar titusentvis av partiklar som er danna under eksplosjonen. Med mykje arbeid og pengeutlegg kan vi måle desse partiklane, men vi treng god teoretisk innsikt og svært presis matematisk modellering for å forstå kva som eigentleg hende i denne eksplosjonen og kva som er eigenskapane til denne ørvesle materiedropen som eksploderte. Vi har ingen reidskapar eller detektorar som kan måle direkte eigenskapane til dette mikroskopiske objektet i ein eksplosjon som er snøggare enn nokon av målereidskapane våre. Dette er ei svært vanskeleg oppgåve, og utan å løyse denne kunne me aldri konkludere kva vi eigentleg skapte.

So vi treng alle framsteg innan matematisk modellering til å skildre denne prosessen presist, og vi treng reknekraft som kan samanliknast med det ein treng for å modellere kjernefysiske eksplosjonar. Vårt primære teoretiske verktøy er veskedynamikk som kan skildre godt sjokk og detonasjonar. På grunn av dei ekstreme energiane treng ein relativistisk veskedynamikk og ein må inkludere strålingsprosessar. Slike oppgåver er typiske for superreknemaskiner, og vi er svært heldige som har ein av dei største superreknemaskinene i verda ved Parallax her i Bergen. Det er ein 52 Gigaflop SGI Cray Origin 2000 maskin. Vi vonar at vi ogso i framtida vil vera konkurransedyktige og ha dei beste reknemaskinene.

Den teoretiske teknikken ein brukar i veskedynamikken kan brukast i mange andre interessante felt, frå å skildre grunnleggande kjernefysiske eksitasjonar (t.d. dipol kjemperesonansar) eller sonoluminescence (der ei gassboble i vatn forsterkar ultralydenergi med ein faktor på ti tusen og sender ut synleg blått lys), til praktiske oppgåver som aluminium ekstrusjon (å forme aluminiumprofilar til bildelar). I seksjonen vår kan vi arbeide med alle desse emna.

Mange av desse eksempla som er nemnde skildrar små system, på grensa millom makro og mikrosystem. Det kan vera svært ulike, men svært interessante system, der stokaistiske fluktuasjonar ikkje kan neglisjerast men kan vekselverka og vera årsak til kollektiv dynamikk med store amplitudar. Talet på fridomsgrader er av storleiksorden $10^3 - 10^5$, ikkje for stort og ikkje for lite. Alle eksempla som er nemnde høyrer til denne interessante familien og fleire andre kan inkluderast, som t.d. finansmarknaden, multifasestrøyming og endå til meteorologi. Ein kan undrast over at naturlovene og statistikk kan brukast i økonomi og i finansmarknaden, men faktisk er det i Amerika omlag 4-6% av universitetsutdana fysikarar som finn arbeid i finansverda, og ei ny forskningsgrein innan fysikken, økonofysikk, er i utvikling over heile verda.

Fenomena som er nemnde ovanfor er på grensa av det ein kan bruke klassisk teoretisk fysikk til når ein skal nærme seg problemet. Her trengst det eit utvida studium som samanliknar og sameinar fleire måtar å attakere problemet på, der den praktiske reknemaskindelen av arbeidet er ei av dei viktigaste kjeldene til framgang. Soleis opnar storskalarekningar nye vegar innan fysikken der ein ikkje kunne ferdast før.

Det er viktig å koma med ein sidemerkknad her. Røynsla viser at ein skal vera svært varsam når ein arbeider med reknemaskin-modellering, og ein må ikkje misse kontrollen og kontakten med naturen eller objektet for reknemaskinstudiet. Det er lett å skrive enkle koder som skaper kompliserte strukturar, interessante fenomen, fraktalar, kaotisk rørsle etc. Å leike med slike enkle modellar fører til viktig røynsle og ein del innsikt i kva som er mogleg å modellere. Men oppgåva vår er å skildre objektet som vi undersøker nøyaktig og realistisk. Dette er vanlegvis eit mykje meir komplisert arbeid, og vi er pålagde å gjera greie for kor nøyaktige predikeringane våre er, og kva føresetnader som gjeld, (kva vi neglisjerte og kva vi gløymde å ta med i rekninga). Dette er ikkje alltid so lett, og det er av og til umogleg, basert på kunnskapsnivået i samtida, (t.d. nøyaktige predikasjonar av ver og klima, eller kva orden fasetransformasjonen i kvarkgluonplasmaet har. Vanlegvis er det berre samanlikning med eksperiment som kan vise om modelleringarbeidet har nått det nivået ein krev m.o.t. å vera nøyaktig og påliteleg. Soleis er den viktigaste oppgåva vår å lære studentane våre og ikkje minst publikum og media korleis dei skal sjå på resultatata av matematisk modellering og ikkje mistyde ymt og utsikter som endelege og solide vitenskaplege resultat. Dette er eit viktig etisk spørsmål og det er ikkje alltid so lett å finna den rette grensa for korrekt form og presentasjonsmåte. I den seinare tid har ein hatt debattar om sambandet millom atmosfærisk CO_2 -konsentrasjon og eit eventuelt globalt klimaskifte, der diverre vitenskaplege og politiske argument ofte er blanda saman. Presentasjonen av resultat er stundom ogso uetiske, (særleg når berre deler av eit studium er sitert i media, noko som forvrenger det vitenskaplege resultatet vesentleg.

Oppgåva vår er soleis ikkje berre å laga matematiske modellar! Hovedparten av arbeidet er å etterprøve, kontrollere og samanlikne det som kjem ut av desse modellane og systematisk forbetre det. Dette er ein storleiksorden meir arbeid enn å lage modellane, men likevel ikkje nok. Medan vi gradvis og systematisk forbetrar modellen vår må vi ikkje misse oversikta og ordninga millom dei mange prinsipielle og mindre, praktiske, ingrediensane til den endeleg utvikla modellen. Slike oppgåver utgjør vanlegvis mange årsverk for fleire menneske, og representerer like stor innsats og oppnådde mål som den tilsvarande eksperimentelle verifikasjonen. Dette forklarar kvifor Nobelprisen ofte er delt millom teoretikarar og eksperimentalar for oppdaginga av eit nytt fenomen eller ein ny partikkel.

Oppgåva vår i teoretisk og modelleringsfysikk er soleis ikkje berre å laga matematiske modellar, men å lære å evaluere yteevna deira, kor pålitelege dei er og å lære prioriteringane til naturen og objektet ein studerar. Vi må lære å syne respekt for det reelle problemet og den verkelege verda og ikkje tru at ein matematisk modell eller teori er naturen overlegen, kor vakker eller estetisk han enn må vera. Der er sume teoretikarar som ikkje deler dette synet og er fullt engasjerte i venleiken til ein teori, (vanlegvis berre ein). Dei vert toppekspertar i denne teorien, men arbeidet deira kan lett vera bortkasta dersom dei ikkje tek omsyn til den verkelege verda. Det er oppgåva vår å spreia denne haldninga og ikkje berre kunnskap millom studentane og dei unge forskarane våre. Dette skulle vanlegvis hjelpa ein til å orientera seg, betra dømekrafta gjennom karriera hans eller hennar og til å finna adekvate løysingar til alle slags problem.