

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# دعای پیش از مطالعه

اَللّٰهُمَّ اَخْرِجْنِيْ مِنْ ظُلُمَاتِ الْوَهْمِ وَاكْرِمْنِيْ بِنُورِ الْفَهْمِ  
اَللّٰهُمَّ افْتَحْ عَلَيْنَا اَبْوَابَ رَحْمَتِكَ وَاَنْشُرْ عَلَيْنَا خَزَائِنَ عُلُوْمِكَ  
بِرَحْمَتِكَ يَا اَرْحَمَ الرَّاحِمِيْنَ

پروردگارا، خارج کن مرا از تاریکی های فکر و گرامی بدار به نور فهم  
پروردگارا، بکشای بر ما در های رحمت را و بکستران کنج های دانشت را به امید رحمت  
تو ای مهربان ترین مهربانان

## بیایید به حقوق دیگران احترام بگذاریم

دوست عزیز، این کتاب حاصل دسترنج چندین ساله ی مؤلف، مترجم و ناشر آن است. تکثیر و فروش آن به هر شکلی بدون اجازه از پدیدآورنده کاری غیراخلاقی، غیرقانونی، غیرشرعی و کسب درآمد از دسترنج دیگران است، نتیجه ی این عمل نادرست، موجب رواج بی اعتمادی در جامعه و بروز پی آمدهای ناگوار در زندگی و محیط ناسالم برای خود و فرزندانمان می گردد.



# **درسنامه تصفیه آب و توسعه منابع آب**

**ویژه دکتری رشته‌ی بهداشت محیط**

**تألیف و گردآوری:**

**بهمن اکبرپور**

(کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی تهران)

**شیما مرتضی زاده بهبهانی**

(کارشناسی ارشد HSE دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی)

**زیر نظر:**

**دکتر حسن رسول زاده**

(دکتری مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی)

سرشناسه

: اکبرپور، بهمن، ۱۳۶۷-

عنوان و نام پدیدآور

: AGK درسنامه تصفیه آب و توسعه منابع آب ویژه دکتری رشته‌ی بهداشت محیط / تألیف و گردآوری

بهمن اکبرپور، شیما مرتضی‌زاده بهبهانی؛ زیر نظر حسن رسول‌زاده.

مشخصات نشر

: تهران: آناهید گستر خلیلی، ۱۴۰۳.

مشخصات ظاهری

: ۲۴۷ص. : مصور، جدول ؛ ۲۲×۲۹س.م.

شابک

: 978-622-8348-67-4

وضعیت فهرست‌نویسی

: فیپا

موضوع

: آب -- تصفیه -- راهنمای آموزشی -- مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)

Water -- Purification -- Study and teaching -- Problems, exercises, etc (Higher)

شناسه افزوده

: مرتضی‌زاده بهبهانی، شیما، ۱۳۷۰-

شناسه افزوده

: رسول‌زاده، حسن، ۱۳۷۰-

رده‌بندی کنگره

: TD۴۳۰

رده‌بندی دیویی

: ۶۲۸/۱۶۲۰۷۶

شماره کتابشناسی ملی

: ۹۶۴۴۸۷۰



انتشارات آناهید گستر خلیلی

## نام: AGK درسنامه تصفیه آب و توسعه منابع آب

(ویژه دکتری رشته‌ی بهداشت محیط)

تألیف و گردآوری: بهمن اکبرپور . شیما مرتضی‌زاده بهبهانی

ناشر: آناهید گستر خلیلی

نوبت و سال چاپ: اول. ۱۴۰۳

شمارگان: ۱۰۰۰

چاپ و صحافی: گیلان

مدیر تولید: امیرحسین خلیلی

مدیر فنی و هنری: مریم آرده

بهاء: ۳۵۰۰۰۰ تومان

آموزشگاه/ فروشگاه: ۰۲۱۶۶۵۶۸۶۲۱

مرکز پخش: ضلع جنوب‌غربی میدان انقلاب . جنب بانک پارسیان . مجتمع تجاری پارس . طبقه اول

مدیر فروش: ۰۹۱۹۱۶۸۵۹۷۰ (ارتباط از طریق پیامک)

 agkpublisher@gmail.com

 www.agkins.com

# طلیعه سخن مدیر تولید:

## سپردن کار به اهلش نشانه‌ی خردمندی است.

برای تولید بسته‌های آموزشی تمام تلاش خود را به کار گرفته‌ایم تا محصولی شایسته را تقدیم شما عزیزان نماییم.

مجموعه‌ای که پیش روی شماست براساس معتبرترین و به‌روزترین منابع کنکور و به قلم مجرب‌ترین اساتید تألیف شده است و مطالعه آن موجب صرفه‌جویی در زمان و هزینه شما خواهد شد. ارائه بالاترین آمار قبولی در کنکور کارشناسی ارشد و دکتری در دهه اخیر بیان‌گر توانایی این مجموعه در راستای اهداف آموزشی خود می‌باشد. اینک با اتکا به تجربه‌ای ۱۷ ساله می‌توانیم ادعا کنیم که مجموعه حاضر، بی‌شک از جمله کامل‌ترین و به‌روزترین بسته‌های آموزشی موجود در عرصه کنکور می‌باشد.

### ✍ برخی از ویژگی‌های بسته‌های آموزشی:

- منطبق با معتبرترین و به‌روزترین منابع کنکور
- گردآوری و تألیف توسط مجرب‌ترین اساتید کنکور
- تدریس مطالب از سطح پایه تا پیشرفته به بیان ساده و روان
- انتقال بهتر مفاهیم با استفاده از شکل، جدول و نمودار
- تألیف مبتنی بر نحوه‌ی طراحی سوالات کنکور
- مطالعه یک منبع منسجم به جای مطالعه چندین منبع مختلف
- منبعی خودآموز و بدون نیاز به مدرس

اینک علاوه بر مطالعه بسته‌های آموزشی استفاده از خدمات و محصولات زیر را به عنوان ضمانتی برای قبولی به شما داوطلبان عزیز توصیه می‌کنم؛

### ✍ آزمون‌های آزمایشی: خوش بود گر محک تجربه آید به میان

داوطلب شجاع کیست؟ داوطلبی است که خود را مورد سنجش (خود را با خود) و ارزیابی (خود را با دیگران) قرار دهد تا پیش از کنکور به نقاط ضعف خود پی ببرد و آن‌ها را تقویت نماید. آزمون‌های آزمایشی دارای یک برنامه‌ریزی منسجم است و به شما اولتیماتوم می‌دهد. یعنی شما باید در یک زمان معین مطالب معینی را مطالعه نمایید.

آزمون‌های آزمایشی مجموعه دارای سوالات استاندارد، پاسخنامه تشریحی و کارنامه تحلیلی می‌باشد. صادقانه شرکت در آزمون‌های آزمایشی را به شما عزیزان توصیه می‌کنم.

### ✍ مشاوره تخصصی و برنامه‌ریزی: زیر نظر حرفه‌ای‌ها درس بخوانید ...

در صورتی که نمی‌توانید با توجه به زمان آزادتان برنامه‌ی مطالعاتی استاندارد را برای خود تدوین کنید حتماً از افراد متخصص کمک بخواهید. افرادی که تجربیات خود را صادقانه در اختیار شما قرار می‌دهند و برنامه‌ریزی مناسب با شرایط شما را انجام می‌دهند.

## 📖 کتاب تست:

کوچک‌ترین واحد یادگیری در کنکور، تست است. شما می‌توانید برای این‌که سطح یادگیری خود را پس از مطالعه بسنجید از کتاب‌های تست مجموعه (تست کنکور) و ماطراحان (تست‌های تألیفی) استفاده کنید. این کتاب‌ها به‌صورت موضوعی طبقه‌بندی شده‌اند و می‌توانند نحوه‌ی طرح سوالات کنکور و سطح آن‌ها را به‌صورت واضح به شما نشان دهند.

## 📖 درسنامه‌های نکات داغ و کتاب‌های الگوریتم مناسب‌ترین منابع برای دوران مرور و جمع‌بندی:

بیش‌تر داوطلبان حین مطالعه نگران خلاصه‌نویسی و مرور آموخته‌های خود هستند و برای خلاصه‌نویسی زمان زیادی را صرف می‌کنند. اینک به شما مژده می‌دهیم که این‌بار زمان به نفع شما در حال گذر است و دیگر با استفاده از درسنامه‌های نکات داغ و کتاب‌های الگوریتم نیاز به خلاصه‌نویسی ندارید.

شما می‌توانید نظرات، انتقادات و پیشنهادهای سازنده خود را در مورد بسته‌های آموزشی به شماره‌تلفن همراه ۰۹۱۹۱۶۸۵۹۷۰ فقط و فقط پیامک نمایید.

مشاور و مدیر تولید

امیرحسین خلیلی

# طلیعه سخن مؤلف:

تقدیم به دو بال برای پروازمان...

پدر و مادر عزیزمان

شک نکن!

درست در لحظه‌ی آخر، در اوج توکل و در نهایت تاریکی نوری نمایان می‌شود.

معجزه‌ای رخ می‌دهد و خدا از راه میرسد ...

خدای بزرگ را شاکریم که توفیق تدوین این درسنامه را به ما عطا فرمود. درسنامه حاضر حاوی نکات منابع مختلف

آزمون کارشناسی ارشد و دکتری می‌باشد که پس از مطالعه دقیق و تطبیق آن‌ها با هم، گردآوری شده است.

امید است برای آن دسته از دانشجویان عزیزی که به دلیل مشکلات زمانی و مالی توانایی مطالعه تمامی منابع معرفی شده را ندارند، مفید واقع شود.

و در پایان وظیفه خود می‌دانیم از اساتید محترم دانشکده سلامت و ایمنی محیط زیست، دانشکده بهداشت دانشگاه

علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران و تمامی عزیزانی که ما را در این راه همراهی نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی داشته باشیم.

باشد که گوشه‌ای از زحمات این عزیزان جبران شود.

با احترام

گروه مولفین

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| بخش اول: فرآیندهای تصفیه آب.....                     | ۹   |
| فصل اول: آب، ویژگی‌ها، آلاینده‌ها و استاندارد.....   | ۱۰  |
| فصل دوم: منابع آب و خصوصیات تصفیه‌پذیری آن‌ها.....   | ۲۲  |
| فصل سوم: تصفیه مقدماتی (پیش‌تصفیه) Pretreatment..... | ۳۷  |
| فصل چهارم: کدورت و ذرات کلوئیدی.....                 | ۴۱  |
| فصل پنجم: اختلاط سریع (Rapid mix).....               | ۵۱  |
| فصل ششم: انعقاد (Coagulation).....                   | ۵۹  |
| فصل هفتم: لخته‌سازی (فلوکولاسیون) Flocculation.....  | ۶۷  |
| فصل هشتم: ته‌نشینی اولیه.....                        | ۷۳  |
| فصل نهم: مواد منعقدکننده و کمک منعقدکننده.....       | ۸۳  |
| فصل دهم: فیلتراسیون (Filtration).....                | ۹۶  |
| فصل یازدهم: گندزدایی (Disinfection).....             | ۱۰۹ |
| فصل دوازدهم: کلر و ترکیبات آن.....                   | ۱۱۴ |
| فصل سیزدهم: محصولات جانبی گندزدایی.....              | ۱۲۸ |
| فصل چهاردهم: ترکیبات آلی فرار (VOCs).....            | ۱۳۴ |
| فصل پانزدهم: طعم و بو.....                           | ۱۳۸ |
| فصل شانزدهم: آهن و منگنز در آب.....                  | ۱۴۲ |
| فصل هفدهم: فرآیندهای غشایی.....                      | ۱۴۸ |
| فصل هجدهم: فلوئور.....                               | ۱۵۲ |
| فصل نوزدهم: رزین‌ها.....                             | ۱۵۵ |
| فصل بیستم: سبک‌سازی آب (سختی‌گیری).....              | ۱۵۹ |
| فصل بیست و یکم: کارایی فرآیندهای تصفیه.....          | ۱۶۸ |
| فصل بیست و دوم: راهنمای کلی انتخاب روش تصفیه.....    | ۱۷۰ |
| فصل بیست و سوم: نکات کلی در تصفیه آب.....            | ۱۷۱ |
| فصل بیست و چهارم: نکات برتر.....                     | ۱۹۱ |
| بخش دوم: توسعه منابع آب.....                         | ۱۹۵ |
| فصل اول: توسعه منابع آب.....                         | ۱۹۶ |

## بخش اول

# فرآیندهای تصفیه آب

## فصل

## ۱

## آب، ویژگی‌ها، آلاینده‌ها و استاندارد

۱۰

استانداردهای آب آشامیدنی پارامترهای کیفی آب هستند، که برای حفظ حد مجاز غلظت و تأمین سلامت منابع آب عمومی از طریق سازمان‌های بهداشتی و زیست‌محیطی تدوین شده‌اند. غلظت‌های مجاز متناسب با مصارف موردنظر تعیین می‌شوند. استانداردهای بین‌المللی آب آشامیدنی در سال ۱۹۸۵ توسط WHO منتشر گردید. در ایران هم مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی با هماهنگی ارگان‌های مسئول، استانداردهایی تدوین نموده که در آن به استاندارد ۱۰۵۳ اشاره کامل شده است:

## ۴. اصلاحات و تعاریف

در این استاندارد ۱۰۵۳، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۴-۱ آب آشامیدنی<sup>۱</sup>

آبی است، که ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و رادیواکتیو آن در حدی باشد که مصرف آن جهت آشامیدن، عارضه سوئی در کوتاه‌مدت یا درازمدت، برای سلامت انسان ایجاد نکند.

۴-۲ مواد شیمیایی معدنی<sup>۲</sup>

ترکیباتی هستند که معمولاً عنصر کربن در ساختار آن‌ها وجود ندارد. این ترکیبات معمولاً از طریق منابع طبیعی و یا از طریق فعالیت‌های انسانی در آب وارد شده و به دو دسته مواد شیمیایی معدنی سمی و غیرسمی، تقسیم می‌شوند.

## ۴-۳ مواد شیمیایی معدنی سمی

آن دسته از مواد شیمیایی معدنی است، که پتانسیل سمی کردن آب و ایجاد عارضه سوء، در کوتاه‌مدت یا درازمدت در سلامت انسان را دارد.

## ۴-۴ مواد شیمیایی معدنی غیرسمی

مواد شیمیایی معدنی، که معمولاً به صورت طبیعی یافت می‌شوند و وجود برخی از آن‌ها در حد مطلوب برای بدن انسان ضروری است.

1- Drinking Water

2- Mineral Chemical Compound

## فصل

## ۲

## منابع آب و خصوصیات تصفیه‌پذیری آن‌ها

۲۲

چرخه‌ی هیدرولوژیک آب کمک می‌کند تا نزولات آسمانی (باران و برف) که از مسیر جریان زمین خارج می‌شوند، دوباره منابع آب جدیدی ایجاد کنند و به زمین برگردند. روان‌آب‌های سطحی اولین وضعیت را به خود اختصاص می‌دهند. نزولات آسمانی از کیفیت بالایی خلوص برخوردار هستند، بنابراین کم‌ترین آلاینده‌ها در آن‌ها وجود دارد (به‌جز انحلال گازها). نهایتاً دریاها و اقیانوس‌ها از تجمع روان‌آب‌ها، جویبارها و رودخانه‌ها ایجاد می‌شوند. در تمام مسیر تبخیر وجود دارد. تعریق گیاهی هم وجود دارد ولی بیش‌ترین تبخیر با توجه به انرژی کلی موجود، در دریاها و اقیانوس‌ها است.

منابع آب سطحی  
منابع آب زیرزمینی } منابع آب

منابع آب سطحی مثل رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، برکه‌های آب، منابع زیرزمینی چاه‌های کم‌عمق، چاه‌های عمیق، چشمه‌ها، قنات و حفره‌های بزرگ. دریاها و اقیانوس‌ها به علت این‌که کیفیت بسیار متفاوتی نسبت به آب‌های سطحی دارند، جزو آب‌های سطحی محسوب نمی‌شوند و نحوه‌ی تصفیه‌ی آن‌ها متفاوت است.

آب موجود در اتمسفر (رطوبت هوا) خودش به عنوان منابع آبی محسوب می‌شود و از کیفیت خوبی برخوردار است. یخ‌های قطب به علت تفاوت فیزیکی که دارند جداگانه ذکر شده است و به عنوان آب‌های شیرین سهم زیادی را به خود اختصاص می‌دهند. حدود ۹۷ درصد آب کره‌ی زمین شور و کم‌تر از ۲ درصد آن آب شیرین است. مقادیر بسیار زیادی از این آب شیرین را یخ‌های قطبی تشکیل می‌دهند و بقیه‌ی آن آب‌های سطحی و زیرزمینی است. عمده‌ی آب‌های زیرزمینی در اعماق بسیار زیاد است و قابل دسترسی نیست. با توجه به حرکت جریان آب، آلودگی‌های مختلف به‌صورت طبیعی می‌توانند وارد آب شوند. هر چه این آب نزدیک به سرچشمه برداشت شود از کیفیت بهتری برخوردار است.

خود آب باران را به عنوان منبع جداگانه در نظر می‌گیرند، چون مستقیماً برداشت می‌شود.

### معیارهای مقدماتی طراحی واحدهای فرآیندی تصفیه‌خانه

اندازه‌ی اولیه‌ی واحدهای فرآیندی عمده‌ی تصفیه‌خانه‌ها باید برای مقایسه‌ی هزینه‌ها و طرح جامع آب محل مشخص شود، تا برآورد ما صحیح باشد. گزارش اولیه باید شامل فرآیندهای انعقاد، لخته‌سازی، ته‌نشینی و فیلتراسیون، فرآیندهای گندزدایی (گندزداها، شرایط گندزدایی و محصولات ناشی از آن‌ها، شست‌وشوی فیلتر، جمع‌آوری پساب فیلتر، جمع‌آوری لجن، بررسی تغذیه‌ی مواد شیمیایی و تجهیزات نگهداری و سازه‌های کنترلی باشد. فرآیندهای ازن‌زنی و جذب سطحی کربن فعال دانه‌ای GAC باید جزء گزارش‌های اولیه‌ی طراحی باشد، در صورتی که در طراحی تصفیه‌خانه آب آمده باشد.

### شیب هیدرولیکی تصفیه‌خانه

بیش‌تر تصفیه‌خانه‌های متعارف آب به افت هد (۴/۹ - ۵/۲ m) (۱۶ - ۱۷ Ft) در تصفیه‌خانه نیاز دارند. این بدین معنی است که باید اختلاف هد ۱۶ - ۱۷ Ft بین هد بالادست و هد پایین‌دست در سلسله فرآیندهای تصفیه‌خانه‌ی آب وجود داشته باشد. تصفیه‌خانه‌های نوین استفاده‌کننده‌های فرآیندهای پیش ازن‌زنی، ازن‌زنی نهایی و جذب سطحی و کربن فعال گرانولی اغلب بر (۷/۶ m) ۲۵ Ft اختلاف هد در تصفیه‌خانه نیاز دارند. یک تصفیه‌خانه‌ی مطلوب باید ۵ - ۳ درصد شیب داشته باشد و ارتفاع زمین باید طوری باشد که ارتفاع مورد نظر را تأمین کند.

کیفیت آب خام پیشنهادی برای فرآیندهای یک تصفیه‌خانه:

| آیتم                              | میکروفیلتراسیون   | فیلتراسیون مستقیم | فیلتراسیون DAF    | فیلتراسیون مستقیم با ازن‌زنی | متعارف کامل       | متعارف کامل با ازن‌زنی |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------|
| کدروت (NTU)                       | < ۱۰۰             | < ۲۰              | < ۱۰۰             | < ۳۰۰                        | < ۳۰۰۰            | < ۳۰۰۰                 |
| رنگ ظاهری                         | < ۱۵۰             | < ۲۰              | < ۱۰۰             | < ۱۰۰                        | < ۱۰۰۰            | < ۱۵۰۰۰                |
| قلیائیت ( $\frac{mg}{L}$ )        | < ۱۵۰             | < ۲۰۰             | < ۳۰۰             | < ۲۰۰                        | < ۵۰۰             | < ۵۰۰                  |
| سختی ( $\frac{mg}{L}$ )           | < ۱۵۰             | < ۱۵۰             | < ۲۰۰             | < ۲۰۰                        | < ۷۰۰             | < ۷۰۰                  |
| آهن ( $\frac{mg}{L}$ )            | < ۰/۵             | < ۰/۵             | < ۰/۶             | < ۰/۸                        | < ۲               | < ۲/۵                  |
| منگنز ( $\frac{mg}{L}$ )          | < ۰/۱             | < ۰/۱             | < ۰/۱             | < ۰/۲                        | < ۰/۵             | < ۱                    |
| TOC ( $\frac{mg}{L}$ )            | < ۲               | < ۲/۵             | < ۵               | < ۷                          | < ۷               | < ۱۰                   |
| بو و مزه (TON)                    | < ۳               | < ۴/۵             | < ۵               | < ۷                          | < ۱۰              | < ۱۵                   |
| جلبک ( $\frac{ASU}{mL}$ )         | < ۱۰ <sup>۳</sup> | < ۱۰ <sup>۳</sup> | < ۱۰ <sup>۴</sup> | < ۱۰ <sup>۳</sup>            | < ۱۰ <sup>۴</sup> | < ۱۰ <sup>۴</sup>      |
| ژیلار دیا (۱۰۰ L)                 | < ۱۰۰             | < ۳               | < ۵               | < ۱۰                         | < ۲۰              | < ۵۰                   |
| کریتوپسوریوم (L/۱۰۰)              | < ۱۰۰             | < ۱               | < ۳               | < ۱۰                         | < ۱۰              | < ۲۰                   |
| (تعداد) کلیرم ( $\frac{mL}{mL}$ ) | < ۱۰ <sup>۴</sup> | < ۱۰ <sup>۳</sup> | < ۱۰ <sup>۴</sup> | < ۱۰ <sup>۶</sup>            | < ۱۰ <sup>۶</sup> | < ۱۰ <sup>۷</sup>      |

توجه:

(۱) معیارهای بالا در شرایط کلی است ولی ممکن است استثنایی نیز وجود داشته باشد.

(۲) فرآیند تصفیه‌ی متعارف کامل شامل فرآیند سختی‌زدایی با آهک است.

## فصل

## ۴

## کدورت و ذرات کلوئیدی

## ۴۱ کدورت

اندازه‌گیری مربوط به کدورت معمولاً بر روی آب تمیز و صاف که درست نقطه‌ی مقابل فاضلاب به شمار می‌آید انجام می‌شود. آب‌های طبیعی ممکن است دارای کدورت‌هایی باشند که از چند FTU تا چند صد FTU تغییر می‌کنند. استانداردهای EPA برای آب آشامیدنی الزامی است که حداکثر میزان FTU برابر با یک باشد، در صورتی که اتحادیه‌ی امور آب در آمریکا میزان  $FTU = 0.1$  را ملاک اصلی خود برای آب آشامیدنی تعیین نموده است.

تا ۱۰ واحد ← آب خیلی خوب

تا ۲۵۰ واحد ← آب خوب (انعقاد، صاف‌سازی)

بیش از ۲۵۰ واحد ← آب ضعیف (تصفیه‌ی اختصاصی)

کدورت براساس واحد جکسون (JTU) بیان می‌شود.

| کل کلیفرم در ۱۰۰ mL نمونه | کلیفرم‌های مدفوعی در ۱۰۰ mL نمونه | دفع آلودگی                                                                                  |
|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۰-۵۰                      | ۰-۲۰                              | از طریق گندزدایی آلودگی برطرف می‌شود.                                                       |
| ۵۰۰۰                      | ۲۰۰۰                              | تصفیه متداول و گندزدایی                                                                     |
| ۵۰۰۰-۵۰۰۰۰                | ۲۰۰۰-۲۰۰۰۰                        | تصفیه اختصاصی (هزینه‌ی بیش‌تری نیاز دارد)<br>تصفیه متداول و گندزدایی                        |
| >۵۰۰۰۰                    | >۲۰۰۰۰                            | آلودگی خیلی بالا است که باید از مصرف آن برای آشامیدن خودداری کرد (غیر قابل قبول برای تصفیه) |

نمونه‌برداری از منبع آب بسیار اهمیت دارد. نمونه‌برداری باید هم علمی و هم اقتصادی باشد. نمونه‌ها باید به تعداد مناسب باشند که بتوان براساس آن‌ها قضاوت کرد. یک سری پارامترها مثل سولفات‌ها و بعضی فلزات، مقادیرشان تغییرات بسیار جزئی دارد. یک سری پارامترها تغییرات و نوسانات آن‌ها زیاد است مثل کدورت، رنگ و مواد معلق و ...

## فصل

## ۹

## مواد منعقد کننده و کمک منعقد کننده

## ۸۳ انواع منعقد کننده‌ها

جهت عمل انعقاد از انواع منعقد کننده‌ها استفاده می‌شود که در زیر به مهم‌ترین‌های آن‌ها اشاره می‌شود:

(۱) آلوم  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$

آلوم معمولاً در pH ۵-۸ خوب عمل می‌کند چون هیدروکسیدهای آلومینیوم در این pH محلولند.

(۲) کلروفریک  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$

این منعقد کننده در pH ۴-۱۲ خوب عمل می‌کند.

(۳) سولفات فریک  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$

این منعقد کننده نیز در pH ۴-۱۲، بهترین عملکرد را دارد.

(۴) سولفات فرو (کوپراس)  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  Coperase

این منعقد کننده در pH بالاتر از ۸/۵ خوب عمل می‌کند.

منعقد کننده‌های دیگر شامل سیلیکات سدیم، آلومینات سدیم و پلی آلومینیوم کلراید یا PAC می‌باشد که PAC یکی از ترکیبات آلوم است. PAC لجن کم‌تری نسبت به آلوم تولید می‌کند و لخته‌ی آن سنگین‌تر و دوز مصرفی آن کم‌تر از آلوم است و از آلوم گران‌تر است.

## کمک منعقد کننده‌ها

در ایجاد لخته‌های سنگین‌تر و با قابلیت ته‌نشینی بالا کمک می‌کنند. معمولاً از انواع پلی‌الکترولیت‌ها و پلیمرهای طبیعی و مصنوعی استفاده می‌شود.

کمک منعقد کننده‌های طبیعی مثل: نشاسته، خاک رس، کیتوزان و آهک

کمک منعقد کننده‌های مصنوعی مثل: انواع آمیدها و پلی استیرن‌ها و ...

کمک منعقد کننده‌های مصنوعی خطر سرطان‌زایی دارند و نباید غلظت آن‌ها در آب خروجی از ۰/۳ بیش‌تر شود.

## فصل

## ۱۱

گندزدایی  
(Disinfection)

۱۰۹

از بین بردن قدرت تولیدمثل توسط UV با مکانیسم Thymin dimerization که باعث عدم نسخه‌برداری DNA می‌شود، صورت می‌گیرد.

فرایند تصفیه‌ای که به منظور از بین بردن یا غیرفعال‌سازی ارگانیسم‌های پاتوژن صورت می‌گیرد: گندزدایی در فرایندهای معمول تصفیه، طی مراحل متوالی بیش از ۹۹٪ میکروارگانیسم‌ها از آب حذف می‌شوند. جهت اطمینان از حضور آن‌ها و جلوگیری از رشد مجدد آن‌ها و نیز دستیابی به استانداردهای آب شرب، گندزدایی انجام می‌شود.

- انواع گندزدایی
  - حرارتی
  - به‌وسیله پرتو شیمیایی

## تصفیه حرارتی

- اولین روش گندزدایی آب‌های شرب بوده است.
- در شرایط عدم دسترسی به مواد شیمیایی آسان‌ترین روش گندزدایی است.
- برای مقادیر کم آب در شرایط اضطراری (فوری- بحرانی)، در اردوگاه‌ها و درحین بروز مشکل در سیستم و احتمال آلودگی
- مدت جوشاندن به ارتفاع محل و حجم آب بستگی دارد.
- معمولاً ۵min، می‌توان با توجه به حجم آب از دمای پایین‌تر و مدت زمان بیش‌تری استفاده کرد.

## گندزدایی با اشعه ماورای بنفش (UV) و سایر پرتوها

پرتوهای مورد استفاده (UV،  $\gamma$  و X)

- اشعه الکترومغناطیس با طول موج کوتاه → مؤثر بروی ویروس‌ها و اسپورها
- اشعه گاما → مکانیسم اثر
  - مرگ سلول‌ها در اثر فعل و انفعالات یونی داخل سلول
  - ترکیب اشعه با آب → تولید رادیکال‌های OH
  - ترکیب با مولکول‌های آلی → تأثیر ثانویه!
- مشکلات → گران قیمت است و استفاده از آن به تخصص و دقت زیاد نیاز دارد.

## فصل

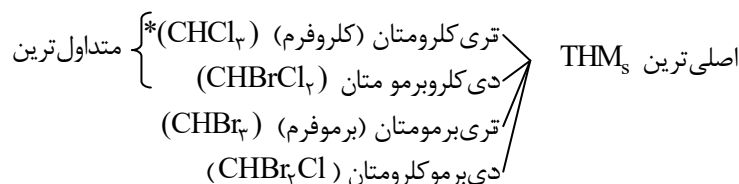
## ۱۳

## محصولات جانبی گندزدایی

۱۲۸

(DBP<sub>s</sub>) ← فرآورده‌های فرعی گندزدایی، حاصل از واکنش کلر با ناخالصی‌های موجود در آب به‌ویژه مواد آلی طبیعی (NOM) از جمله اسیدهای هیومیک و فولیک

- تری‌هالومتان‌ها (THM<sub>s</sub>)\*
- هالو استیک اسیدها (HAA<sub>s</sub>)
- ترکیبات آلی فرار (VOC<sub>s</sub>)
- هالو استونیتریل‌ها (HAN<sub>s</sub>)
- هالو پروپانون‌ها یا هالو استون‌ها (HPN<sub>s</sub> - HK<sub>s</sub>)
- تری‌هالو نیترومتان‌ها (X<sub>3</sub>NM<sub>s</sub>)
- تری هالو استالدئیدها

تری‌هالومتان (THM<sub>s</sub>):

اصلی‌ترین گروه DBP<sub>s</sub>، THM<sub>s</sub> هستند که در بین آن‌ها، کلروفرم (CHCl<sub>3</sub>) متداول‌ترین است.

تری‌هالومتان‌ها با کلرزنی مواد آلی طبیعی (NOM) تشکیل و اغلب به عنوان مواد آلی اولیه با کلر آزاد باقی‌مانده شناخته می‌شوند. مواد آلی اولیه در حالت کلی دارای اسید هیومیک و فولوئیک اسید هستند. کلر آمین‌ها نیز قادر به تولید تری‌هالومتان‌ها (THM) هستند ولی مقدار آن‌ها به اندازه‌ای کم است که این فرآیندها را می‌توان فرآیندهای عدم تشکیل تری‌هالومتان‌ها (THM) تلقی کرد.

## فصل

## ۱۹

## رزین‌ها

۱۵۵

رزین‌ها برای اولین بار در سال‌های ۱۹۰۵ م. استفاده شدند که به‌صورت سنتزی بودند، که این رزین‌های سنتزی را به عنوان ژئولیت‌ها می‌شناسیم. برای حذف املاح سختی مثل Ca و Mg می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

مزایای رزین‌ها: رسوبی تشکیل نمی‌شود بنابراین مسئله‌ی مرتبط با ته‌نشینی و فیلتراسیون (تشکیل لجن) را نداریم. تنها فاضلاب در اثر احیای رزین است. کار رزین‌ها بسیار ساده است. از کوچک‌ترین واحدها تا صافی‌های بزرگ آزمایشگاهی و تجاری وجود دارد.

رزین‌ها نسبت به سایر روش‌هایی که برای حذف املاح سختی وجود دارد کارایی بیش‌تری دارد. نزدیک به ۱۰۰ درصد حذف می‌توان داشت در صورتی که روش‌های زدایش سختی مثل آهک، کارایی به این اندازه نیست. در فرآیند تبادل یونی منظور این است که یون‌های نامطلوب چه آنیون و چه کاتیون را از آب خام حذف کرد. یون نامطلوب را از آب خام گرفته و یونی که نامطلوب نیست داده خواهد شد. (جابه‌جایی)

رزین‌های تبادل یون بعد از این‌که ظرفیتشان تکمیل شد کارایی خود را از دست می‌دهند و نیاز به احیا دارد که باید تمام موادی را که وارد رزین شده از آن جدا کرد.

رزین‌ها به طور طبیعی وجود دارد. مثل خیلی از خاک‌ها و شن‌های بیابانی (شن‌های سبز) اما درجه‌ی حذف نسبت به رزین‌های دیگر پایین‌تر است.

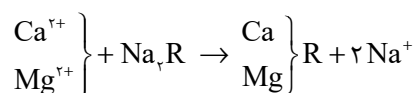
رزین‌ها را به چند دسته تقسیم می‌کنند، برحسب این‌که آنیون یا کاتیون را جذب می‌کنند:

۱- رزین‌های آنیونی

۲- رزین‌های کاتیونی

تقریباً شکل کروی دارند و اندازه‌ی آن‌ها ۰/۸ - ۰/۴ mm است. بیش‌تر رزین‌ها دارای یون سدیم هستند و سدیم جابه‌جا می‌شود.

در بحث سختی کلسیم و منیزیم مطرح است که با رزین تماس یافته و توسط رزین گرفته می‌شوند.



فصل

۲۱

کارایی فرآیندهای تصفیه

| گندزدایی | صافی شنی<br>پس از انعقاد                | صافی شنی<br>پیش از انعقاد             | سبک‌سازی با آهک<br>همراه با ته‌نشینی | انعقاد لخته‌سازی        | هوادهی      | فرآیندها<br>عوامل |
|----------|-----------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------|-------------------|
| ++++     | ++++                                    | ++++<br>۹۹/۹٪ کارایی                  | +++<br>افزایش درجه حرارت             | ++<br>تأثیر محدودی مؤثر | تأثیر ندارد | باکتری‌ها         |
| °        | ++++<br>مقدار زیادی<br>رنگ حقیقی<br>حذف | ++<br>فقط رنگ<br>ظاهری حذف<br>می‌شود. | °                                    | +++                     | °           | رنگ               |
| °        | ++++                                    | ++++                                  | ++                                   | +++                     | °           | کدورت             |
| ++++     | ++                                      | ++                                    | ++                                   | +                       | ++          | طعم و بو          |
| °        | ° (-)                                   | °                                     | ++++                                 | (-)                     | +           | سختی              |
| °        | ° (-)                                   | °                                     | ° (-)                                | ° (-)                   | +++<br>---  | خوردگی            |
| °        | بعد از هوادهی<br>++++                   | بعد از هوادهی<br>++++                 | ++                                   | +++<br>بعد از هوادهی    | +++         | آهن و منگنز       |

علامت مثبت نشان‌دهنده کارایی و تعداد آن نشان‌دهنده مقدار کارایی

## بخش دوم

# توسعه منابع آب

## فصل

## ۱

## توسعه منابع آب

## وضعیت منابع آب

۱۹۶

جمعیت فعلی جهان حدود شش میلیارد نفر است. پیش‌بینی می‌شود تا اواخر قرن حاضر این جمعیت به دو برابر افزایش یابد. تقریباً تمامی رشد مربوط به کشورهای جهان سوم است، کشوهایی که مشکلات بسیار زیادی در ارتباط با تامین آب کافی دارند و به همین نحو مسائلی در ارتباط با تخلیه فاضلاب‌ها، در این مناطق هر ساعت حدود ۱۴۰۰ نفر که اکثراً کودکان می‌باشند به دلیل بیماری‌های ناشی از آب تلف می‌شوند (Bouwer ۱۹۹۴). شهرنشینی رو به گسترش است و مهاجرت از روستاها به شهر رو به فزونی است. نتیجه چنین روندی تبدیل شهرهای بزرگ به کلان‌شهرهایی با جمعیت‌های بیش از ده میلیون نفر و در نهایت نمایان شدن مشکل تامین نیازهای کلان آلی چنین مناطقی است برای تامین استانداردهای مناسب زندگی مشابه آن‌چه که در کشورهای پیشرفته (غربی و صنعتی) وجود دارد سرانه آب سالانه هر نفر بایستی حداقل ۲۰۰۰ متر مکعب (Postel، ۱۹۹۲) باشد. اگر سرانه آب سالانه بین ۲۰۰۰-۱۰۰۰ متر مکعب باشد. در این صورت کشور را در تنش آبی تلقی نموده و در صورتی که سرانه آب سالانه ۵۰۰ متر مکعب باشد چنین کشوری دچار کمبود آب می‌باشد.

با توجه به میزان آب قابل تجدید جهان و جمعیت فعلی آن سرانه آب قابل تجدید برای جمعیت فعلی جهان به ۷۰۰۰ متر مکعب در سال برآورد می‌شود. لذا آب کافی در سطح جهان حداقل برای سه برابر جمعیت فعلی دنیا وجود دارد. پس مشکل چیست؟ کمبود آب برای چیست؟ مشکل اصلی به علت عدم تعادل (زمانی و مکانی) بین جمعیت و نزولات آسمانی است. تقریباً تمام آب کره زمین (۹۷ درصد) به صورت آب شور در اقیانوس‌ها پراکنده است ۳ درصد باقی‌مانده به‌صورت برف و یخ (در نواحی کوهستانی و قطبی) آب شیرین می‌باشد.

فقط یک درصد از آب زمین به‌صورت شیرین یافت می‌شود که تقریباً بیش از ۹۸ درصد آن به‌صورت آب زیرزمینی و کمتر از دو درصد آن به شکل نهرها و دریاچه است که آن‌ها نیز بعضاً از طریق آب‌های زیرزمینی تغذیه می‌گردند. آب‌های زیرزمینی خود در اثر بارندگی‌ها و نزولات آسمانی را به اعماق زمین نفوذ می‌کنند تشکیل می‌گردند.

- چهل درصد از نزولات جوی در هوای معتدل و مرطوب
- ده تا بیست درصد قابلیت از نزولات جوی در اقلیم‌های مدیترانه‌ای
- یک درصد و حتی کمتر از نزولات جوی در اقلیم‌های خشک

## بانک سوالات

جمع آوری سوالات کنکور کاردانی به کارشناسی  
کارشناسی ارشد و دکتری به صورت فصل بندی شده

## سوالات تألیفی

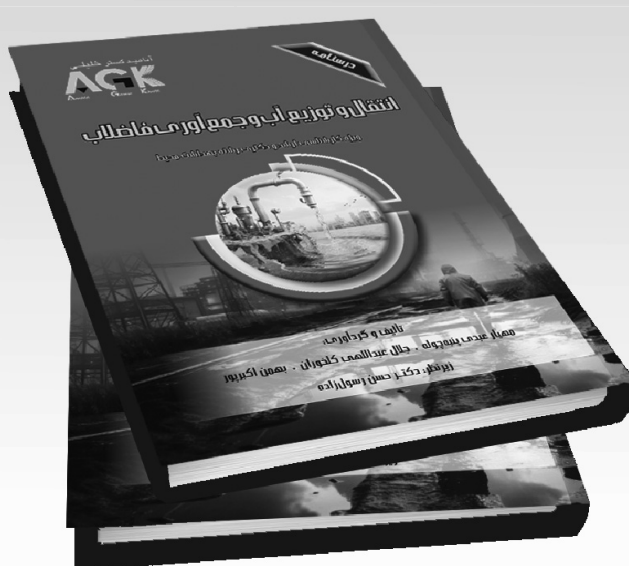
تألیف سوالات مشابه کنکور

## جامع

حاوی تمامی مطالب و نکات لازم  
برای کنکور براساس منابع

## الگوریتم

چکیده‌ی تمامی مطالب و نکات لازم  
برای کنکور براساس منابع



دریافت نمونه‌ی کتاب به صورت رایگان



[www.agkins.com](http://www.agkins.com)

## بانک سوالات

جمع آوری سوالات کنکور کاردانی به کارشناسی  
کارشناسی ارشد و دکتری به صورت فصل بندی شده

## سوالات تألیفی

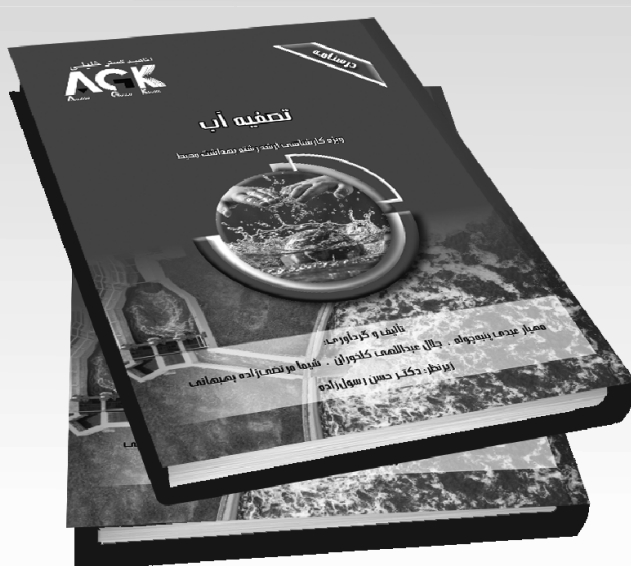
تألیف سوالات مشابه کنکور

## جامع

حاوی تمامی مطالب و نکات لازم  
برای کنکور براساس منابع

## الگوریتم

چکیده‌ی تمامی مطالب و نکات لازم  
برای کنکور براساس منابع



دریافت نمونه‌ی کتاب به صورت رایگان



[www.agkins.com](http://www.agkins.com)

## بانک سوالات

جمع آوری سوالات کنکور کاردانی به کارشناسی  
کارشناسی ارشد و دکتری به صورت فصل بندی شده

## سوالات تألیفی

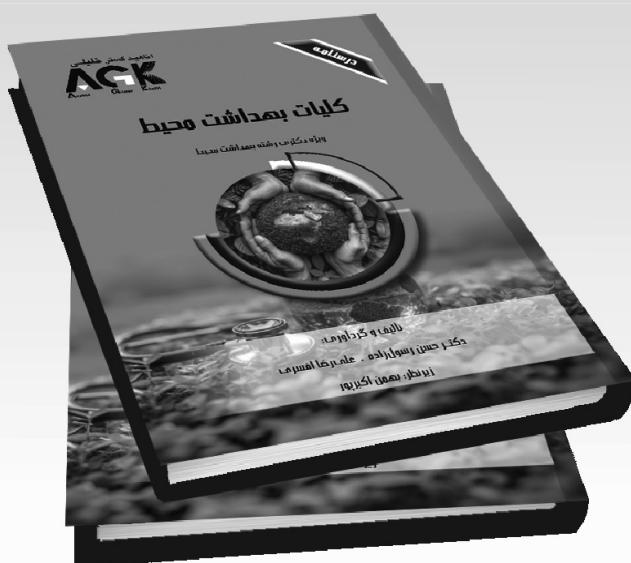
تألیف سوالات مشابه کنکور

## جامع

حاوی تمامی مطالب و نکات لازم  
برای کنکور براساس منابع

## الگوریتم

چکیده‌ی تمامی مطالب و نکات لازم  
برای کنکور براساس منابع



دریافت نمونه‌ی کتاب به صورت رایگان



[www.agkins.com](http://www.agkins.com)

# شماره تماس با نمایندگی‌های فعال و رسمی آناهید گستر خلیلی

| شماره تماس   | نمایندگی                            | شماره تماس  | نمایندگی                    |
|--------------|-------------------------------------|-------------|-----------------------------|
| ۰۹۱۰۱۷۱۱۸۷۲  | سبزوار (آقای شریفان)                | ۰۹۹۱۳۷۱۳۷۵۰ | اراک (آقای حسینی)           |
| ۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۱  | شاهرود (آقای سلمانی)                | ۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۸ | اردبیل (خانم عاصمی‌زاده)    |
| ۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۹  | شهرکرد (خانم تقی‌پور)               | ۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۱ | ارومیه (آقای آرمیون)        |
| ۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۲  | شیراز (آقای فروردین / خانم هوشمندی) | ۰۹۱۹۶۳۲۱۸۵۲ | اسفراین (خانم اسماعیل‌زاده) |
| ۰۹۱۹۳۷۱۳۷۴۲  | فسا (خانم شعبانی)                   | ۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۰ | اصفهان (آقای کیانی)         |
| ۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۹  | قزوین (خانم چگینی)                  | ۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۴ | اهواز (آقای دکتر رضازاده)   |
| ۰۹۱۹۷۷۸۱۹۴۷۱ | کرج (آقای دکتر علیرضاپور)           | ۰۹۱۹۰۹۸۰۳۱۸ | ایلام (آقای دکتر بوچانی)    |
| ۰۹۱۳۱۹۸۱۲۷۰  | کرمان (خانم ضمانتی‌یار)             | ۰۹۱۹۶۸۵۳۱۱۶ | بروجرد (آقای احمدی‌صدر)     |
| ۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۸  | کرمانشاه (آقای ابراهیمی)            | ۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۹ | بم (خانم سرحدی‌نژاد)        |
| ۰۹۱۹۵۳۷۱۸۹۰  | کوهدشت (خانم یاریان)                | ۰۹۱۹۵۹۰۷۲۰۳ | بیرجند (آقای دکتر بهروان)   |
| ۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۷  | گرگان (آقای شاه‌علی)                | ۰۹۱۹۵۷۳۰۱۴۷ | تبریز (خانم عاصمی‌زاده)     |
| ۰۹۱۹۵۷۳۳۱۷۹  | مراغه (آقای صمدی)                   | ۰۹۰۱۳۷۳۷۸۹۶ | جهرم (آقای یاعلی جهرمی)     |
| ۰۹۹۱۳۷۱۳۷۴۴  | مشهد (خانم دکتر شجاعی)              | ۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۰ | جیرفت (خانم دکتر محمدی)     |
| ۰۹۱۹۵۷۳۳۱۷۹  | میاندوآب (آقای صمدی)                | ۰۹۱۹۲۷۰۵۸۷۸ | خرم‌آباد (خانم میر)         |
| ۰۹۱۹۶۳۵۰۷۶۸  | نیشابور (آقای موسوی)                | ۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۳ | رشت (خانم تنها)             |
| ۰۹۱۹۵۷۳۳۲۸۴  | هرمزگان (آقای زارعی)                | ۰۹۱۹۶۸۲۹۲۸۰ | رفسنجان (آقای یوسفی)        |
| ۰۹۱۹۵۷۳۰۱۵۵  | همدان (آقای سوری)                   | ۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۵ | زاهدان (آقای مهمان‌دوست)    |
| ۰۹۱۹۵۹۰۷۲۰۴  | یاسوج (آقای مرتضوی)                 | ۰۹۱۹۲۷۰۵۸۷۱ | زنجان (خانم دکتر هوشیار)    |
| ۰۹۱۹۹۱۰۱۲۴۳  | یزد (خانم آزاد)                     | ۰۹۱۹۷۷۸۱۹۴۴ | ساری (آقای دکتر اکبری)      |

# بانک کتاب ناهید



«هر کتابی، از هر انتشاراتی را از ما بخواهید»

✓ جامع‌ترین بانک کتاب

✓ تحویل روزانه

✓ ارسال به تمامی نقاط کشور

✓ سفارش کتاب به صورت تلفنی و آنلاین

**www.NIBS.ir**



کتاب دانشگاهی، فنی و مهندسی، علوم پزشکی، علوم انسانی، عمومی،  
ادبی، مذهبی، کمک آموزشی، کودک و نوجوان و کتاب نفیس

فروشگاه: تهران - خیابان انقلاب - روبه روی درب اصلی دانشگاه تهران

پاساژ فروزنده - طبقه همکف - پلاک ۳۳۱

تلفن: ۶۶۴۸۹۳۷۵ - ۰۲۱ - ۶۶۴۸۹۳۴۹ - ۰۲۱