

Este là Gì? Tính Chất Hóa Học, Tên Gọi, Cách Điều Chế Và Bài Tập

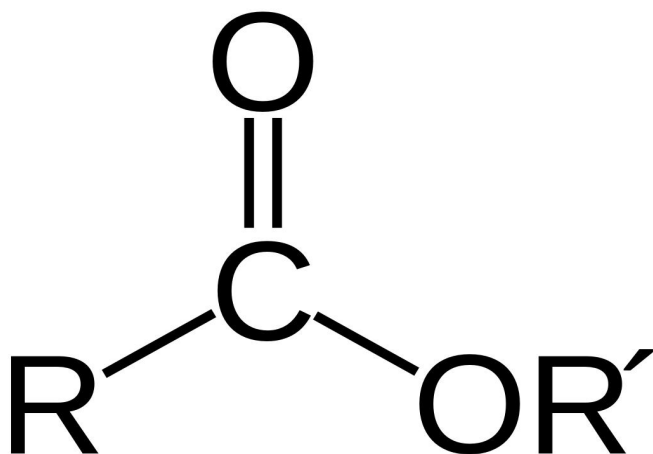
Este là một chất hữu cơ vô vùng quan trọng và thường thấy rất nhiều trong các đề thi. Bởi vậy VUIHOC tổng hợp kiến thức về phần này để các em có thể áp dụng và kỳ thi sắp tới.



Este là gì?

Trước khi tìm hiểu sâu este hóa 12 về những tính chất, ứng dụng,... thì chúng ta cùng tìm hiểu xem este là gì.

- Khi thay nhóm OH trong nhóm cacboxyl của axit cacboxylic bằng nhóm OR thì thu được một este.
- Công thức chung của este đơn chức là $R-COO-R'$.



Trong đó R là gốc hidrocarbon của axit (hoặc là H với axit fomic), còn R' là gốc hidrocarbon của ancol (với R không phải H).

⇒ Este là sản phẩm của phản ứng giữa 2 chất là ancol và axit.

– CT chung thể hiện là este no, đơn chức:

+ $\text{C}_n\text{H}_{2n} + 1\text{COOC}_m\text{H}_{2m+1}$ ($n \geq 0, m \geq 1$)

+ $\text{C}_x\text{H}_{2x}\text{O}_2$ ($x \geq 2$)

2. Cách đọc tên este (danh pháp)

Tên este được đọc như sau: Tên gốc hidrocarbon R' kết hợp với tên của anion gốc axit (có đuôi at).

- Tên của 1 số gốc axit thường thấy:

HCOOH là công thức của Axit Fomic ⇒ HCOO^- : Fomat

CH_3COOH là công thức của Axit Axetic ⇒ CH_3COO^- : Axetat

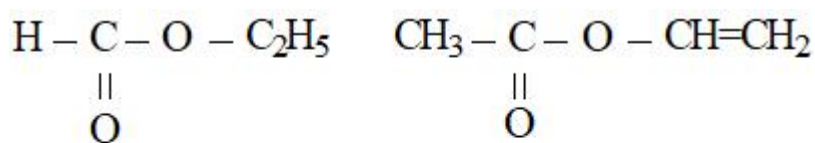
$\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$ là công thức của Axit Acrylic ⇒ $\text{CH}_2=\text{CHCOO}^-$: Acrylat

$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ là công thức của Axit Benzoic ⇒ $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$: Benzoat

- Tên của gốc R':

CH_3 - đọc là metyl; C_2H_5 - đọc là etyl; $\text{CH}_2=\text{CH}$ - đọc là Vinyl.

Ví dụ:



etyl fomat

vinyl axetat

2.1. Với ancol đơn chức R'OH

Tên este được đọc như sau: tên gốc hidrocarbon R' + tên gốc axit (thay đuôi ic thành đuôi at)

Ví dụ: HCOOC_2H_5 có tên là Etyl fomat;

CH₃COOC₂H₅ có tên là Etyl axetat;
CH₂=CH-COO-CH₃ có tên là Metyl acrylat.

2.2. Với ancol đa chức

Tên este = tên ancol + tên gốc axit

Ví dụ: (CH₃COO)₂C₂H₄ là etylenglycol điaxetat

Este được tạo bởi	Công thức	Phương trình điều chế
axit đa chức và ancol đơn chức	$R(COOR')_n$	$HOOC - R - COOH + 2 HO - R' \xrightleftharpoons{H_2SO_4, t^0} R'OOC - R - COOR' + 2H_2O$
axit đơn chức và ancol đa chức	$(RCOO)_mR'$	$2 R - COOH + HO - R' - OH \xrightleftharpoons{H_2SO_4, t^0} R - COO - R' - OOC - R + 2 H_2O$
axit đa chức và ancol đa chức	$R(COO)_{n,m}R'$	$mR(COOH)_n + nR'(OH)_m \xrightleftharpoons{H_2SO_4, t^0} R_m(COO)_{n,m}R'_n + nmH_2O$

3. Phân loại este

Tùy vào đặc điểm của gốc hidrocacbon cũng như số nhóm cacboxyl mà este có thể được chia thành bốn loại là:

Este tạo từ acid đơn chức và ancol đơn chức.

Este hình thành từ acid đa chức và ancol đơn chức. Loại này lại có thể phân thành 2 nhóm là este axit và este trung hòa.

Este tạo từ acid đơn chức và ancol đa chức.

Este tạo từ acid đa chức và ancol đa chức (rất hiếm gặp).

3.1. Este no, đơn chức

Là este được cấu tạo từ axit và ancol no, đơn chức nên có CTHH là C_nH_{2n}O₂ (n ≥ 2).

3.2. Este không no đơn chức

- Este đơn chức, không no, mạch hở lại có CTHH là C_mH_{2m+2-2k}O₂ (trong đó k là số liên kết pi, điều kiện với k ≥ 2)

VD: Este đơn chức, không no, mạch hở và chứa 1 liên kết đôi có CTHH là C_mH_{2m-2}O₂

3.3. Este đa chức

- Este cấu tạo từ axit đơn chức và rượu đa chức mang dạng CTHH là (RCOO)_mR'

- Este cấu tạo từ rượu đơn chức và axit đa chức có dạng CTHH là: R(COOR')_m

- Este cấu tạo từ axit đa chức R(COOH)_n và ancol đa chức R'(OH)_m có dạng CTHH là: R_m(COO)_{n,m}R'_n

Nắm trọn kiến thức và phương pháp giải các dạng bài tập Hóa 12 nói chung và Este nói riêng với bộ tài liệu động quyền của VUIHOC ngay

An advertisement for Vuihoc.vn featuring a young woman with long brown hair, wearing a white shirt and a backpack, holding a book titled 'CÁN ĐÍCH 9+'. She is pointing upwards with her right hand. To her left are three books: 'CÁN ĐÍCH 9+' for 'TOÁN HỌC', 'CÁN ĐÍCH 9+' for 'HÓA HỌC', and 'CÁN ĐÍCH 9+' for 'VẬT LÝ'. The background is orange with a pattern of small white dots. The text 'BỘ SÁCH CÁN ĐÍCH 9+' is in large, bold, blue and yellow letters. Below it, 'ẦM TRỌN 27 ĐIỂM' is in yellow, and 'THĂNG TIẾN VÀO ĐẠI HỌC' is in blue. A red button with white text 'ĐĂNG KÝ NGAY' is at the bottom left. The logo 'vuihoc.vn' is in the top right corner.

ĐĂNG KÝ NGAY

4. Tính chất vật lý của Este

4.1. Trạng thái

– Phần lớn ở trạng thái lỏng, những este có KL phân tử rất lớn thì có thể tồn tại trong trạng thái rắn (như ở mỡ động vật hay sáp ong,...).

4.2. Nhiệt độ sôi

Nhiệt độ sôi của este thấp, chúng dễ bay hơi vì không thể tạo liên kết hidro giữa các phân tử.

4.3. Tính tan

Este nhẹ hơn nước và ít tan hoặc không tan chút nào trong nước vì nó không tạo được liên kết hidro giữa những phân tử với nước.

4.4. Mùi thơm

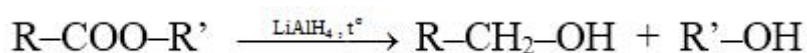
- Các este thường mang mùi hương đặc trưng như
- + Isoamyl axetat với CTHH là $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2(\text{CH}_3)_2$ chính là nguyên nhân tạo mùi thơm của chuối.

- + Etyl isovalerat với CTHH là $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$ tạo nên mùi táo.
 - + Etyl butirát với CTHH là $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOC}_4\text{H}_9$ tạo nên mùi dứa.
 - + Geranyl axetat với CTHH là $\text{CH}_3\text{COOC}_{10}\text{H}_{17}$ tạo nên mùi hoa hồng,...
 - + Benzyl propionat với CTHH là $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}-\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$ tạo nên mùi hoa nhài.
- Ngoài ra thì este còn được biết đến là dung môi rất tốt cho việc hòa tan của các chất hữu cơ.

5. Tính chất hóa học của Este

5.1. Este phản ứng khử

Este bị khử bởi một chất gọi là liti nhôm hiđrua (CTHH là LiAlH_4), trong đó nhóm $\text{RCO}-$ (hay còn gọi là nhóm axyl) biến thành ancol bậc I:



5.2. Este phản ứng thủy phân trong môi trường kiềm (phản ứng xà phòng hóa)

PTHH: $\text{RCOOR}' + \text{NaOH} \rightarrow \text{RCOONa} + \text{R}'\text{OH}$

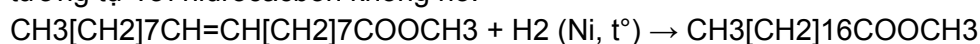
– m chất rắn sau khi xảy ra phản ứng = m muối + m kiềm dư.

– Với trường hợp este đơn chức: neste phản ứng = nNaOH phản ứng = nmuối = n ancol.

5.3. Phản ứng cộng và trùng hợp ở gốc hydrocacbon

a) Phản ứng cộng ở gốc hidrocacbon

– Gốc hidrocacbon của este xảy ra phản ứng cộng với những phi kim như H_2 , Cl_2 , Br_2 ,... tương tự với hidrocacbon không no.

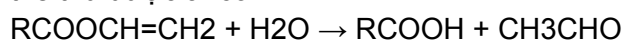


b) Phản ứng trùng hợp

– Một số este đơn giản mà cấu tạo có liên kết $\text{C}=\text{C}$ sẽ tham gia phản ứng trùng hợp tương tự như ở anken.

Ngoài ra thì este cũng có một số phản ứng riêng

– Este tạo thành từ ancol không bền khi tham gia thủy phân hoặc xà phòng hóa sẽ không thể thu được ancol:



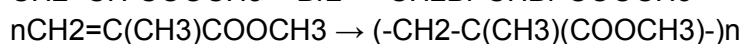
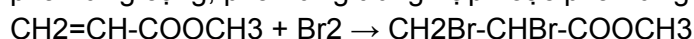
– Este tạo thành từ phenol phản ứng kết quả tạo ra 2 muối và nước:



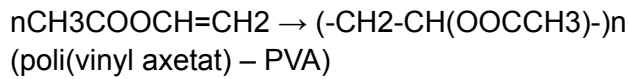
– Este của axit fomic $(\text{HCOO})_x\text{R}$ có thể tham gia vào phản ứng tráng gương.



– Nếu este mang gốc axit hoặc gốc Ancol không no thì este đó còn có thể tham gia được phản ứng cộng, phản ứng trùng hợp hoặc phản ứng OXH không hoàn toàn.



(Poli (MetylMetacrylat) – Plexiglass – thủy tinh được làm từ chất hữu cơ)

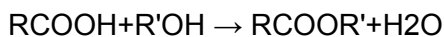


6. Cách điều chế este

Este được điều chế theo các phương pháp khác nhau và dựa theo từng loại este: Este của ancol, Este của phenol hay este không no.

1. Este của ancol:

- Phương pháp thường dùng giúp điều chế được este của ancol là thực hiện phản ứng este hóa, đun hồi lưu ancol với axit hữu cơ, H_2SO_4 đặc có vai trò làm chất xúc tác.



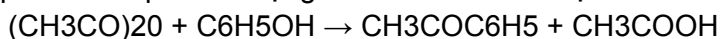
- Phản ứng este hóa thực chất chính là phản ứng xảy ra thuận nghịch. Để tăng hiệu suất của phản ứng thuận thì có thể làm các cách như sau:

+ Tăng nồng độ của các chất tham gia

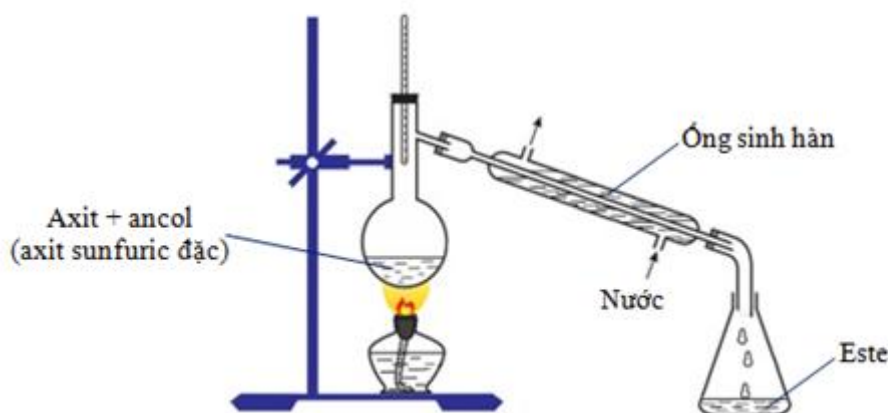
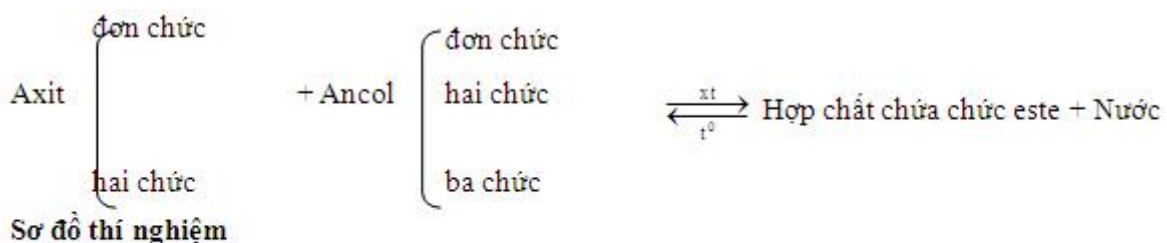
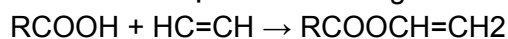
+ Giảm nồng độ của các sản phẩm bằng cách: đun nóng este để chúng bay hơi hoặc sử dụng H_2SO_4 đặc để hút nước. H_2SO_4 đặc vừa là chất xúc tác, vừa là chất có khả năng làm tăng hiệu suất phản ứng.

2. Este của phenol:

- Các este có gốc phenyl không được điều chế bằng phản ứng giữa axit cacboxylic với phenol mà phải sử dụng đến anhidrit axit hoặc clorua axit để tác dụng với phenol.



3. Điều chế một số este không no:



7. Ứng dụng của este

- Làm dung môi cho một số các phản ứng như butyl và amyl axetat được dùng trong việc pha sơn tổng hợp.
- Sản xuất ra nhiều chất quan trọng như là poli (metyl acrylat) và poli(metyl metacrylat) giúp tạo ra thủy tinh hữu cơ; poli(vinyl axetat) được dùng làm chất dẻo hoặc nó sẽ thủy phân thành poli(vinyl ancol) dùng để làm keo dán.
- Một số este tạo bởi axit phtalic được sử dụng làm chất hóa dẻo, dược phẩm,...
- Một số este chứa mùi hương của hoa quả được sử dụng trong công nghiệp thực phẩm và mỹ phẩm,...

Ví dụ: Isoamyl axetat: $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2(\text{CH}_3)_2$ tạo nên mùi chuối hoặc chúng được dùng để làm thực phẩm.



Geranyl axetat có CTHH là $\text{CH}_3\text{COOC}_{10}\text{H}_{17}$ mang mùi hoa hồng hoặc dùng trong mỹ phẩm,...



8. Cách nhận biết este

- Este của axit fomic có khả năng tham gia vào phản ứng tráng gương.
- Các este tạo bởi ancol không bền bị thủy phân hình thành anđehit cũng có thể tham gia phản ứng tráng gương.
- Este không no thì sẽ phản ứng và làm mất màu của dung dịch Brom.
- Este tạo bởi glixerol hoặc chất béo khi tham gia thủy phân sẽ cho ra sản phẩm hòa tan $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

Đăng ký ngay để được các thầy cô tổng hợp kiến thức và xây dựng lộ trình ôn thi Hóa THPT hiệu quả nhất



ĐĂNG KÝ NGAY

9. Một số bài tập trắc nghiệm về este (có đáp án)

Câu 1. Phản ứng este hóa có đặc điểm đặc trưng là:

- A. Là phản ứng thuận nghịch cần điều kiện đun nóng và các xúc tác bất kì.
- B. Phản ứng xảy ra hoàn toàn, cần điều kiện đun nóng, H_2SO_4 đậm đặc là chất xúc tác.
- C. Là phản ứng thuận nghịch, cần điều kiện đun nóng, H_2SO_4 đậm đặc là chất xúc tác.
- D. Phản ứng xảy ra hoàn toàn, cần điều kiện đun nóng, H_2SO_4 loãng là chất xúc tác.

Đáp án đúng: C

Phản ứng este hóa là phản ứng xảy ra giữa axit và ancol, nó là phản ứng thuận nghịch, cần điều kiện là nhiệt độ và xúc tác là H_2SO_4 đặc.

Câu 2. Cho các este: $C_6H_5OCOCH_3$ (1); $(CH_3COO)_2CH-CH_3$ (2); $CH_2=CH-COOCH_3$ (3); $CH_3COOCH=CH_2$ (4); $CH_3-CH=CH-OCOCH_3$ (5)

Những este nào dưới đây khi tham gia thủy phân không tạo được ancol?

- A. 1, 2, 4, 5
- B. 1, 3, 4
- C. 1, 3
- D. 1, 2, 3, 5

Đáp án đúng: A

1. $CH_3COOC_6H_5 + H_2O \rightarrow CH_3COOH + C_6H_5OH$ (phenol)

2. $\text{CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CHO}$ (andehit)
3. $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOCH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH}$ (ancol)
4. $\text{CH}_3\text{COO}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CHO}$
5. $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{CH}-\text{CH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2\text{O}$ (andehit)

Câu 3. Chất nào dưới đây có nhiệt độ sôi là thấp nhất?

- A. $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$
- B. $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$
- C. $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$
- D. $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$

Đáp án đúng: C

Vì este không có liên kết hiđro giữa các phân tử giống như ở ancol và axit nên chúng có nhiệt độ sôi thấp nhất.

Câu 4. Este X có cấu tạo mạch hở có CT phân tử là $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$, được hình thành bởi một axit Z và một ancol Y. Vậy Z không thể là:

- A. $\text{C}_3\text{H}_5\text{COOH}$
- B. CH_3COOH
- C. HCOOH
- D. $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$

Đáp án đúng: D

Vì trong X có số liên kết pi là 2, 1 liên kết ở trong COO, 1 liên kết ở trong gốc hidrocacbon, có thể xảy ra 2 trường hợp như sau:

+ TH1: ancol no còn axit thì không no $\Rightarrow 4 > \text{Số C có trong axit} > 2$.

+ TH2: ancol không no còn axit thì no $\Rightarrow \text{số C có trong ancol} > 2 \Rightarrow \text{Số C trong axit phải} < 3$.
 $\Rightarrow$ axit đó không thể có CTHH là $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$.

Câu 5. Phát biểu sai là phát biểu nào sau đây?

- A. Este có nhiệt độ sôi thấp hơn hẳn so với các ancol có cùng phân tử khối.
- B. Trong CN, chất béo lỏng có thể chuyển hóa thành chất béo rắn.
- C. Số nguyên tử H có trong phân tử của este đơn và đa chức luôn luôn là một số chẵn.
- D. Sản phẩm tạo ra từ phản ứng xà phòng hóa chất béo là axit béo cùng với glixerol.

Đáp án đúng: D

Đáp án A đúng là vì ancol có liên kết hiđro nên sẽ có nhiệt độ sôi cao hơn este có cùng phân tử khối.

Đáp án B đúng vì trong CN chất béo lỏng có thể chuyển hóa thành chất béo rắn bằng việc tiến hành phản ứng hiđro hóa.

Đáp án C đúng vì CTCT của este là $\text{C}_n\text{H}_{2n+2-2k-2x}\text{O}_2$ nên este đơn chức và đa chức sẽ luôn có số H là một số chẵn.

Đáp án D sai vì sản phẩm được tạo ra từ phản ứng xà phòng hóa chất béo là chính là xà phòng cùng với glixerol.

Câu 6. Cách phân biệt giữa HCOOCH_3 và $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ là cho chúng phản ứng với :

- A. CaCO_3
- B. AgNO_3
- C. H_2O
- D. Dung dịch Br_2

Đáp án B: Vì HCOOCH_3 có nhóm CHO nên nhóm này có khả năng tham gia phản ứng tráng bạc, điều này $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ không thể làm được.

Câu 7. Một HCHH đơn chức có CTHH là $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ không tác dụng với những kim loại mạnh mà chỉ tác dụng với dung dịch kiềm, nó thuộc dãy đồng đẳng của chất nào dưới đây:

- A. Ancol
- B. Este
- C. Andehit
- D. Axit

Đáp án đúng: B

Hợp chất đơn chức mà có CTHH là $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ thì sẽ là axit hoặc este. Theo đề bài, chất này không xảy ra phản ứng với KL mạnh $\Rightarrow$ thuộc dãy đồng đẳng của este

Câu 8. Người ta có thể sử dụng phản ứng giữa phenol với chất nào dưới đây để điều chế este của phenol?

- A. Axit cacboxylic
- B. Anhiđrit axit
- C. Halogenua axit
- D. Anhiđrit axit hoặc halogenua axit

Đáp án đúng: A

Phenol không có khả năng tác dụng trực tiếp với axit theo như phản ứng este hoá.

Do vậy nếu muốn điều chế ra được este của phenol thì phải cho chúng tác dụng với những chất có thể OXH mạnh hơn ví dụ như anhiđrit axit, halogenua axit,...

Câu 9: Đặc điểm nào dưới đây không đúng khi phát biểu về metyl fomat?

- A. Có CTPT là $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$
- B. Là đồng đẳng với axit axetic
- C. Là đồng phân với axit axetic
- D. Là hợp chất của este

Đáp án đúng: B

Câu 10. Trong phản ứng este hoá giữa 2 chất là 1 axit hữu cơ và ancol thì cân bằng sẽ chuyển dịch hướng theo phía tạo ra este với điều kiện nào dưới đây?

- A. Để ancol dư hoặc axit hữu cơ dư.
- B. Làm giảm nồng độ của ancol hay axit hữu cơ.
- C. Dùng các chất hút nước hay tách nước. Sau đó chưng cất ngay lập tức để tách este.
- D. Cả A và C

Đáp án C: Để phản ứng este hóa chuyển dịch hướng theo chiều thuận $\Rightarrow$ Thì có thể tăng nồng độ của chất tham gia, dùng H_2SO_4 đặc để giúp hút bớt nước và chưng cất ngay este mới hình thành.

Để thực hành luyện tập giải các bài tập Este theo phương pháp "hack nhanh", buổi học hôm nay cô Kim Oanh sẽ cung cấp cho các em đầy đủ các dạng bài tập Este (este nâng cao, este cơ bản) xuất hiện nhiều trong các đề thi THPTQG giúp các em đạt được điểm 8+ nhanh một cách dễ dàng nhất. Các em chú ý theo dõi bài học nhé!

PAS VUIHOC – GIẢI PHÁP ÔN LUYỆN CÁ NHÂN HÓA

Khóa học online ĐẦU TIÊN VÀ DUY NHẤT:

- ★ Xây dựng lộ trình học từ mất gốc đến 27+
- ★ Chọn thầy cô, lớp, môn học theo sở thích
- ★ Tương tác trực tiếp hai chiều cùng thầy cô
- ★ Học đi học lại đến khi nào hiểu bài thì thôi
- ★ Rèn tips tricks giúp tăng tốc thời gian làm đề
- ★ Tặng full bộ tài liệu độc quyền trong quá trình học tập

Đăng ký học thử miễn phí ngay!!

Este là một chất hữu cơ không những quan trọng đối với chương trình hóa học cấp THPT mà nó còn có nhiều ích lợi được ứng dụng trong cuộc sống. VUIHOC tổng hợp bài viết này để các em học sinh dễ dàng hơn trong việc ôn tập cho kỳ thi THPT Quốc gia sắp tới. Ngoài ra, để tìm hiểu thêm về các phần kiến thức khác trong Hóa học cấp THPT, các em truy cập vào Vuihoc.vn để đăng ký tài khoản hoặc tìm đến trung tâm hỗ trợ ngay để có thêm thật nhiều kiến thức bổ ích nhé!

A promotional banner for Vuihoc.vn. On the left, a smiling female student in a white shirt holds several colorful textbooks, one of which is titled 'CÁN ĐÍCH 9+'. The background is blue with a grid pattern. In the top right, the 'vuihoc.vn' logo is visible. Below it, the text 'PAS THPT' is written in large, bold, orange letters with a white outline. Underneath that, in a white banner with a blue border, is the text 'Ôn thi sớm tốt nghiệp THPT'. At the bottom right, there is an orange button with white text that says 'CAM KẾT 9+'. Various social media icons (like, heart, star) are scattered around the top left of the banner.

ĐĂNG KÝ NGAY

Nguồn:

<https://vuihoc.vn/tin/thpt-este-1142.html>

More:

Google Sheet Link

https://docs.google.com/spreadsheets/d/17HHf-B1YT1JI_IMTPJbpe9-InYu7obfpm2z-Pe3nC_EA/edit?usp=sharing

Google docs

https://docs.google.com/document/d/1JmJIP6hCYWhlDmljcCdVQzicypiMN3-nniLNk_NqGOc/edit?usp=sharing

Google PDF

Google Image

https://drive.google.com/file/d/150o0L4A1NLQlnmkzFaVA6KzJphzK4sJ_/view?usp=sharing

Google Form

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSd4cWbIF8H6d15Q_Jjhpws8hPZNdp2wqvMsihpTW7A7YIHEAg/viewform

Google Slide (Presentation)

<https://docs.google.com/presentation/d/1FVx6rZ6jGkX6fCLM4JvD0q7TSL5JHV7qV2FHvHg2Ik0/edit?usp=sharing>

Google Draw

<https://docs.google.com/drawings/d/1EDUDgvxPXIV7pV5LoYIfJLEMAI4YAIsVOxbJsW8BRRl/edit?usp=sharing>

Google My Map

https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1FAKExeKxVquBeKEJhz2ierDXs_BFAEM&usp=sharing

Google Site

<https://sites.google.com/view/hochoa12/este>

Photo

<https://photos.app.goo.gl/Y6Zh5TGkoMmyKQAK8>

Colab

https://colab.research.google.com/drive/1RkApO_r0KKU7c24HR4mJVU5MkTQPHU_2?usp=sharing

PDF

<https://drive.google.com/file/d/128F3n9b8ZTV3BzXSZUXglacNLwGflt-q/view?usp=sharing>