

**PART A: Grammar**

Directions: Choose the word or phrase (1), (2), (3), or (4) that best completes the blank. Then, mark the correct choice on your answer sheet.

1- The rate that bright comets enter the solar system implies there should be around 3000 of them buzzing around, only 25 are known.

- 1) nonetheless 2) regardless of the fact 3) and yet 4) as there are

2- Contemporary theories of interpretation require that, in our analyses of texts, we consider not only what the text says“made.”

- 1) also its meaning gets and 2) but also gets the meaning of it
3) but its meaning also gets 4) but how its meaning gets

3- individual behavior is influenced by social networks is beyond dispute.

- 1) That 2) An 3) The 4) It is that

4- Plant scientists have been trying for years to genetically modify flowers for aesthetic purposes. The first to go on sale were blue carnations in Australia, in 1996.

- 1) were produced 2) produced 3) had been produced 4) to produce

5- Weapons have been carried and delivered by a wide variety of vehicles, weapon platforms.

- 1) they are often called 2) often called 3) called they are often 4) that are called often

6- Articulating what the difference between humans and other creatures consists of behind it have formed a large and difficult project tackled by biologists, anthropologists, psychologists, and philosophers.

- 1) uncovering the biology 2) the biology of uncovering
3) the biology uncovering 4) and uncovering the biology

7- Most healthcare professionals view depression as “just part of getting old and argue that this illness,, can have serious, even fatal consequences.

- 1) untreated then 2) untreated whether it is 3) if untreated 4) that is untreated

8- Ted had a terrible habit of boasting so much about his smallest accomplishments his vainglory became renowned throughout the small college campus.

- 1) that 2) as 3) in that 4) as though



PART B: Vocabulary

Directions: Choose the word or phrase (1), (2), (3), or (4) that best completes the blank. Then, mark the correct choice on your answer sheet.

9- Dogs growl and show their teeth in an attempt to frighten the animal or person they perceive as a

- 1) habitat 2) prey 3) suspicion 4) threat

10- Based on his recent poor decisions, it was obvious that Seth lacked even a modicum of good

- 1) sentiment 2) sense 3) sensation 4) sensitivity

11- The judge the extraneous evidence because it was not pertinent to the trial.

- 1) disclosed 2) distended 3) dismissed 4) distorted

12- The more frequently employees take time to exercise during working hours each week, the fewer sick days they

- 1) expend 2) save 3) take 4) recall

13- Classic psychology experiments have shown that when rats are first with an electrical shock to fear a tone when it sounds, they later fear the tone even without the associated shock.

- 1) conditioned 2) sparkled 3) displayed 4) intended

14- In 1998 Gordon Sinclair, the owner of a well-known restaurant, was struggling with a problem that all restaurateurs. Patrons frequently reserve a table but, without notice, fail to appear.

- 1) delegates 2) afflicts 3) intensifies 4) evades

15- Despite what the scientist said, the volcano eruption is not , so do not be concerned!

- 1) impassive 2) negotiable 3) vulnerable 4) imminent

16- At the landfill, the process is in full swing, turning much of the garbage into gasses.

- 1) conversion 2) restoration 3) decomposition 4) pressurization

17- Because I am an extreme planner who needs to control everything, I never engage in

- 1) justification 2) pretention 3) coincidence 4) spontaneity

18- The roads in our town already have too much traffic; building a new shopping mall will the problem.

- 1) frustrate 2) exacerbate 3) preserve 4) exploit

19- The movie *Close Encounters of the Third Kind* tells the story of the first contact between beings from outer space and creatures, that is, those living on earth.

- 1) terrestrial 2) dominant 3) ingenious 4) affable

20- There is agreement that an airport is needed; no one disputes that, but there is fundamental disagreement about where to build it.

- 1) uniform 2) utilitarian 3) unique 4) unanimous

بخش اول: دستور زبان

در سؤالات زیر، از بین گزینه‌های (۱)، (۲)، (۳) و (۴) پاسخی را انتخاب کنید که به بهترین نحو جای خالی را پر کند. آنگاه پاسخ‌تان را روی پاسخنامه علامت بزنید.

۱- گزینه «۳» با توجه به سرعت و تعداد ورود ستاره‌های دنباله‌دار به منظومه شمسی می‌توان حدس زد که باید تقریباً ۳۰۰۰ مورد از آن‌ها وجود داشته؛ با این حال تنها ۲۵ عدد از آنها شناسایی شده‌اند.

توضیح: همان‌طور که می‌دانید nonetheless قید ربط است؛ یعنی قبل از آن باید نقطه یا نقطه‌ویرگول و بعد از آن باید حتماً کاما بیاید. با این حساب گزینه (۱) نادرست است. گزینه (۲) در صورتی ارزش بررسی کردن دارد که طراح بعد از fact از حرف ربط that استفاده می‌کرد. گزینه (۳) صحیح است، هم با توجه به مفهوم جمله و هم با توجه به اینکه قبل از and کاما می‌آید. و گزینه (۴) نادرست است چون بعد از as دو تا فعل داریم؛ یکی are و یکی know.

۲- گزینه «۴» نظریه‌پردازان معاصر در زمینه ترجمه شفاهی باور دارند ما در آنالیز متن، علاوه بر چیزی که متن می‌گوید، باید به نحوه شکل‌گیری معنی آن نیز توجه داشته باشیم.

توضیح: همان‌طور که می‌بینیم این تست با مبحث not only ... but also سروکار دارد. اول از همه اینکه در این ساختار but also می‌تواند به صورت but یا also هم به کار برود. پس امیدوارم فوری گزینه (۲) را نزده باشید.

ضمناً می‌دانیم ساختار (also) but ... not only مستلزم رعایت ساختار موازی است؛ بنابراین چون بعد از not only کلمه پرسشی what را داریم باید بعد از but(also) هم از کلمه‌ی پرسشی how استفاده کنیم:

.... not only what the text says but how its meaning gets made.

۳- گزینه «۱» اینکه شبکه‌های اجتماعی بر روی رفتار افراد تاثیرگذار هستند، قابل تردید نمی‌باشد.

توضیح: تست بسیار ساده‌ای است. توی مبحث جمله‌واره‌ی اسمی گفتیم یکی از کاربردهای that clause این است که قبل از فعل be به عنوان فاعل استفاده شوند. گفتیم در این موارد that به صورت «اینکه» ترجمه می‌شود:

That individual behavior is influenced by social networks is beyond dispute.

مثال بیشتر:

That coffee grows in Brazil is well known.

۴- گزینه «۲» گیاه‌شناسان سال‌هاست که با استفاده از اصلاح ژنتیک به دنبال زیباتر ساختن گل‌ها هستند. گل میخک آبی اولین موردی بود که برای فروش عرضه شد. این گل در سال ۱۹۹۶ در استرالیا تولید شد.

توضیح: این تست از دو جمله تشکیل شده که برای پاسخگویی به آن فقط به جمله دوم نیاز داریم. جمله دوم دارای فعل اصلی were می‌باشد، با این حساب به هیچ فعل اصلی دوم دیگری نیاز نداریم چون هر جمله فقط و فقط باید یک فعل اصلی داشته باشد. این یعنی حذف همزمان گزینه‌های (۱) و (۳). گزینه (۴) نادرست است چون قصد بیان هدف نداریم.

ضمناً شکل اولیه گزینه (۲) این‌طوری بوده:

The first to go on sale were blue carnations **that were produced** in Australia, in 1996.

اگر that were را حذف کنیم، به گزینه (۲) می‌رسیم.



۵- گزینه «۲» سلاح‌ها از طریق وسایل نقلیه مختلفی حمل و تحویل داده می‌شوند. این وسایل نقلیه اغلب با نام پلتفرم سلاح شناخته می‌شوند.
توضیح: تقریباً هر سال از این بحث سؤال می‌آید و ما هم هر سال می‌گوییم بعد از کاما کاربرد that ممنوع است. (این یعنی حذف گزینه (۴)).
گزینه (۱) در صورتی صحیح است که کاما به نقطه تبدیل بشود و they هم به They. مهم‌ترین دلیل رد گزینه (۳) کاربرد they بعد از called است.
ضمناً شکل اولیه‌ی گزینه‌ی ۲ این طوری بوده:

Weapons have been carried and delivered by a wide variety of vehicles, **which are often called** weapon platforms.

اگر which are حذف کنیم، به گزینه (۲) می‌رسیم.

۶- گزینه «۴» درک تفاوت بین انسان و سایر موجودات و مسائل بیولوژیکی نهفته در آن باعث بوجود آمدن مباحث و تحقیقات دشوار و گسترده‌ای شده است که دانشمندانی از رشته‌های مختلف مانند زیست‌شناسی، انسان‌شناسی، روانشناسی و فلسفه به آن می‌پردازند.
توضیح: توی تست‌هایی که این‌قدر طولانی هستند، اولین کار این است که به دنبال فعل اصلی باشیم. فعل اصلی سوال ما have formed است. پس به خاطر حضور have باید فاعلمون جمع باشد. اما articulating به تنهایی به فعل مفرد نیاز دارد، این یعنی باید articulating را با and به یک ساختار ing دار موازی دیگر متصل کنیم تا آن موقع کاربرد فعل have هم معنی پیدا کند. و چون فقط گزینه (۴) است که دارای and می‌باشد، می‌توانیم باقی گزینه‌ها را رد کنیم.

۷- گزینه «۳» اکثر متخصصین حوزه بهداشت و درمان، افسردگی را بخشی از پروسه افزایش سن می‌دانند و اعتقاد دارند که در صورت عدم درمان می‌تواند عواقب بسیار وخیمی داشته و یا حتی باعث مرگ بیمار شود.
توضیح: اول از همه اینکه طراح سؤال ظاهراً یادش رفته آن (") را که باز کرده ببندد. باید این علامت را قبل از and بیاورد. حالا می‌رسیم به رد گزینه‌ها. کاربرد that بعد از کاما ممنوع است (یعنی رد گزینه (۴)). گزینه ۱ نادرست است چون معلوم نیست طراح سوال آن then را بابت چی استفاده کرده. گزینه (۲) هم کنار می‌رود چون بعد از is هیچ عبارت کامل‌کننده‌ای نداریم. اما برای اینکه ببینیم چرا گزینه (۳) صحیح است باید اصل جمله را پیدا کنیم.

Most healthcare professionals argue that this illness, **if it is untreated**, can have serious, even fatal consequences.

چون it به this illness برمی‌گردد، می‌توانیم با فرض اینکه فاعل‌ها یکسان هستند، فاعل جمله‌واره‌ی وابسته یعنی it و فعل is را حذف کنیم و یک وجه وصفی بسازیم:

Most healthcare professionals argue that this illness, **if untreated**, can have serious, even fatal consequences.

۸- گزینه «۱» تد اخلاق بسیار زشتی داشت و به خاطر کوچک‌ترین موفقیت‌هایش به قدری فخر فروشی می‌کرد که عادت خودستایی او در سرتاسر محوطه‌ی کوچک دانشگاه زبانزد عام و خاص بود.
توضیح: از ساختار that so استفاده شده.

....so much about that

بخش دوم: واژگان

دستورالعمل: در سؤالات زیر، از بین گزینه‌های (۱)، (۲)، (۳) و (۴) پاسخی را انتخاب کنید که به بهترین نحو جای خالی را پر کند. آنگاه پاسخ‌تان را روی پاسخنامه علامت بزنید.

۹- گزینه «۴» سگ‌ها در هنگام مواجهه با خطر / تهدید، پارس می‌کنند و دندان‌های خود را نشان می‌دهند تا حیوان یا شخص مورد نظر را بترسانند.

- (۱) زیستگاه، زیست‌بوم (۲) طعمه (۳) سوءظن، تردید (۴) خطر، تهدید

۱۰- گزینه «۲» ضعف تصمیمات اخیرِ سِت نشان می‌دهد که کوچکترین درکی نسبت به مسائل مختلف ندارد.

- (۱) تمایل، گرایش، احساس (۲) شعور، معنی، ادراک (۳) احساس، هیجان (۴) حساسیت

۱۱- گزینه «۳» قاضی شواهد غیرضروری را مردود اعلام کرد زیرا ارتباط چندانی با روال دادرسی نداشت.

- (۱) افشاء کردن، فاش کردن (۲) بزرگ کردن، منبسط کردن (۳) مردود شمردن، رد کردن (۴) کج کردن، تحریف کردن

۱۲- گزینه «۳» کارمندان هرچقدر در طول هفته بیشتر ورزش کنند، کمتر به مرخصی استعلاجی نیاز پیدا می‌کنند.

توضیح: جواب این سؤال عیناً توی خود سؤال آمده. یعنی اول بوده take time حالا شده take days.

اصطلاح take sick days یعنی «استعلاجی گرفتن».

۱۳- گزینه «۱» طبق آزمایشات روانشناسی کلاسیک، وقتی موش‌ها برای ترسیدن از یک صدای بخصوص به وسیله شوک الکتریکی شرطی شوند،

بعدها بدون وجود شوک الکتریکی هم از آن صدا می‌ترسند.

- (۱) شرطی کردن (۲) درخشیدن، برق زدن (۳) نمایش دادن (۴) قصد داشتن

۱۴- گزینه «۲» گوردن سینکلر، صاحب یکی از رستوران‌های مشهور، در سال ۱۹۹۸ با یکی از مشکلاتی که تمامی صاحب رستوران‌ها را آزار می‌داد،

دست و پنجه نرم می‌کرد. مشتریان، میز رزرو می‌کردند اما بدون اطلاع در رستوران حاضر نمی‌شدند.

- (۱) تفویض کردن، سپردن (۲) رنجاندن، آزردن (۳) تشدید کردن (۴) طفره رفتن، شانه خالی کردن

۱۵- گزینه «۴» علیرغم دیدگاه آن دانشمند، فوران آتشفشان در آینده‌ای نزدیک اتفاق نخواهد افتاد. بنابراین جایی برای نگرانی نیست!

- (۱) خونسرد، بی‌عاطفه (۲) قابل مذاکره (۳) آسیب‌پذیر (۴) قریب‌الوقوع

۱۶- گزینه «۳» در مکان دفن زباله، پروسه‌ی تجزیه با قدرت در حال اجرا است. در این پروسه بخش زیادی از زباله به گاز تبدیل می‌شود.

- (۱) تبدیل، تغییر (۲) ترمیم، بازسازی (۳) تجزیه (۴) تحت فشار قرار دادن

۱۷- گزینه «۴» من، به دلیل اینکه برنامه‌ریز بسیار دقیقی هستم، باید همه چیز را تحت نظر داشته باشم. بنابراین در زندگی من هرگز چیزی

بدون برنامه‌ریزی (فی‌البداهه) اتفاق نمی‌افتد.

- (۱) توجیه، دلیل آوردن (۲) تظاهر، وانمود (۳) اتفاق، تصادف، تقارن (۴) بدون برنامه، خودبخودی



۱۸- گزینه «۲» خیابان‌های شهر ما در حال حاضر هم ترافیک سنگینی دارد و ساخت پاساژ این مشکل را بدتر خواهد کرد.

- (۱) خنثی کردن، مختل کردن (۲) بدتر کردن، تشدید کردن (۳) حفظ کردن، نگه داشتن (۴) استخراج کردن، بهره‌برداری کردن

۱۹- گزینه «۱» فیلم «برخورد نزدیک از نوع سوم» داستان اولین برخورد بین موجودات فضایی و موجودات زمینی را روایت می‌کند.

- (۱) زمینی، دنیوی، خاکی (۲) غالب، مسلط (۳) باهوش، ماهر (۴) مهربان، خوش‌برخورد

توجه: در گزینه (۳) واژه ingenious به معنی «باهوش، ماهر، ماهرانه» است که از واژه genius به معنای «نبوغ، ذکاوت» گرفته شده. اکثر داوطلبان این واژه را با واژه ingenuous به معنی «صاف‌وساده، بی‌ریا» اشتباه می‌گیرند.

۲۰- گزینه «۴» همه افراد با ساخت فرودگاه موافق هستند، اما در مورد مکان ساخت آن اختلاف نظر شدیدی وجود دارد.

- (۱) یک‌شکل، یک‌دست (۲) سوداگر، سودمند، کاربردی (۳) منحصربه‌فرد (۴) متفق‌القول، به‌اتفاق‌آرا

توجه: لغت unanimous معمولاً با واژگان consent, agreement, decision, vote و ... می‌آید.

بخش سوم: درک مطلب

دو متن زیر را بخوانید و از بین گزینه‌های (۱)، (۲)، (۳) و (۴) گزینه‌ای را انتخاب کنید که برای هر سؤال بهترین پاسخ باشد. آنگاه پاسخ‌تان را روی پاسخنامه علامت بزنید.

متن ۱:

با رشد و پیاده‌سازی تکنولوژی بالقوه VR (واقعیت مجازی) در ده سال آینده زندگی انسان به شدت دستخوش یک سری تغییرات می‌شود. در مورد میزان تأثیر VR و سرعت گسترش آن در جامعه همچنان اختلاف نظر وجود دارد. با این حال بسیاری از متخصصین اعتقاد دارند که تا سال ۲۰۳۰ (و شاید حتی زودتر) VR به اندازه کافی توسعه پیدا کرده و به بخشی جدایی‌ناپذیر از زندگی انسان تبدیل خواهد شد. در حال حاضر ۴۰ میلیون نفر هدست VR دارند و انتظار می‌رود در ۳ سال آینده این تعداد دو برابر شود. تا سال ۲۰۲۵ به احتمال زیاد به نقطه‌ای می‌رسیم که تقریباً ۲۰۰ میلیون کاربر از وسایل ویدئویی VR یا همان HMD (نمایشگر سه‌بعدی که بر روی سر قرار می‌گیرد) استفاده کنند.

هدف نهایی این هدست‌ها، خلق یک فضای مجازی سه بعدی و ۳۶۰ درجه است تا کاربر بتواند بدون نیاز به تلویزیون، کامپیوتر یا پرده سینما از تماشای برنامه‌های مختلف لذت ببرد. در این تکنولوژی دو LCD وجود دارد که هر کدام مخصوص یک چشم است. این LCDها تصاویر فرستاده شده توسط کامپیوتر یا وسیله مشابه دیگر (از طریق کابل HDMI) یا تصاویر موجود بر روی صفحه نمایش موبایل هوشمند وصل شده به بخش جلویی هدست را نمایش می‌دهند. لنزهای قرار گرفته در داخل HMD و در حد فاصل بین چشم کاربر و صفحه نمایش LCD، ضروری هستند زیرا اختلاف طبیعی میان چیزی را که دو چشم انسان به‌طور همزمان می‌بینند از بین می‌برند.

از طریق این لنزها، تصاویر دوبعدی صفحه نمایش قابل مشاهده می‌باشند، که این امر نهایتاً باعث ایجاد یک تصویر مناسب برای هر چشم می‌شود. با ترکیب تصاویر دوبعدی، تصاویری سه‌بعدی ایجاد می‌شوند که بسیار شبیه دنیای واقعی هستند. HDM همچنین از سامانه «head tracking» استفاده می‌کند که مشابه سامانه پرواز هواپیما است و سه مقیاس اوج، زاویه نوانش و غلت را روی محورهای X، Y و Z دنبال می‌کند. به عبارت دیگر، وقتی سر کاربر به طرف بالا، پایین، چپ یا راست حرکت می‌کند، VR این حرکات را دنبال کرده و از این طریق کاربر می‌تواند محیط اطراف خود را ببیند.

۲۱- گزینه «۱» جواب این سؤال در جمله ابتدایی متن پیدا می‌شود:

For the next ten years, various aspects of society could be going through enormous change as **Virtual Reality (VR) technology moves towards fully operational and interactive implementation of its potential.**

قسمت بلدشده جمله بالا نشان می‌دهد که تکنولوژی VR هنوز به طور کامل و به آن اندازه که پتانسیل دارد، پیاده‌سازی نشده.

در این گزینه لغت materialize یعنی «تحقق یافتن، به یک واقعیت تبدیل شدن»

preoccupied در گزینه (۲) یعنی «مشغول، درگیر، مجذوب» / integral یعنی «ضروری، جدایی‌ناپذیر»

سوالات مهندسی شیمی

مجموعه دروس تخصصی (سینتیک و طراحی راکتور، ترمودینامیک، پدیده‌های انتقال)

۱- واکنش‌های مقابل در فاز مایع و در یک راکتور مخزنی هم‌زن‌دار پیوسته (mixed) صورت می‌گیرند، $\left\{ \begin{array}{l} A \rightarrow B \quad r_B = k_1 C_A \\ A \rightarrow C \quad r_C = k_2 C_A \end{array} \right\}$ ، خوراک

راکتور A خالص است، اگر غلظت‌های B و C در خروجی راکتور برابر باشند، نسبت $\frac{k_1}{k_2}$ کدام است؟

- (۱) ۱ (۲) ۴ (۳) ۵/۰ (۴) ۳۳/۰

۲- کدام یک از روابط زیر بین زمان پر شدن τ و زمان اقامت متوسط $\bar{t}$ در یک راکتور پیوسته، درست است؟

- (۱) $\bar{t} = \frac{\tau}{(1 + \varepsilon_A x_A)}$ (۲) $\tau = \bar{t}(1 + \varepsilon_A x_A)^2$ (۳) $\bar{t} = \tau(1 + \varepsilon_A x_A)$ (۴) $\tau = \frac{\bar{t}}{(1 + \varepsilon_A x_A)^2}$

۳- بهترین عامل در واکنش‌های سری برای تولید بیشینه یک ماده میانی کدام است؟

(۱) وارد نمودن یکباره مواد اولیه به راکتور

(۲) اضافه کردن مواد اولیه به آرامی به راکتور

(۳) مخلوط کردن مواد با مقادیر مختلف درصد تبدیل با یکدیگر، در راکتور

(۴) عدم وجود اختلاط موادی که دارای مقادیر مختلف درصد تبدیل در راکتور باشند.

۴- برای واکنش‌های ابتدایی $A + B \xrightleftharpoons[k_2]{k_1} C + D$ ثابت تعادلی واکنش $K = \frac{k_1}{k_2}$ می‌باشد. برای غلظت‌های اولیه $C_{A_0} = C_{B_0} = 4 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}$ و

$C_{C_0} = C_{D_0} = 2 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}$ ، غلظت تعادلی C بر حسب $\frac{\text{mol}}{\text{lit}}$ کدام است؟

- (۱) ۳ (۲) ۴ (۳) ۵/۳ (۴) ۵/۴

۵- واکنش درجه اول $2A \rightarrow 2R$ در فاز گاز در یک راکتور ناپیوسته در دما و حجم ثابت انجام می‌شود. در صورتی که تبدیل ۴۰ درصد مدنظر باشد، چند درصد فشار افزایش پیدا می‌کند؟

- (۱) ۱۰ (۲) ۲۰ (۳) ۳۰ (۴) ۴۰

۶- واکنش گازی $A + B \rightarrow 2R$ در یک راکتور ناپیوسته صورت می‌گیرد، خوراک راکتور شامل واکنش‌دهنده‌های A، B و ماده بی‌اثر با غلظت‌های

$C_{A_0} = 1 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}$ ، $C_{B_0} = 2 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}$ و $C_{\text{inert}} = 1 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}$ است. هنگامی که غلظت واکنش‌دهنده A به ۵/۰ مولار می‌رسد، میزان تبدیل B کدام است؟

- (۱) ۶۷/۰ (۲) ۳۳/۰ (۳) ۲۵/۰ (۴) ۵/۰

۷- واکنش پیچیده $A + B \rightarrow AB$ مطابق مکانیزم $\left\{ \begin{array}{l} 2B \xrightarrow{k_1} B_2^* \\ A + B_2^* \xrightleftharpoons[k_3]{k_2} AB + B \end{array} \right.$ انجام می‌شود، که در آن B_2^* بیانگر حد واسطه پرانرژی است.

کدام یک از موارد زیر نشانگر معادله سرعت تولید AB است؟ (اگر علامت [] به مفهوم غلظت باشد.)

(۱) $r_{AB} = k_1 [B]^2 + k_3 [B][AB]$ (۲) $r_{AB} = \frac{k_1 [B]^2 + k_3 [B][AB]}{k_2 [A]}$

(۳) $r_{AB} = \frac{k_2}{k_1 + k_3} [A][B]$ (۴) $r_{AB} = k_1 [B]^2$



۸- واکنش فاز مایع $A + B \xrightarrow{k} AB$ در یک راکتور ناپیوسته با معادله سرعت $-r_A = kC_A^{0.5}C_B^{1.5}$ صورت می‌گیرد. غلظت واکنش‌دهنده‌های A و B در ابتدای واکنش برابر با $1 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}$ و ثابت سرعت واکنش برابر با $2 \frac{\text{lit}}{\text{mol.min}}$ می‌باشد. زمان نیمه‌عمر واکنش چند دقیقه است؟

(۱) ۵/۰ (۲) ۱ (۳) ۱/۵ (۴) ۲

۹- واکنش $A \xrightarrow{k} B$ در فاز گاز در درون یک راکتور مخزنی همزن‌دار پیوسته (mixed) اتفاق می‌افتد. خوراک دارای ۸۰٪ واکنش‌دهنده A و باقیمانده ماده بی‌اثر بوده و غلظت اولیه A برابر با $1 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}$ می‌باشد. اگر ثابت سرعت واکنش برابر با $8 \frac{\text{lit}}{\text{mol.min}}$ باشد، متوسط زمان اقامت در این راکتور جهت دستیابی به درصد تبدیل ۵۰، چند دقیقه است؟

(۱) ۸/۰ (۲) ۱ (۳) ۱/۶ (۴) ۲

۱۰- در یک مخزن اختلاط عایق جریانی به شدت ۵ و آنترپی ۲ از یک مایع خالص وارد شده و با جریان دیگری از همان مایع خالص به شدت ۳ و آنترپی ۶ به‌طور کاملاً یکنواخت (پایدار) مخلوط می‌شود. اگر جریان خروجی دارای آنترپی ۱۰ باشد، شدت تغییر خالص آنترپی این تحول کدام است؟ (واحدها همه هماهنگ و اختیاری است.)

(۱) ۴۸ (۲) ۵۲ (۳) ۵۶ (۴) ۶۲

۱۱- یک پمپ تخلیه اضطراری، آب جمع‌شده در یک گودال را با شدت جریان $1 \frac{\text{m}^3}{\text{sec}}$ توسط یک لوله که به انتهای آن یک شیبپوره (نازل) وصل است، تا ارتفاع ۲ متر پمپ می‌کند. سرعت خروجی آب از شیبپوره انتهای لوله برابر $1 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ و راندمان ایزونتروپیک (آنترپی ثابت) کل پمپ، لوله و شیبپوره بر روی هم برابر ۷۵٪ است. مقدار توان مصرفی پمپ چند کیلووات است؟ ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ و $1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = \text{دانسیتۀ آب}$)

(۱) ۳۳۰۰۰ (۲) ۳۳۰۰ (۳) ۳۳ (۴) ۳/۳

۱۲- برای یک سیستم دو جزیی مایع بخار تعادلی (VLE) داریم $P_1^{\text{sat}} = 2/5 \text{ atm}$ و $P_2^{\text{sat}} = 1/4 \text{ atm}$ و $\gamma_1^\infty = 6$ و $\gamma_2^\infty = 3/5$. کدام یک از عبارات زیر، درست است؟

(۱) این سیستم دارای آزئوتروپ فشار ماکزیمم است و انحراف آن مثبت است.
 (۲) این سیستم دارای آزئوتروپ فشار ماکزیمم است و انحراف آن منفی است.
 (۳) این سیستم دارای آزئوتروپ دما ماکزیمم است و انحراف آن مثبت است.
 (۴) این سیستم قطعاً آزئوتروپ ندارد.

۱۳- شیر متصل به یک مخزن خالی عایق به حجم معلوم را به آهستگی باز می‌کنیم تا هوا در شرایط 300 K و فشار 1 bar ، وارد مخزن شود و وقتی جریان هوا به داخل مخزن قطع شد، شیر را می‌بندیم. در صورتی که هوا گاز کامل با گرمای ویژه ثابت فرض شود ($\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1/4$ ، $C_p = 1 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$)، تغییر خالص آنترپی این تحول بر حسب کیلو ژول بر کلون به طور تقریبی کدام است؟ (مقدار هوای داخل مخزن در نهایت برابر 2 Kg می‌باشد.)

(۱) ۳/۰ (۲) ۰/۰۶ (۳) ۰/۰۰۶ (۴) ۰/۰۰۳

۱۴- یک گاز کامل با گرمای ویژه ثابت در دمای 840 K و فشار 2 MPa وارد یک توربین گازی فرضی شده و در فشار 2 MPa خارج می‌شود. اگر راندمان توربین ۸۰٪ باشد، مقدار کار گرفته‌شده از توربین تقریباً چند کیلو ژول بر کیلوگرم است؟

$$R = 0.4 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg.K}}, \sqrt{2} = 1/4, \sqrt{3} = 1/7, \sqrt[3]{2} = 1/2, \sqrt[3]{5} = 1/75, \gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1/5$$

(۱) ۳۳۲ (۲) ۴۲۲ (۳) ۴۷۶ (۴) ۵۲۸

۱۵- یک گاز واقعی از معادله ویرال $z = 1 + \frac{BP}{RT}$ پیروی می‌کند و ضریب ویرال مرتبه دوم آن گاز از رابطه $B = b - \frac{a}{T^2}$ به‌دست می‌آید که در آن a و b دو مقدار ثابت بوده و T بر حسب کلون است. تغییر آنتالپی مخصوص آن گاز در دمای ثابت T موقعی که فشار آن از یک فشار خیلی کم تا فشار نهایی P تغییر کند، کدام است؟

$$bP - \frac{3aP}{T^2} \quad (4) \quad \frac{-2aP}{T^2} \quad (3) \quad bP + \frac{3aP}{T^2} \quad (2) \quad \frac{-3aP}{T^2} \quad (1)$$

پاسخنامه مهندسی شیمی

مجموعه دروس تخصصی (سینتیک و طراحی راکتور - ترمودینامیک، پدیده‌های انتقال)

۱- گزینه «۱» روابط سرعت محصولات B و C در واکنش موازی داده شده در فاز مایع به شکل زیر نوشته می‌شود:

$$+r_B = +\frac{dC_B}{dt} = k_1 C_A, \quad +r_C = +\frac{dC_C}{dt} = k_2 C_A$$

$$\frac{+r_B}{+r_C} = \frac{dC_B / dt}{dC_C / dt} = \frac{k_1 C_A}{k_2 C_A} \Rightarrow \frac{dC_B}{dC_C} = \frac{k_1}{k_2} \Rightarrow \frac{C_B - C_{B_0}}{C_C - C_{C_0}} = \frac{k_1}{k_2}$$

حال طرفین این روابط بر هم تقسیم می‌شوند:

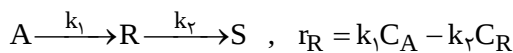
$$C_{B_0} = C_{C_0} = 0 \text{ (خالص A خوراک راکتور)}, C_B = C_C \text{ (غلظت‌های B و C در خروجی راکتور برابرند)} \Rightarrow \frac{C_B}{C_C} = \frac{k_1}{k_2} \Rightarrow \frac{k_1}{k_2} = 1$$

۲- گزینه «۱» روابط زمان پُر شدن (τ) و زمان اقامت متوسط ($\bar{t}$) در یک راکتور پیوسته به صورت زیر است:

$$\tau = \frac{\text{حجم راکتور}}{\text{دبی حجمی در ورودی راکتور}} = \frac{V}{v_0}, \quad \bar{t} = \frac{\text{حجم راکتور}}{\text{دبی حجمی در خروجی راکتور}} = \frac{V}{v_f}, \quad v_f = v_0 [1 + \varepsilon_A x_A]$$

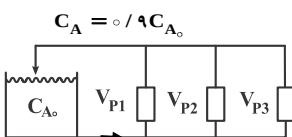
$$\bar{t} = \frac{V}{v_0 [1 + \varepsilon_A x_A]} = \frac{\tau}{1 + \varepsilon_A x_A}$$

۳- گزینه «۴» در واکنش‌های سری در صورتی که ماده میانی (R) محصول مطلوب باشد برای تولید بیشینه این ماده باید غلظت ماده اولیه (A) در راکتور همواره زیاد باشد. به همین دلیل می‌بایست از اختلاط جریان‌های با درصد تبدیل‌های (x_A ‌های) مختلف و یا جریان‌های با درصد تبدیل‌های خیلی متفاوت (Δx_A ‌های زیاد) جلوگیری کرد.

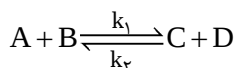


با توجه به معادله سرعت ماده میانی (R)، سرعت تولید این ماده زمانی بیشینه می‌شود که غلظت ماده (A) همواره زیاد باشد

یا به عبارتی C_A افت ناچیزی داشته باشد. به این ترتیب از راکتورهای پلاگ و آن هم به صورت موازی باید استفاده شود.



۴- گزینه «۲» سرعت واکنش تعادلی داده شده با توجه به برابر بودن غلظت‌های اولیه A و B و نیز C و D به صورت زیر ساده‌سازی می‌شود:



$$-r_A = k_1 C_A C_B - k_2 C_C C_D, \quad C_{A_0} = C_{B_0} = 4 \frac{\text{mol}}{\text{lit}} \Rightarrow C_A = C_B$$

$$C_{C_0} = C_{D_0} = 2 \text{ mol / lit} \Rightarrow C_C = C_D \Rightarrow -r_A = k_1 C_A^2 - k_2 C_C^2$$

$$C_A = C_{A_0} [1 - x_A], \quad C_C = C_{C_0} + C_{A_0} x_A$$

$$-r_A = k_1 \{C_{A_0} [1 - x_A]\}^2 - k_2 \{C_{C_0} + C_{A_0} x_A\}^2$$

$$k_1 \{C_{A_0} [1 - x_{Ae}]\}^2 = k_2 \{C_{C_0} + C_{A_0} x_{Ae}\}^2, \quad K = \frac{k_1}{k_2} = 4 \quad \text{در حالت تعادل } x_A = x_{Ae} \text{ شده و سرعت } r_A \text{ صفر می‌شود لذا داریم:}$$

حال مقادیر در رابطه فوق جایگذاری شده و درصد تبدیل تعادلی محاسبه می‌گردد:

$$4 \times \{4[1 - x_{Ae}]\}^2 = \{2 + 4x_{Ae}\}^2 \Rightarrow 2 \times 4 \times [1 - x_{Ae}] = 2 + 4x_{Ae}$$

حال مقدار درصد تبدیل تعادلی در رابطه C_C جایگذاری شده و غلظت تعادلی ماده C به دست می‌آید:

$$x_{Ae} = 0.5, \quad C_{Ce} = C_{C_0} + C_{A_0} x_{Ae} = 2 + 4 \times 0.5 = 4 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}$$

۵- گزینه «۲» با این فرض که در ابتدا ماده A خالص وارد راکتور ناپیوسته شده باشد، درصد افزایش فشار به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

[واکنش فاز گاز حجم ثابت] $2A \rightarrow 3R$

$$C_A = C_{A_0} [1 - x_A], \quad x_A = 0.4 \Rightarrow C_A = C_{A_0} [1 - 0.4] = 0.6 C_{A_0}$$

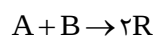
$$C_R = C_{R_0} + \frac{r}{a} C_{A_0} x_A, \quad C_{R_0} = 0 \Rightarrow C_R = 0 + \frac{3}{2} C_{A_0} \times 0.4 = 0.6 C_{A_0}$$

$$C_t = C_A + C_R = 0.6 C_{A_0} + 0.6 C_{A_0} = 1.2 C_{A_0}, \quad P_t = C_t RT = 1.2 C_{A_0} RT$$

$$C_0 = C_{A_0} + C_{R_0} = C_{A_0} + 0 = C_{A_0}, \quad P_0 = C_0 RT = C_{A_0} RT$$

$$\frac{\Delta P}{P_0} \times 100 = \frac{P_t - P_0}{P_0} \times 100 = \frac{1.2 C_{A_0} RT - C_{A_0} RT}{C_{A_0} RT} \times 100 \Rightarrow \frac{\Delta P}{P_0} \times 100 = 20\%$$

۶- گزینه «۳» واکنش در فاز گاز است اما طبق استوکیومتری آن، $\sum \nu_i = 0$ بوده و واکنش حجم - ثابت محسوب می‌گردد. از طرفی طبق استوکیومتری واکنش و غلظت‌های اولیه، ماده A محدودکننده واکنش است. به این ترتیب میزان تبدیل واکنش گر $B(x_B)$ به شکل زیر محاسبه می‌شود:



$$C_A = C_{A_0} [1 - x_A], \quad C_A = 0.5 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}, \quad C_{A_0} = 1 \frac{\text{mol}}{\text{lit}} \Rightarrow 0.5 = 1 \times [1 - x_A] \Rightarrow x_A = 0.5$$

$$C_B = C_{B_0} - \frac{b}{a} C_{A_0} x_A = C_{B_0} - \frac{1}{1} C_{A_0} x_A \Rightarrow C_B = C_{B_0} - C_{A_0} x_A, \quad C_{B_0} = 2 \frac{\text{mol}}{\text{lit}} \Rightarrow C_B = 2 - 1 \times 0.5 = 1.5 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}$$

$$C_B = C_{B_0} [1 - x_B] \Rightarrow 1.5 = 2 [1 - x_B] \Rightarrow x_B = 0.25$$

۷- گزینه «۴» سرعت تولید ماده $AB (+r_{AB})$ طبق استوکیومتری واکنش دوم، برابر سرعت مصرف ماده واسطه پراثری $B_p^* (-r_{B_p}^*)$ در این واکنش است.

از طرف دیگر سرعت تولید ماده واسطه پراثری B_p^* در واکنش اول $(+r_{B_p}^*)$ با سرعت مصرف آن در واکنش دوم $(-r_{B_p}^*)$ برابر است زیرا ضرایب

استوکیومتری ماده B_p^* در هر دو واکنش یکسان بوده و این ماده در واکنش نهایی $(A + B \rightarrow AB)$ حضور ندارد به این ترتیب سرعت تولید ماده AB برابر

سرعت تولید ماده B_p^* در واکنش اول می‌باشد.

$$+r_{AB} = -r_{B_p}^* \quad (\text{در واکنش دوم}) \Rightarrow +r_{AB} = +r_{B_p}^* \quad (\text{در واکنش اول}) \Rightarrow +r_{AB} = +r_{B_p}^* = k_1 C_B^2$$

۸- گزینه «۱» از رابطه زمان نیمه عمر در واکنش‌های فاز مایع استفاده می‌شود. با توجه به استوکیومتری واکنش، ضرایب مواد اولیه A و B ($a = b = 1$)

هم برابر بوده و از طرفی غلظت‌های اولیه آن‌ها نیز با هم برابر است لذا می‌توان معادله سرعت واکنش را به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$A + B \xrightarrow{k} AB, \quad k = 2 \frac{\text{lit}}{\text{mol} \cdot \text{min}} \Rightarrow C_A = C_{A_0} [1 - x_A] = C_{A_0} - C_{A_0} x_A$$

$$C_B = C_{B_0} [1 - x_B] = C_{B_0} - C_{B_0} x_B = C_{B_0} - \frac{b}{a} C_{A_0} x_A, \quad a = b = 1$$

$$C_B = C_{B_0} - C_{A_0} x_A, \quad C_{A_0} = C_{B_0} = 1 \frac{\text{mol}}{\text{lit}} \Rightarrow C_B = C_{A_0} - C_{A_0} x_A \Rightarrow C_B = C_A$$

$$-r_A = k C_A^{0.5} C_B^{1/2} = k C_A^{0.5} C_A^{1/2} = k C_A \Rightarrow n = 2 \quad (\text{درجه کلی واکنش})$$

$$t_{1/2} = \left[\frac{1 - \left[\frac{1}{2} \right]^{(1-n)}}{(1-n)k} \right] C_{A_0}^{(1-n)} = \left[\frac{1 - \left[\frac{1}{2} \right]^{(1-2)}}{(1-2)2} \right] \times 1^{(1-2)} \Rightarrow t_{1/2} = 0.5 \text{ min}$$



۹- گزینه «۴» از رابطه کلی زمان پر شدن در راکتورهای همزن‌دار پیوسته (τ_m) استفاده می‌شود. توجه شود که از روی واحد ثابت سرعت واکنش (k)، درجه واکنش مشخص می‌شود:

$$\tau_m = \frac{C_{A_0} x_A}{-r_A}, \quad r_A \xrightarrow{k} B$$

$$k = \circ / \wedge \frac{\text{lit}}{\text{mol} \cdot \text{min}}$$

$$k \text{ واحد} = [\text{غلظت}]^{(1-n)} \times \text{زمان}^{-1} = \frac{\text{lit}}{\text{mol} \cdot \text{min}} \Rightarrow n = 2 \Rightarrow -r_A = k C_A^2$$

از آنجا که واکنش در فاز گاز است و اینکه $\sum v_i \neq 0$ است، لذا واکنش حجم متغیر می‌باشد. به این ترتیب رابطه غلظت ماده A به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$C_A = \frac{C_{A_0} [1 - x_A]}{1 + \varepsilon_A x_A}, \quad \varepsilon_A = \left[\frac{\Delta n}{a} \right] y_{A_0} = \left[\frac{b-a}{a} \right] y_{A_0} = \left[\frac{1-2}{2} \right] \times \circ / \wedge = -\circ / 4 \Rightarrow C_A = \frac{C_{A_0} [1 - x_A]}{1 - \circ / 4 x_A}$$

$$-r_A = k C_A^2 = k \left[\frac{C_{A_0} [1 - x_A]}{1 - \circ / 4 x_A} \right]^2, \quad \tau_m = \frac{C_{A_0} x_A}{-r_A} = \frac{C_{A_0} x_A}{k \left[\frac{C_{A_0} [1 - x_A]}{1 - \circ / 4 x_A} \right]^2}, \quad C_{A_0} = 1 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}, \quad x_A = \circ / 5$$

$$k = \circ / \wedge \frac{\text{lit}}{\text{mol} \cdot \text{min}} \Rightarrow \tau_m = \frac{1 \times \circ / 5}{\circ / \wedge \left[\frac{1 \times [1 - \circ / 5]}{1 - \circ / 4 \times \circ / 5} \right]^2} = 1 / 6 \text{ min}$$

$$\bar{t} = \frac{\tau_m}{1 + \varepsilon_A x_A} = \frac{1 / 6}{1 - \circ / 4 \times \circ / 5} = 2 \text{ min}$$

در پایان زمان اقامت متوسط در راکتور به صورت مقابل محاسبه می‌شود:

۱۰- گزینه «۲» از قانون دوم ترمودینامیک برای فرایندهای جریان‌دار یا سیستم‌های باز (حجم کنترل) استفاده می‌شود. از طرفی به دلیل اختلاط کاملاً یکنواخت (پایدار) جریان‌های مایع، تغییر آنتروپی سیستم صفر می‌باشد.

$$\Delta S_{\text{sys}} = m_2 s_2 - m_1 s_1 = 0$$

$$S_{\text{gen}} = \Delta S_{\text{net}} = \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{surr}} = 0 + \sum_e \dot{m}_e s_e - \sum_i \dot{m}_i s_i + \frac{\pm Q}{T_0} \geq 0, \quad \dot{m}_e = \sum_i \dot{m}_i = 5 + 3 = 8 \left[\frac{\text{kg}}{\text{زمان}} \right], \quad Q_{\text{surr}} = 0 \text{ (مخزن عایق)}$$

$$\Delta S_{\text{net}} = 8 \times 10 - [5 \times 2 + 3 \times 6] + \frac{0}{T_0} = 52$$

۱۱- گزینه «۳» از قانون اول ترمودینامیک برای فرایندهای جریان‌دار در حالت آیزنتروپیک یا آنتروپی ثابت با فرض یکسان بودن دمای آب در ابتدا و انتهای مسیر استفاده می‌شود:

$$\dot{Q}_{is} + \dot{m}_i \left[h_i + \frac{V_i^2}{2} + g z_i \right] = \dot{W}_{is} + \dot{m}_e \left[h_e + \frac{V_e^2}{2} + g z_e \right], \quad g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\dot{Q}_{is} = 0 \text{ (فرایند بی‌دررو و برگشت پذیر)}, \quad V_i = 0 \text{ (بزرگ بودن سطح گودال)}, \quad z_i = 0 \text{ (سطح گودال مبنای ارتفاع)}$$

$$\dot{v} = \circ / 1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}, \quad \rho = 1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad \dot{m}_i = \dot{m}_e = \rho \dot{v} = 1000 \times \circ / 1 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

حال مقادیر در رابطه قانون اول جایگذاری می‌شوند:

$$h = cT, \quad T_i = T_e \text{ (فرض)} \Rightarrow h_i = h_e$$

$$g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, \quad V_e = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad z_e = 20 \text{ m}$$

$$0 + 1000 \left[cT_i + \frac{0^2}{2} + 10 \times 0 \right] = \dot{W}_{is} + 1000 \left[cT_e + \frac{10^2}{2} + 10 \times 20 \right]$$

$$\dot{W}_{is} = -1000 [450 + 200] = -25000 \text{ W} = -25 \text{ kW}, \quad \eta_{is} = \circ / 75 \Rightarrow \dot{W}_{\text{pump}} = \frac{\dot{W}_{is}}{\eta_{is}} = \frac{25}{\circ / 75} = 33 / 33 \text{ kW}$$

۱۲- گزینه «۱» جهت تشخیص وجود یا عدم وجود آزنوتروپ در محلول دوجزئی، از مقادیر حدی ضریب فراریت استفاده می‌شود:

$$\alpha'_{12} = \lim_{x_1 \rightarrow 0} \alpha_{12} = \frac{\gamma_1^\infty P_1^{\text{sat}}}{1 \times P_2^{\text{sat}}}, \quad \alpha''_{12} = \lim_{x_2 \rightarrow 0} \alpha_{12} = \frac{1 \times P_1^{\text{sat}}}{\gamma_2^\infty P_2^{\text{sat}}}$$

$$\gamma_1^\infty = 6, \quad \gamma_2^\infty = 3/5, \quad P_1^{\text{sat}} = 2/5 \text{ atm}, \quad P_2^{\text{sat}} = 1/4 \text{ atm}$$

$$\alpha'_{12} = \frac{6 \times 2/5}{1 \times 1/4} = \frac{12}{1/4} > 1, \quad \alpha''_{12} = \frac{1 \times 2/5}{3/5 \times 1/4} = \frac{5}{9/8} < 1$$

از آنجایی که α'_{12} بزرگ‌تر از یک و α''_{12} کوچک‌تر از یک شده محلول دارای آزنوتروپ می‌باشد. از طرف دیگر به دلیل آنکه مقادیر γ_1^∞ و γ_2^∞ هر دو بزرگ‌تر از یک می‌باشند، آزنوتروپ از نوع فشار ماکزیمم است و انحراف آن نیز مثبت می‌باشد. به این ترتیب گزینه (۱) صحیح است.

۱۳- گزینه «۳» از قانون دوم ترمودینامیک برای فرایندهای جریان‌دار به صورت زیر استفاده می‌شود:

$$S_{\text{gen}} = \Delta S_{\text{net}} = \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{surr.}} = [m_2 s_2 - m_1 s_1] + \left[\sum m_e s_e - \sum m_i s_i + \frac{\pm Q}{T_0} \right]$$

$m_i - m_e = m_2 - m_1$, $m_1 = 0$ (مخزن خالی), $m_e = 0$ (عدم جریان خروجی) $\Rightarrow m_i = m_2 = 0/02 \text{ kg}$, $Q = 0$ (مخزن عایق)

$$\Delta S_{\text{net}} = m_2 s_2 - m_i s_i$$

$$\Delta S_{\text{net}} = m_2 \left[c_p \ln \frac{T_2}{T_i} - R \ln \frac{P_2}{P_i} \right]$$

حال از رابطه تغییر آنتروپی در گازهای ایده‌ال استفاده می‌شود:

$$c_p = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}, \quad T_i = 300 \text{ K}, \quad c_p = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}, \quad \gamma = 1/4 \Rightarrow R = 0/4 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}, \quad P_2 = P_i = 1 \text{ bar}$$

با استفاده از قانون اول ترمودینامیک برای فرایندهای جریان‌دار با صرف‌نظر از تغییرات انرژی‌های جنبشی و پتانسیل، دمای نهایی هوای درون مخزن محاسبه می‌شود:

$$Q + m_i h_i = W + m_e h_e + m_2 u_2 - m_1 u_1, \quad Q = 0 \text{ (مخزن عایق)}, \quad W = 0 \text{ (عدم کار محوری)}$$

$$m_e = m_1 = 0, \quad m_i = m_2, \quad h = c_p T \text{ [آنتالپی گاز کامل]}, \quad u = c_v T \text{ (انرژی داخلی گاز کامل)}$$

$$0 + m_i c_p T_i = 0 + 0 \times c_p T_e + m_2 c_v T_2 - 0 \times c_v T_i \Rightarrow m_i c_p T_i = m_2 c_v T_2$$

$$T_2 = \frac{c_p}{c_v} T_i = \gamma T_i = 1/4 T_i$$

حال مقادیر عددی در رابطه ΔS_{net} جایگذاری می‌شوند.

$$\Delta S_{\text{net}} = 0/02 \left[1 \times \ln \frac{1/4 T_i}{T_i} - \frac{0/4}{1/4} \ln \frac{1}{1} \right] = 0/02 \times \ln 1/4 = 0/02 \times \ln \frac{\gamma}{5}$$

$$\Delta S_{\text{net}} = 0/02 \times [\ln \gamma - \ln 5] = 0/02 \times [1/9 - 1/6] = 0/006 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

۱۴- گزینه «۲» از قانون اول ترمودینامیک برای فرایندهای جریان‌دار در حالت آیزنتروپیک و با صرف‌نظر از تغییرات انرژی‌های جنبشی و پتانسیل استفاده می‌شود:

$$\dot{Q}_{\text{is}} + \dot{m}_i h_i = \dot{W}_{\text{is}} + \dot{m}_e h_{e,\text{is}}, \quad \dot{Q}_{\text{is}} = 0 \text{ (فرایند آدیاباتیک و برگشت‌پذیر)}, \quad \dot{m}_i = \dot{m}_e$$

$$h = c_p T \text{ (آنتالپی گاز کامل)} \Rightarrow \frac{\dot{W}_{\text{is}}}{\dot{m}_i} = c_p [T_i - T_{e,\text{is}}]$$

$$c_p = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}, \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1/5, \quad R = 0/4 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \Rightarrow C_p = \frac{1/5 \times 0/4}{1/5 - 1} = 1/2 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}, \quad T_i = 840 \text{ K}$$

برای محاسبه دمای خروجی توربین از رابطه $T - P$ در فرایند آیزنتروپیک گاز کامل استفاده می‌شود:

$$\frac{T_{e,\text{is}}}{T_i} = \left[\frac{P_e}{P_i} \right]^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \Rightarrow \frac{T_{e,\text{is}}}{840} = \left[\frac{0/2}{2} \right]^{\frac{1/5-1}{1/5}} = \frac{1}{1/3} = \frac{1}{\sqrt[3]{2} \times \sqrt[3]{5}} = \frac{1}{1/2 \times 1/75} \Rightarrow T_{e,\text{is}} = 400 \text{ K}$$

$$\frac{\dot{W}_{\text{is}}}{\dot{m}_i} = 1/2 [840 - 400] = 520 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

سؤالات مهندسی شیمی

سینتیک و طراحی راکتور - ترمودینامیک

کله ۱- در واکنش‌های موازی $2A \rightarrow B + C(1)$ که در دمای 300°C انجام گرفته، غلظت B برابر غلظت D است. چنانچه واکنش در دمای $2A \rightarrow D + E(2)$

100°C صورت گیرد، غلظت B، ۵ برابر غلظت D می‌شود. کدام گزینه درست است؟

$$E_1 < E_2 \quad (4) \quad E_1 > E_2 \quad (3) \quad E_1 = E_2 \quad (2) \quad E_1 \geq E_2 \quad (1)$$

کله ۲- واکنش $A \rightarrow B$ با ثابت واکنش 1 min^{-1} ، در سه راکتور (Mixed) با حجم‌های مساوی که به‌طور سری به‌هم وصل شده‌اند انجام می‌شود. در صورتی که حجم هر راکتور ۵ لیتر و دبی حجمی جریان به راکتور اول $10 \frac{\text{lit}}{\text{min}}$ باشد، میزان تبدیل در راکتور دوم کدام است؟

$$0/87 \quad (4) \quad 0/61 \quad (3) \quad 0/55 \quad (2) \quad 0/31 \quad (1)$$

کله ۳- یک واکنش درجه دوم در یک راکتور مخلوط‌شونده پیوسته (Mixed) و در فاز مایع انجام می‌شود. غلظت واکنشگر در درون راکتور همواره پایین نگه داشته می‌شود. اگر عدد بی‌بعد دمکولر مربوطه برای این واکنش برابر ۲ باشد، کدام مورد درست است؟

$$x_A = \frac{5 + \sqrt{8}}{2} \quad (4) \quad x_A = 0/6 \quad (3) \quad x_A = 0/5 \quad (2) \quad x_A = 0/4 \quad (1)$$

کله ۴- واکنش درجه دوم $A \rightarrow 2R$ در فاز گاز و در یک راکتور لوله‌ای پیوسته در فشار و دمای ثابت انجام می‌شود. خوراک متشکل از نسبت‌های مولی مساوی ماده A و گاز خنثی است. شدت جریان حجمی خوراک 70 و میزان تبدیل در راکتور 60 درصد است. درصد افزایش شدت جریان خروجی از راکتور چند درصد است؟

$$20 \quad (4) \quad 30 \quad (3) \quad 50 \quad (2) \quad 60 \quad (1)$$

کله ۵- واکنش درجه صفر $A \rightarrow R$ در یک راکتور دوره‌ای (Recycle) با $R = 2$ و درصد تبدیل 75% انجام می‌شود. اگر جریان برگشتی را قطع نماییم، درصد تبدیل چند درصد تغییر می‌کند؟

$$50\% \text{ افزایش می‌یابد.} \quad (2) \quad \text{تغییری نمی‌کند.} \quad (1) \quad 25\% \text{ کاهش می‌یابد.} \quad (3) \quad \text{اطلاعات داده شده کافی نیست.} \quad (4)$$

کله ۶- واکنش فاز گازی $2A \rightarrow R$ با معادله سرعت $-r_A = k C_A^2 \frac{\text{mol}}{\text{lit.min}}$ ، در یک راکتور Mixed انجام می‌شود. خوراک شامل A خالص با

$$\text{غلظت } 3 \frac{\text{mol}}{\text{lit}} \text{ و دبی حجمی } 10 \frac{\text{lit}}{\text{min}} \text{ است. حجم موردنیاز راکتور برای اینکه غلظت A در خروجی راکتور } 1 \frac{\text{mol}}{\text{lit}} \text{ باشد، چند لیتر است؟}$$

$$8 \quad (4) \quad 6 \quad (3) \quad 4 \quad (2) \quad 2 \quad (1)$$

کله ۷- واکنش فاز مایع $A + 2B \rightarrow R$ در یک راکتور ناپیوسته انجام می‌شود. در صورتی $C_{A0} = 0/2 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}$ ، $C_{B0} = 10 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}$ و $k = 0/02 \ln(2) \frac{\text{lit}^2}{\text{mol}^2 \cdot \text{min}}$

باشد، پس از چند دقیقه غلظت A به یک چهارم غلظت اولیه می‌رسد؟

$$5 \quad (4) \quad 3 \quad (3) \quad 2 \quad (2) \quad 1 \quad (1)$$

کله ۸- واکنش گازی $A \rightarrow 3R$ با معادله سرعت $-r_A = 12 \frac{\text{mol}}{\text{lit.hr}}$ در یک راکتور لوله‌ای (Plug) با حجم 60 lit انجام می‌شود. خوراک شامل 50%

$$\text{ماده A و } 50\% \text{ ماده بی‌اثر است. برای اینکه غلظت ماده A در راکتور از } 2 \frac{\text{mol}}{\text{lit}} \text{ به } 0/5 \frac{\text{mol}}{\text{lit}} \text{ برسد، دبی حجمی خوراک چند } \frac{\text{lit}}{\text{min}} \text{ باید باشد؟}$$

$$10 \quad (4) \quad 20 \quad (3) \quad 5 \quad (2) \quad 15 \quad (1)$$

کله ۹- یک بمب کالریمتری (که در حکم یک مخزن صلب سر بسته است) به‌طور کامل درون یک مخزن بزرگ آب مایع قرار دارد. مواد اولیه یک واکنش احتراق درون بمب کالریمتری موجود است و یک قوس الکتریکی باعث انجام واکنش احتراق می‌شود. درون مخزن صلب بزرگ آب، یک همزن مکانیکی با توان مصرفی 200 وات کار می‌کند و در مدت 30 دقیقه، به هوای محیط 30 کیلوژول گرما می‌دهد. تغییر انرژی داخلی آب درون مخزن در این مدت چند کیلوژول است؟

$$1250 \quad (4) \quad 1130 \quad (3) \quad 770 \quad (2) \quad 410 \quad (1)$$



۱۰- مقدار مشتق $\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_s$ برحسب خواص قابل اندازه‌گیری، کدام است؟

$$\begin{aligned} & + \frac{T \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v}{PC_v} \quad (۱) \\ & - \frac{T \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v}{PC_v} \quad (۲) \\ & + \frac{P}{T} C_v \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v \quad (۳) \\ & - \frac{P}{T} C_v \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v \quad (۴) \end{aligned}$$

۱۱- اگر دانسیته مولی یک مخلوط دوتایی با رابطه تجربی $\rho = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_1^2$ بیان شود، حجم مولی جزئی ۱ کدام است؟

$$\begin{aligned} \bar{V}_1 &= \frac{1}{\rho} \left[a_0 - a_1 + 2(a_1 + a_2)x_1 + 3a_2 x_1^2 \right] \quad (۱) \\ \bar{V}_1 &= \frac{1}{\rho} \left[a_0 - a_1 + 2(a_1 - a_2)x_1 + 3a_2 x_1^2 \right] \quad (۲) \\ \bar{V}_1 &= \frac{1}{\rho} \left[a_0 - a_1 - 2(a_1 - a_2)x_1 + 3a_2 x_1^2 \right] \quad (۳) \\ \bar{V}_1 &= \frac{1}{\rho} \left[a_0 - a_1 + 3(a_1 - a_2)x_1 + 2a_2 x_1^2 \right] \quad (۴) \end{aligned}$$

۱۲- فشارسنج مخزن هوای یک غواص در عمق ۱۰ متری آب اقیانوس، عدد 200 kPa را نشان می‌دهد. در چه عمقی از آب برحسب متر، فشارسنج

عدد صفر را نشان خواهد داد؟ ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ و $\rho = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$)

۳۰ (۲)

۲۰ (۱)

هیچگاه عدد صفر را نشان نخواهد داد. (۴)

۵۰ (۳)

۱۳- گازی از معادله حالت ویرال اصلاح شده $Z = 1 + \frac{BP}{RT}$ پیروی می‌کند. کدام مورد درباره عبارت $\left(\frac{\partial^2 P}{\partial V^2}\right)_T$ درست است؟

$$\begin{aligned} & \frac{P^2}{6RT} \quad (۱) \\ & \frac{P^2}{3RT} \quad (۲) \\ & -\frac{P^2}{6RT} \quad (۳) \\ & -\frac{P^2}{3RT} \quad (۴) \end{aligned}$$

۱۴- انرژی آزاد گیبس اضافی مولی یک مخلوط دو جزئی، از رابطه $\frac{G^E}{RT} = 2x_1 x_2$ پیروی می‌کند. مقدار عبارت $\frac{\mu_2^E - \mu_1^E}{RT}$ در $x_1 = 0.1$ کدام

است؟ ($\mu^E = \mu - \mu^{id}$)

-۰/۸ (۴)

+۰/۸ (۳)

+۱/۶ (۲)

-۱/۶ (۱)

۱۵- ۱/۲۸ گرم نفتالین جامد ($C_{10}H_8$) را به‌طور کامل در یک بمب کالریمتری حاوی اکسیژن می‌سوزانیم. محصولات احتراق CO_2 و گاز H_2O مایع هستند. مواد اولیه با دمای 300 K و فشار یک اتمسفر وارد شده و محصولات احتراق نیز در نهایت با دمای 300 K خارج می‌شوند. اگر در این

مدت، 12000 کالری گرما به محیط منتقل شود، گرمای واکنش احتراق نفتالین چند کالری بر مول است؟ جرم مولکولی نفتالین 128 و $R = 2 \frac{\text{cal}}{\text{mol K}}$ است.

-۱۲۰۱۲۰۰ (۴)

-۱۲۰۰۰۰۰ (۳)

-۱۱۹۸۸۰۰ (۲)

-۱۰۴۰۰۰۰ (۱)

۱۶- ضریب تراکم‌پذیری بخار اشباع یک مایع خالص در دمای 400 K ، برابر 0.9 و فشار بخار آن $P^{\text{sat}} = 1/2 \text{ atm}$ است. ضریب فوگاسیته مایع در

دمای 400 K و فشار 80 اتمسفر، تقریباً چقدر است؟ $R = 80 \frac{\text{cm}^3 \text{ atm}}{\text{mol K}}$ و حجم مخصوص متوسط آن مایع برابر $40 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}$ است.

$$e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \dots$$

۰/۰۰۱۵ (۴)

۰/۰۰۳۵ (۳)

۰/۰۱۵ (۲)

۰/۰۳۵ (۱)

۱۷- یک محلول دوجزئی از حل یک نمک آلی (سازنده اول) در آب (سازنده دوم) در دمای T و فشار P به‌دست آمده است. ضریب فعالیت آب از

رابطه $\ln \gamma_2 = A(1 - x_2)^2$ به‌دست می‌آید که در آن داریم: $\gamma_2 \rightarrow 1$ وقتی که $x_2 \rightarrow 0$. در این رابطه A یک ثابت تجربی است که فقط تابع درجه حرارت است. در صورتی که $\gamma_1 \rightarrow 1$ وقتی $x_1 \rightarrow 0$ ، رابطه $\ln \gamma_1$ کدام است؟

$Ax_1(x_1^2 - 1)$ (۴)

$Ax_1(x_1 - 2)$ (۳)

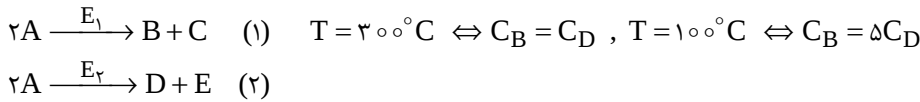
$Ax_1(2 - x_1)$ (۲)

$Ax_1(1 - x_1)$ (۱)

پاسخنامه مهندسی شیمی

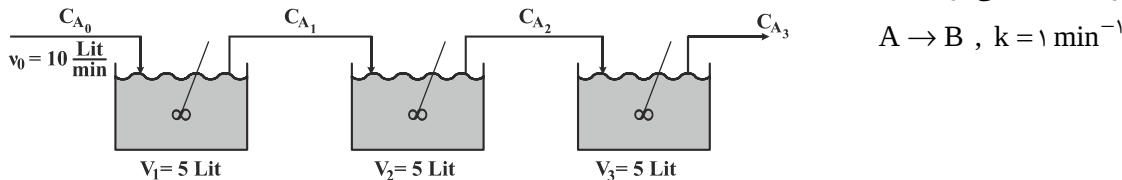
سینتیک و طراحی راکتور - ترمودینامیک

۱- گزینه «۴» در واکنش‌های شیمیایی چندگانه دمای بالا به نفع واکنش با انرژی فعالساز (E) بالا است. به عبارت دیگر در دمای بالا واکنش با E بزرگ‌تر بهتر صورت می‌گیرد. بالعکس دمای پایین به نفع واکنش با E کوچک‌تر می‌باشد. واکنش موازی داده شده در دو دمای 300°C و 100°C صورت گرفته لذا مقایسه انرژی فعالساز آن‌ها به صورت زیر است:



در این واکنش موازی کاهش دما از 300°C به 100°C به نفع واکنش اول شده لذا انرژی فعالساز واکنش اول کوچک‌تر از انرژی فعالساز واکنش دوم می‌باشد. $[E_1 < E_2]$

۲- گزینه «۲» با توجه به واحد ثابت سرعت واکنش $[\text{min}^{-1}]$ ، واکنش مربوطه یک واکنش درجه اول حجم ثابت است لذا از رابطه واکنش درجه یک فاز مایع در راکتورهای مخلوط‌شونده استفاده می‌شود:



میزان تبدیل در راکتور دوم به تنهایی برابر است با:

$$\frac{C_{A1}}{C_{Ar}} = 1 + k\tau_r, \quad C_{Ar} = C_{A1}(1 - x_{Ar}) \Rightarrow \frac{1}{1 - x_{Ar}} = 1 + k\tau_r, \quad k = 1 \text{ min}^{-1}$$

$$\tau_r = \frac{V_r}{v_0} = \frac{5}{10} = 0.5 \text{ min} \Rightarrow \frac{1}{1 - x_{Ar}} = 1 + 1 \times 0.5 \Rightarrow x_{Ar} = \frac{1}{3} = 0.33$$

میزان تبدیل تا راکتور دوم یا میزان تبدیل در مجموع دو راکتور اول برابر است با:

$$\frac{C_{A0}}{C_{Ar}} = (1 + k\tau_1)(1 + k\tau_r), \quad C_{Ar} = C_{A0}(1 - x_{At}) \Rightarrow \frac{1}{1 - x_{At}} = (1 + k\tau_1)(1 + k\tau_r)$$

$$\tau_1 = \frac{V_1}{v_0} = \frac{5}{10} = 0.5 \text{ min} \Rightarrow \frac{1}{1 - x_{At}} = (1 + 1 \times 0.5)(1 + 1 \times 0.5) = 1.5^2 = 2.25 \Rightarrow x_{At} = \frac{5}{9} = 0.55$$

منظور سؤال میزان تبدیل تا راکتور دوم بوده لذا گزینه (۲) صحیح است.

۳- گزینه «۲» از رابطه کلی زمان پرشدن در راکتورهای مخلوط‌شونده برای واکنش‌های فاز مایع استفاده می‌شود:

$$\tau_m = \frac{C_{A0} - C_A}{-r_A}, \quad 2A \rightarrow \text{محصولات}, \quad -r_A = kC_A^2, \quad C_A = C_{A0}[1 - x_A]$$

$$\tau_m = \frac{C_{A0} - C_{A0}(1 - x_A)}{k[C_{A0}(1 - x_A)]^2} \Rightarrow \tau_m = \frac{1 - (1 - x_A)}{kC_{A0}(1 - x_A)^2} \Rightarrow \frac{x_A}{(1 - x_A)^2} = kC_{A0}\tau_m$$

$$Da = kC_{A0}^{n-1}t \quad (\text{عدد بی بعد دامکولر}), \quad n = 2 \quad (\text{درجه واکنش}), \quad t = \tau_m \Rightarrow Da = kC_{A0}\tau_m = 2$$

حال روابط باهم ترکیب شده و درصد تبدیل واکنش محاسبه می‌شود:

$$\frac{x_A}{(1 - x_A)^2} = 2 \Rightarrow x_A = 2 - 4x_A + 2x_A^2 \Rightarrow (2x_A - 1)(x_A - 2) = 0 \Rightarrow x_A = \frac{1}{2}, \quad 2$$

مقدار عددی x_A همواره بین صفر و یک است لذا $x_A = \frac{1}{2}$ قابل قبول است.

۴- گزینه «۳» از رابطه دبی حجمی در جریان خروجی راکتور لوله‌ای پیوسته استفاده می‌شود. توجه شود که واکنش داده شده یک واکنش حجم متغیر درجه ۲ در فاز گاز است:

$$\begin{array}{c}
 \text{A (g)} \rightarrow 2\text{R (g)} \\
 \text{A, Inert gas} \rightarrow \boxed{\text{Plug}} \rightarrow \text{A, R, Inert gas} \\
 y_{A_0} = 0.5 \quad v_0 = 70 \quad T, P = \text{cte} \quad x_A = 0.6 \\
 v_f = v_0 [1 + \varepsilon_A x_A] \\
 \varepsilon_A = \frac{\Delta n}{a} y_{A_0} = \frac{+2-1}{1} \times 0.5 = 0.5 \\
 v_f = 70 [1 + 0.5 \times 0.6] = 70 \times 1.3 = 91 \\
 \text{درصد افزایش شدت جریان خروجی از راکتور} = \frac{v_f - v_0}{v_0} \times 100 = \frac{91 - 70}{70} \times 100 = 30\%
 \end{array}$$

۵- گزینه «۱» برای واکنش‌های درجه صفر فاز مایع از آنجا که سرعت واکنش تابع غلظت مواد واکنش‌دهنده نیست لذا حجم راکتورهای ناپیوسته، مخلوط‌شونده، لوله‌ای و دوره‌ای یا برگشتی برای یک درصد تبدیل معین باهم برابر می‌باشد. به عبارت دیگر برای واکنش‌های درجه صفر فاز مایع نوع راکتور اهمیتی ندارد. بنابراین برای واکنش درجه صفر حجم ثابت $A \rightarrow R$ در یک راکتور دوره‌ای کاهش یا افزایش جریان برگشتی تأثیری بر روی درصد تبدیل واکنش (x_A) ندارد.

$$-r_A = k, \quad \tau_R = [R+1]C_{A_0} \int_0^{x_{Af}} \frac{dx_A}{-r_A} \Rightarrow C_{A_0} x_{Af} = k\tau_R$$

طبق رابطه فوق میزان جریان برگشتی (R) تأثیری بر روی درصد تبدیل (x_{Af}) ندارد.

برای واکنش درجه صفر فاز مایع در راکتورهای ناپیوسته، مخلوط‌شونده و لوله‌ای روابط به صورت زیر می‌باشد:

$$C_{A_0} x_A = kt, \quad C_{A_0} x_A = k\tau_m, \quad C_{A_0} x_A = k\tau_p$$

۶- گزینه «۳» از رابطه کلی زمان پرشدن در راکتورهای مخلوط‌شونده استفاده می‌شود. توجه شود که واکنش مربوطه در فاز گاز بوده و حجم متغیر می‌باشد:

$$\tau_m = \frac{V_m}{v_0} = \frac{C_{A_0} x_A}{-r_A}, \quad 2A \rightarrow R, \quad -r_A = 2C_A^2 \Rightarrow \tau_m = \frac{V_m}{v_0} = \frac{C_{A_0} x_A}{2C_A^2}$$

$v_0 = 10 \frac{\text{Lit}}{\text{min}}$ [دبی حجمی ورودی], $C_{A_0} = 3 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}$ [غلظت در ورودی راکتور], $C_A = 1 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}$ [غلظت در خروجی]

جهت تعیین حجم موردنیاز راکتور لازم است تا درصد تبدیل در راکتور محاسبه شود.

$$C_A = \frac{C_{A_0}(1-x_A)}{1+\varepsilon_A x_A}, \quad \varepsilon_A = \frac{\Delta n}{a} y_{A_0}, \quad y_{A_0} = 1 \text{ [خوراک A خالص]} \Rightarrow \varepsilon_A = \frac{1-2}{2} \times 1 = -0.5$$

حال مقادیر عددی در رابطه C_A جایگذاری شده و x_A محاسبه می‌شود:

$$1 = \frac{3(1-x_A)}{1-0.5x_A} \Rightarrow x_A = 0.8$$

در آخر مقادیر عددی در رابطه τ_m جایگذاری شده و حجم راکتور مخلوط‌شونده به دست می‌آید:

$$\tau_m = \frac{V_m}{v_0} = \frac{3 \times 0.8}{4 \times 1^2} \Rightarrow V_m = 6 \text{ lit}$$

۷- گزینه «۱» با توجه به استوکیومتری واکنش و واحد ثابت سرعت واکنش مشخص می‌شود که واکنش، یک واکنش درجه ۳ فاز مایع و از نوع ابتدایی می‌باشد.

$$A + 2B \rightarrow R, \quad C_{A_0} = 0.2 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}, \quad C_{B_0} = 1.0 \frac{\text{mol}}{\text{lit}}, \quad k = 0.02 \text{ Ln}^2 \frac{\text{lit}^2}{\text{mol}^2 \cdot \text{min}}$$

k واحد = $[\text{غلظت}]^{1-n} \times [\text{زمان}]^{-1} = \left[\frac{\text{mol}}{\text{lit}}\right]^{1-n} \times [\text{min}]^{-1} = \frac{\text{lit}^2}{\text{mol}^2 \cdot \text{min}} \Rightarrow n = 3$ [درجه واکنش] $\Rightarrow -r_A = kC_A^2 C_B$

از طرف دیگر به دلیل آنکه غلظت اولیه B خیلی بزرگ‌تر از غلظت اولیه A است $[C_{B_0} \gg C_{A_0}]$ ، می‌توان از تغییر غلظت B در طی واکنش صرف‌نظر کرد و واکنش را به یک واکنش درجه ۱ تبدیل کرد:

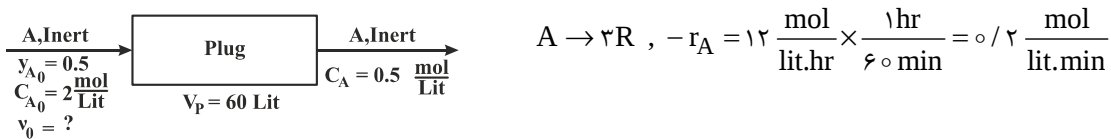
$$C_{B_0} \gg C_{A_0} \Rightarrow C_B = C_{B_0} = \text{cte} \Rightarrow -r_A = kC_{B_0}^2 C_A = k' C_A, \quad k' = kC_{B_0}^2 = 0.02 \text{ Ln}^2 \times 1.0^2 = 2 \text{ Ln}^2$$

حال از رابطه واکنش درجه اول فاز مایع در راکتورهای ناپیوسته استفاده می‌شود:

$$-\text{Ln} \frac{C_A}{C_{A_0}} = k't, \quad C_A = \frac{1}{4} C_{A_0} \Rightarrow -\text{Ln} \frac{1}{4} = 2 \text{ Ln}^2 \times t \Rightarrow -\text{Ln} \frac{1}{4} = 2 \text{ Ln}^2 \times t$$

$$-[\text{Ln} 1 - \text{Ln} 4] = 2 \text{ Ln}^2 \times t \Rightarrow -[0 - 2 \text{ Ln} 2] = 2 \text{ Ln}^2 \times t \Rightarrow t = 1 \text{ min}$$

۸- گزینه «۴» با توجه به رابطه سرعت واکنش که تابع غلظت A نیست مشخص می‌شود که واکنش مربوطه یک واکنش درجه صفر فاز گاز است. از طرفی طبق استوکیومتری، واکنش حجم متغیر است. به این ترتیب از رابطه واکنش درجه صفر فاز گاز در راکتور پلاگ استفاده می‌شود:



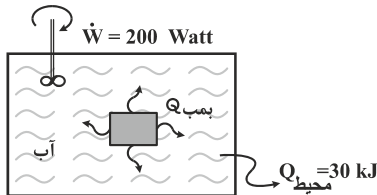
$$-r_A = kC_A^0 = k = 0.2 \frac{\text{mol}}{\text{lit.min}}, C_{A_0} x_A = k\tau_p = k \frac{V_p}{v_0} \quad [I], C_A = \frac{C_{A_0}(1-x_A)}{(1+\varepsilon_A x_A)}$$

$$\varepsilon_A = \frac{\Delta n}{a} y_{A_0} = \frac{3-1}{1} \times 0.5 = 1 \Rightarrow C_A = \frac{C_{A_0}(1-x_A)}{1+x_A} \Rightarrow 0.5 = \frac{2(1-x_A)}{1+x_A}$$

$$x_A = 0.6 \Rightarrow 2 \times 0.5 = 0.2 \times \frac{60}{v_0} \Rightarrow v_0 = 10 \frac{\text{lit}}{\text{min}}$$

حال مقادیر عددی در رابطه I جایگذاری می‌شود:

۹- گزینه «۳» از قانون اول ترمودینامیک برای سیستم‌های بسته استفاده می‌شود. توجه شود که حرارت تولیدی در بمب کالریمتری کاملاً به آب درون مخزن منتقل می‌شود:



$$\Delta U_{\text{مخزن}} = Q_{\text{in}} - W_{\text{out}} = Q_{\text{بمب}} + Q_{\text{محیط}} - W_{\text{همزن}}$$

$$Q_{\text{بمب}} = +x \text{ kJ}, Q_{\text{محیط}} = -30 \text{ kJ}, \dot{W}_{\text{همزن}} = -200 \text{ watt} = -200 \frac{\text{J}}{\text{s}} \quad [\text{کار مصرفی}]$$

$$\text{time} = 30 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 1800 \text{ s} \Rightarrow W_{\text{همزن}} = \dot{W}_{\text{همزن}} \times \text{time} = -200 \frac{\text{J}}{\text{s}} \times 1800 \text{ s} \Rightarrow W_{\text{همزن}} = -360000 \text{ J} = -360 \text{ kJ}$$

$$\Rightarrow \Delta U_{\text{مخزن}} = +x + (-30) - (-360) = +x + 330 \text{ kJ}$$

حال مقادیر در رابطه قانون اول ترمودینامیک جایگذاری می‌شوند:

با توجه به اینکه مقدار عددی گرمای بمب کالریمتری در صورت سؤال داده نشده است لذا تغییر انرژی داخلی آب درون مخزن قابل محاسبه نیست. اگر گرمای بمب کالریمتری برابر 800 kJ فرض شود آنگاه گزینه (۳) صحیح می‌باشد.

$$\Delta U_{\text{مخزن}} = +800 + 330 = 1130 \text{ kJ}$$

۱۰- «هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست.» برای محاسبه مشتق خواسته شده روابط دیفرانسیلی انرژی داخلی و آنترپی به صورت زیر باهم ترکیب می‌شوند:

$$du = Tds - Pdv, ds = \frac{C_v}{T} dT + \left[\frac{\partial P}{\partial T} \right]_v dv \Rightarrow dv = \frac{ds - \frac{C_v}{T} dT}{\left[\frac{\partial P}{\partial T} \right]_v}$$

حال مقادیر در رابطه du جایگذاری می‌شوند:

$$du = Tds - P \left[\frac{ds - \frac{C_v}{T} dT}{\left[\frac{\partial P}{\partial T} \right]_v} \right] = \left[T - \frac{P}{\left[\frac{\partial P}{\partial T} \right]_v} \right] ds + \frac{PC_v}{T \left[\frac{\partial P}{\partial T} \right]_v} dT, u = u(s, T) \Rightarrow du = \left[\frac{\partial u}{\partial s} \right]_T ds + \left[\frac{\partial u}{\partial T} \right]_s dT$$

$$\left[\frac{\partial u}{\partial s} \right]_T = T - \frac{P}{\left[\frac{\partial P}{\partial T} \right]_v}, \left[\frac{\partial u}{\partial T} \right]_s = \frac{PC_v}{T \left[\frac{\partial P}{\partial T} \right]_v}$$

حال روابط فوق باهم برابر گرفته می‌شوند:

سازمان سنجش گزینه (۴) را به عنوان پاسخ صحیح اعلام کرده است، اما طبق توضیحات فوق، هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نمی‌باشد.

۱۱- گزینه «۱» از رابطه خواص مولی جزئی در مخلوط‌های دوجزئی استفاده می‌شود. برای این منظور ابتدا رابطه دانسیته مولی مخلوط برحسب x_1 بازنویسی شده و بعد رابطه حجم مولی مخلوط استخراج می‌گردد.

$$\bar{m}_1 = m - x_2 \left[\frac{\partial m}{\partial x_2} \right]_{T,P,x_1} \Rightarrow \bar{v}_1 = v - x_2 \left[\frac{\partial v}{\partial x_2} \right]_{T,P,x_1}$$

$$\rho = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_1^2, \quad x_1 = 1 - x_2 \xrightarrow{\text{ترکیب روابط}} \rho = a_0 + a_1 + a_2 - (a_1 + 2a_2)x_2 + a_2 x_2^2$$

$$v = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{a_0 + a_1 + a_2 - (a_1 + 2a_2)x_2 + a_2 x_2^2}$$

$$\bar{v}_1 = \frac{1}{\rho} - x_2 \left[\frac{\partial \left(\frac{1}{\rho} \right)}{\partial x_2} \right]_{T,P,x_1} = \frac{1}{\rho} - x_2 \left[\frac{\partial \left(\frac{1}{a_0 + a_1 + a_2 - (a_1 + 2a_2)x_2 + a_2 x_2^2} \right)}{\partial x_2} \right]_{T,P,x_1}$$

حال رابطه v در رابطه $\bar{v}_1$ جایگذاری می‌گردد:

$$\bar{v}_1 = \frac{1}{\rho} \left[\rho - a_1 x_2 - 2a_2 x_2 + 2a_2 x_2^2 \right] = \frac{1}{\rho} \left[a_0 + a_1 + a_2 - (a_1 + 2a_2)x_2 + a_2 x_2^2 - a_1 x_2 - 2a_2 x_2 + 2a_2 x_2^2 \right]$$

$$\bar{v}_1 = \frac{1}{\rho} \left[a_0 + a_1 + a_2 - (2a_1 + 4a_2)x_2 + 3a_2 x_2^2 \right], \quad x_2 = 1 - x_1$$

$$\bar{v}_1 = \frac{1}{\rho} \left[a_0 - a_1 + 2(a_1 - a_2)x_1 + 3a_2 x_1^2 \right]$$

در آخر رابطه فوق براساس x_1 بازنویسی می‌شود:

۱۲- گزینه «۲» عددی که فشارسنج مخزن هوای غواص نشان می‌دهد برابر اختلاف فشار هوای داخل مخزن و فشار آب اقیانوس است. به این ترتیب می‌توان فشار هوای داخل مخزن را محاسبه کرد:

$$P_{\text{فشارسنج}} = P_{\text{آب اقیانوس}} + \rho g h_1, \quad P_{\text{فشارسنج}} = 200 \text{ kPa}, \quad P_{\text{آب اقیانوس}} = P_{\text{هوای درون مخزن}} = P_{\text{فشارسنج}}$$

$$\rho_{\text{آب اقیانوس}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, \quad h_1 = 10 \text{ m} \Rightarrow P_{\text{آب اقیانوس}} = 1000 \times 10 \times 10 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}$$

$$200 \text{ kPa} = P_{\text{هوای درون مخزن}} + 100 \text{ kPa} \quad \text{حال مقادیر در رابطه فشارسنج جایگذاری می‌شوند:}$$

$$P_{\text{هوای درون مخزن}} = 300 \text{ kPa} = 300000 \text{ Pa}$$

حال می‌توان عمقی از آب اقیانوس که در آن فشارسنج عدد صفر را نشان می‌دهد محاسبه کرد:

$$0 = 300000 - \rho g h_2 = 300000 - 1000 \times 10 \times h_2 \Rightarrow h_2 = 30 \text{ m}$$

به این ترتیب فشارسنج مخزن هوای غواص در عمق ۳۰ متری از آب اقیانوس عدد صفر را نشان می‌دهد.

۱۳- «هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست.» معادله حالت گاز بازنویسی شده و رابطه فشار برحسب حجم مولی استخراج می‌شود:

$$z = 1 + \frac{BP}{RT}, \quad z = \frac{Pv}{RT} \xrightarrow{\text{ادغام روابط}} \frac{Pv}{RT} = 1 + \frac{BP}{RT} \Rightarrow P = \frac{RT}{v-B}, \quad B = f(T)$$

حال از رابطه فشار نسبت به حجم مولی در حالت دما - ثابت مشتق گیری می‌شود:

$$\left[\frac{\partial P}{\partial v} \right]_T = \frac{\partial}{\partial v} \left(\frac{RT}{v-B} \right) = \frac{-RT}{(v-B)^2}$$

در ادامه از رابطه فوق دوباره نسبت به حجم مولی در حالت دما - ثابت مشتق گیری می‌شود تا مشتق دوم P نسبت به v به دست آید:

$$\left[\frac{\partial^2 P}{\partial v^2} \right]_T = \frac{\partial}{\partial v} \left(\frac{-RT}{(v-B)^2} \right) = \frac{+2RT}{(v-B)^3}$$

در آخر از رابطه بالا نسبت به v در حالت دما - ثابت مشتق گیری می‌شود تا مشتق سوم P نسبت به v حاصل گردد:

$$\left[\frac{\partial^3 P}{\partial v^3} \right]_T = \frac{\partial}{\partial v} \left(\frac{+2RT}{(v-B)^3} \right) = \frac{-6RT}{(v-B)^4}, \quad P = \frac{RT}{v-B} \xrightarrow{\text{ادغام روابط}} \left[\frac{\partial^3 P}{\partial v^3} \right]_T = \frac{-6P^4}{(RT)^3}$$

سازمان سنجش گزینه (۳) را به عنوان پاسخ صحیح اعلام کرده است، اما طبق توضیحات فوق، هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نمی‌باشد.

۱۴- گزینه «۱» از رابطه خواص مولی جزئی در مخلوط‌های دو جزئی استفاده می‌شود. توجه شود که پتانسیل شیمیایی جزء i در مخلوط (μ_i) برابر انرژی آزاد گیبس مولی جزئی i در مخلوط ($\bar{g}_i$) می‌باشد. از طرفی g^E یک خاصیت ترمودینامیکی محسوب می‌شود:

$$\bar{m}_1 = m - x_2 \left[\frac{\partial m}{\partial x_2} \right]_{T,P,x_1}, \mu_1 = \bar{g}_1, \mu_1^E = \bar{g}_1^E \Rightarrow \mu_1^E = \bar{g}_1^E, \mu_2^E = \bar{g}_2^E, \bar{g}_1^E = g^E - x_2 \left[\frac{\partial g^E}{\partial x_2} \right]_{T,P,x_1}$$

$$\frac{g^E}{RT} = 2x_1x_2, x_1 = 1 - x_2 \xrightarrow{\text{ترکیب روابط}} g^E = 2RTx_2 - 2RTx_2^2$$

$$\bar{g}_1^E = [2RTx_2 - 2RTx_2^2] - x_2[2RT - 4RTx_2] \Rightarrow \bar{g}_1^E = 2RTx_2^2$$

حال مقادیر در رابطه $\bar{g}_1^E$ جایگذاری می‌شوند:

$$\bar{g}_2^E = g^E - x_1 \left[\frac{\partial g^E}{\partial x_1} \right]_{T,P,x_2}, \frac{g^E}{RT} = 2x_1x_2 = 2x_1(1 - x_1) \Rightarrow g^E = 2RTx_1 - 2RTx_1^2$$

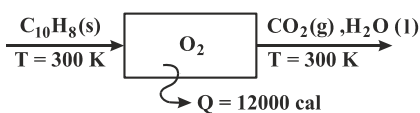
به طریقی مشابه $\bar{g}_2^E$ محاسبه می‌شود:

$$\bar{g}_2^E = [2RTx_1 - 2RTx_1^2] - x_1[2RT - 4RTx_1] \Rightarrow \bar{g}_2^E = 2RTx_1^2$$

حال مقادیر در رابطه داده شده جایگذاری می‌شوند:

$$\frac{\mu_2^E - \mu_1^E}{RT} = \frac{\bar{g}_2^E - \bar{g}_1^E}{RT} = \frac{2RTx_1^2 - 2RTx_2^2}{RT} = 2[x_1^2 - x_2^2], x_1 = 0.1, x_2 = 0.9 \Rightarrow \frac{\mu_2^E - \mu_1^E}{RT} = 2[0.1^2 - 0.9^2] = -1.6$$

۱۵- گزینه «۴» گرمای واکنش احتراق برابر تغییر آنتالپی این واکنش می‌باشد. با استفاده از قانون اول ترمودینامیک برای سیستم‌های بسته گرمای واکنش احتراق محاسبه می‌گردد:



$$m_{\text{C}_{10}\text{H}_8} = 1/28 \text{ gr}, M_{\text{w-C}_{10}\text{H}_8} = 128 \text{ gr}$$

$$n_{\text{C}_{10}\text{H}_8} = \frac{m}{M_w} = \frac{1/28}{128} = 0.001 \text{ mol}, Q = -12000 \text{ cal}$$

$$q = \frac{Q}{n} = \frac{-12000}{0.001} = -12000000 \frac{\text{cal}}{\text{molC}_{10}\text{H}_8}$$

حرارت دفع شده به محیط به‌ازای سوختن یک مول نفتالین:

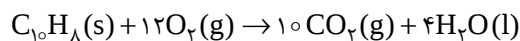
حال از قانون اول ترمودینامیک برای سیستم‌های بسته تغییر انرژی داخلی در واکنش احتراق محاسبه می‌شود. توجه شود که بمب کالریتری یک مخزن صلب می‌باشد و لذا فرایند احتراق در حالت حجم ثابت انجام می‌گردد:

$$\Delta u = q - w, w = 0 \text{ [فرایند حجم ثابت]}$$

$$\Delta u = q = -12000000 \frac{\text{cal}}{\text{molC}_{10}\text{H}_8}, \Delta h_r = \Delta u + \Delta[PV], PV = nRT \text{ [معادله حالت گاز ایده‌آل]}$$

$$R = 2 \frac{\text{cal}}{\text{molK}}, T = \text{cte} = 300 \text{ K} \Rightarrow \Delta h_r = \Delta u + \Delta[nRT] = \Delta u + RT\Delta n$$

تغییر تعداد مول گازی در فرایند احتراق (Δn) به‌ازای سوختن یک مول نفتالین با استفاده از معادله استوکیومتری احتراق کامل نفتالین محاسبه می‌شود:



$$\Delta n = \text{تعداد مول گازی مواد اولیه} - \text{تعداد مول گازی محصولات} = 10 - 12 = -2 \text{ mol}$$

$$\Delta h_r = -12000000 + 2 \times 300 \times (-2) = -12012000 \frac{\text{cal}}{\text{molC}_{10}\text{H}_8}$$

در نهایت مقادیر عددی در رابطه Δh_r جایگذاری می‌شوند:

۱۶- گزینه «۲» از رابطه فوگاسیته در مایعات استفاده می‌شود. از طرفی معادله حالت ویریال دو پارامتری برای فاز بخار مایع خالص مربوطه لحاظ می‌شود.

$$f^l = f^{\text{sat}} \exp \left[(P - P^{\text{sat}}) \frac{V^l}{RT} \right], T = 400 \text{ K}, z^{\text{sat}} = 0.9, P^{\text{sat}} = 1/2 \text{ atm}$$

$$P = 80 \text{ atm}, R = 80 \frac{\text{cm}^3 \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}, v^l = 40 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}, e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \dots$$