

---

---

Università di Trieste – Corso di laurea Magistrale in fisica

Fisica dell'Atmosfera

Syllabus anno accademico 2022/2023

ore accademiche 48

**Informazioni presenti su UGOV** (<https://www.units.u-gov.it/>)

Attività Formativa: 774SM - FISICA DELL'ATMOSFERA

Corso di Studio: SM23 - FISICA

Percorso: SM23+8+ - fisica dell'ambiente e interdisciplinare

CFU: 6.0

Cod. Settore: FIS/06

Cod. TAF: C - Affine

Ore Att. Front.: 48

Des. Periodo: Secondo Semestre

Identificativo Attività Formativa: 232688

**Lingua insegnamento**

(Testo italiano)

Italiano

(Testo inglese)

Italian

**Contenuti (Dipl. Supl.)**

(Testo italiano)

Nel corso vengono trattati metodi per la costruzione di modelli fisici e matematici che descrivono i fenomeni atmosferici, dalla scala planetaria a quella locale. Tali modelli mettono in relazione i fenomeni con le cause che li determinano e hanno lo scopo di simularne l'evoluzione. L'approccio adottato si basa sull'applicazione dei principi fisici fondamentali al sistema atmosfera terrestre. I principali argomenti trattati sono: Caratteristiche generali dell'atmosfera terrestre. Scale tipiche dei moti atmosferici e fenomeni caratteristici. Ciclone extra-tropicale, ciclone tropicale, meso-ciclone, tornado. Termodinamica atmosferica. Dinamica atmosferica. L'acqua nell'atmosfera, i suoi passaggi di fase e conseguenze sulla dinamica. Instabilità atmosferica e moti convettivi, precipitazioni, bilancio radiativo. Cenni di climatologia e di cambiamenti climatici. Modelli numerici di atmosfera. Rudimenti di meteorologia, previsioni meteorologiche e previsioni climatiche. Il problema della predicibilità dell'evoluzione atmosferica. Le teleconnessioni e l'approccio statistico alla predicibilità.

(Testo inglese)

The course aims to teach how to build physical and mathematical models of atmospheric phenomena, from planetary to local scales. Such models link weather phenomena and dynamic causes with the goal of simulating phenomena evolution. The approach is based on the application of the fundamental physical principles to the Earth atmospheric system. In summary the topics taught in this course are: General features of the atmosphere. Typical atmospheric scale and their main phenomena. Extra-tropical cyclones, tropical cyclone, meso-cyclones, tornadoes. Atmospheric thermodynamics. Atmospheric dynamics. Water in the atmosphere, its phase passages and the consequences on the dynamics. Atmospheric instability and convective motions, precipitations and radiative balance. Short background on climatology and climate

change. Atmospheric numerical models. Basics on meteorology, weather, seasonal forecasts and climate scenarios. The atmospheric predictability problem. Teleconnections and the statistical approach to the predictability.

### Testi di riferimento

#### (Testo italiano)

- [1] Dynamics of atmospheric motion; Dutton, John A.
- [2] Atmospheric thermodynamics; Bohren, Craig F.
- [3] Termodinamica; Fermi, Enrico
- [4] An introduction to dynamic meteorology; Holton, James R.
- [5] Atmosphere-ocean dynamics; Gill, Adrian E.
- [6] Topographic effects in stratified flows; Baines, Peter G.
- [7] Weather analysis; Djuric, Dusan
- [8] Atmospheric convection: research and operational forecasting aspects; Giaiotti D, Steinacker R., Styel F.
- [9] Atmospheric science : an introductory survey; Wallace, John M.
- [10] Fundamentals of physics and chemistry of the atmosphere; Visconti, Guido
- [11] Principles of atmospheric physics and chemistry; Goody, Richard
- [12] Atmosphere, ocean, and climate dynamics: an introductory text; Marshall, John
- [13] Waves in the ocean and atmosphere : introduction to wave dynamics; Pedlosky, Joseph
- [14] An introduction to fluid dynamics; Batchelor, George Keith
- [15] Atmospheric and oceanic fluid dynamics : fundamental and large-scale circulation; Vallis, Geoffrey K.
- [16] Introduction to geophysical fluid dynamics : physical and numerical aspects; Cushman-Roisin, Benoit

I sono testi disponibili presso la Biblioteca Tecnico Scientifica dell'ateneo e la loro collocazione è rintracciabile a partire dal seguente elenco: <a href="https://www.biblioest.it/SebinaOpac/list/corso-di-fisica-dellatmosfera/421221322356">(Collocazione libri suggeriti presso la Biblioteca Tecnico-Scientifica UniTS)</a><br>

#### (Testo inglese)

- [1] Dynamics of atmospheric motion; Dutton, John A.
- [2] Atmospheric thermodynamics; Bohren, Craig F.

- [3] Termodinamica; Fermi, Enrico
- [4] An introduction to dynamic meteorology; Holton, James R.
- [5] Atmosphere-ocean dynamics; Gill, Adrian E.
- [6] Topographic effects in stratified flows; Baines, Peter G.
- [7] Weather analysis; Djuric, Dusan
- [8] Atmospheric convection: research and operational forecasting aspects; Giaiotti D, Steinacker R., Styel F.
- [9] Atmospheric science : an introductory survey; Wallace, John M.
- [10] Fundamentals of physics and chemistry of the atmosphere; Visconti, Guido
- [11] Principles of atmospheric physics and chemistry; Goody, Richard
- [12] Atmosphere, ocean, and climate dynamics: an introductory text; Marshall, John
- [13] Waves in the ocean and atmosphere : introduction to wave dynamics; Pedlosky, Joseph
- [14] An introduction to fluid dynamics; Batchelor, George Keith
- [15] Atmospheric and oceanic fluid dynamics : fundamental and large-scale circulation; Vallis, Geoffrey K.
- [16] Introduction to geophysical fluid dynamics : physical and numerical aspects; Cushman-Roisin, Benoit

Books are available at Biblioteca Tecnico Scientifica of Trieste University and you find their shelf location following the list: <https://www.biblioest.it/SebinaOpac/list/corso-di-fisica-dellatmosfera/421221322356>>(Collocazione libri suggeriti presso la Biblioteca Tecnico-Scientifica UniTS)</a><br>

### Obiettivi formativi

#### (Testo italiano)

Conoscenza delle proprietà fondamentali, della dinamica e della termodinamica dell'atmosfera. Formulazione e realizzazione di alcuni semplici modelli analitici di sistemi dinamici atmosferici.

#### (Testo inglese)

Knowledge of the basic atmosphere properties, of dynamics and thermodynamics of the atmosphere. Definition and implementation of simple analytical models of atmosphere dynamical systems.

### Prerequisiti

#### (Testo italiano)

Meccanica e termodinamica classica, elettromagnetismo, interazione radiazione-materia, calcolo differenziale ed integrale, rudimenti di equazioni differenziali ordinarie e alle derivate parziali.

#### (Testo inglese)

Classical mechanics and thermodynamics, electromagnetism, radiation-matter interaction, calculus, the

basics of ordinary and partial differential equations.

### **Metodi didattici**

(Testo italiano)

Lezione frontale

(Testo inglese)

Frontal lecture

### **Altre informazioni**

(Testo italiano)

Appunti e diapositive del corso sono accessibili attraverso la piattaforma Moodle:  
<https://moodle2.units.it/course/view.php?id=9156>

(Testo inglese)

Notes and slides are available from the Moodle platform: <https://moodle2.units.it/course/view.php?id=9156>

### **Modalità di verifica dell'apprendimento**

(Testo italiano)

Esame orale della durata di un'ora circa; composto dalla presentazione di un argomento a piacere scelto tra quelli in programma (15 minuti al massimo) e da una serie di domande sul resto.

(Testo inglese)

Oral exam lasting about one hour; it is composed by at maximum of 15 minute for the presentation of an argument chosen among those in the syllabus and a series of questions on the rest of the program.

### **Programma esteso**

(Testo italiano)

Vedi collegamento:

<https://moodle2.units.it/course/view.php?id=10297>

(Testo inglese)

See link:

<https://moodle2.units.it/course/view.php?id=10297>

### **Obiettivi Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile**

(Testo italiano)

Questo insegnamento concorre alla realizzazione degli obiettivi ONU dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile:

[13] Agire per il clima

[4] Istruzione di qualità

(Testo inglese)

This course contributes to achieve the Sustainable Development Goals (SDG) 2030 Agenda:

[13] Climate Action

[4] Quality Education

## **Ulteriori informazioni e dettagli sugli argomenti trattati**

I testi suggeriti per il corso di Fisica dell'Atmosfera sono disponibili presso la Biblioteca tecnico Scientifica dell'Ateneo. L'elenco è il seguente

<https://www.biblioest.it/SebinaOpac/list/corso-di-fisica-dellatmosfera/421221322356>

## **Dettaglio delle attività**

### **Introduzione al corso, caratteristiche chimico fisiche dell'aria e classificazione dell'atmosfera**

Obiettivi del corso e modalità di svolgimento dell'esame. Come affrontare i temi insegnati a lezione e quali le fonti da consultare. Aspetti applicativi e di ricerca scientifica che giustificano le risorse dedicate allo studio dell'atmosfera terrestre. Composizione chimica dell'atmosfera standard e variazioni delle concentrazioni in altezza. Il vapore acqueo e l'energetica dei passaggi di fase. I gas effetto serra e i loro ruoli sul bilancio radiativo terrestre. Le variazioni della concentrazione dei gas serra negli ultimi diecimila anni. Andamento delle temperature con la quota in tutta l'atmosfera. La diminuzione della temperatura con l'altezza e la definizione delle inversioni termiche. Il ruolo dell'Ozono stratosferico nell'assorbimento della radiazione ultravioletta nell'atmosfera e quello dell'ossigeno atomico e molecolare nell'assorbimento della radiazione X e gamma. Classificazione degli strati atmosferici in funzione dei gradienti termici: Troposfera, Stratosfera, Mesosfera, Termosfera e le rispettive zone di transizione. I principali processi di trasferimento dell'energia nel mezzo atmosferico alle diverse quote.

### **Circolazione atmosferica globale, fronti e modelli per profili termici verticali**

Proprietà elettriche dell'atmosfera e densità elettronica in funzione della quota e conseguente definizione degli strati atmosferici. Il campo elettrico terrestre di bel tempo e le sue variazioni in caso di temporale. Cause naturali ed artificiali delle variazioni dell'intensità del campo elettrico terrestre. Costruzione di un modello fisico che giustifichi la diminuzione della pressione e della temperatura con la quota. Miglioramento del modello includendo i processi diabatici per giustificare le grandi inversioni termiche. Circolazione generale dell'atmosfera terrestre. Il modello di Hadley ed il modello a tre celle di Ferrel. Le alte pressioni tropicali e la zona di convergenza intertropicale. Le depressioni delle medie latitudini e le alte polari. Gli Alisei e i venti occidentali. Redistribuzione energetica a scala globale ed il ruolo dei cicloni tropicali, di quelli extra-tropicali e dei passaggi di fase dell'acqua.

### **Scale tipiche dei fenomeni atmosferici, continuità del mezzo atmosferico e principi di conservazione**

Il concetto di fronte atmosferico e la sua relazione con i gradienti di densità. Fenomenologia del fronte freddo e del fronte caldo. Profili longitudinali medi e strutture dinamiche tipiche: il fronte intertropicale, quello polare e quello artico. Le scale spaziali e temporali tipiche dei principali processi atmosferici, le azioni e le retro azioni (feedback) e l'importanza dell'individuazione dei processi dominanti. Motivazioni che supportano la continuità del mezzo atmosferico. Definizione di continuità dei campi atmosferici e limiti spaziali inferiori a tale ipotesi. Approccio euleriano e lagrangiano e definizione di derivata totale rispetto al tempo di campi continui. Individuazione dei principi fisici fondamentali che stanno alla base delle equazioni della fisica dell'atmosfera: Conservazione della massa, conservazione della quantità di moto e conservazione dell'energia. Derivazione dell'equazione di continuità a partire dal principio di conservazione della massa. Formulazione euleriana e formulazione lagrangiana

### **Equazioni per la conservazione della massa, della quantità di moto, dell'energia ed equazione di stato**

Il principio della conservazione della quantità di moto applicato al volume elementare di atmosfera. Individuazione delle interazioni fondamentali a cui è soggetto il volume elementare. Distinzione tra forze di volume e forze di superficie. Forma funzionale della forza gravitazionale, contributi delle forze

elettromagnetiche e di quelle nucleari. Individuazione del gradiente della pressione quale contributo essenziale alle forze di volume. Attribuzione alle forze di attrito dei contributi non isotropi delle forze di superficie. Motivazioni che rendono necessario l'uso di un sistema di riferimento solidale con la rotazione terrestre attorno al proprio asse. Individuazione dei termini dell'accelerazione centrifuga e di Coriolis nell'equazione per la conservazione della quantità di moto nel sistema di riferimento solidale con la rotazione terrestre. Definizione di verticale a partire dalla risultante della forza di gravità e di quella centrifuga. Lavoro compiuto dalle forze agenti sul volume d'aria. Derivazione dell'equazione della conservazione dell'energia a partire dal principio di conservazione dell'energia meccanica e di interna al volume d'aria. Equazione di stato e sua formulazione per la miscela di fluido atmosferico. Forma adiabatica e diabatica della conservazione dell'energia.

### **Equazioni della fisica dell'atmosfera nel sistema di coordinate solidali con il volume elementare d'aria**

Sintesi e commento dell'insieme di equazioni fondamentali della fisica dell'atmosfera. Equazioni prognostiche ed equazioni diagnostiche. Chiusura del sistema di equazioni rispetto ai campi incogniti. Non linearità delle equazioni, necessità delle condizioni iniziali e al contorno. Il sistema di riferimento solidale con la rotazione terrestre. Definizione di asse di rotazione terrestre, cerchi meridiani e cerchi paralleli. Definizione di latitudine, longitudine e distanza radiale. Il sistema di versori utilizzato per la decomposizione dei vettori nelle componenti scalari; definizione e nomenclatura delle componenti scalari del vettore velocità. Decomposizione dell'equazione vettoriale per la conservazione del momento in tre equazioni scalari. Calcolo delle variazioni dei versori del sistema di riferimento per un volume elementare che si muove nell'atmosfera. Identificazione dei termini di curvatura. Definizione delle componenti scalari per il vettore velocità angolare della rotazione terrestre. Determinazione delle componenti dell'accelerazione di Coriolis per ciascuna componente scalare. Definizione del parametro  $f$  ed  $f^*$  di Coriolis e loro segno nei due emisferi terrestri. Espressione del gradiente di pressione e dell'accelerazione di gravità nelle loro componenti scalari. Valutazione degli ordini di grandezza degli addendi costituenti tutte le equazioni della fisica dell'atmosfera per processi alla scala sinottica e planetaria. Derivazione dell'insieme fondamentale delle equazioni per la scala sinottica e planetaria.

### **Caratteristiche fondamentali della dinamica atmosferica alla scala sinottica**

Analisi della componente verticale dell'equazione per la conservazione della quantità di moto e caratteristiche idrostatiche. Modello dell'equilibrio idrostatico. Variazione della pressione con la quota. Equazione hypsometrica. Espressione dei gradienti in coordinate verticali diverse dall'altezza. Definizione della pressione quale coordinata verticale e formulazione dei gradienti orizzontali in coordinate isobariche. Modello di vento geostrofico ed interpretazione fisica del bilancio delle forze. Applicazione del modello geostrofico e spiegazione delle circolazioni attorno ai centri di bassa ed alta pressione al suolo, nell'emisfero boreale ed in quello australe. Applicazione delle coordinate isobariche all'equazione per la conservazione della quantità di moto e superamento della dipendenza dalla densità. Definizione di geopotenziale e altezza geopotenziale. Formulazione vettoriale del parametro di Coriolis e suo impiego nell'equazione del moto. Proprietà del vento geostrofico. Calcolo della divergenza del vento geostrofico, sia in coordinate  $z$  che in coordinate isobariche ed interpretazione della convergenza derivante dal moto verso le regioni polari. Esempi di campi di geopotenziale e di campi barici sul continente europeo. Andamento del vento geostrofico con la quota e sua dipendenza dal campo termico. Condizioni di Veering e di Backing del vento e corrispondenti avvezioni di aria calda ed aria fredda. Le correnti a getto delle medie latitudini e loro interpretazione tramite il modello del vento geostrofico.

### **Coordinate verticali alternative all'altezza, la pressione e la temperatura potenziale**

Il gradiente termico verticale in condizioni di aria secca per un'atmosfera adiabatica. Definizione della temperatura potenziale. Utilizzo della temperatura potenziale come coordinata verticale. Le equazioni per la conservazione della quantità di moto in coordinate isoentropiche e definizione della Montgomery stream function. Vantaggi e svantaggi derivanti dall'uso delle coordinate isoentropiche. Importanza dei moti verticali dell'atmosfera per il bilancio energetico globale, locale e per il ciclo dell'acqua. Esempi di movimenti

verticali e fenomenologia atmosferica. Importanza della stabilità atmosferica e introduzione al superamento del concetto di equilibrio idrostatico.

### **Dal modello geostrofico ai modelli ciclostrofico, inerziale e di gradiente; linearizzazione e piano beta**

Il sistema di coordinate naturali e suoi vantaggi per la descrizione dei moti alla mesoscala e alla microscala meteorologica. Derivazione delle equazioni scalari per la conservazione della quantità di moto in coordinate naturali e studio dell'importanza di ciascun addendo. Definizione del numero di Rossby e suo utilizzo per l'individuazione di situazioni caratterizzate dal bilancio geostrofico. Sviluppo dei modelli geostrofico, ciclostrofico ed inerziale e loro contestualizzazione nella fenomenologia atmosferica e oceanografica. Il modello del vento di gradiente e caratteristiche dei gradienti di geopotenziale nei pressi delle alte e basse pressioni. Applicazione di ciascun modello a casi reali atmosferici, quali le alte a basse pressioni, i mesocicloni, i tornadoes e i dust devils. limite delle osservazioni del moto inerziale in atmosfera ed esempi di osservazione in campo oceanografico. L'approssimazione del piano Beta nelle equazioni per la conservazione della quantità di moto e sua interpretazione.

### **Equazione per la conservazione della vorticità**

Definizione di vorticità. Derivazione dell'equazione di conservazione della vorticità a partire dall'equazione di conservazione della quantità di moto. Interpretazione fisica del vettore vorticità e tubi di flusso del fluido. Vorticità relativa e vorticità assoluta. Termini cinematici dell'equazione di conservazione della vorticità e il termine baroclinico. Distinzione tra contributi all'equazione derivanti dal piegamento dei tubi di flusso (tilting), allo stiramento (stretching) e alla divergenza del flusso. Analisi delle componenti cinematiche in casi meteorologici tipici. Considerazioni sul termine baroclinico e definizione di fluido barotropico e baroclinico. Importanza della baroclinicità nella generazione della vorticità. Applicazione del termine baroclinico ai casi sinottici di depressioni on avvezione di aria fredda e aria calda. Onde di Rossby e termine baroclinico nell'equazione di vorticità. L'importanza delle onde di Rossby nell'equilibrio termico planetario quale fonte di baroclinicità e la formazione di sistemi frontali alle medie latitudini. Applicazione dell'equazione di vorticità alla mesoscala: sviluppo di un modello di brezza di mare. Applicazione dell'equazione di vorticità alla microscala: la generazione di intensi vortici in atmosfera, quali i mesocicloni e i tornadoes.

### **Stabilità ed instabilità atmosferica, movimenti verticali dell'aria e formazione delle nubi**

Studio dell'accelerazione verticale di un volume d'aria spostato adiabaticamente dalla posizione di equilibrio. Definizione delle condizioni di stabilità atmosferica ed instabilità atmosferica in funzione del gradiente termico verticale. Derivazione delle condizioni di stabilità in funzione del gradiente verticale della temperatura potenziale. Definizione della frequenza di Brunt-Vaisala e suo impiego nella quantificazione della stabilità atmosferica. Esempi di profili termici stabili ed instabili espressi tramite gradiente termico verticale e gradiente verticale della temperatura potenziale. Il caso delle inversioni termiche. Ordini di grandezza del periodo di oscillazione di un volumetto d'aria in condizioni di stabilità.

### **Passaggi di fase dell'acqua in atmosfera e formazione delle precipitazioni**

Definizione di saturazione del vapore rispetto al liquido o al solido. Definizione di umidità specifica e rapporto di mescolanza. Definizione di umidità relativa a partire dalla pressione di vapore in condizioni di saturazione. Definizione di umidità relativa tramite i rapporti di mescolanza e derivazione della funzione di raccordo con la definizione basata sulla pressioni di vapore. Equazione per la conservazione del vapore. L'equazione di Clausius-Clapeyron. Diagramma di fase dell'acqua e diagramma di fase della CO<sub>2</sub>. Peculiarità del diagramma di fase dell'acqua nell'equilibrio solido liquido e sue conseguenze in ambito geofisico. Peculiarità del diagramma di fase dell'acqua nella regione caratterizzata da temperature inferiori a zero gradi Celsius. La tensione di vapore su acqua liquida e su ghiaccio e la competizione nella crescita dei cristalli di ghiaccio. Definizione di acqua soprafusa. Il ruolo dei nuclei di condensazione e di congelamento

nei passaggi di fase. Il modello di formazione delle precipitazioni di Bergeron per nubi fredde. Il modello di formazione delle precipitazioni di Langmuir per nubi calde. Tipi di cristalli di ghiaccio e cenni sulla formazione dei diversi tipi di cristalli neve.

### **Termodinamica atmosferica e applicazioni ai principali fenomeni meteo-climatici. I cicloni atmosferici.**

Diagramma LogP-SkewT e sue applicazioni per lo studio dell'evoluzione termodinamica di volumi d'aria. Energie potenziali di un volume d'aria immerso in un ambiente atmosferico qualsiasi. Definizione di CAPE (Convective Available Potential Energy) e di CIN (Convective Inhibition). Interpretazione delle energie potenziali nel contesto dei moti verticali dell'atmosfera. Esempi di profili termici verticali caratterizzati da CAPE e CIN. Determinazione della velocità massima di una corrente ascendente a partire dal CAPE. Importanza del ruolo delle caratteristiche termodinamiche del volume d'aria sottoposto a sollevamento per il calcolo del CAPE e del CIN. I Cicloni tropicali, loro distribuzione planetaria, le cause che li originano, la loro circolazione primaria e quella secondaria. Scale di intensità dei cicloni tropicali e fenomenologia. I cicloni tropicali come causa di danni. Cicloni tropicali e cambiamenti climatici. Cicloni extra-tropicali, loro distribuzione planetaria, le cause che li originano, regioni a fronte caldo e regioni a fronte freddo. I cicloni extratropicali come causa di danni. Cicloni extra-tropicali e cambiamenti climatici. Visione unitaria dei cicloni atmosferici: cicloni a cuore caldo e cicloni a cuore freddo, diagramma delle fasi VTU,VTL,B e applicazioni ai diversi tipi di ciclone. Evoluzione di un ciclone tropicale in extratropicale, seguito attraverso il punto rappresentativo nel diagramma delle fasi. Cenni sui rischi naturali: intensità, esposizione e vulnerabilità. La generazione di intensi vortici in atmosfera, quali i mesocicloni e i tornadoes. Vorticità ambientale e mesocicloni. Il diagrammi empirici del tipo CAPE-SHEAR e loro limiti applicativi. I tornadoes e il modello a Rankine vortex.

### **Cenni di dinamica del clima, teleconnessioni e scenari climatici.**

Definizione classica di clima e moderna di sistema clima. Le forzanti del sistema clima e le risposte di ciascun elemento componente il sistema. Cenni di paleoclimatologia: le fonti e l'andamento della temperatura media planetaria negli ultimi 300 milioni di anni. La tesi antropogenica dei cambiamenti climatici nell'olocene. Evidenze dei cambiamenti climatici nell'ultimo secolo e loro cause. Il ruolo dei gas serra nel bilancio energetico globale. Proiezioni sull'evoluzione climatica per il secolo XXI e strumenti modellistici adottati per la generazione degli scenari. La valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici alla scala regionale: esempi di studi recenti aventi per oggetto gli impatti in Regione Friuli Venezia Giulia. Teleconnessioni e l'approccio statistico alla descrizione dei fenomeni atmosferici stagionali. Esempi di teleconnessioni: il fenomeno atmosferico-oceanico denominato El Nino e l'indice ENSO. El Nino, La Nina e i tifoni nel Pacifico occidentale; El Nino La Nina e i monsoni indiani. L'indice atlantico NAO e le correnti occidentali sull'Europa. Situazioni di NAO positivo e di NAO negativo e loro conseguenze sulle condizioni meteorologiche sull'Europa e di particolare sul bacino del Mediterraneo.