

A dinamikus meteorológia oktatása az ELTE-n



Tasnádi Péter, Weidinger Tamás
ELTE Meteorológiai Tanszék

Főbb témakörök

Mi a dinamikus meteorológia, miért fontos és miért egyszerű?

A dinamikus meteorológia oktatás hazai története

A dinamikus meteorológia oktatás helye a kétlépcsős képzésben

Kapcsolódási pontok

– a dinamikus meteorológia alapozó tárgyai

– és amit megalapoz

– szinoptikus meteorológia, numerikus prognosztika,
mezoszinoptika

A klasszikus dinamikus meteorológia a BSc oktatásban

– A készülő klasszikus dinamikus meteorológia tankönyv

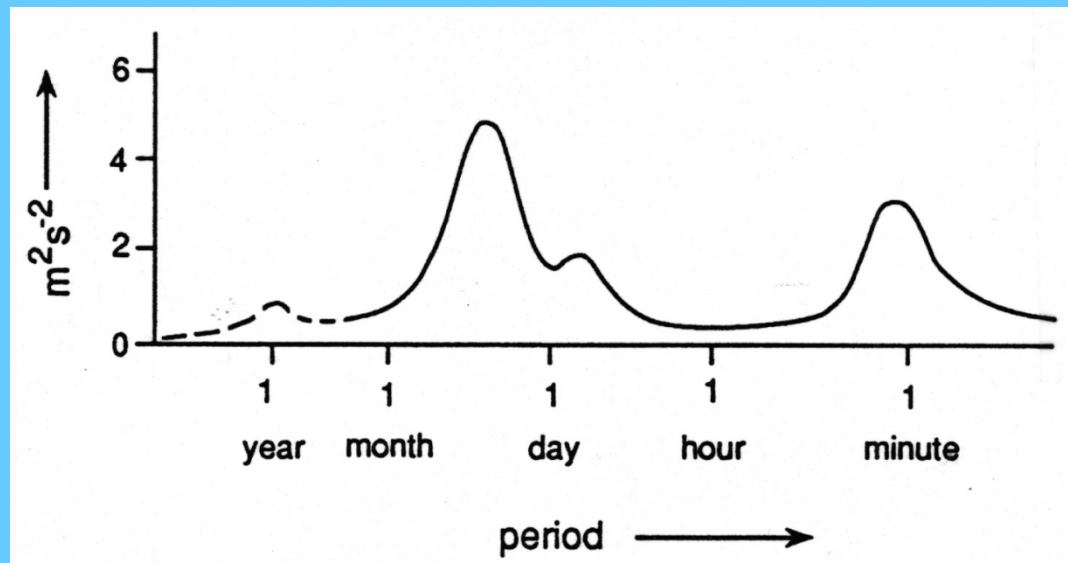
A dinamikus meteorológia tárgycsoport az MSc képzésben

Összefoglalás

A dinamikus meteorológia és főbb témakörei

A *dinamikus meteorológia* célja, hogy elméletileg leírja a különböző skálájú légköri mozgásrendszereket, és kutatási eredményeivel hozzájáruljon az időjárás és éghajlati előrejelzések pontosabbá tételéhez. A főbb témaköröket a légköri folyamatok természete szabja meg:

- klímadinamika
- dinamikus meteorológia (nagy és mezoskálájú folyamatok)
- határréteg meteorológia, légköri turbulencia



Dinamikus meteorológia Geofizikai folyadékdinamika

A légkör kinetikus energiaspektruma a felszínközeli mérések alapján
Van der Hoven, 1957 alapján 3

Miért fontos a dinamikus meteorológia?

- A légköri mozgásrendszerek vizsgálatának elméleti alapja
- Az időjárási folyamatok megértésének és a meteorológiai előrejelzések készítésének (legyen az numerikus prognosztika, vagy szinoptikus meteorológia) kiinduló pontja.
 - *Hogyan fejlődnek a különböző skálájú légköri folyamatok*
 - *skála-analízis, instabilitások, energiaátalakulások, lineáris és nemlineáris hatások*
- Légköri nyomanyagok szállítása, hígulása – transzportmodellek, levegőkémia, levegőminőség tervezés
- A felszín-bioszféra-légkör közötti tulajdonságszállítás megértése
 - mikrometeorológia, ökológiai vonatkozások
- Éghajlat, éghajlati rendszer, éghajlati hatások megértése

Miért nehéz és miért könnyű tantárgy?

Egzakt matematikai és folyadékdinamikai alapok

Forgó Földön, összenyomható viszkózus közegbe írjuk le a skálafüggő légköri folyamatokat.

DE

- egyszerű fizikai elvek
 - Megmaradási törvények (tömeg, impulzus energia)
- Newton-i mozgástörvények
- *esetleg a Lagrange- vagy a Hamilton-féle formalizmus*

A XX. századi dinamikus meteorológia kulcsszavai Edward N. Lorenz (1996) szerint

- isentropic analysis
- Rossby waves
- the beta plane
- potential vorticity
- baroclinic instability
- vacillation
- the balance equation
- available potential energy
- quasi-biennial oscillation
- low-order models
- CISK (conditional instability of the second kind)
- chaos
- global circulation models
- semigeostrophy
- enstrophy
- waveguides
- wave overreflection
- Eliassen–Palm flux
- gravity wave drag
- the surf zone.

A dinamikus meteorológia oktatása az ELTE-én

Kezdetek – Elméleti meteorológiai oktatása 1890-től:

Kövesligethy Radó, Homoródi Anderkó Aurél, Steiner Lajos,

Oktatók: Aujezky László, Bodolai István, Dési Frigyes, Rákóczi Ferenc,
Hont László, Práger Tamás, *Weidinger Tamás*, Szunyogh István,
Mészáros Róbert, Tasnádi Péter, Havasi Ágnes

Hazai tankönyvek:

Dési Frigyes, Rákóczi Ferenc, 1970: *A légkör dinamikája*

Götz Gusztáv, Rákóczi Ferenc, 1981: *A dinamikus meteorológia alapjai*

Práger Tamás, 1982: *Numerikus prognosztika I.*

A hidrodinamikai előrejelzés elmélete

Bodolai István, 1984: *Dinamikus meteorológia*. OMSZ

Götz Gusztáv, 2001: *Káosz és prognosztika*. OMSZ

Tél Tamás, 2003: *Környezeti áramlások*. Kézirat, ELTE Fizika Intézet

A dinamikus meteorológia az egyciklusú képzésben (1978-2010)

Alapozó tárgyak: vektorszámítás, analízis, parciális differenciálegyenletek, kísérleti fizika, elméleti fizika

Dinamikus meteorológia (4 félév):

- légköri termodinamika, statika,
- kinematika, légkörben ható erők, kormányzóegyenletek,
- egyensúlyi áramlások, divergencia örvényesség, potenciális örvényesség, szakadási felületek, fronok, frontogenézis,
- turbulencia, határréteg légköri energetika, instabilitások (horizontális, vertikális, barotróp, baroklin), általános cirkuláció mérlegfeltételei

Ami ráépül:

- dinamikus modellezés, numerikus előrejelzés,
- szinoptika, mezoszínoptika

A dinamikus meteorológia a BSc képzésben Magyarországon és egy amerikai egyetemen

A 3 lépcsős hazai képzés: BSc, MSc, PhD: 3, 2, 3

A meteorológus BSc képzés: nem mi találtuk ki az új rendszert, de igyekszünk tartalommal kitölteni

- 1. Természettudományi alapismeretek modul (33)**
- 2. Általános értelmiségi modul**
- 3. Földtudományi alapismeretek modul**
- 4. Földtudományi vizsgálati módszerek modul**
- 5. Alkalmazott földtudományi modul**
- 6. Egyéb földtudomány modul**
- 7. Gyakorlati képzési modul (10 +23)***
- 8. Meteorológus szakirány (69)**

Meteorológus szakirány (69) Szakfelelős: Bartholy Judit

Matematika (18) (Matyasovszky István)

Fizika és informatika (16) (Tasnádi Péter)

Általános meteorológia és klimatológia (13) (Bartholy Judit)

Dinamikus meteorológiai és légkörfizika (22) (Weidinger Tamás)

Szinoptikus meteorológia (Gyuró György)

Légkörfizika (Ács Ferenc)

Levegőkémia (Haszpra László)

Dinamikus meteorológia (Weidinger Tamás)

Meteorológiához szorosan kapcsolódó kreditek a 180-ból 148 Kredit

Differenciált szakmai ismeretek 69

Matematikai, fizikai és informatikai képzés 34

Szakirányú képzés 35

Szakedolgozat 10

Meteorológus BSc, University of Michigan: Képzési idő 4 év B.S.E. (Earth System Science and Engineering)

Alapozó tárgyak

Matematika, bevezetés a mérnöki tudományokba, számítástechnika, kémia, fizika

Társadalomtudományok

Közös Földtudományi tárgyak

A Föld-rendszer fejlődése

A föld-rendszer dinamikája

Adat- és jelfeldolgozás

Légkörfizika I, II

Geofizikai folyadékdinamika

Föld-rendszer modellezése

Föld-óceán-légkör kölcsönhatások

Meteorológia és klímadinamika

Éghajlati szakirány

Felhőfizika,

Biogeokémiai ciklusok

Csillagászati kölcsönhatások, űridőjárás

Műszertan

Szabadon választható tárgyak

Meteorológia szakirány

Időjárási rendszerek (szinoptikus meteorológia)

Műszertan (Földbázisú és az űrbázisú rendszer elemei)

Légkördinamika (dinamikus meteorológia)

Szinoptikus laboratórium

Szabadon választható tárgyak

Hasonlóságok és különbségek az oktatásban

Tematika, elmélet és a gyakorlat aránya – több a hasonlóság mint a különbség.

Számonkérés módja: több teszt gyakorlati feladat, project munka,

önálló mérések, adatfeldolgozás, szakirodalom ismerete

Dinamikus meteorológia tematikája a kétciklusú képzésben

Alapozó tárgyak – mint korábban

A BSc képzés fő célja az MSc megalapozása – klasszikus kutatószakos koncepció
A BSc képzés önmagában „nem eladható”, de talán nem is olyan nagy baj
a szakképzés fontossága

Klasszikus dinamikus meteorológia I–III.

a légköri termodinamikától a frontokig: BSc 5. és 6. félév,
MSc 7. félév

A légköri folyamatok fejlődése a kvázigeosztrófikus elmélettől
a turbulencián át a légköri energetikáig

Dinamikus meteorológia IV.

Légköri energetika

Folyadékdinamika,

+ Elméleti (statisztikus) fizika

Alkalmazások – mint korábban, De megnőtt a fizikai klimatológia és a
levegőkémia szerepe

DINAMIKUS METEOROLÓGIA I-III.

Légköri termodinamika, sztatika, a hidro-termodinamikai egyenletrendszer és alkalmazásai

- I. A DINAMIKUS METEOROLÓGIA TÖRTÉNETE**
- II. MATEMATIKAI ALAPOK, JELÖLÉSEK**
- III. TERMODINAMIKAI ALAPISMERETEK**
- IV. A NEDVES LEVEGŐ TERMODINAMIKÁJA**
- V. AZ EGYDIMENZIÓS HIDROSZTATIKUS LÉGKÖR**
- VI. A VERTIKÁLISAN ELMOZDULÓ LÉGRÉSZ EGYENSÚLYI VISZONYAI**
- VII. A LÉGKÖRI KINEMATIKA**
- VIII. A LÉGKÖRI HIDRO-TERMODINAMIKAI EGYENLETRENDSZER**
- IX. A LÉGKÖRI KORMÁNYZÓ EGYENLETEK ALAKJA SZFÉRIKUS KOORDINÁTA-RENDSZERBEN**
- X. A VERTIKÁLIS KOORDINÁTÁZÁS KÉRDÉSE**
- XI. A LÉGKÖRI FOLYAMATOK NAGYSÁGRENDI ANALÍZISE**
- XII. EGYENSÚLYI ÁRAMLÁSOK, AGEOSZTROFIKUS HATÁSOK, LOKÁLIS VÁLTOZÁSOK**
- XIII. A DIVERGENCIA ÉS A ROTÁCIÓ SZEREPE A LÉGKÖRI FOLYAMATOK FEJLŐDÉSÉBEN**
- XIV. A POTENCIÁLIS ÖRVÉNYESSÉG**
- XV. SZAKADÁSI FELÜLETEK, FRONTOK**
- XVI. A FRONTOGENETIKUS FÜGGVÉNY**

DINAMIKUS METEOROLÓGIA IV.

- A kvázigeosztrofikus mozgásegyenletek
- A baroklin instabilitás
- A Q vektor és alkalmazása
- A planetáris határréteg
 - Az átlagolt mozgásegyenletek
 - A lezárási probléma
 - A turbulens kinetikus energia
 - Szélfordulás a határrétegben, Ekman-pumpálás
 - A disszipáció mechanizmusa a határrétegben

A LÉGKÖRI ENERGETIKA

- A léggöri energetika alapfogalmai
 - A kinetikus és potenciális energia és energiasűrűség
 - Ryd és Margules példája a felhasználható potenciális energiára
- Léggöri energiacsere folyamatok
- A léggöri felhasználható potenciális energia
 - Lorentz gondolatmenete
- A vertikálisan és zónálisan átlagolt energiaáramlás
- Az általános léggörzés
- Az impulzus, impulzusmomentum és a szenzibilis hő árama
- A baroklin hullámok energetikája
- Energia és enstrófia kaszkád a turbulens áramlásokban

FOLYADÉKDINAMIKA

- CÉL:
A HIDRODINAMIKAI ÉS MATEMATIKAI ALAPISMERTEK AZONOS SZINTRE HOZÁSA A KÜLÖNBÖZŐ EGYETEMEKRŐL, SZAKIRÁNYOKRÓL ÉRKEZETT HALLGATÓK KÖRÉBEN
- Az Einstein-féle indexes jelölés alkalmazása
- A meteorológia, a hidrodinamika és az áramlástan közötti kapcsolódási pontok bemutatása

MATEMATIKAI ALPOK

- VEKTORREPREZENTÁCIÓK
 - DESCARTES ÉS FERDESZÖGŰ RENDSZERBEN
 - GÖRBEVONALÚ KOORDINÁTA-RENDSZEREK BEN
- DIFFERENCIÁLOPERÁTOROK
 - GÖRBEVONALÚ KOORDINÁTA-RENDSZERBEN
 - A KOVARIÁNS DERIVÁLÁS
- A HENGER ÉS A GÖMBI POLÁRKOORDINÁTA-RENDSZER

HIDRODINAMIKAI ALAPOK

- AZ EULER ÉS A NAVIER STOKES EGYENLETEK
- AZ ÖRVÉNYESSÉGI EGYENLET
- A POTENCIÁLIS ÖRVÉNYESSÉG
- FELSZÍNI HULLÁMOK
 - A FÁZIS ÉS CSOPORTSEBESSÉG
- GRAVITÁCIÓS HULLÁMOK RÉTEGEZETT KÖZEGBEN
- INSTABILITÁSOK

Összefoglaló megjegyzések

Igyekszünk egy hagyományokra épülő analitikus szemléletű, korszerű matematikai és fizikai alapokat használó tematika kialakítására.

Az oktatás szerkezete, a leadott anyag mennyisége összevethető más meteorológus képzési helyekkel

A közeli jövő feladatai:

- az MSc-s tematikák véglegesítése
- szakirodalom feldolgozását segítő szeminárium
- mezoskálájú modellezéssel és az áramlástan megoldókkal foglalkozó speciális kollégium kialakítása (TÁMOP pályázatra alapozva)
- tankönyvírás