

## METEOROLÓGUS MSC ZÁRÓVIZSGA TÉTELEK

- A.) Közös tételek
- B.) Specializációs tételek

### A.) KÖZÖS TÉTELEK

#### 1. A száraz és a nedves levegő termodinamikája.

Főtételek, állapotváltozások, politróp folyamatok, termodinamikai potenciálok, fázisátalakulások, száraz és nedves adiabaták, termodinamikai diagramok. A nedves levegő állapothatározói. A nedves levegő leírásában alkalmazott főbb hőmérsékleti fogalmak.

#### 2. Légköri sztatika, a hidrosztatikai egyensúly instabilitása és a konvektív mozgások kialakulása.

A barotróp és a baroklin légkör, abszolút és feltételes barotrópia. A sztatika alapegyenlete. A politróp légkör. A hidrosztatikus közelítés szerepe a légköri folyamatok modellezésében. A száraz és a nedves adiabatikus hőmérsékleti gradiens. Konvektív mozgások: a részecske és a rétegmódszer, a légbeszívás szerepe. A labilitási energia.

#### 3. A hidro-termodinamikai egyenletrendszer általános alakja, a horizontális és a vertikális koordinátázás kérdése a légköri modellek felépítésében.

A lagrange-i és euler-i szemléletmód. A légköri mozgások és hőcsere folyamatok alapvető megmaradási törvényei. A hidro-termodinamikai egyenletrendszer általános alakja szférikus koordináta-rendszerben. A leggyakrabban használt horizontális és a vertikális koordináták. A hidro-termodinamikai egyenletrendszer átírása különböző koordináta-rendszerekbe.

#### 4. A légköri folyamatok tér és időskálája. A hidro-termodinamikai egyenletrendszer főbb egyszerűsítései és lezárása a különböző skálákon.

Szemléletmód és koordináta-rendszer választás. A nagyságrendi analízis módszere és annak skálafüggő alkalmazása (nagy-skálájú folyamatok, mezo-skála, planetáris határréteg). Az átlagolás kérdése: átlagos mozgások és fluktuációk, skálafüggő egyszerűsítések, (hidrosztatikus és nem-hidrosztatikus, illetve sekély és mély konvekciós közelítés), lezárási hipotézisek (első- másod- és magasabb rendűek).

#### 5. Cirkuláció, örvényesség és divergencia szerepe a légköri folyamatok leírásában.

A horizontális áramlási mező divergenciája és örvényessége. A cirkuláció és az örvényesség kapcsolata. A cirkuláció időbeli változása, a cirkulációs elmélet alkalmazása a légköri folyamatok leírásában. Az örvényességi-és a divergenciaegyenlet alakja, nagyságrendi analízise, főbb egyszerűsítései. A potenciális örvényesség.

#### 6. Egyensúlyi mozgások. A lokális nyomásváltozás mechanizmusa és hatása az áramlási mezőre.

Az egyensúlyi mozgások osztályozása. A geosztrofikus szél egyenlete különböző koordináta-rendszerekben. A gradiens szél. A geosztrofikus és a gradiens szél összehasonlítása. A termikus szél. Sűrűdásos áramlás. A lokális hőmérsékletváltozás mechanizmusa. A nyomási tendencia egyenlet. Az ageosztrofikus áramlás. Bjerknes–Holmboe elmélet.

#### 7. A légköri turbulencia. A planetáris határréteg szerkezete, kormányzó egyenletei, turbulens kicserélődési folyamatai.

A turbulens mozgások kialakulása, átlagok és fluktuációk. A molekuláris és a turbulens viszkozitás. A turbulens áramok. A Kolmogoroff-féle turbulencia elmélet. A negatív viszkozitás fogalma és szerepe a légköri folyamatok fejlődésében. A planetáris határréteg szerkezete, kormányzó egyenletei. Az Ekman-réteg. A felszínközeli réteg. A Monin–Obukhov-féle hasonlósági elmélet.

**8. A mérsékeltövi szinoptikus rendszerek szerkezete.**

A mérsékelt szélességek nyomási rendszereinek keletkezése és tulajdonságai. A polárfront-elmélet. Légtömegek, légtömeganalízis és -transzformáció. A tropopauza szerkezete és jelentősége. A jet stream tulajdonságai és szerepe a szinoptikus rendszerekben. Mérsékeltövi nyomási rendszerek felhőzete és annak megjelenése műholdfelvételeken.

**9. Diszkontinuitási felületek a légkörben, az időjárás frontok típusai és jellemző időjárása.**

Szakadási felületek a légkörben. A frontok keletkezése és feloszlása. A frontok dinamikai leírása. Az időjárás frontok fajtái, szerkezetük és időjárás-alakító szerepük. A hidegfront, a melegfront és az okklúziós front fajtái, felhőzete és jellemző időjárása. Az egyes meteorológiai elemek változása időjárás frontok közelében.

**10. Szinoptikus analízis, szinoptikus előrejelzés.**

Az egyes meteorológiai elemek mezői és azok megjelenítése. Az egyensúlyi áramlások szerepe a szinoptikus analízisben. A légkör függőleges szerkezete, függőleges szondázása, a függőleges mozgások szerepe és meghatározásának lehetőségei. Műholdfelvételek vizuális kiértékelése és szinoptikus meteorológiai felhasználása. A szinoptikus helyzet prognózisa. Szinoptikus előrejelzések készítése és a beválás vizsgálata.

**11. Mezoszinoptikai analízis és előrejelzés.**

A mezoskálájú légköri jelenségek sajátosságai. Mezometeorológiai adatok, mérési hálózatok és megjelenítő rendszerek. Az eltérő sugárzasháztartású felszínek által gerjesztett cirkulációs rendszerek. Orografikus akadályok által gerjesztett mezoskálájú mozgások. A szabad konvekció leírása. Rendezett konvektív rendszerek. Frontrendszerekhez kötött konvektív folyamatok. Rendezett konvektív rendszerek a Kárpát-medencében. Zivataros szupercellák. Tornádók és squall line-ok. Mezoskálájú konvektív komplexumok. Trópusi konvektív folyamatok.

**12. Az éghajlati rendszer, visszacsatolási mechanizmusok. Elmúlt idők éghajlata, paleoklimatológiai módszerek.**

Az éghajlati rendszer elemei, azok klímára gyakorolt hatásainak összehasonlítása. Pozitív és negatív visszacsatolások. Főbb éghajlati visszacsatolási mechanizmusok. Az éghajlatváltozás lehetséges okai. Módszertani közelítések. A Föld és régióink éghajlati múltja.

**13. A légkör és az óceánok általános cirkulációja, a globális cirkuláció elemei.**

A légköri és óceáni cirkuláció hasonlósága és különbözősége. Az óceánok cirkulációjának sémája, a tengeráramlások rendszere. Az inerciális, a szél hajtotta és konvektív-ventillációs 3D áramlási rendszerek. A légköri cirkuláció modelljének fejlődése. A légköri cirkulációs rendszerek egymásra épülő kaszkádja. Hadley-cella, monszun, trópusi ciklon, ENSO. Rossby-hullám, poláris jet. Mérsékelt övi ciklon, anticiklon. Frontok.

**14. A Föld éghajlati képe, éghajlati elemek területi eloszlása és időbeli változása Magyarországon.**

Az éghajlatosztályozás elvei, típusai. A Föld fő éghajlati típusainak leírása, földrajzi elhelyezkedése. Általános jellemzés: szárazföldi, óceáni, mediterrán hatás. Éghajlati elemek átlagos viselkedése: tér- és időbeli eloszlás. Hidrológiai ciklus. Magyarországi éghajlati szélsőségek. A Kárpát-medence szinoptikus meteorológiai sajátosságai.

**15. Éghajlati adatsorok statisztikai elemzésének módszerei.**

Éghajlati elemek valószínűségi eloszlása, nevezetes eloszlások, az eloszlások paramétereinek becslési eljárásai (momentumbecslés és maximum likelihood módszer). Hipotézisvizsgálati módszerek (paraméteres és nemparaméteres hipotézisvizsgálati eljárások). Alapvető idősor modellek (autoregresszív, mozgó átlag és autoregresszív mozgó átlag folyamatok). Trendillesztés a legkisebb négyzetek módszerével.

**16. Sugárzási jellemzők és törvények, a légköri sugárzásátvitel fizikája**

Alapvető mennyiségek; Planck-törvény, Stefan–Boltzmann-törvény, Wien-törvény, Kirchoff-törvény. A légköri abszorpció folyamata; Rayleigh-szórás, Mie-szórás, Beer–Bouguer–Lambert-féle törvény, Schwarzschild-egyenlet. Rövidhullámú sugárzási komponensek, rövidhullámú sugárzási egyenleg. Hosszúhullámú sugárzási egyenleg, üvegházhatás.

**17. Kondenzációs és jégképződési folyamatok mikrofizikája, csapadékelemek növekedési módjai.**

A légköri aeroszol-részecskék szerepe; a cseppek kondenzációs és a kristályok diffúziós növekedése; a kristályképződés elmélete; a jégkristályok szerepe a csapadékképződésben. Görbületi hatás és oldathatás; a kolloid instabilitás és a koaguláció folyamata.

**18. Légköri elektromosság.**

Töltéskeletkezés (a kozmikus és a radioaktív sugárzás által okozott ionizáció; ütközéses ionizáció), a légköri elektromágneses tér (források; légköri elektromos kisülések és elektromos terek; a villámok lefolyása és az elektromágneses terük közötti összefüggés), zivatarelektromosság (az elektromos töltések keletkezése, szétválása).

**19. A nyomanyagok légköri ciklusa.**

A légkör összetétele, a fő alkotórészek kémiája. A légköri nyomgázok. A légköri aeroszol-részecskék keletkezése, koncentrációja és nagyság szerinti eloszlása. Száraz és nedves kihullás, a csapadékvíz kémiai összetétele. A légkör összetételének kapcsolata a klímaváltozásokkal.

**20. Levegőtisztaság-védelem, szennyezőanyag transzport modellek.**

Emisszió, transzmisszió, immisszió. Természetes és antropogén légszennyező források. A turbulens diffúzió fizikai alapja. Egyszerű transzport modellek. Dinamikai transzport modellek. A légszennyezés előrejezésének módszerei. Aktuális globális és hazai levegőtisztaság-védelmi problémák, nemzetközi egyezmények. Városi levegőminőség, szmog.

**21. A talaj-növény-légkör rendszer fizikai és biológiai folyamatai.**

Sugárzás-, energia- és tömegátvitel a talajban, a növényállomány belsejében és felette; fotoszintézis, fotoszintetikus fényreakció görbe, optimális sztómanyitottság; növényi párolgás, a növények vízigénye.

## **B.) SPECIALIZÁCIÓS TÉTELEK**

### **Időjárás előrejelző specializáció**

#### **I/1. Léggöri instabilitások.**

Az instabilitás fogalma, skálafüggése. Horizontális és vertikális instabilitások. A hidrosztatikai instabilitás, stabilitási indexek. Barotróp és baroklin instabilitás. Az instabilitások szerepe a mezo- és a szinoptikus skálájú folyamatok fejlődésében.

#### **I/2. A léggöri energetika.**

Alapvető léggöri energiaformák és átalakulások. A hasznosítható potenciális energia. Az általános cirkuláció és a léggöri energiacyklus. A hidro-termodinamikai egyenletrendszer energiakonzisztens egyszerűsítései.

#### **I/3. A számszerű előrejelzési modellek.**

Szűrt modellek és primitív egyenleteken alapuló modellek. Egyszintű és többszintű modellek. Globális és korlátos tartományú modellek. A kezdeti és a peremfeltételek problémája. A számszerű előrejelzési modellekben használt parametrizációk (a modellek "fizikai" blokkja).

#### **I/4. Numerikus előrejelzések készítése.**

Számszerű előrejelzési modellek megoldására használt matematikai módszerek. Véges különbséges módszerek. Spektrális módszerek. A modellek inicializációja. Az inicializáció statisztikai és variációs módszerei. Numerikus előrejelzések időbeli ciklusa, az eredmények utófeldolgozása (MOS).

#### **I/5. Az időjárás elemeinek előrejelzése, célprognózisok készítése.**

A numerikus előrejelzések felhasználásának lehetőségei. A numerikus prognózis mezőinek időjárás-tartalma. Ensemble előrejelzés. Az egyes meteorológiai elemek előrejelzése. A hidrosztatikai instabilitás előrejelzési lehetőségei. A közlekedés, az ipar, a mezőgazdaság, az idegenforgalom és a tömegtájékoztatási eszközök számára készített meteorológiai előrejelzések sajátosságai.

#### **I/6. Hullámmozgások a légkörben.**

A léggöri hullámmozgások osztályozása, leírásának elvei, a kis perturbációk módszere. Léggöri hanghullámok, belső és külső gravitációs hullámok, Rossby-hullámok. Kevert hullámmozgások. Az egyszerűsített, hidro-termodinamikai egyenletrendszerek „szűrőhatásának” szerepe a számszerű előrejelzésben.

## **B.) SPECIALIZÁCIÓS TÉTELEK**

### **Éghajlatkutató specializáció**

#### **É/1. Globális klímamodellek, leskalázási eljárások.**

Modellek típusai. Általános cirkulációs modellek. Modellek érzékenysége. Visszacatolások szerepe és kezelése. A modellekből nyerhető eredmények. Leskalázási eljárások típusai, ezek előnyei, korlátai.

#### **É/2. Városklíma.**

A városok környezetmódosító hatásai. A városi sugárzási viszonyok, a városi hősziget jelenség és jellemzése, a városi hősziget hatás mérséklési lehetőségei. A városi áramlási és nedvességi viszonyok. A városi planetáris határreteg szerkezete. Városi levegőminőség.

#### **É/3. Agrometeorológiai és agroklimatológiai megfigyelések és modellek.**

Növénytakaró modellek, növénynövekedési modellek, fenológiai megfigyelések és modellek. Fotoszintézis, növényi stresszek.

#### **É/4. A hidrológiai ciklus elemei és kapcsolódása a meteorológiai folyamatokhoz.**

Csapadék, párolgás, beszivárgás és a lefolyás mérése és modellezése.

#### **É/5. A világoceán és a krioszféra.**

A világoceán felfedezése és tudományos kutatása. A világoceán általános sajátosságai, fejlődéstörténete, az óceánfenék geomorfológiája és geofizikája. Az óceán vizének fizikai tulajdonságai: hőmérséklet, sótartalom és sűrűség és ezek globális eloszlása. A tengeri és a szárazföldi jégtakarók fizikai tulajdonságai. Az óceán fénytana és hangtana.

#### **É/6. Megújuló energiaforrások.**

A megújuló energiaforrások fajtái, eredete, potenciálisan rendelkezésre álló készletek. Az egyes megújuló energiaforrások jelenlegi elterjedése, a jövőben várható változások. Az energia- és környezeti politika nemzetközi összefüggései.