فصل اول

مقدّمه و کلیات

۱-۱ تعریف هیدرولوژی

- ✓ واژه هیدرولوژی از دو کلمه یونانی "*Hydor*" به معنی "آب" و "*Logos*" به معنی "شناخت" تشکیل شده است بنابراین هیدرولوژی در لغت به معنای شناخت آب است.
- ✓ هیدرولوژی علمی است که در مورد پیدایش، خصوصیات و نحوه توزیع آب در طبیعت بحث می‌کند.

تعریف هیدرولوژی از سوی انجمن فدرال علوم و فنون ایالات متحده:

هیدرولوژی علم مطالعه آب در کره زمین است و در مورد پیدایش، چرخش و توزیع آب در طبیعت، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب، واکنشهای آب در محیط و ارتباط آن با موجودات زنده بحث می کند.

۱-۲ بخشهای مختلف هیدرولوژی

با توجه به گستردگی زمینه‌های مطالعاتی در هیدرولوژی، این علم به شاخه‌های گوناگون تقسیم شده است.

- ✓ **هیدرومتئورولوژی *Hydrometeorology***

مطالعه موارد مشترک هیدرولوژی و هواشناسی است و در رشته‌های هواشناسی و ژئوفیزیک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- ✓ **لیمنولوژی *Limnology***

علم مطالعه آبهای داخل خشکی نظیر دریاچه‌ها، تالابها، رودخانه‌ها و ... است و ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آنها را مورد بررسی قرار می‌دهد و به طور عمده در رشته‌های محیط زیست و شیلات مورد توجّه قرار دارد.

- ✓ **کرایولوژی *Cryology***

مطالعه یخ، برف و مسائل یخ‌شناسی مربوط به یخچالها و ریزش بهمن می‌باشد.

- ✓ **ژئوهیدرولوژی *Geohydrology***

مطالعه آبهای زیرزمینی است که در مهندسی منابع آب، آبخیزداری، معدن، محیط زیست و ... از آن استفاده می‌شود.

- ✓ **پوتامولوژی *Potamology***

مسائل مربوط به جریان آب در رودخانه‌ها را مورد مطالعه قرار می‌دهد که در آبخیزداری، آبرسانی و صنعت کاربرد دارد.

- ✓ **هیدروگرافی *Hydrography***

علم مطالعه شرایط و خصوصیات فیزیکی آب بخصوص در رابطه با مسائل کشتیرانی است. مباحثی همچون جزر و مد، نوسانات سطح آب و موج‌شناسی در این علم مورد بررسی قرار می‌گیرد.

- ✓ **هیدرومتری *Hydrometry***

علم مطالعه اندازه‌گیری آب است. روشهای مختلف اندازه‌گیری سرعت و دبی در این علم مورد بررسی قرار می‌گیرد.

- ✓ **اقیانوس شناسی *Oceanography***

مطالعه خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و ... اقیانوسها و دریاهاست. که در شیلات، امور کشتیرانی و محیط زیست کاربرد فراوانی دارد.

به عقیده لینسلی (*Linsley*)سه موضوع اساسی در هیدرولوژی مورد بحث قرار می گیرد

۱) اندازه‌گیری، ثبت و نشر اطلاعات و داده‌ها

۲) تجزیه و تحلیل علمی داده‌ها جهت بسط و گسترش تئوریهای اساسی

۳) کاربرد این تئوریها و اطلاعات در حل مسائل کاربردی

هیدرولوژی یک علم محض نیست و معمولاً به جنبه‌های کاربردی می‌پردازد.

- ✓ آن قسمت از هیدرولوژی که بر مسائل عملی تاکید دارد هیدرولوژی کاربردی (*Applied Hydrology*)گفته می‌شود.
- ✓ چون کاربرد علم هیدرولوژی بیشتر در زمینه‌های هیدرولیک، مهندسی سد، مهندسی کشاورزی و دیگر رشته‌های فنی و مهندسی است، گاهی اوقات بجای هیدرولوژی کاربردی، هیدرولوژی مهندسی (*Engineering Hydrology*)گفته می‌شود.

هیدرولوژی را به دو دسته عمده می‌توان تقسیم نمود

۱) هیدرولوژی علمی: به جنبه‌های علمی و فنی هیدرولوژی می‌پردازد.

۲) هیدرولوژی کاربردی، عملی یا مهندسی: به مسائلی عملی از جمله:

- ✓ تخمین منابع آب
- ✓ مطالعه فرایندهای بارندگی، تبخیر، رواناب و روابط آنها با یکدیگر
- ✓ مطالعه خصوصیات آب در طبیعت
- ✓ مسائل زیست محیطی مانند سیل و خشکسالی

می‌پردازد.

۱-۳ چرخه هیدرولوژی (Hydrologic Cycle)

- ✓ گردش آب در طبیعت را چرخه آب یا سیکل هیدرولوژی می‌نامند.

کره زمین دارای سه لایه (کره) است.

- ✓ **اتمسفر (*Atmosphere*)**: پوشش گازی شکل اطراف زمین
- ✓ **هیدروسفر (*Hydrosphere*)**: توده آبی که سطح زمین را پوشانده است.
- ✓ **لیتوسفر (*Lithosphere*)**: پوشش سخت رویه زمین است.

سیکل هیدرولوژی یا چرخش آب در داخل و بین این بخشها و در لایه‌ای به ضخامت تقریبی ۱۶ کیلومتر صورت می‌گیرد که ۱۵ کیلومتر آن در اتمسفر و ۱ کیلومتر آن در راخل لیتوسفر قرار دارد.

۱-۳-۱ نحوه گردش آب در طبیعت

۱) آب از سطح دریاها، اقیانوسها و خشکیها تبخیر شده و وارد اتمسفر می‌گردد. این عمل در اثر تابش خورشید انجام می‌شود.

۲) بخار آب وارد شده به جو، طی فرآیندهای گوناگونی نظیر تراکم و سرد شدن تبدیل به نزولات جوی شده و به سطح زمین یا روی دریاها فرو می‌ریزد.

۳) این نزولات با سه حالت ممکن است روبرو شوند:

I. قبل از رسیدن به سطح زمین توسط شاخ و برگ گیاهان گرفته می‌شوند (برگاب) سپس مستقیماً از همانجا تبخیر و به هوا باز می‌گردد.

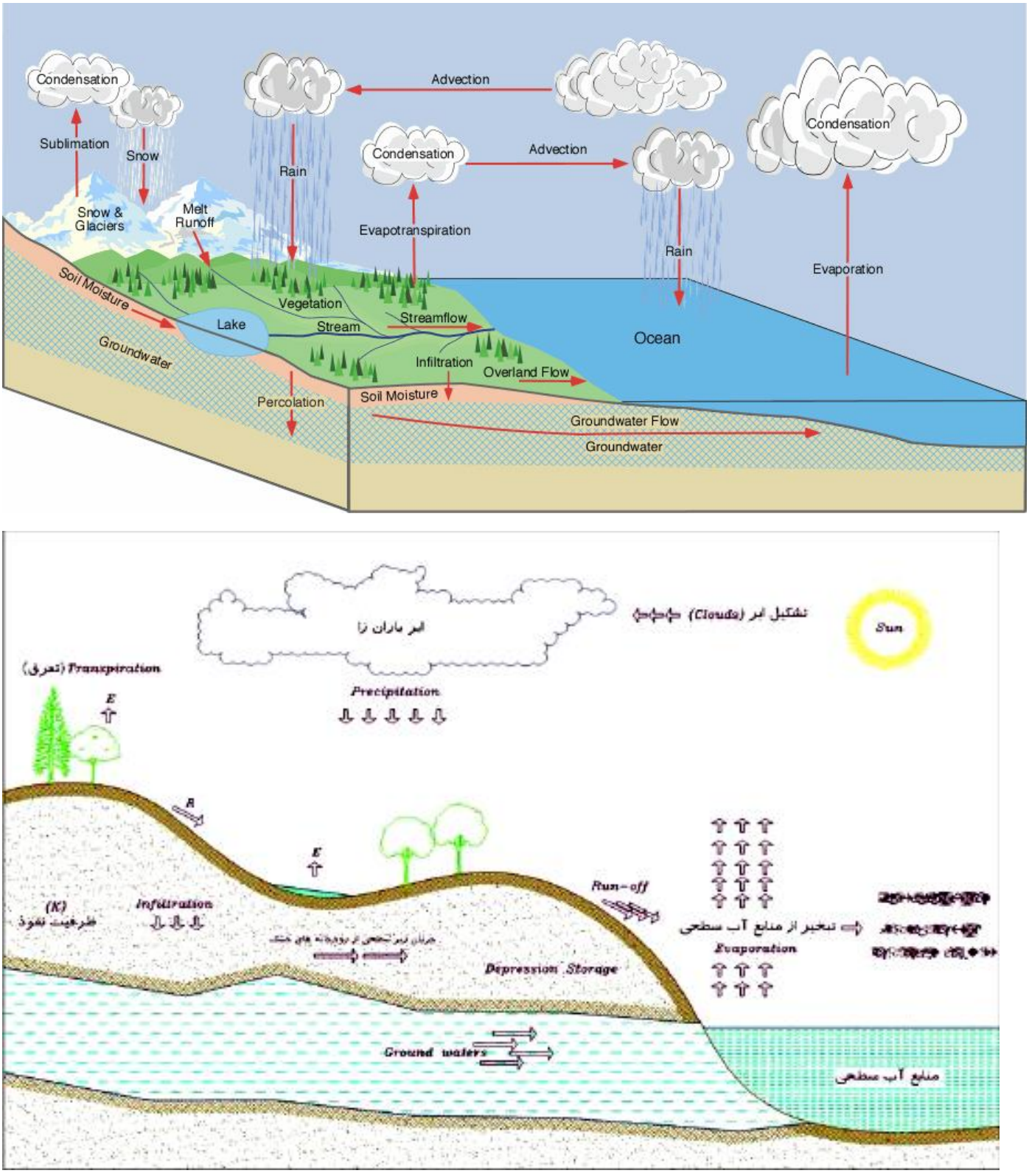
II. یا در سطح زمین جاری می‌شوند (رواناب) در این صورت با پیوستن به رودخانه‌ها و سپس به دریاها دوباره تبخیر می‌شوند.

III. یا در خاک نفوذ می‌کنند

i. یا به طور موقت در خاک ذخیره شده و سپس در اثر تبخیر به هوا باز می‌گردد.

ii. یا منابع آب زیرزمینی را تشکیل می‌دهد و سرانجام از طریق چشمه‌ها و یا تراوش به داخل رودخانه‌ها در سطح زمین ظاهر شده و تبخیر می‌گردد.

در تمام موارد آب با تبخیر شدن و بازگشت مجدد به جو، چرخه هیدرولوژی را تکمیل می‌کند. در شکل زیر چرخه هیدرولوژی و اجزا تشکیل دهنده آن ارائه شده است.



شکل ۱- چرخه هیدرولوژی

۱-۳-۲ عناصر مهم در سیکل هیدرولوژی

- ✓ **بارندگی *Precipitation (P)***: شامل کلیه نزولات جوی است. باران، برف و تگرگ
- ✓ **تبخیر *Evaporation (E)***: پدیده‌ای است که از هرگونه سطح مرطوب مانند سطوح آزاد آب و سطح مرطوب خاک صورت می‌گیرد و طی آن آب تبدیل به بخار می‌شود.
- ✓ **تعرّق *Transpiration (T)***: پس از ورود آب به داخل خاک قسمتی از آن توسط ریشه‌های گیاهان جذب شده و داخل گیاه می‌شود. آب موجود از طریق روزنه‌های گیاه خارج و وارد جو می‌شود. این پدیده را تعرّق گویند.
- ✓ **نفوذ *Infiltration (I)***: وارد شدن آب به داخل خاک را نفوذ می‌گویند و سرعت آن بستگی به خصوصیات خاک نظیر جنس، تراکم، دانه‌بندی و ... دارد.
- ✓ **رواناب سطحی *Run off (R)***: آن قسمت از نزولات جوی که روی سطح زمین به جریان در می‌آیند را رواناب می‌نامند. اگر شدت بارندگی بیشتر از ظرفیت نفوذ خاک باشد، رواناب خواهیم داشت.
- ✓ **جریانهای زیرزمینی *Ground water flow (G)***: آبهای زیرزمینی به آبهایی گفته می‌شود که در لایه‌های اشباع زیر زمین وجود دارند و می‌توانند به صورت آزادانه در اثر نیروی ثقل در داخل منافذ و یا درز و ترکها حرکت نمایند. جریان آبهای زیرزمینی سرانجام وارد دریاچه‌ها یا دریاها شده و یا در حوضه‌های بسته به کویرها منتهی می‌شود.

در واقع علم هیدرولوژی مطالعه کمی و کیفی عناصر فوق است.

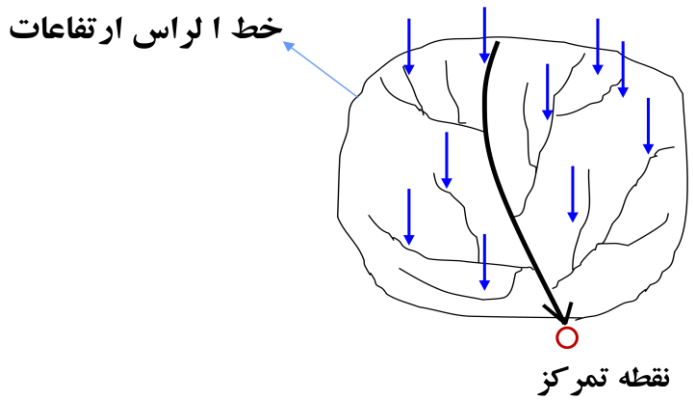
۱-۳-۳ دیدگاه‌های بررسی سیکل هیدرولوژی

۱) **دیدگاه علمی:** کل کره زمین را در نظر می‌گیرد

۲) **دیدگاه هیدرولوژی مهندسی:** ناحیه محدودی از کره زمین انتخاب شده و گردش آب در این محدوده مشخص بررسی می‌شود که معمولاً تحت عنوان حوضه آبریز است.

✓ **تعریف حوضه آبریز**

یک حوضه آبریز به مساحتی از زمین گفته می‌شود که اطراف آن را کوهها و ارتفاعات در بر گرفته است. رواناب بارندگی بر روی حوضه آبریز در نقطه‌ای به نام نقطه تمرکز (نقطه خروجی) جمع شده و از آن نقطه تخلیه می‌گردد.



- ✓ وقتی حوضه آبریز بارندگی را دریافت می‌کند، قسمتی از بارندگی، قبل از رسیدن به شبکه آبراهه‌ها، روی سطح حوضه به صورت یک جریان روسطحی (Overland Flow) جاری می‌شود. سپس این جریانها جمع شده و تشکیل رودخانه اصلی را داده و نهایتاً از نقطه خروجی یا تمرکز خارج می‌شود. یعنی شیب نقاط به گونه‌ای است که آبها به سمت نقطه خروجی هدایت می‌شوند.
- ✓ مرز هر حوضه آبریز، خط‌الرأس ارتفاعات آن است، یعنی اگر دو حوضه کنار هم باشند، مرزهای جدا کننده آن، خط‌الرأس ارتفاعات است. بنابراین اشل مکانی که تحلیلهای هیدرولوژیک روی آن انجام می‌شود، حوضه آبریز یا بخشی از آن است.

۱-۴ توازن هیدرولوژیکی

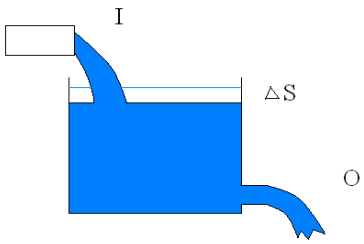
- ✓ با توجه به اینکه مقدار آب موجود در کره زمین محدود و ثابت است بنابراین سیستم هیدرولوژیکی کره زمین یک سیستم بسته است.
- ✓ اما در سیستم‌های کوچک مانند حوضه آبریز یک رودخانه که در قسمتی از چرخه هیدرولوژی قرار دارد نمی‌توان به عنوان سیستم بسته بشمار آورد. بنابراین این سیستم به صورت سیستم باز عمل می‌کند. بنابراین می‌توان رابطه زیر را داشت.

$$\Delta S = I - O$$ **رابطه پیوستگی**

ΔS = تغییر حجم آب موجود در سیستم

I = نرخ آب ورودی به سیستم

O = نرخ آب خروجی از سیستم



اگر بعد زمان را نیز دخالت داده شود رابطه به شکل ذیل خواهد بود:

$$\frac{ds}{dt} = I(t) - O(t)$$ **رابطه پیوستگی**

$S(t)$ = حجم آب موجود در زمان t

$I(t)$ = نرخ آب ورودی به سیستم در زمان t

$O(t)$ = نرخ آب خروجی از سیستم در زمان t

چنانچه معادله فوق در مورد چرخه هیدرولوژی بکار برده شود،رابطه ذیل حاصل می‌گردد:

P-R-G-E-T=ΔS یا P-R-G-ET=ΔS

P= بارش

R= رواناب

G= جریان آب زیرزمینی

E= تبخیر

T= تعرق

ET= تبخیر و تعرق

ΔS= تغییرات ذخیره

تمرین : رابطه توازن هیدرولوژیکی را اثبات فرمائید

۱-۵ کاربرد هیدرولوژی در مهندسی عمران

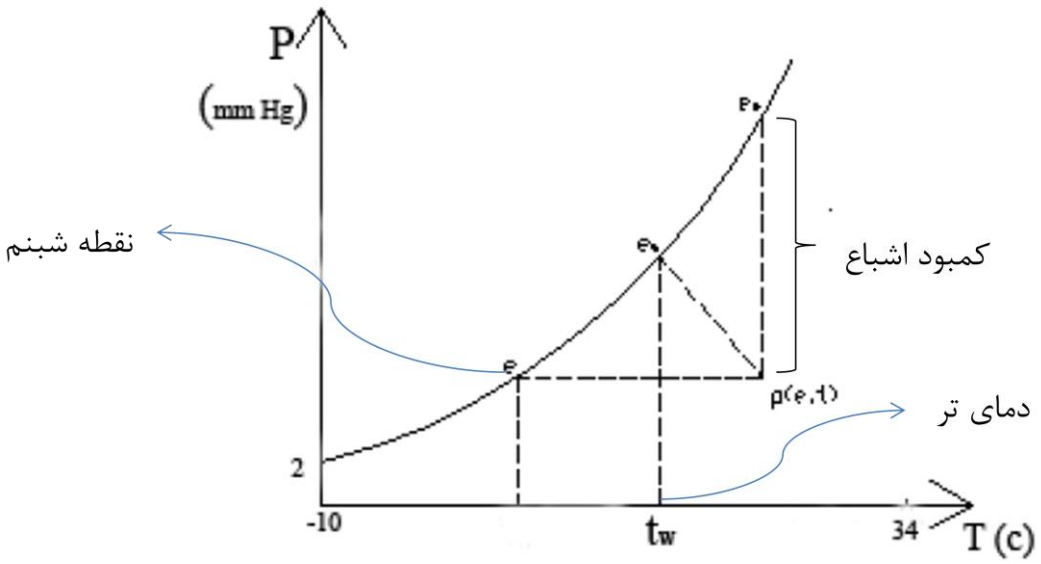
در طراحی هر سازه‌ای که با آب سر و کار داشته باشد یکی از فرضیات اساسی و اولیه، تعیین دبی طرح است.

- ✓ تعیین دهانه و ارتفاع پل‌های رودخانه‌ای
- ✓ تعیین نوع و ابعاد سرریز سدها
- ✓ ارتفاع خط پروژه در پروژه‌های راهسازی خصوصاً در مناطق دشتی
- ✓ تعیین ارتفاع گوره‌های مهار سیلاب
- ✓ طرحهای حفاظت سواحل رودخانه‌ها
- ✓ طراحی شبکه‌های جمع‌آوری آبهای سطحی

۱-۶ تعاریف

- ✓ **رطوبت:** مقدار آب موجود در هوا را رطوبت می‌نامند.
- ✓ **ظرفیت رطوبتی:** حداکثر رطوبتی که می‌تواند در هوا وجود داشته باشد را ظرفیت هوا برای پذیرش بخار آب می‌نامند که این ظرفیت رابطه مستقیم با دما دارد. هر قدر دما بیشتر شود ظرفیت رطوبتی نیز بیشتر می‌شود.
- ✓ **فشار اتمسفر:** در هوا گازهای مختلفی نظیر ازت، اکسیژن، دی اکسید کربن، بخار آب و ... وجود دارد. هر کدام از این گازها فشاری را ایجاد می‌کند که به آن فشار جزئی می‌گویند. مجموع این فشارها، فشار اتمسفر را بوجود می‌آورد.
- ✓ **فشار بخار آب:** جزئی از فشار اتمسفر که مربوط به بخار آب است را فشار بخار آب می‌گویند. هرچه بخار آب بیشتر باشد فشار بخار آب نیز بیشتر خواهد بود.
- ✓ **فشار بخار اشباع:** زمانی که هوا حداکثر بخار آب را در خود دارد باصطلاح در حالت اشباع است و فشار بخار آب در این حالت را فشار بخار اشباع می‌گویند.

۱-۷ منحنی تغییرات فشار بخار آب اشباع نسبت به دما



اشباع شدن در این نقطه با دو روش زیر امکان پذیر است.

1- با ثابت نگه داشتن دما با افزایش بخار آب

2- با ثابت نگه داشتن بخار آب و با کاهش دما

کمبود اشباع:

نشان دهنده مقدار رطوبتی است که یک توده هوا می تواند بدون تغییر دما در خود جای دهد تا به رطوبت اشباع برسد.

نقطه شبنم(Dew Point) :

دمایی است که در آن دما بدون وارد کردن بخار آب به هوا و فقط از طریق سرد کردن هوا از بخار آب اشباع می شود.

دمای تر (مرطوب):

پایین‌ترین دمایی است که می‌توان هوا را در اثر تبخیر سرد کرد.

رطوبت مطلق(Absolute Humidity):

جرم بخار آبی است که در یک متر مکعب هوا وجود دارد. و واحد آن gr/m^3 است.

رطوبت ویژه(Specific Humidity):

رطوبت ویژه عبارتست از وزن بخار آب در هر واحد وزن هوای مرطوب

$$q = \frac{M_w}{M_a} = \frac{M_w}{M_d + M_w}$$

M_w : جرم بخار آب

M_a : جرم هوای مرطوب

M_d : جرم هوای خشک

q : رطوبت ویژه

رطوبت نسبی (Relative Humidity):

نسبت مقدار رطوبت موجود در هوا به حداکثر رطوبتی که هوا می تواند در آن درجه حرارت در خود جای دهد.

$$RH = \frac{\text{فشار واقعی بخار آب}}{\text{فشار بخار آب اشباع در همان دما}} * 100 = \frac{e}{e_s} * 100$$

- در مناطق شرجی رطوبت نسبی بالا است یا پایین؟
- چرا در مناطق شرجی عمل تبخیر به کندی صورت گیرد؟
- تغییرات رطوبت نسبی با افزایش و کاهش دما؟
- رطوبت نسبی ۱۰۰ دصد به چه معناست؟