



Gp hYg]g'XY'NbC'bUbcYgfi Wi fUXc'dUfUgi 'Ud`]WUW]OB'
Yb`cg'dfcWYgcg'XY'ZhcXY[fUXUW]OB'XY'i b'Wc`cfUbhY'
]bXi gh]U"

VÒÙÒÁÚÛÒÙÒÐ-VÒËÒÁÚÛÜÁ

>5 ðA9`C7H5J=C`N5J5 @5`DI 7<9H5

ÚÁÛÒÁÚÓVÒÐÒÛ ÒŠ ÒÛÁËÛÄÒÁ

A59GHF ð'9B'9 @7HFCEI ðA ð5'

9B9FCž&\$%%

7 Ybfc`XY`=bj Ygh[UY]Ob`mi8 YgUffc``c`HYWbc`OĚ]Vc`Yb`
9`YWfcei Ꞥa]WU`

ÜòöšzööUÁUÜÁ

=b[" >U]a Y`CWUj]c`NUj U`U`Di W`YHU`

öŵöŵööÁUÜÁ

8 f" @]g`5 bhc b]c`Cfh`n: fUXY`

ùϕ UööšòUÁ

DfYg]XYbhY`

.....:]fa U`

GYWYHU]c`

.....:]fa U`

JcWU`

:]fa U`

JcWU`

:]fa U`

F 9 G I A 9 B

P[^ Á) Á ã Á cã c Á) Á •] ^ & ã Á) c! .. Á [! Á • [| ç ^ Á | [à ^ { æ Á) Á æ ! ã Á) à ã) cã Á • Á & { [Á | Á
æ ! [ç ^ & ç æ ã) ç Á Á • [Á ã ^ & ã ã [Á ^ Á ^ & ! • [Á æ ! æ Á • Á & { [Á | Á æ ~ æ Á • Á & { [Á } Á | Á { } | ^ Á
ã ^ Á c & } [| * ç Á æ] æ É Á) c) á á.} á [^ Á & } Á • ç É æ ~ ^ | æ Á ~ ^ Á & æ • æ Á } Á æ] æ ç Á æ à ã) cã Á
{ ^ } [! Á Á ^) ^ | æ Á [& • Á • æ ~ [• É Ç [• Á | [& • [• Á ^ Á ç ã æ ç) Á ç æ : æ æ Á [} Á } æ æ ç ! } æ æ æ Á
ç æ æ æ ã) ç Á ^ Á ^ ~ ^) c • Á [ç ^ á [• æ ~ ^ Á ^ Á ç Á] | { ^ } cã [Á) Á æ á á ~ • ç æ Á ç ç Á ^ à æ [Á æ ~ Á
æ ç Á á ^ { æ á á á Á æ ~ æ Á ç • Á | [& • [• Á ç) ^) Á [! Á [à ç ç [Á * ^) ^ | æ Á • ^ & Á • Á ç æ ^) c Á
[ç æ æ c • Á & { [Á | Á æ æ ç Á ç Á [ç Á Ç U P ^ D Á Á) Á | Á ç c) ç Á ^ Á ç Á | [• Á | • Á • æ ã) c • Á á æ ç • Á
] | [& • [• É • Á ç Á | [] ~ ^ ç Á | Á { } | ^ Á á Á æ ! æ ~ Á & æ ç æ æ [! • Á) æ [^ • ç ~ & ç | æ [• É Ú | Á [Á
æ c • Á ^) & æ } æ [Á Á) Á • c Á ç æ æ Á Á ^ | ^ • ^) cã Á ç ç c • á Á & æ æ ç ! á æ ç) Á á Á æ ç [] æ ç | æ Á
á ^ Á ç ç Á Á Á á & É Á • Á & { [Á ç æ à ã.} Á ~ Á ç æ æ ç) Á) Á | Á ^ • ^ { } | ^ | Á á Á Á ^ { [& ç) Á á Á & [| Á
á ^ Á & [| æ c Á ç æ æ ç) Á æ ~ æ Á ç ç c • á Á ^ Á Z) U Á Á ç à ç ç [Á ç Á & [| æ ç Á) Á ç æ [| É Á ç æ .. Á
á ^ Á ç Á ç | 5 | á á Á ç æ ç æ á ^ Á ç ç Á Á Á á & É Á • Á & æ ç c! á æ ç) Á á Á • c Á æ ! æ Á ^ Á | ^ ç 5 Á æ ç [Á
& } Á ç Á c. & } æ ç Á á Á •] ^ & ç • & [ç Á W X É á Á Á á : æ ç) Á á Á æ [• É Y É Ö { } | { ^) cã æ ^) c É Á Á
! ^ æ æ æ [Á ç ^ | æ ^) ç • Á ^ Á ç [ç æ ^ ç æ ç ç Á [à ^ Á ç á á ^ | • ç) Á & [| æ ç Á á Á æ [] æ ç | æ Á Á
Z) U Á] æ æ Á & } - æ { æ Á • Á { | { æ ç) É Ò Ò Á ^ á á 5 Á ~ Á • ç á á Á •] ^ & ç [ç { .. ç æ Á ~ ^ Á) ^ | { æ ç Á
æ æ { æ Á ~ ^ Á ç ç Á á ^ | • ç) Á & [| æ ç Á ^ | { æ ^ & Á • ç æ ^ Á ç P Á ç ç [• É Á ç Á ç ç á * | æ ç) Á
á ^ Á & [| æ c Á ç æ ç) Á | ^ • ^) & æ á Á Z) U Á æ [{ .. ç æ Á Á Á • ç á á Á * á ç æ á [Á ç æ à ç • Á ç ç Á
^) Á | Á •] ^ & ç [Á | ^ & ç 5] æ Á á Á & [| æ c Á & { [Á) Á [• Á ç æ | ^ • Á á Á P Á) Á ç ^ : & | æ á Á ^ æ ç) É Á
Š æ Á ç æ æ ç) ^ • Á á Á [• Á ç æ | ^ • Á á Á P É Á • * á á | [Á • ç á á Á ç Á | [] á á á • Á | & ç [Á à æ ^ Á á | Á
& [| æ c Á Á à c) ^ | Á ~ Á •] ^ & ç æ Á & | ç æ Á á Á ç æ | æ ç) Á) Á ~ } & ç) Á á Á • c Á æ { ^ ç [É & } Á ç á
á æ æ æ Á & æ ç æ æ Á á á á á ~ & ç) Á á | Á & [| Á [! Á ^ & ç • Á c & ~ • ç [• Á ^ Á ç ç á * | æ ç) É Š [• Á ç [• Á
& á .. ç [• Á ^ Á ç • ç [Á ç } Á [á | Á Á Á F ^ | Á | á ^) Á & } Á •] ^ & ç Á ç Á & [| æ c É Š æ Á | ~ ^ à æ Á á Á
! ^ { [& ç) Á á Á & [| Á ^ Á á • ^ | ç 5 Á ~ ^ Á | Á [| ç Á á Á æ [] æ ç | æ Á á Á Z) U Á | ^ • ^) cã } æ ~ ç) & ç
• á ç æ Á ç á á | Á á U ç [! Á | æ [Á { } | ^ æ [É Ç á æ ç) æ ^) c Á Á • ç á á Á ^ & ç Á á Á | ^ • ^) & ç Á
á ^ Á á [| ç ^) c Á Á ç ç c • á Á) Á ç ç ç) & ç Á Á ^ { [& ç) Á á Á ç æ ç) Á • ~ | ç [• Á à c) æ [• Á
^) Á • c Á ç æ ç Á á á ç æ Á ~ ^ Á ç Á æ [] æ ç | æ Á Z) U Á | ^ • ^) cã Á } Á [c) & ç Á • [Á) Á ç Á ^ { [& ç) Á
á ^ Á & [| Á) Á æ ~ æ Á & } Á • & æ * æ á Á ç á á á ~ • ç æ Á ç Á É

Á
Á
Á

Á

5 6 GHF 5 7 H`

Þ[, ææ•Á@!^ÁÁÁ] ^&æÁ c!^•Á Á) çá[] { } çÁ•~^•Á~ &@Á@Á! !!^&Á•^Á
[-Á) æ!æÁ!•[~!&•Áæ åÁ*!^> Ác^&@ [[* ð•ËÁÖ~^Áç ÁæÁ@ @, æ!Áá^ { æ åË@Á
Öáçæ &áÁÚ çæææ } ÁÚ! [&•••ÁÇËÚÁ@ç^Á^> Á] | { ^ } c!áÁæ Áá [ç^!Áç! } ææ^Á
d^æ ^ } c! [Ác^ç^Á á•d^Á-^ } •ËV@Á æ Á àb&ç^Á -c@•^Á | [&•••ÁÁ Áç Á
*^ } !æÁ@ @ Á [çææ ç] ^&•Áá^Á@á! [ç^!ÁææçÁçP`DÁÚá ~|çæ ^ [~•|ËÁ@Á
à^> Á] | [] [•^áÁ@Á~•^Á [-Á) æ [•d~&c!^áÁ&ææ çÁ { æ!æ^Áç Áá] | [ç^Ác@áÁ
^-æ} &ËV@Á, [|Á•@, •Ác@Á• } c@•ã Áæ åÁ&@æç!ã ææ } Á [-Á: å &Á [çæ^Á
} æ [] æç!•Ëæ Á ^|Áæ Ác@áÁ!• [] •^Áá~!å *Á& [|!Á^ { [çæÁ | [&••Á -ÁÚ!æ *^Á@
• [| ç] •ËZå &Á [çæ^Á, æ Á•^ } c@•ã^áÁ^ Á& [| ææÁ { ^c@á•Ác@ [~* @: å &Áæ^æ Á
æ æ^Á@á! [| •ãËV@Á æ!æ^Á æ Á&@æç!ã^áÁ•å *ÁWXËãÁ^ ^&d [•&] ^æ åÁ
ÝÜÖËÁQÁ! á!Áç Áá^ { [] •dæÁc@Á^ç c } &Á [-Á) æ [] æç!•Ë& &æç!ç | çæ { ^d^Á
^ç! á } •Á, ^!Á&æ!ã áÁ [~dÁçÁ] ^&d [] @ ç { ^dæÁæ•æÁ!^Á~•Á!~ &ææÁc@æÁ
& [| ææÁá } !•å } Á^ { æ•Áçæ!^Á Áæ æ^Á PËÖ~!å *Á!æ *^Á@ @ ç á^!æææ } Ë
æ• [| àæ &Á^ æ~!^ { ^ } •Ëæ Á ^|Áæ Á PÁ^& | á•Á ^!Á à^!ç^áËV@Á&@ *^•Áå Á
] PÁçæ^•Ëæ [, Á•Áç Ác^ á^Ác@Á&æËæ^Á^@ç! | Á -Á^Áæ åÁç Á àçæ Á^ç!æÁ
&ç!ææ } &^!ç^Áç Á^æ~!^& [|!Áå å~ç } Á~^Áç Á @ ç á^!æææ } ËV@Á å ç•Á
[-Á [|!Á^ { [çæÁç] ^á ^ } •Á Á^Á [| ç] •Áç Áç Áç^ç! á!Á [á!Áæ åÁÁ~!áÁ^Á
[à^!ç^áÁc@æ å &Á [çæ^Á) æ [] æç!•Á•@, ÁáÁ^@ç! | Á å æÁç Ác@Á -Áçæ } Á
åå çæ^ÁQÁæåå } ËÁ æ Ác^ áááÁ@Á-^ } &Á -Á [| ç^ } cç c@ [| DÁ Á^Á [| ç] Á } Á
& [|!Á^ { [çæÁ^-æ} &ËV@Á^• | •Á àçæ^áÁå åææÁc@æ å &Á [çæ^Á) æ [] æç!•Á
•@, Áç [ç] çæÁ^Áç Áçç^Á á•d^Á æç, æ!Á^æ ^ } dÁ

- Á
- Á
- Á
- Á
- Á
- Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Ò•cÁzææþ Á[Á~^á^Á•æÁ | •Á~^Á^áææ[ÁæÁ^Áæ{ æ{ æ^|æ^} Á~^Á^Á
 á^áæ[Á•Á æ[•Á~^Á@Áææ[ÁÁæ] Á[•Á~^Áææ} Á•cÁæá~ [Áæ æ [Á^Áæ |^} á^|ÉÁ
 OE} ~^Á^Á ^|^: &æ Á ~ &@ Á | •ÉÁ [Á^} * [Á ææáÁ | •Á~^Á[á[Á áæ | æ^æá æ} d Á
] [| Á Á [à^Áæ^æ^Á@æ^|Á^•] ^|æÁÁçæ æÁæ& } &æ } &æÉÁ [•dæÁ|Á ~ } á[Á Áæ
 çææ^ ááæ} cÁæ^} •^fiæ: æ^} |ã~^&Á|Á•] dæ Á@ { æ [ÉÁÁ^•^ [Á~^Áæ {] |^Á^Á
 æ& {] æ|^Áæ& |ã •ææÁÁææ5) Á•] áæææ Á [|Áæ æ æ ææ) ÉV^Á@Áæ ææ[Á
] æ | ÉÁ æ | É@! { æ [õ Á | [] d Á^Á } & } d. Á~^|æÁÁæ .Á æ•dæÁ Á | ^• [|õ ÁÁ
] ææÁ á^|ç } ææ æ [ÁÁæ æ æ Á [|Á^•Áæ [•Á^Á@Áæ ææ[Á [&d | ÁÁ^•] ^| [Á
 ^} & } dæ { ^& } æ [Á ~ &@ Á | •Á^&^ÉÁ {] ææ } á[Á Á^•æ æ|^Á& {] æ|æÉÁ

U&ææ Á

Á

Á

Á

.

@uk\)y##@V'8-V-k°O

°Vu-#-) -Vu-o'

- h U

.

-

.

O

-

u

O h \ h\

. h \

°

@

Kyou@# #@V'

\ "K-u@ \ '8-V-k°O

\ "K-u@ \ oh° ku@yO k-o'

=@^u-o@

#° hByO ' "° o-o'u-^k@° o'

· h° kuByO o) - u° U° Y\ V° V\ U /uk@ \

· hk\h@) °) -o°-O #uk^V@° o) - V° V\ h° kuByO o) - U° u-k@O o-o-U @\V) y#u\k-o'

· U -

· -ou° " @°) :V#\Q@-o° O) \ "O #° h° "° O(-) -) \k) - h° kuByO o#\Q@° O o'

· O #° h°) @yo° -VV° V\h° kuByO o'

· -ou° " @°)) - V° V\h° kuByO o'-V° oyoh-Vo@V#\Q@° O

· u-\kB) -O#\Qk'

· 7yV) °U -Vu\o) - 7u\#° u. @@@

-ou" @°)) -'o-U#@V)y#u\k-o-V'U-) @° #y\o\ 'oy 7u\#\kk\o@V'
7u\#\kk\o@V'

#° hByO\ 'oB/u-oo) -V° V\h° kuByO o) -'^@° \) -'-@#° -V\ 'oy #° k° #u-k@° #@V'

@uk\)y##@V'
U-u\)\Q8B'

o ytt - \

\ - \

) k @ - \

- - \

k-oyQ°)\o'

o ytt - \

\ - \

) k @ - \

- - \

#\V#Qy@V-o'

#° h@yO\ 'hky-"° o) -'-ou" @°)) -'O) @h-ko@V#\Q@° O) -V° V\h° kuByO o) -'^@° \) -'-@#°

@uk\)y##@V'
U-u\)\Q8B'

- - \

- - \

- - \ =

- =# U - \

•bIfcXi WYJCB; YbYfU

Šaa&^&a} c^Áa^ { ə áaaÁ^Á^& !•[•Á} æ !æ^•Á@&Áā áā } ^)•æ^Á^|Áa^•æ! [|| Áa^Á
æc^!} æææÁaa { ā ā dæææ Á Á & [|5* ææ ÁÁ} ææá~ Áā ! [ç^&æ ā } d Á~•c} ææ^ÉÖ) Á
^|Áææ [Áa^|Á^& !•[Áæ~ æÁ@ ^ Á^} ÁaæÁÁ^cā c^Á^} Á&^&a} c^Áā c^!..Á [!Á^} & } dæÁ
•[|~ &ā } ^•Áa^Ádææ ā } d Á&æææç^: Á [1•Á~&ææ Á Á^} ææ^•É~ ^Á^ ^|^} Á [&•Á
!•á~ [•Á Á~ ^Áā] |ā~ ^} Á^|Á ^} [!Áā] æd Áæ àā} æÉÖæ^ { 1•É~ ^Áā c^} æÁ [æā æÁ
^•æ Á [|~ &ā } ^•Á [à^|Áæ~ ^} c^Áa^Á^ ^|^ææ} Áa^|Á [| à^ { æÁ [!Á^ }] [ÉæÁ āā Á
ā] á^Á^Á^ ^|^ææ~ æÁ^Á^} b æ~ ^Áa^|Á !^æÁ^Á^fiæ [Á^} Áæā ā~ d æÁ^cāÉÖ) Á•c^Á
& } c^c^ É^ } & } dæ [•ÁÁ [•Á]æ æ [•ÁU [&•[•Á^ÁU cæææ} ÁÇæ: ææÁÇUÜÉÁ [•Á
& æ^•Á [] Á} ææc^!} æææ [& Áç] [æææ } Á~ .cæ [Á ææÁ^Áææ ā } d Á^Á~ ^} c^•É

Ö c^•Áa^ } ^} & [[Áā æææÁæ^ ^|^ææ} Á^Á^•] ^&•Á cææ c^•Áæ^•Á [{ [Á|ÁææææÁ
æ: [çā ÁÇU P ÉÁ ç^ ^} [Á ā ~|^c^ÁÇU ÉÁæææÉæ} æ Á~] ^|5cæ [ÁÇU ÉÁ ^|5cæ [Áa^Á
æ: |5^ ^} [ÁÇU ÉÁ Á: [] [ÁÇU ÉÁæ ÖÁ { [Áæ& } ç^!•æ} Á [çÁ Á æ&æÁ^Á [] ~^•c^•Á
[!*] æ•Á } Á [| æ Á 1•Á ā] |^•Á Áa^Á æ [!Áā á^*!æææāæÉÁ [Á& æÁ [Á ā {] !^Á
ā] |ææ^á^c^ ^|^Á~ à] [á~ &d •Á^Á ^} [!Á cæææÉÁ

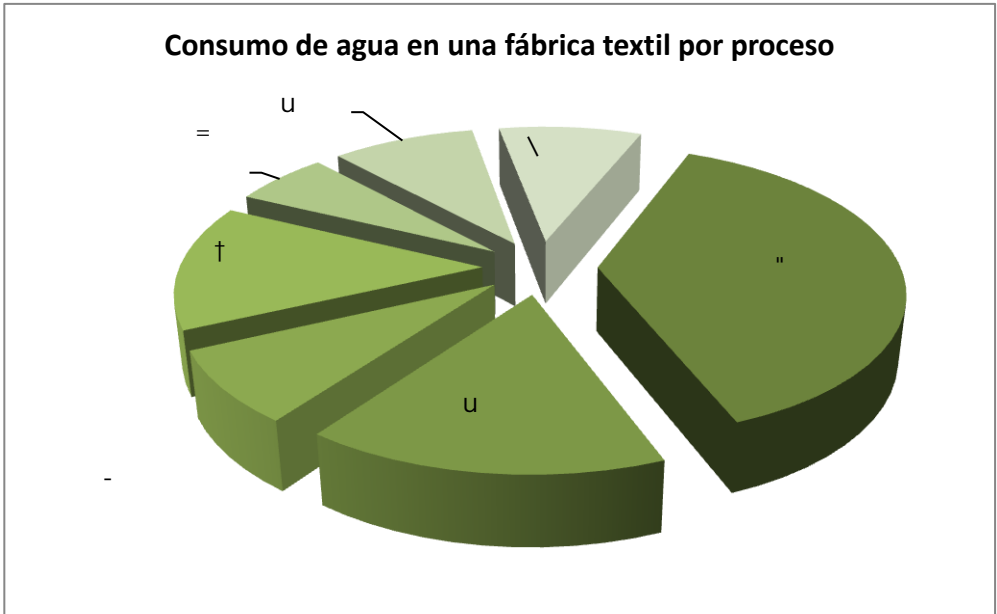
Ö) d^Á^•c^•Á [| &•[•Á^} & } dæ [•Á [•Á~ ^Á] [{ ~ ^ç^} Á^æ&ā } ^•Á [d æææææ ÉÁ
~ çā æ ā [Á& [[Á~ ^} c^Áa^Á^ ^|^*æÁ^Áæææ} Á^|&d [{ æ } ..ææÁÇ dæā |^æÁ Áa^|Á
^•] ^&d [Áçā æ^Á^Á~ ^Áā &æ^Á [à^|Áæ~] ^|^ææ Áa^Á^} Á&ææā æ [!Á&] Á [] āææ^•Á
•^ { æ } á~ &d |æ ÉÁ [!Á^ }] [Áa^cæ [Áa^Áææ ā ÁÇU ÉÁ Á5cæ [Áa^Á ā &ÁÇ] U ÉÁUææ
{ ^|^æÁ [•Á] [| &•[•Áa^Á^ d á^*!æææ} Á^ÁÇæ Á^ {]|^æ [Á^ æ!æ^•Á^} Á^•ææÁ
} æ [{ ..dææÁ& [] [•ā •Á ^æÉ^ { æ } á~ &d |ÉÁ

Ö) Á^•c^Ádæææ Á^Á^ ā c^cā 5Á5cæ [Áa^Á: ā &Á } æ [^•c^ &c^ |æ [ÁÁçæ& [| ææÁ&] ÁæÁ
-ā æææÁa^Á^çæ æÁ~ Áa^•^ {] ^fi [Á^} Á] !~ ^ææ Áa^Á^ { [&æ} Áa^|Á& [| !Á~ ^ÁæÁ^|Á
& [| !æ c^Á^æææ æÁÇÁ^} Áā [|~ &æ} ÉÖ|Áæææ Áā ææÁ [•dæ ā [Á^} Á] æ [!æ æ^ ^} ^|^æÁ
àæ Á^Áç [| Áa^Áæ c^&á^} c^•É~ •cæææ} ÉÁ à^bç [•ÁÁÇ 5c^•ā Áa^|Á ā { [ÉÖ^•] ~..Á
•^Áāæ^Á^} Áā & Áæ ç [•Á~ ^Áææ Á^Áæ Áæ^•Á^5!ææ ÁÇæ ç [| ÁÉÁæÁ •ç c^•ā Á
á^|Á æ!æ^•Á^} æ [^•c^ &c^ |æ [ÁÇ] U Á Á~ Á&ææc^!ā ææ} ÁÇæ ç [•ÁÇÉÁ] |ā ā Áa^Á
^•æææææÁa^Áæ Á æ [] æç |æ Áa^ÁÇ] U ÁÇæ ç [| ÁÉÁ~ ^&d Áa^|Áææ āā Áa^|Á P Á [à^|Á
|æ Á [] āææ^•Áa^|Áæææ æÁÇÁÇæ ç [| Á Á^ Á] !~ ^ææ Áa^Á^ { [&æ} Áa^Á& [| Áa^Á^•c^Á
] ā { ^} d ÁÇæ ç [| Á ÉÁ

7 cbgi a c`XYU i UYb`U]bXi gh]UHM h`"

W) aeá^Áae Áee [&ã&ã } ^•Á [i •Áã] [i | ca) c•Á } Á^Á [~ } á [Á ~ ^Á^aeã ae) Áã ç^•cã aeã } ^•Á & } & i } ã } c•ÁaeÁ&ae [[Áa^Á|aeãã á ~ •dããc^ccÁ^Á^ } & ^ } d aeÁ } ACE@ ^áããããÉQáããã á^àãã [ÁaeÁ^& } [&ãã [Áç [| { ^ } Áa^Á [i [á ~ &&ã } Áa^Á^ccÁ^Áae) á^Á [~ } áããÁa^Áae [] aeã Ò) Á^Áae [Áa^ÁT ..cãã [Á^cã c } Á [~ ^Á [&] •Á•c áã •Áae^i&aeÁ^Áae&ae&c^ã aeã } Áa^Á ^-^ } c•Áa^Áaeãã á ~ •dããc^ccÁ^Áa^Á [•Á& [| i ae) c•Á^ ae caã [•ÉU^* g } Áaãã [•Áa^ÁOE/ÜOEÁ ÇE@ ^áããããÁ^ccÁ^ÁQá ~ •d^ •ÁÜ^•^ae&@ACE • [&ããã] DÁÇ DÁ^Á [i [{ ^áã Áa^Á& } •~ { [Á áããã Áa^Áae~ ae^•cãã [Á } Áae Ái àããc^ccÁ^Á^ } ÁaeQáãã^ ^Áa } ^ } Á } aeã [i [á ~ &&ã } Á á^Á^|aeá^Á^Á [] Éãã^Á^ } & ^ } d ae& i &aeá^Á [•Áfi €€ { ^ÁÇ DÁ^Á ae5 } Áa^Á& } •~ { [Áa^Á ae~ aeããã [•Á [i & • [•Áa^Á] ae caá^Á~ •d aeÁ } Áã ~ | aeÁ^ae& aeÁ^ã^Á^ ^Á^Á^Á& } •~ { [Á á^Áae~ aeã i •Áaeã [Á•Á^ ae caã [Á } Á^Á [i [& • [Áa^Áa]ae~ ^ [Éã ã } d ae Á ~ ^ÁaeÁ^~ } áaeÁ] [•ãã } Áaeã &] aeã [Á [i [& • [Áa^Á^fiãã [ÁÇ DÁ^Á

Á



Á

: [i fU`%7 cbgi a c`XYU i Udcf`YfUdUXYXjZfYbhYg`dfcWgcg`XY]bXi gh]UHM h`"

- Á
- .
- .
- .
- .
- .

9 Zi YbHYg'AM H'Yg'É

Šaa&æ cããÁa^Áæ~ æ Á^•ã~ æ^•Á~ ^Á^ ^) ^)æ Á|æ Á+ à:ææ Áa^Ác^ã [•Á Ác^fiã [Á•Á & } •ã^|ã^|{ ^) c^ÁãããÁ^ Áa^à^} Á•^|Ácããæ Áæ c^•Áa^Áa^• &æ* æ|æ ÁãÁa^| ^) æ Á] gà|æ ÉÁ } ÁãÁ c^ } &ã } Áa^Áæ ð [|æÁ~ Á&æ* æ|{ * } æÁ Á& } cæ ð æ c^ÁÁ æãÁ^|Á |^•ããÁ^} Á^|Á{ ã { [Á] | &• [Áã ã~ • dãÁÇ DĀŠæ Á&ææc^|ō cãæ Áa^|Á^~ ^) c^Áa^Á a^•&æ* æÁçæð Á& } •ã^|ã^|{ ^) c^Á^} Á&ããÁ^ &&ã } Áa^|Á | | &• [Á^} Áç|{ ^ã [ÉŠ] •Á ^~ ^) c^•Á | | ç^} ð } c^•Áa^|Á | | &• [Áa^Ác^fiã [Áã] ^) Á^ |æ Á&æ cããÁa^Á^ 5|ã [•ÉããÁ a^|{ æ ãã~ ð æÁa^Á [c^ ^) [ÉÁ] P Áæ|ããÁa^Áí Á^ Á^ } Áãç Á& } c^ } ã [Áa^|Á& | | æ c^Á ^ {] |ãã [Á^} Á^|Á | | &• [ÁÇ DĀ

7 c`cfUbHYg'AM H'Yg'"

Š|•Á& | | æ c^•Á { } Á& { } ~ ^•ç •Á~ ð æ|•Á& } Áã [•Á& { } [] ^) c^•Á&ææc^|ō cã|•Á^|Á & [{ 5-| | ÉÁ^• } [] •ã^|Áa^|Á& | | :Á^} Á^~] [Á~ } &ã } æÉÁ~ ^Á^ | { æ ÁãÁã&ã } Á [à|^Á |æ Áã|æ Ác^çÁ^• Á^æ { ^) cæÁãÁ c^} •ããÁa^Á& | | ÉÁ|æ æã [Á^~] [Áæ c [& [{ [ÉÖ) Á & æ ç Áã|ãÁ^• d~ &c^|ã~ ð æÁÁ [•Á& { } ~ ^•ç •Áæ [Á^|] ^•^} cæ Á^|Á^~] [Á { | •Á ^çc^} • [ÁÇ] -| { æ Á | & Á | •Áa^|Áí ÉĀ DĀ^Áç aæ Áæ Á{ æ^|æ Á& | | æ c^•Á~ ^Á^Á] | | ã~ & } ÉŪ Á [{ à|^Áa^|ÁããÁa^Á~ Á&ææc^|ō cã| Á^~] [Á~ } &ã } æÁæ [Á^~ ^Á& } cæ } ^Á a^•Á ã5^ ^) [•Áç^ &ã [•ÁÇ P M ÉĀÖ^Áæ~ ^|ã [ÁãÁ g { ^| Áa^Á^• c^Á^~] [Á~ } &ã } æÁ [•Á & | | æ c^•Á^Á&æã [* æ Á& { [Á [] [æ [ÉĀæ [ÉĀæ [Á Á | | æ [ÁÇ DĀ] ç •Áæ àã.} Á^Á &æ ãææ Áa^Áæ~ ^|ã [ÁãÁ [à [Á^} Á^~ ^Á^ } Áæ |æã [•ÁãÁã|ãÁ } Á &ã [•ÉÁ^æç [•ÉÁ { ^çÉÁ& { } |^| ÉĀã] ^|• [•ÉĀ^Áã æÁ [|ã^] c^•ÉĀã^&ç •ÉĀ| •æ|•Á^~ |~ |ãã [•ÉŠ] •Á { | •Á& { } ~ ^•Áç ^Á^} ÁããÁ [] Á [•Áa^|Áã [Áã^&ç Á^Á^æç [Á æãã [à5) Á Áã & •æ |æ5) Éæ Á& { [Á [•Áa^|Áã [Áã] ^|• [Á æãÁc^fiãÁ [|^•c^|ÁÇ DĀ] Á^|Á ^|æã [Ácã c^} Á { | •Áa^Á^ÉÉÉÉ& | | æ c^•Áãã^| ^) c^•Á æã|ãã ã~ • dãÁc^çÁ Áã | | ã~ &&ã } Áa^Áãã ð ã~ • dãÁ~ ð æÁa^Á& | | æ c^•Áææ c^ & Á&æ ã ÉÉÉÉÁ } Áæ~ æ^•ÉĀ

- Á
- Á
- Á
- Á
- Á

ÙÁ@Á^ [|cã[Á ~ ^Áá^•] ~ ..•Áá^Ác fiãÁ } Ác cãÁ& } Á } Á& || |æ c'Ácã [Á^æcã [É&^!&æÁ
á^Á €Á * ÉÁá^Á& || |æ c'Á^• ã æÁ ð ÁáæÁÁcã| |ã cã[Á^Á ~ ^áæÁ } Á|Áæfi[Ác cãÁ Á
} [Á ~ ^á^Á^|Á^ • cã[ÁF| DÁá^Á@&@ É@æ cã|Á ÉÁ Áá^Ááææ cãcãÁæ ææÁá^Á& || |æ c'Á
cã [Á^æcã [Á^ } Á|Áæfi[Áá^Ác fiã [Á] ~ ^á^Á|^* æÁæÁ- { æÁ } æc'Áá^|Á^~^ } c'Áá^Á
á^•&æ* æÁæ cã } æ áá^Á .!ãæcã^Á& || |Á } Á| • Á^~^ } c'Áá^Áá^•&æ* æÁ•Á^* ãæÁ
] |Á| • Áæfi[• Á& } Á& || |æ c'Áá^|Ácã [Áá] ^!• [ÁÁ ~ |~|cã[• ÁFGÁ

Wj æÁ ~ ^ } æÁææ cãcãÁá^Á& || |æ c'Á^ [Á [] Á& } cã ð æ c'Ááá^&ð • Áá^|Áæ ~ æÁ ~ ^•ð Á
~ ^Á • Á^~^&ð • Ááã |5* æ [Á•Á^Á& } • cã^!æ Áá^•] ^&æ|Á • ÉÁ • ð Á^ { àæ* [ÉÁæ ~] [• Á
& || |æ c'Áæ [ÉÁ& { [Á| • Á& || |æ c'Ááá^&ð • ÁÁ ~ ^Ácã } ^ } Ááæ^Áá^ } &æð æÁ • [} Á
+ &ð (^) c'Áá^á^ &æ|Á • Áæ& {] ~ ^•ð • Á& & || | [• Áæ^ • Á& { [Áæ ð æ Á |ã ææ Á ~ ^Á [} Á
{ | • Á5cææ Á ~ ^Á|Á& || |æ c'Á |ã ð æÉÁ

Š • Á | [à|^ { æÁæ àã } cã^•Á ~ ^Á^ } ^!æ Á| • Á& || |æ c'Á [] Á [á^!cã [ÉÁ ð Á { àæ* [Á
• Á& &^ { ^ } cã Áá^áã [Áá^ááã^! • cãcãÁá^Á^• d' &c |æ Á ~ ð ææ Á Á | [] ð áæá^•Á ~ ^Á
] [• ^ ^ } ÉÁ) Á (~ &@ Á | ~ ^áæ Á^áæã æææ Áá^Ácææ ð } ð Ááã |5* æ Áá^Á^~^ } c'Á& } Á
& || |æ c'Á^Áá^ { ~ ^•ðæ ~ ^Á^•ð • Á [] Áæcã [|àã [• Á } Áááã { ææÁ } Á } æÁ æ } æ áÁ
á^|Á | €ÁæÁ | €Á Á^Á [dæ] æc'Á^•Áá^•&æ* ææÁ æÁ æææ cãã|cã [ÉÁ] | Á [Á ~ ^Á |æÁ
àã á^* |æææ } Á [Á] ^Á^* æÉÚ | c'Á ÁÚ) cã^!ÁF| DÁ } Á ~ ^Á^~^ } ð • Á fiææ Á ~ ^Á
|æÁ æ [Á æc'Áá^|Á • Á& || |æ c'Á^ [Á [] Ááã á^* |ææá^• ÉÁæÁ • cãããæÁ Á | • ð c' } &æÁ
á^Á | • Á& || |æ c'Á^• [] } á^ } Á | • Áæ } æÁ ^& • cãcãÁ& { [Á | [á^ &ð ÉÁ ~ ^Áæ } Áá^~^&ð Á
[Á&æ | &c'Ááã á^•^æ|ÉÁ] [Á^!Á ~ ^Á^|Á& || |Á^æÁ^ { [çã [Á [|Á] ..ð á [• Á^ æ [• Á Á
~ ð æ [ÉÁ } æÁá^•&æ* æÁ& || |ãæÁ&^!] [• Áá^Áæ ~ æÁ ~ } æð æ^Á ~ ^á^ÁæÁ^* æÁæÁ
{ [| • cã Á Á ~ ^æ Áá áæææ æ Áá^áã [ÁÁ } æÁ } & } dææ } Áæ Á ~ ^fiæ& { [Á] } { ÉÁ
ŠæÁ^ { [& } Áá^Á& || |Á& } Á^&^ } &æÁ • Á } æÁ ^& • cãcãÁ | • Áæ | ^ { æ c'Áá^Á^ { ^áæÁ
~ ^ÁæÁ^ { [& } Áá^Á& {] ~ ^•ð • Á | * } æ [• Á& & || | [• Á [| à|^•Á ~ ^Á ~ ^á^ } Á& } dæ ~ áÁ
^ } Á æ [Á ^áãæÁæææ* æÁ | * } æÁæ cãÉÁ

- Á
- Á
- Á
- Á

@g'DfcWgcg'XY'CI]XUW]Cb'5 j UbnUXUfDC5L'Yb`U]bXi ghf]UHM h]"

Ò) Á|æ Ág|cǎ æ Áà[•Áà..&ææ Á•^Á @Á^ ^) ^|æ[Á } Á*|æ Áā cǎ..•Á [|Áæ^ } à^|Á [•Á] | | à|^ { æ Áà^|Á•^&ǎ |Á cǎǎǎ^•] ^&æǎ ^) cǎÁ^ } Á^|Á dææ æ } d Áà^Á [|Á& [| |æ cǎ•Á |^•æ ð^•Á& } Á [•Á]æ æ[•ÁÚ| |&• [•Á^ÁÚ cǎæææ) ÁÚæ : ææǎǎ•æǎ ~ æ cǎ Á [Á5 [Á ^•Á [cǎææǎ [|Á^|Á&^&æ } cǎÁ | | à|^ { ææ æ àæ } cǎǎǎ ā [Áæ æ àæ.} Á [|Á^|Á& {] |ā æ } d Á à^|Á æ& Á^* ā |ææ [Á^ } Á æ^|æææ æ àæ } cǎǎǎǎǎ•Á | | &• [•Á |^•^ } cǎ Áæ^ } cǎǎ^Á æǎ æÁàā^&æ ^) cǎÁ [à|^Á^|Á& } cǎ ā æ cǎÁ Á [Á ā] |^ { ^} cǎÁ& } Áæ { [cǎæ ææ) Á Á &æ àā Áà^Á-æ^Áà^|Á& } cǎ ā æ cǎǎǎǎ •Á [cǎæ cǎ•Á^ {] |^æ[•Á^ } Á^•d•Á] | | &• [•Á & {] |^ } à^ } Á | | à ~ &ǎ •Á ~ d æ •Áæ^•Á& { [Á : [] [É] ^|5cǎ [Á^Á@Á15*^] [Éæ Á& { [Á ••Á& { àā æā } ^•ÁÚ, P Ú, ÉÁÚ, P ÉÁÚ, æ&ǎ [Áà^Á cǎ^ } d } AP Ú, P ÉÁÚ, &• [Á •] Á æǎ] |æ[•Áæ d [•Á] | | &• [•Á& {] |^ { ^} cǎā •Á& { [Áææææ) Á^ | dæā |^æÁÚ, P Ú, ÉÁÚ, P Ú, ÉÁÚ, d Á cǎ^ } d } ÉÁ cǎ^ } d } Á [| àæææ [ÉÁÚ, P Ú, ÉÁÚ, P Ú, ÉÁÚ, P Ú, ÉÁÚ, Á ~ | dæ [] æ [ÉÁÚ] à^cǎ [Á^Á d [•Á•d•Á ..d [•Á•Á | *|æÁæ^& [| |ææ) Á& {] |^æÁ Á æÁ ^) [•Áæ [ā |æā ææ) Á æ&æÁ^Á [•Á-^ } cǎ Á^Áæā ā •dæÁ cǎÁ } Áæ { [•Á & | d •Á^Á^ææ) Á Á ā Áæ | | à ~ ææ) Á^Á [à [•Á Á æ^•ÉÁ] Á^Á [•Á ~ à] | | à ~ &ǎ •Á^Á |æÁ^* |æææ) Á æ&æÁ^Á& [| |æ cǎ•Á [] Áæ ā æ Áæ [| |ææ É|æ Á& æ^•Á• [] Á [| •Á + &ǎ (^) cǎā ā ^* |ææ|•Á [| |Á [•Á æ [| |* æ ā [[•ÁÚ, ÉÁÚ, àæ [Áæ ~ ^Á• cǎÁææ Á à^Á cǎ•ā Á•c Á^ } - &æ [Áæ] | | &• [Áà^Á^ { [&æ) Áà^Á& [| |Á [|Á d &æ |ā ā Á& } Á } Á { æ^|æÁ^• { æ } à ~ &ǎ |Éæ ~ Á } [•Áā æ [•ÁæÁæÁ^ } æà|^cǎÁ] ^•] ^&ǎ Á^Á [•Á dææ •Á ~ ^Á @æ Á^ {] |^æ [Áā&ǎ Á] | | &• [Á^Á ~ ^Á^•c } Á|^|æā } æ [•Á& } Á^|Á dææ æ } d Á^Á-^ } cǎ Á cǎ^•É

Á

7 Urz`g]g'Ya d`YUbXc`bUbcdUfhW`Ugž mgi `Ud`jWUW]Cb`hVWbc`Qf jWU Yb`cg` DfcWgcg'XY'CI]XUW]Cb'5 j UbnUXU"

Òcǎ cǎÁ } æ& [ā •æ&æ cǎæÁ^Á] ~ à|ææā } ^•Áà^Áææ [•Áæ|æ- d [à^* |æææ) Áà^Á & [| |æ cǎ•Á ā •dæ^•Á ~ ^Á {] |^æ Áæ æ^|æÁ^• { æ } à ~ &ǎ |ÁÚ ÁÁ5 [Á] [•Á [&•Á ^c] | |æ Á d [•Á d [&æā æ [|^•Áæ^•Á& { [ÁZ] UÉŠæ Áæ [] ^•Á ~ ^Á^Áæ* { ^} cǎ Á] ææ {] |^æÁZ] UÁæææ Á^ } Áæ ^) [|Á^& { àā ææ) É | æ [|Á^ } àā æ } d Á& | | cǎ Á Á æ|^* [Á | •Á | à^ } æ [Á^ } Á^•d~ &c |æ&ā cǎā æ [|Á^|Á } Á^• { æ } à ~ &ǎ |Á^Áæ5 } Á &ææ) Éæ æ) ÁKÉÁ

Ú|^ç[ó^ó^ÉÇÏ DÁ à^|^çæ[} Á } Áæ { ^ } ç Á } Áææææ^Á^ { [&æ) Á^Á&|| [Á Áæà[] Á
[!* | } æ Á ç æÁÇÓUVDÁ^|ÁCE^ |Á7 &æ[ÁI €ÁÁÇ } Á& [[|æ ç^Áæ çæ^ ã 5) æ DÁ { ^áææ ç^Á
ç ç &æ |ã ã Áæ ã çææ& } ÁÚU_i ÉVæ àã. Áæ^ } çææ[] Á[• Á | [á^ &ç • Á ç | { ^áææ ç • Á
ã^ • çæ| • Áã ææ^ • Á^ Á | [• Á | [á^ &ç • Á^Á^ { ç^ | çã ææ } ÁÇU_H ÉÁP_P ÉÁÚU_i ÉÁÓU_D
^ } & } çæ à [Á^ ^Á^ | Á [{] ã æ } ç Á^ | Á^ } |æ^ ÁÖÉ Á^ Á^ Á^ | [çã ææ } Á^ | Á& {] ^ • ç Á^ Á
] æææá^ | æ & { [Á | Á | á^ | • Á æ [• Á^ Á^ á^ | ææææ } ÉÁ

Öæç ^ | Á^ ó^ÉÇÏ DÁ {] | æ [} Á } Á^ • Á ç | ç^ ^ } ç • Á^ : Á | çæ ç | çæ^ Á^ } áæ& | çæVXÉ
ÔDÁ^ ÁVÁU_Á | [àæ ç [Á ç^ • Á & [[| ç ç^ • Á ç^ • Á Ç] [Á | &æ [Á^ Á ç [Á^ áæ ç [DÁ
^ } & } çæ à [Á& { [Á^ • | çæ [Á^ } æ ç ç^ | çã ææ } Á& {] | çæ^ } ÁÇ ÁÇ | æ Á^ •] ^ • Á^ Á^ Á
ææ • [&æ) Á^ | Á& [[| ç ç^ Á^ } Á^ Á^] ^ | çæ Á^ | Á^ çã çæ [Á^] PÁ &æ [ÉÓ [] &^ ^ | [] Á^ ^ Á
^ } æá^ ^ } æá^ • [&æ) Á [Á^ & • çæ ç^ ^ } ç^ Á^ Á^ çæ^ &æ^ Á^ Á^ çæ çæ Á^ Á^ { [&æ) Á^ | çæææ ÉÁ
Š • Á & • ç • Á æ [&æ [• Á & } Á | çæ ç ç çæ |ã ã Á^ • | çæ [] Á^ } Á [] & Á { | • Á àæ ç • Á [Á
& {] çææ| • Á& } Á | • Á& • ç • Á ç @ | ^ } ç • Á ç | • Á | [& • [• Á^ Á^ çæ ç æ } ç Á& } ç^ } & } æ^ • Á
(ææà5) Áæ ç çæ [ÉÁ ç^ | ææ } ÉÁ | & | ææ } Á Á | ^ & ç æææ } DÁ

Á

**•bWYa Ybhc` XY` YZVWYbWJU` Yb` `cg` dfcWYgcg` XY` ZhcWUhz`]g]g` Ya d`YUbXc`
a Uhf]UYg`gYa]WcbXi WcfYg`bUbcYgfi Wi fUXcg"**

Šæç ç^ • çæ ææ } Á^ • çæ [| çææ^ } Áææ |ã ã Á^Á^ } æ [Á æ {] | ^ Á [| Á à ç ç [Á | Á^ • çæ [| | Á
á^ Á^ ^ ç [• Áææ çæ çæ [| ^ • ÉÁææ ç^ : Á { | • Á^ ^ & ç [• Á Á & } 5 { æ • ÉÁ^ ^ Á^ ^ | ^ & çæ Á^ } Á
^ • ç • Á | [& • [• ÉÁÖ) Á^ | Áææ [Á^ | Á | [& • [Á^ Á^ Á^ ç çææ |ã ã ÉÁ^ } æá^ Á^ çæ Á | [] ^ • çæ Á
^ ^ & çæ çæ Á^ ^ Á^ Á^ Á^ Á^ | [| çæ [Á çæ çæ çæ çæ Á^ Á^ } 5 { ^ } [Á^ Á^ Á^ & { à ç ææ } Á^ | Á çæ Á
@ ^ & ÉÁ^ & ç 5) ÉÁ^ • Á^ | Á^ á^ 5 • æ [Á^ á^ Á^ { ^ çæ^ • Á^ } [à^ • Á^ • [à^ Á^ 5 çæ [• Á { ^ ç | æ • Á
• ^ { æ } á^ & ç | ^ • ÉÁ^ à çæ [Á^ | Á^ çæ çæ çæ Á^ | Á& { [] ^ } ç Á^ ^ ç | æ Á çæ çæ { ^ | çæ [• Á
^ | ^ & [] ^ • Á^ ç çææ [• Á [| Á^ çææ • [&æ) Á^ Á^ : Á^ | Á& { [] ^ } ç Á^ ^ { æ } á^ & ç | ÁÇU_D ÉÁ
ææ { ^ | ææ } Á^ Á^ | ^ & [] ^ • Á^ ^ ç [Á^ | Á^] : [Á^ ^ ç | æ çæ çæ Á^ • ç • Á^ • ç à^ • Á^ ^ ç | çæ çæ
• ^ } çææ } Á^ Á^ çæ^ çæ Á^ & | ^ { ^ } çæ çæ çæ çæ çæ Á^ ç çæ çæ çæ Á^ | Á^ { æ } á^ & ç | ÉÁÇÉDÁ
ÇFDÁÇGDÁÇHDÁÇDÁÇÍÉÁÇÍDÁÇÍDÁÇÍDÁÇUÉÁÖ) Á^ | Á^ | çæ | çæ^ Á^ Á^ | [| çæ [Á^ ^ Á
{ ^ çæ^ • Á^ } [à^ • Á^] [• çæ [• Á^ [à^ Á^ VÁU_Á Çæ Á^ ^ [• çæ [Á^ | Á^ ç^ | ^ } ç • Á | [[ç | ^ • Á
á^ Á^ á^ | çæææ } Á^ Á& {] ^ • ç • Á^ | * | } æ • Á ç ç Á ç æ æ } ÁVXÉÇÉDÁÇFDÁÇGDÁÇHDÁ

Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á

7 Udñi `c`%`6 UgYg`hYOE]WUg`

-
-
-
-
-
-

$\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi a}} e^{-r/a}$

$\psi(r)$

5.1.1. The wave function $\psi(r)$ for a hydrogen atom

The wave function $\psi(r)$ for a hydrogen atom is given by

$$E = \frac{h^2 k^2}{2m^*}$$

$\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi a}} e^{-r/a}$

The wave function $\psi(r)$ for a hydrogen atom is given by

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2 \nabla_e^2}{2m_e} - \frac{\hbar^2 \nabla_h^2}{2m_h} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon |r_e - r_h|} + V_0$$

$\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi a}} e^{-r/a}$

$\psi(r_e, r_h) = \psi(r_e, r_h) \left[-\frac{\hbar^2 \nabla_e^2}{2m_e} - \frac{\hbar^2 \nabla_h^2}{2m_h} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon|r_e-r_h|} + V_0 \right]$

$\psi(r_e, r_h) = \psi(r_e, r_h) \left[-\frac{\hbar^2 \nabla_e^2}{2m_e} - \frac{\hbar^2 \nabla_h^2}{2m_h} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon|r_e-r_h|} + V_0 \right]$

$$\left[-\frac{\hbar^2 \nabla_e^2}{2m_e} - \frac{\hbar^2 \nabla_h^2}{2m_h} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon|r_e-r_h|} + V_0 \right] \psi(r_e, r_h) = E \psi(r_e, r_h)$$

$\psi(r_e, r_h) = \psi(r_e, r_h) \left[-\frac{\hbar^2 \nabla_e^2}{2m_e} - \frac{\hbar^2 \nabla_h^2}{2m_h} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon|r_e-r_h|} + V_0 \right]$

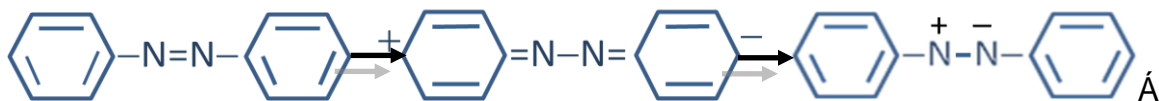
$$\Delta E_g \equiv E_R - E_g^{bulto} = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2R^2} \left[\frac{1}{m_e} + \frac{1}{m_h} \right] - \frac{1.8e^2}{\epsilon R} - 0.248 E_{Ry}^*$$

$\Delta E_g \equiv E_R - E_g^{bulto} = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2R^2} \left[\frac{1}{m_e} + \frac{1}{m_h} \right] - \frac{1.8e^2}{\epsilon R} - 0.248 E_{Ry}^*$

$\Delta E_g \equiv E_R - E_g^{bulto} = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2R^2} \left[\frac{1}{m_e} + \frac{1}{m_h} \right] - \frac{1.8e^2}{\epsilon R} - 0.248 E_{Ry}^*$

%* "HYcfjUXY`Vt`cf"

Öã@^ÁÁY ää *^!ÁFJGè DÁ![]~·ä![]Á&[]Áæ^Á} ÁæÁ!|öáÁÁY äöÁ^Á}Á&[]!|æ c^Á &[]·ä c^ÁÁ}Á!~[]Áá·æ Áá^!æ[]!Á^Á|^&d[]^·ÁÁ}Áæ c^[]&[]{ [Á&[]^&æ[]Áæ}Á *!~[]Á!æ[]ÉÁ^~^Á^áá^!Á|^&d5}ÁÁæÁææ..Áá^Á}Á·ä c^[]æ&[]}b *æ[]Áá^Áá[]à!·Á ^)|æ·ÁÇ^!Á-ä~!æÁÇÁŠ·Áæ c^[]&[]{ [·Á·[]Á*!~[]·Á··æ^~^}c·Áá[]}æ[]!·Á[Á æ&[]]ç!·Áá^Á|^&d[]^·Á·~^Á^~^!|æ Á}Áá·)|ææ ä}ç Á}Á!|æ * [Áçä ä|^Áá^Á ^·)^&d[Áá^Á~:Áæ·[]!äææÖ|Áæ!&c!Á~&[]-ä[]Á!Á|^&d[-ä[]Áá^Á[]·Áá[]·Á!~[]·Á !·)^&çæ^}c^ÁÁæ[]}*ä áÁ^Áá^Áæ^}æ[]·æ!æáááá^~^Á^Á}ææ Ááæ Á&[]{ [Á !·~|æ[]Á}Áá·)|ææ ä}ç Á}Áá[]}*ä áÁ^Á}áá^Áá·[]!&æ}Á!à·!çæáá^}Á!Á ^·)^&d[ÁÁÈXÖ]ÉÁ



: [] i fU`&"9gfi Wi fUXY`UncVYbWbc"GYa i YgfUb`Ug`Ygfi Wi fUg`XYfYgcbUbVUÉ`UXYg`cWU]nU]Öb`XY` XcV`Y`b`UW`mXY`Ug`XYWUf[Ug`dUfVU`Yg" @]bgYfV]Öb`XYi b`U l cWca c`U`UYgfi Wi fUXY`UncVYbWbc` hYbY`ZYWcg`Yb`U]bYbg]XUX`XY`Vt`cf`mYb`Y`Vt`cf`a`jga`c`ei`Y`gY`XYgUf`c`U`

Á

ÖÁ!|{ æ^~^!|æ[]·Áæ ää·Áá^Á&[]!|Á^~^!|æ[]·Á[]!Áá^Á d[ä ~ &æ}Áá^Á}Áæ^~^}c^Á æ c^[]&[]{ [ÉÁ^Áá^}æáá&[]}Á!|Á[]{ [á!^Áá^Áá^·)|ææ ä}ç ÁbatocrómicoÁÇæá []}*ä á·Áá^Á}áá^}æ!|DÁ ä}çæ Á^~^Á^}Á!|Á^~^}æ[]Áç^!·Á·Á&[]][&]Á&[]{ [Á á·~|ææ[]Á}Áá·)|ææ ä}ç Áhipsocrómico Çæá[]}*ä á·Áá^Á}áá^~^}[]!DÁ

Vç ææ^}c^Á[]·Áá[]æ[]!·Áá^Á|^&d[]^·Á[]Á!~[]·Áæ ä[]Á!ä æä·ÉÁ^&}áæä·Á Á c^!&æä·ÉÁ&5ç[]ÉÇá!5ç[]ÁÁæ^æ[]ÉÁ ä}çæ Á^~^Á^}d[Áá^Á[]·Á!~[]·Áæ&[]]ç!·Á á^Á|^&d[]^·Á-ä~!æ Á}ä!æ[]É&ä~!|ÉÁ~^á·~|ä[]É&æà[]çæ[]ÉÁ ä!ä[]É&æà[]æ Á Á æ}çæ~ä}5}æ[]·ÉÁ

Ö·c^Á[]Áá^Á^&d[]·Á^Á!·Á^~^}æ Áá^}d[Áá^Á[]·Á&[]!|!æ c^·Áá[]Áæ[Á^~^Á&[]]ç!|{ æ Áá^Á -æ äá[]!·Á!æ á^Áá^Á&[]!|!æ c^·Á^~^Á^Á!|ä~&}ÁÁ·æ Áá^!æ Á·&æá[]·Á&^~^·Á ·^Áææ&c!ä ä[]Á!|Á^~^!|Á&[]{ [Á·d~&c!ááæ^Ááæ[à^}&[][ÉÖ]Á&[]!|!æ c^Ááææ[]áá[]^!c^)^&^Áá·æáæ äáá^Á&[]!|!æ c^·ÁÁ^Á·d~&c!áá^Á^~^·dæ}Áá^~^!áÉÁ



Á

:] i fU" "9gfi Wi fUXY`BUfUb^U=

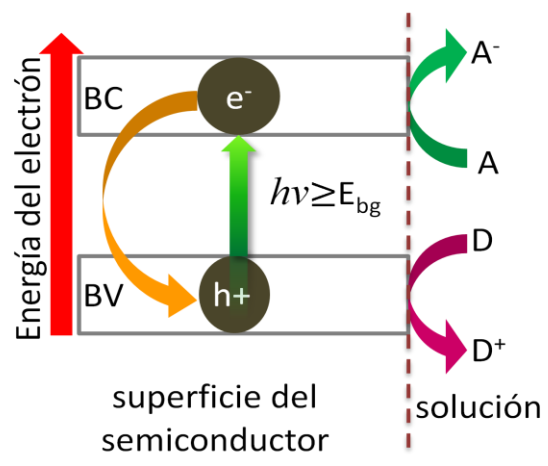
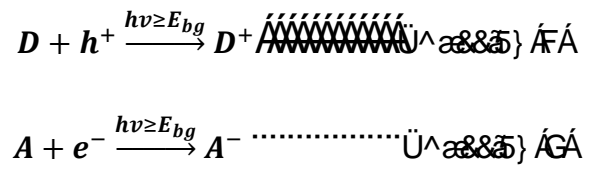
%+": i bXUa Ybfcg`XY`Z`hcWUhz`]glg"

Šaa^•d~ &c |aa^|^&d5} Baa^Á^Á|•Á(ae^|aa^•Á^•{ B| } a~ & d |^•Á&| {]|^} a^Á~ } aa^Á|aa^ &aa^ aa^Á^Á^•aa^ [•Á^] ^!* ..aa^•Áa^Á^•Á^|^&[]^•ÉÁ~^Á^} Á&| } b} d Á&| } -|{ aa^ Á àaa^ aa^Á^Á^] ^!* aa^ Á^•aa^ [•Á^] |{ aa^ [•Á^] ∈DÁŠaa^aa^ aa^ Á^] ^!* ..aa^Á|^} aa^ |•Áaa^ Á [&] aa^Á^Á|aa^ aa^aa^ aa^Á^Áçaa^ } &aa^ÁçOXDÁ^Á|aa^aa^ aa^Á^Á^] ^!* aa^ { |•Áaa^Á^ Á a^•[&] aa^Á^Á|aa^ aa^aa^ aa^Á^Á&| } a~ &&5} ÁçODÁç ∈DÁç• aa^ Áaa^ aa^Á^Á^} &~^} daa^ Á •^} aa^aa^ Á [|Á] aa^Á^&aa^ } ^!* ..aa^Á^Á^•aa^ [•Á^] [Á^] |{ aa^ [•Á^] | [aa^ [•Á^] aa^ [•Á^] | |aa^ |^•Á^Á^&aa^ aa^ } Á^* |..Á^Á^ [{ à|aa^ { [Áaa^ a^Á aa^ DÁÁ

Ô~ aa^ a| Á^|Á(ae^|aa^•Á^•{ B| } a~ & d |Á^•Áaa^ { aa^ Á&| } Á|^ : Áa^Á^] ^!* aa^ aa^ aa^ Á(|•Á *|aa^ a^Á^~^Áaa^Á^aa^ a^Á aa^ ÉÁ^Á^ | [a~ & Á^ } aa^ Á^} aa^aa^ Áa^Á^ | |aa^ |^•Á^Á^&aa^ aa^Á^Á •aa^ [Á&| } daa^ Á^~Á^Á^] |^•^} aa^ { [Áaa^] ^!aa^ Á^Á^} Á aa^@^& É|^&d5} ÁçÉÉÉ DÁç ∈DÁç&ç Á aa^ÉÁ^~^Á^Á^•aa^ aa^Á^Á^ a^aa^ aa^Á^ | [&•[•Á^Á^&| { aa^ aa^ Áaa^aa^aa^ aa^ Á [Áaa^aa^aa^aa^ |DÁ Áaa^} Á|^@^& ÁÁ|^&d5} Á^~^Á^} Á^aa^aa^} aa^ [|Á~ Á aa^Á&| } Áaa^ Á^•]^&Á^aa^ |àaa^ Á^} Áaa^] ^!aa^ Á^Á^Á^•{ B| } a~ & d |Á^ a^aa^ aa^Á^ | [&•[•Á^Á^] cÉŠ[•Á] | [&•[•Á^Á^&| { aa^ aa^ ÉÁ^aa^ Á^} Áaa^] ^!aa^ Á^Á^} Á|^Á^] [Áa^|Á^•{ B| } a~ & d |ÉÁ •[] Á^• aa^ ^} aa^Á^Á^•aa^ [Á&| { g} Á^Á^|•Á^•Á|^&d5} É@^& Áç d^*^] ^!aa^ [•Éaa^ Á^~Á^ |aa^Á^aa^} &aa^Á^Á^|aa^ { aa^ |aa^Á^Á^ [•Á^] | [&•[•Á^~Á^aa^ç[|^&aa^ Á^Á^}] | [Á^Á^ •^•{ B| } a~ & d |^•Á^ d^cāaa^ [•Á^Á^aa^Áç] aa^ ^} aa^Á^Á^ DÁç ∈DÁç d Á^Á^ aa^ |aa^ ^} aa^ ç|^aa^Á^| Á^} Á|^Áaa^ [Áa^Á^|•Á(ae^|aa^•Á^•{ B| } a~ & d |^•Áaa^ [|^•Á^] ^•d Á^~Á^|aa^ |^&| { aa^ aa^ Áa^|Á^} aa^@^& É|^&d5} Á^•Á^ | [{ çaa^Á^ | Áa^Á^&d •ÉŠ[•Á^|^&[]^•Á -| d^*^] ^!aa^ [•ÉÁ^~Á^~Á^} Á|^* aa^Á^} Áaa^ Á^~Á^|Á^•^} aa^ } Á^•aa^ |Á^Á^] | |Á^] ^!* aa^ ^} Á|^Á^] ^!aa^ Áa^Á^|aa^ } aa^ |aa^Á^Á^•{ B| } a~ & d |ÉÁ^~Á^} Á^aa^aa^} aa^Áa^Á^&aa^ Á aa^Á^&aa^ ^} aa^Á&| } Áaa^Á^•]^&Á^aa^ |àaa^ É&| } çācā.} a|•Áaa^Á^} Á^} aa^d aa^ |aa^Á^Á^|^&[]^•Áç ∈DÁç} Á&| } •&~^} &aa^Á^Á^aa^ aa^ } Áa^ [} aa^ |Áa^Á^|^&[]^•ÉÖÉaa^ | |àaa^ Á ^} Áaa^] ^!aa^ Áa^Á^Áaa^ aa^ |aa^ [•Á@^& Áç d^*^] ^!aa^ [•Á^~Á^} Á^aa^aa^} aa^Á&| } Á^•aa^

] a a a a a [| A ^ ~ | a a [A } a a . ^ & a A c a a a a O E U [| A d [A a a [E a a a .] ^ & a a a . [| a a a a
 ^ . A ~ } A a a [d | A a ^ A ^ | ^ & d [] ^ . E O E A [. A ^ | ^ & d [] ^ . A - [d * ^) ^ | a a [. A a ^ A | a a a a a a a ^ A
 & [] a ~ & & a } A ~ ^ a ^ } A ^ a a a } a a & [] A . a a .] ^ & a A } a a a a a } a a .] ^ & a A ^ a ~ & a a O E A
 S a e A . ^ { a ^ a a a } ^ . A F A ^ A G A ^ | ^ . ^ } a a A a a Q . A [| & . [. A ^ A ^ A | ^ . ^ } a a A } A [| { a a
 ^ . ~ ^ { | a a a } A a a ~ | a a E

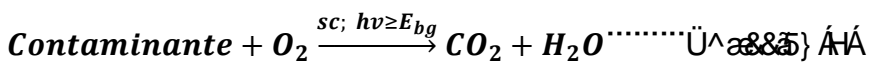
A



A

: [i f U (" 9 g e i Y a U X Y ^ U g ^ f Y U W W j c b Y g ^ e i Y H Y b Y b ^ i [U f ^ Y b ^ i b ^ W U H J n U X c f ^ g Y a J W e b X i W c f ^ z l c Y l W H X c "

O } A | A . ~ ^ { a a ^ A a a a a a } A G A A a ^ } d [A a ^ A a a a | a a a } ^ . A a ^ A a a [d & a a | a a E A | A
 a a [d | A a ^ A ^ | ^ & d [] ^ . A O E A ~ ^ a ^ A ^ | A | A c o ^ ^ [A a a ~ ^ | d A } A | A e ~ a a a a } d a e A ~ ^ A ^ | A
 a [] a a [| A a ^ A ^ | ^ & d [] ^ . A O A ~ ^ a ^ A ^ | A } A & [] a e a a c A [*] } a E O ^ A . a a a a ^ | a a | A
] | & . [A a ^ A { a ^ | a a a a } A [| A - [d & a a | a a A [c a a a a a a a ^ } A A & [] a e a a c A ^ } A
] | ^ . ^ } & a a a A c o ^ ^ [A a ~ ^ | d A ^ A ~ ^ a ^ A ^ | ^ . ^ } a a A [| A a a a a a } A E



A O ^ } d [A a ^ A | a e A a a a c | o c a e A ~ ^ A a ^ a ^ A & {] | a a ~ } A A - [d & a a a a a [| A] a e a a | A
 d a a a a } d A a ^ A ^ ~ ^ } c . A ^ } & [] d a e [. A ~ ^ A a ^ a ^ A . ^ | A . ^ a a | A ^ } A & [] a a a } ^ . A
 a e a a } a a . E ~ ^ d a e A A a a [5 * a e a ^ } c A a ^ | c E - [d a e a [A a a a a] : A . [a e E + & a A a ^ A

] | [a ~ & a Á Á a ~ ~ a a É e o Á & { [Á & } 5 { a a Á Á c . & } a a é ^ } c Á ç a a | ^ É O Á a Á ^ & @ É Á } a * g } Á
• ^ { a } a ~ & d | Á & {] | ^ Á & } Á a Á • Á ^ ~ ^ | a a } d • Á a Á F E E Á É Á } a a * [Á | Á a a c a [Á a ^ Á
c a a } a Á V Á U D Á • o Á & ! & a Á ^ & {] | a | • Á & } Á a Á a ^ ^ } & a Á ~ ^ Á Á [Á a • [| a ^ Á } Á a Á ^ * a } Á
ç a a | ^ Á a a } a Á a Á V Á U Á • a ≈ H C É Á X D Á } a [Á } Á a Á | d a a } ^ a a Á a } a a é ^ } c Á L H ∈ { D Á a Á
& a Á ^ } | ^ • ^ } a Á } a Á a a a } Á ^ ~ ^ f i a a ^ | Á • } ^ & d [Á [| a É Á Á Á Ç ∈ D Á a Á ^ • a Á a Á ^ • Á
| a a a a } ^ • É a Á a a a c ^ o a a Á a ^ | Á V Á U Á & { [Á | d & a a a a | Á ^ Á a Á & } ç | a a [Á } Á | Á
{ a | a Á ^ { a } a ~ & d | Á [a | [Á Á a a a [Á | a b d Á a Á (~ & @ Á a ç ^ • a a a } ^ • Á } Á | Á
& a } [Á a | Á a a a } a } d Á a Á a ~ a | | Á | d & a | a a É Á

Ô { [Á ^ Á ^ } & a } 5 Á a } c | a | { ^ } c É | • Á @ ^ & • Á | d * ^ } ^ | a a [• Á a a a a } a } Á | Á | [& • [Á
a ^ Á } a | a a a a } Á a | & } a a } a } c É Á } Á } a ^ Á a Á } a | c a a a a } a a a a Á | • Á ~] [• Á
@ a | c a | Á | ^ • ^ } c • Á } Á a ~] ^ | a a Q N V Á U P D Á ^ | Á V Á U Á a a a a a • Á a a | c a | Á U N V Á U P É D Á
~ ^ Á a ~ Á ç ^ : Á [c a a } Á a Á & } a a } a } c Á ^ Á | • Á ~ a ^ & ^ } c • Á a } c | { ^ a a a a } É Á Š • Á
] | [a ~ & d • Á ç ^ } c a ^ • Á a Á ^ } a a } a | a a a a } Á [] Á a a c a [Á a ^ Á a a a [] [É a ~ a Á a * g } Á
| a a [Á { a | a a a } Á a | Á a a [Á ~ ^ Á a | Á & } a a } a } c Á & } c } * a Á ~ } Á @ c | | d { [É Á Š • Á
^ | & d [] ^ • Á | d * ^ } ^ | a a [• Á] ^ a ^ } Á • | Á a a c | a a [• Á ^ } Á d a } a Á • ~] ^ | a a a • Á & { [Á
V a U P Á a a a | { a Á • } ^ & a • Á a Á a a a a { [Á V a U P É Á | a ~ a ^ Á a a a } a a } Á | Á
U Á a a ~ | d Á a a a | { a Á | Á a a a a } ^ | 5 c a [Á U G ^ É Ç ∈ D Á a Á • } ^ & a • Á ^ } ^ | a a a Á
] [• c | a | { ^ } c Á | ^ a ^ } Á • | Á a a ~ & a a Á a a a } a } ^ } c Á | | Á | Á | 5 c a [Á a ^ Á a a | 5 * ^ } [Á
Q U D Á ^ Á • Á } a } c | { ^ a a a Á a ^ Á a a a } Á a ^ Á a ~ & a } Á [| a a Á | Á c ^ } [Á a a ~ a Á
Š a Á • } ^ & a P U Á • Á a a a a . Á } a Á ^ } c Á a Á a a a a • Á a a | c a | É | | Á | Á ~ ^ Á } a c Á a ^ Á a Á
{ a | a a a a } Á a | Á & } a a } a } c Á ^ Á a ^ a ^ Á a a a a } c É Á Š • Á | a } a a } a • Á | [& • [Á a Á
| ^ a a a } Á & } Á • • Á a {] [• Á a a a c ^ o a a | • Á ^ } Á | d & a | a a Á & } Á { a | a a • Á
• ^ { a } a ~ & d | ^ • Á a Á | ^ • ^ } a a } a a } a } Á } Á a a a | a Á Ç F D Á

- Á
- Á
- Á
- Á
- Á
- Á

Reacción principal	Tiempos característicos
Generación de portadores de carga	Á
$TiO_2 + hv \rightarrow h^+ + e^-$	Á
Atrapamiento de portadores de carga	Á
$h^+ + Ti^{IV}OH \rightarrow \{ > Ti^{IV}OH^{*+} \}$	Á
$e^- + Ti^{IV}OH \leftrightarrow \{ > Ti^{III}OH \}$	Á
$e^- + Ti^{IV} \rightarrow Ti^{III}$	Á
Recombinación de portadores de carga	Á
$e^- + \{ > Ti^{IV}OH^{*+} \} \rightarrow Ti^{IV}OH$	Á
$h^+ + \{ > Ti^{III}OH \} \rightarrow Ti^{IV}OH$	Á
Transferencia de carga interfacial	Á
$\{ > Ti^{IV}OH^{*+} \} + contam. \rightarrow Ti^{IV}OH + contam. oxidado$	Á
$\{ > Ti^{III}OH \} + O_2 \rightarrow Ti^{IV}OH + O_2^-$	Á

HUVU' DfcWgcg dfjWdUYg'XY'fYUWYQCb' mgi g' hYa dcg' WUFUWYf'gh'Wcg' UgcVjUXcg' Yb' U XY' fUXUWYQCb' XY' VcbHLa]bUbHYg'cf[zb]Wcg'dcf' ZhcWUz']g]g'Wcb'H]C& ftk%'

Á

Ö^Ácaà|caÉ^Á à^À|caá^ ^Á|Á æ [Á^c|{ ã æ c^Á^Á| à [Á|Á | | &• [Á| d &caá|Á ^Áca^á^ && } Á^|Á cõ^ [Áá^ ^|d Á [|Á [•Á^&d [} ^Á| d *^ ^|æ [•Áca æ [•Á } Á V^UPÉÔa|ca^ ^} cÉ^Á|Á• { ã ã d [Áá^Á [cõ^ } [Áá^ |æ c^Á|ca^ | d á^* |æcaá } Áá^|Á & } ca ã æ c^Á^ ^Á^Á& } d [caÁ|caá& ..caá^ || aacÁá^|Á | | &• [ÁÇ GÁÇ HÁÇ | ÉÀUá Á ^{ caá^ [Á|Á æ [Á|] á^Á & !!^Áca| caácaá } Áá^&ca| Á áá^&ca^ ^} c^Á Á^ ^Á|Á ç [| & caá caÁ& } ca ã æ c^Á Áca [•Á@^& •Á| d *^ ^|æ [•É^Áca æ àã.} Á } Á] æ [Á^} d Á Éàca Á &a|ca Á& } • ca ã æ É^ ^Á^Á^c|{ ã æ Áca^ || caáca^|Á | | &• [ÉÁ

Šcaá . caáca ácaÁ^Á| d á^* |æcaá } Á^Á } Á| } ca ã æ c^Á^ Áca^ ^Á| caá ca| cõ^ [Á ^Áá^ { | •Á• Á| d &caá caá& } ÁVU ÁZ } UÁ } Á• ca [Á• caá } æá Á^Á { ã caá } É^Á áá^ caá^ ^|æ^ ^} c^ÁÁ• ^{ caá . ca| Á^Šca^ * { ^ áÉá • @, [[áÁ

$$R_i = - \frac{d[P]_i}{dt} = \frac{k(P)K(P)[P]_i}{1+K(P)[P]_i} \text{ ÁcaÁ}$$

á [] á^ÁÜ^Á• Áca^ || caácaá caáca^Á^ { [& } Áá^|Á^ • dca| Á& } ca ã æ c^ÉZÚáÁ^á^ ^Á & } & d caá } Á] caáca^|Á& } ca ã æ c^ÉÁ ÇÚDÁ^ | ^Á^ } caÁca| } • ca c^Áá^Á^ || caáca^Á^ |ca^Ácaá } Á^|Á& } ca ã æ c^ÁÚÁ } Áca^ ^| caÁá^|Á^ { ca } á & d | ÁÁ ÁSÇÚDÁ& } • ca c^Á á^Áca • [| & } Á^Áca^ * { ^ áÉá • @, [[áÁ [á^Áca^ ^| caÁá^|Á^ { ca } á & d | ÁÁ

Úq Á^ { àæ* [ÉÁ^ } Á^ ^ } ^ | æÉÁ^ Á & { g } Á^ } & { } dæÁ^ ~ ^ Á | æÁ & { } • çæ c' Á S Q U D Á [Á^ • Á
 àã^ & çæ ^ } c' Á^ ~ ææ^ } c' ÁæÁæÁ & { } • çæ c' ÁæÁæÁæ • [| & çæ } ÁæÁæÁæ * { ~ áÁ^ } Á | à • & ; æææÁ
] ææÁ } æÁ • ^ & çæ Á Ú Á^ } Á | Á^ { æ } } à ~ & çæ ; ÉÁ^ ~ ^ • çæ Á^ ~ Á^ • çæ Á | çæ æÁ^ ~ ^ | Á | { æÁçæ | ^ • Á
 { | • Á^ ~ ^ fi [• ÉÁ } Áæ çæ àã ÉÁæÁ çæ & çæ | àã Á & { } Á æ | æÁ^ Á^ { æ } } à ~ & çæ ; ^ • Á^ ~ ^ • çæ
 ~ } æÁ & çæ . çæ ÁæÁæÁ | Á çæ [ÁæÁæ • æ | ææ çæ] ÉÁæÁæ çæ Á & { } [| çæ } æÁ^ } àã } çæ Á çæ ÁæÁæÁ
 [àçæ } ææÁ } Áæ & çæ . çæ ÁæÁæÁæ * { ~ áÉÁ çæ • çæ , [[àÁ Ç Í D Ç Í ÉÁ Ç Í Á æ | { ^ çæ [Á Ç U D Á • Á } æ
 & { } • çæ c' ÁæÁ | [] [| & çæ } çæ ææÁ^ ~ Á | [ç^ Á } æÁ^ àã ææÁ^ ÁæÁæ çæ çæ ææÁ çæ çæ d çæ • ^ & çæ Á
 | æÁ^ ~ ^ | çæ Á | çæ çæ çæ & { } Á Ú É Á Ó [] Á^ ^ & ^ } & çæ Á^ Á çæ } & { } dææ [Á^ ~ Á S Q U D Á • Á
] [] [| & çæ } çæ ÁæÁæÁæ [] à Á Ç U Á • Á æÁ çæ æÁæÁæ • [| & çæ } ÁæÁæÁ^ : Á^ Á Ç Á • Á | Á çæ . : çæ [ÁæÁæ
] [çæ } & çæ ÁæÁæ ~ çæ ÁæÁæ Á 5 Á F É Á^ ^ } àã } à [Á • æÁ | æÁ çæ] • ææÁæÁæÁ^ : Á^ ÁæÁæÁæ [ÁæÁæÁ
 ^ •] ^ & çæ çæ ^ } c' ÉÁ Ç Á çæ | ÁæÁæÁæ Á } ææÁ ÁæÁæÁæÁ çæ } • ææÁæÁæÁ^ : Á^ ÁæÁæÁæ ~ ^ ÁæÁæ
] | ^ à { çæ ÁæÁæÁæ & { } àã ææÁ } Á Ç ^ & çæ É Á çæ d 5 } É & { } [Á | • çæ | ÁæÁæ • çæ [ÁæÁæ | • Á Ç ^ & çæ • Á
 ^ Á | ^ & çæ [] ^ • Á | çæ * ^ } ^ | ææ [• ÉÁ Ç Áæ Á • çæ Á & { } àã çæ } ^ • ÉÁæÁ & { } & ^ } dææ çæ } Á^ } Á^ çæ [Á
 ^ • çæ çæ } æÁ ÁæÁæ ^ & çæ • Á^ Á | ^ & çæ [] ^ • ÉÁ • Á | [] [| & çæ } çæ ÁæÁæÁæ É Á çæ æÁ } çæ } • ææÁæÁæ
 | : Á çæ çæ ^ } c' Á | ~ ^ Á^ ~ ^ fi æÁæÁ | àã çæ ææÁæÁæÁæÁæ & { } àã ææÁ } ÁæÁæÁæ } Á | æÁ Ç ^ & çæ É
 ^ | ^ & çæ 5 } Á^ • ÁæÁæ •] | ^ & çæ | ÁæÁæÁæ & { } & ^ } dææ çæ } ÁæÁæÁæ Ç ^ & çæ • Á^ Á | ^ & çæ [] ^ • Á^ } Á^ çæ [Á
 ^ • çæ çæ } æÁ Á • Á | [] [| & çæ } çæ ÁæÁæÁæÁæ á { æÁ çæ | æÁ^ ~ Áæ çæ àã } Á | ^ * ææÁæÁæ | Á Ú ÁæÁæ Á
 ^ • çæ Á & { } àã çæ } ^ • ÉÁ Ç Á çæ } • ææÁæÁæÁæÁ^ : Á | ~ ^ Á | ^ çæ çæ É Á æÁ & çæ . çæ ÁæÁæÁæ | [& • [Á
 ææ ~ çæ | ÁæÁæÁæ & çæ | ÁæÁæÁæÁæ & { } d [| ææÁæ [| Á çæ • ^ | ^ } & çæ ÁæÁæ çæ æÁ çæ] ^ } àã } c' ÁæÁæ
 | æÁ çæ } • ææÁæÁæ { çæ [• æÁ } & { } • ^ & ^ } & çæ Ú Á çæ àã } ÁæÁæ Á • çæ Á çæ { æ Á & { } àã çæ } ^ • ÉÁ
 Ç Á æ | { ^ çæ [Á S Q U D Á • Áæ çæ àã } Á | [] [| & çæ } çæ ÁæÁæÁæ ææÁæ } ÁæÁæÁæ çæ ^ } [ÁæÁæ [| àã [Á Ç U D Á
 ^ } ÁæÁæ ~] ^ | çæ ÁæÁæÁæ | Á çæ Á • çæ ÉÁ

$$f(O_2) = \frac{K(O_2)[O_2]}{1+K(O_2)[O_2]}$$

à [] à Á S Q U D Á ^ & { } • çæ | æÁ { [Á | Á | ^ çæ } c' ÁæÁæÁæ • [| & çæ } ÁæÁæÁæ * { ~ áÁæÁæÁæ çæ ^ } [Á
 • [à | ^ Á | Á^ { æ } } à ~ & çæ ; ÉÁ | Á & çæ çæ Á • ÁæÁæÁæ • [| àã [Á | Á & { } [] ^ çæ çæ ^ } c' ÉÁ

W | æÁ çæ | æÁæÁæÁæÁæÁæ ^ àã ÁæÁæÁæ } & çæ ÁæÁæÁæ } Á • çæ c' æÁæÁæÁæ [çæ ææÁæÁæ Á^ ~ ^ Á^ { } | ^ æÁ
 { æ | æÁ^ Á^ { æ } } à ~ & çæ ; ^ • Á • ÁæÁæÁæ } & çæ Á çæ } çæ ÁæÁæÁæ ~ ^ Á • çæ ÁæÁæÁæ { [| Á

$$\delta = \frac{\text{velocidad global del proceso fotocatalítico}}{\text{intensidad de la luz incidente}}$$

Fig. 1. Energy band structure of TiO₂ at pH=0.

The energy band structure of TiO₂ at pH=0 is shown in Fig. 1. The conduction band (CB) is located at approximately -4.0 eV, and the valence band (VB) is located at approximately -7.5 eV. The band gap (E_g) is 3.2 eV. The redox potential for H₂/H⁺ is 0.0 V (vs ENH) and for O₂/H₂O is 1.5 V (vs ENH). The TiO₂ band structure is shown for both dark and illuminated conditions, with the illuminated condition showing a shift in the conduction band.

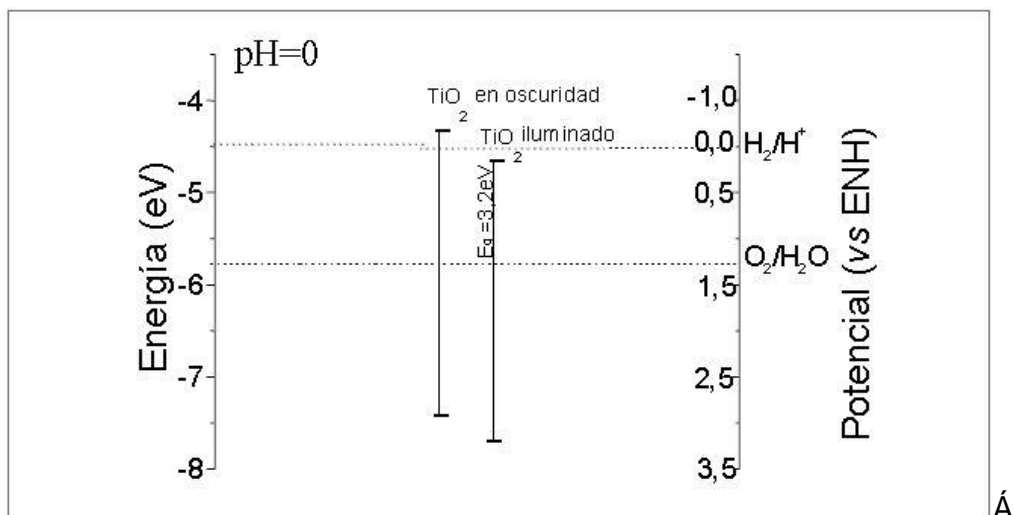


Fig. 1. Energy band structure of TiO₂ at pH=0.

Fig. 1

The energy band structure of TiO₂ at pH=0 is shown in Fig. 1. The conduction band (CB) is located at approximately -4.0 eV, and the valence band (VB) is located at approximately -7.5 eV. The band gap (E_g) is 3.2 eV. The redox potential for H₂/H⁺ is 0.0 V (vs ENH) and for O₂/H₂O is 1.5 V (vs ENH). The TiO₂ band structure is shown for both dark and illuminated conditions, with the illuminated condition showing a shift in the conduction band.

Fig. 1. Energy band structure of TiO₂ at pH=0.

Fig. 1. Energy band structure of TiO₂ at pH=0.

Fig. 1. Energy band structure of TiO₂ at pH=0.

Fig. 1. Energy band structure of TiO₂ at pH=0.

7 Udñi `c` &` GpñYg]g` XY`
bUbcdUfhW`Ug` XY` OE]Xc` XY` n]bW`
fNbCŁmigi `WUfUWñYf]nUW]OE`

9ghUdz[]bUz Y'Y]a]bUXU'XYV]Xc'U'ei Y'gi '
WcbhYb]Xc'Yg]bZcfa UWjOB'WUg]ZWXUWca c'
WcbZXYbWjU'XY'UW YfXc'Wcb'Y'5fhW`c'%%'
: fUWjOB'≡XY`U @Ym: YXYfU'XY'
HfUbgdUfYbWjU'm5 WYgc'U`U=bcfa UWjOB'
D• V`jWU"

9ghUdz[]bU'Z Y'Y]a]bUXU'XYV]Xc'Uei Y'gi '
W'bhYb]Xc'Yg']bZ'fa UW]O'B'WUg]Z]WUXU'W'a c'
W'bz]XYbW]U'XY'UW YfXc'W'b'Y'5fhW`c'%% '
: fUW]O'B'='XY`U'@mi: YXYfU'XY'
HfUbgdUfYbW]U'mi5 W]Ygc'U`U'bz'fa UW]O'B'
D• V`]WU''

9ghUdz[]bU'Z Y'Y]a]bUXU'XYV]Xc'Uei Y'gi '
W'bhYb]Xc'Yg']bZ'fa UW]O'B'WUg]Z]WUXU'W'a c'
W'bz]XYbW]U'XY'UW YfXc'W'b'Y'5fhW`c'%% '
: fUW]O'B'='XY`U'@mi: YXYfU'XY'
HfUbgdUfYbW]U'mi5 W]Ygc'U`U'bz'fa UW]O'B'
D• V]WU''

9ghUdz[]bU'Z Y'Y]a]bUXU'XYV]Xc'Uei Y'gi '
W'bhYb]Xc'Yg']bZ'fa UW]O'B'WUg]Z]WUXU'W'a c'
W'bz]XYbW]U'XY'UW YfXc'W'b'Y'5fhW`c'%% '
: fUW]O'B'='XY`U'@mi: YXYfU'XY'
HfUbgdUfYbW]U'mi5 W]Ygc'U`U'bz'fa UW]O'B'
D• V`]WU''

Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á

9ghUdz[]bU'Z Y'Y]a]bUXU'XYV]Xc'Uei Y'gi '
W'bhYb]Xc'Yg']bZ'fa UW]O'B'WUg]Z]WUXU'W'a c'
W'bz]XYbW]U'XY'UW YfXc'W'b'Y'5fhW`c'%%'
: fUW]O'B'='XY`U'@mi: YXYfU'XY'
HfUbgdUfYbW]U'mi5 W]Ygc'U`U'bz'fa UW]O'B'
D• V`]WU''

Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á
Á

9ghUdz[]bU'Z Y'Y]a]bUXU'XYV]Xc'Uei Y'gi '
W'bhYb]Xc'Yg']bZ'fa UW]O'B'WUg]Z]WUXU'W'a c'
W'bz]XYbW]U'XY'UW YfXc'W'b'Y'5fhW'`c'%% '
: fUW]O'B'='XY`U'@mi: YXYfU'XY'
HfUbgdUfYbW]U'mi5 W]Ygc'U`U'bz'fa UW]O'B'
D• V']WU''

9ghUdz[]bU'Z Y'Y]a]bUXU'XYV]Xc'Uei Y'gi '
W'bhYb]Xc'Yg']bZ'fa UW]O'B'WUg]Z]WUXU'W'a c'
W'bz]XYbW]U'XY'UW YfXc'W'b'Y'5fhW`c'%%'
: fUW]O'B'='XY`U'@mi: YXYfU'XY'
HfUbgdUfYbW]U'mi5 W]Ygc'U`U'zbZ'fa UW]O'B'
D• V`]WU''

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Esta página fue eliminada debido a que su contenido es información clasificada como confidencial de acuerdo con el Artículo 113 Fracción II de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

*" 7 cbWi gjcbYg'[YbYfUYg"

Ù^Á[*|[Á àc^ ^!Á æ [] æðð |æ Á^ÁZ} UÁ [!Á .d à[•Á& [[ãæ^•Á^ } &ã [•Éæ Á& æ^•Á] ~ àã! [] Á^!Áæ |ææ Á& { [Á [|ç[Á Áææç!ã ææ Á [!Áã!æ&æ } Á^Áæ [•ÁÝÉ& } Á } Á ææ æ [Á [{ ^ã Á^Á Á { ÉÁ ^ãæ çÁ• } ^&d [•&] æÁVÆç Á^Á^ Á [•ã^Á• ç æÁ|Á ææ æ [Á^Áæ Á æ [] æðð |æ Á^ÁZ} UÁ } Á ~ • } • æ } Á& [[ãæÉ|Á& æÁ& !|^!ææ } æ& } Á ^|Áææ æ [Á• ç æ [Á • æ à [Áã!æ&æ } Á^Áæ [•ÁÝÉÁ ^ãæ çÁ• } ^&d [•&] æÁVÆç Á •Á [*|[Á• çæ|^&!Á ~ ^Áæ Á æ [] æðð |æ Á^ÁZ} UÁ } Á ~ • } • æ } Á& [[ãæÁ [] Á ~ ^Á • } • ç|^Áææ àã Á^Á PÉ@&Q Á [!Á|Á• ç Á^Áã ~ ^|ç^ } Á } Á^ ^ã Á^Á^æ&æ } Á | &ã [•ÉÁ

ŠæÁ -æ } &æÁ^Á^!æ&æ } Á^|Áæ ææ çÁç {] ^æ à [Á } æ [] æðð |æ Á^ÁZ} UÁ } Á [|ç[Á^•Á^Áæ } æ { æ } æ àÁææ àc^ ãæ } Á^|Á • æ [Á& } Á } æ [] æðð |æ Á^Á VÁUÁ& } • ç|^!æ à [Á ~ ^Á^Á çã 5Áæ } æ { æ } Á *Á^Áæ à [•Á^ { æ } à ~ &ç !^•Éæ { æ !æÁ^Á& {] æ&æ } ÉUá Á { àæ* [Áæ Á } æ [] æðð |æ Á^ÁZ} UÁ [àc^ ãæ É] [Á] !^•^ } æ [] Á } æ&çææÁ ç &æçæÁ | •Á æ&ææ^àã [Á& æ [Á [•ãææ^•KFDÁ ^|Á æ!æÁ [Á [•^^~ æ } çÁæ] æ Á^Á@^& •Á^|&d [] ^Á [!Á } ãæÁ^Á !æ ^ç] ^•çÁçÁæ Á } æ [] æðð |æ Á^ÁZ} UÁ^Á^ } & } çææ Á } Á *!æ à^•Áæ [[^!æ [•Á à !æ çÁæ Á] ~ ^æ Á à^Á } ç à^!æ&æ } Á ~ ^Á æ] ^ãæ Á [!Á •Á { æ { [•Á Á^|Á æ |ç&@æ æ } ç Á^|Á !æ^ç] ^•çÁ Á [!Á& } •æ } çÁ^Á [•Á ç] ^•Á!æææ [•Áçæ Á } æ [] æðð |æ Á^ÁZ} UÁ •Á àã ~ ^|ç^ } Á } Á^|Á { ^ã Á à !æ çÁ^|Á] [&• [Á^Á } ç à^!æ&æ } Á^àã [Á& •Áæ àã •Á^Á PÉ } æ { [•Á ~ ^Á^ |] Á^* æ çæ [•É DŠæ Á } æ [] æðð |æ Á^ÁZ} UÁ^Áã ~ ^|ç^ } Á æ |ææ æ ^ } çÁ } Á^ ^ã Á^àã [Á& [!Á] &• [Á^Á } ç & [!] •æ } ~~~~~~

Ù^Á[*|[Á• çæ|^&!Á ~ ^Áæ] !^•^ } &æÁ^Á^æ [|Á } Á^|Á ^ã Á^Á^æ&æ } Á^à &Á à! • çæ ^ } çÁæç|[&ææÁ^Á^ { [&æ } Á^Á& [[!Á } Áæ Áã [| &æ] ^•Á^Áææ çæ çÁç { ~^Á [•ã|^ { ^ } çÁ^ ~ ^Á^Á• çæ|^&Á } æ^|æ&æ } Á& {] ^çææ } ç^Áæ Á [|. & |æ Á^Á & [[!æ çÁ^Á^Áæ [|Á } Áæ^] !^•ÁæçæÁ^Á^ { æ } à ~ &ç !ÉÁÚ [!Á [Á ~ ^Á^•Á !^& { ^ } àæ [Á ~ ^Á^• çÁã [|ç^ } çÉ•^æ^|ã ç æ [Á^Á^• Á ç çææÁ } æÁ^çæÁæ àã { ç ~ &æ } Á^Á&çææÁ^Á ç à^!æ&æ } É

Á
Á

Š[•Á^•~|ca[•Á[àc}aa[•Á^}Á^•cÁdcaadÁ~*a!^}Á~^Á|æÁ}æ[]æcæ|æÁZ}UÁ]~^á^}Á^!Á
~•aaæÁ}ÁaÁ^ { [&ā}Á^Á[[!Á}Áe~æÁ[}Á^•&æ*aa^Áaa}á•dæc^caĚ}Á[}áaa}^•Á^Á
à!•ææĚ

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

Á

+ " DYfgdYWj Ug"

Ü^æã æÁç] ^iã ^) ç •Á^Áç ç &æ |ã ã Áã] ^i •æ] à[Á] Á|Á ^ãã Áæ Á æ [] æç |æ Á^Á Z) UÁ) Á [ç[Á{] ^æ] à[Á] Á [] æç [Á^ÁæçÁ^& ^) &æ] æçÁææÁ^Á|ã ã æÁç •Á æ [[^iæç [Á^Á •æ È

Üã çã æÁ& {] 5 •æ [Á { ^æÈ ^{ æ] } ã &ç |Á [Á •^ { æ] } ã &ç |È ^{ æ] } ã &ç |Á] ææ { ^ç |æÁæ Á [] ã æã •Áæçãæ Á^Á æ |æ •Á& [[Á|ÁZ) UÁ ~ ^Á {] ^æ [•Á] Á ^ •çÁææ È

Ö) •æ æÁ } æç ç •ã Á^Á æ [] æç |æ Á^ÁZ) UÁ) Á ~ ^Á^Á àç) * æ Á •ç &ç |æ Á | •Á * |æ] à •Á æçç [[|æÁæ^|æç) Á ç ç) ç Á) ç ^Áæ æ [Á Á [•Á •ç &ç •Á^Á •æãææÁ à^Á •æ È] æç ç •ã Á^Á æ [] æç |æ Á^ÁZ) UÁ) Á ~ ^Á^Á àç) * æç { Á^Áæ æ [Á ^) Á] [{ ^ãã Á^Á|Á [ç[Á^& Á] ^i { æçÁçæ æÁ | •Á | àçææÁ Á& {] ææç ^) ç Á& & } çæ |Á^ •^ [] ^fi [Á^Á|ÁU GÖ^* • •æÁG È

Öæ& |æÁ |æç] ~ ^ •æÈ Á|Á [ç) &æ^ ~] ^i æãÁ^Áæ Á æ [] æç |æ Á^ÁZ) UÁ) Á àã] ^i •æ] &ç [[æç [|Áæ Á •&] ææ Á^ÁÓÓVÁ Á^&ç [ç |^ã Á^ •^ &çæ ^) ç ÈÖæ& |æÁ |æç] •æ ç Á^Á ç •^i) &æÁ^Áæ* æç æçÁ^Áç] ^iã ^) ç •Á& ..æ È

Ö^ [•æç] æ [] æç |æ Á^Áç ^ç |ææ Á [à^Áæ Á] æ [] æç |æ Á^ÁZ) UÁ (^ãæ) ç Á ç |^ã &ç) Áãã&æá^Á^ •^ &æ •Á [|^Á^Áç ^æÁ) Á|Á (^ãã Á^Á ç •ã Á^Á) æ [] æç |æ Á^ÁZ) UÁ Á [|Á ç [•Á ..ç] à [•Áç] æç [•È] ææãã { ã ~ á^Á&ç •Á^Á |^& { àã æç) Á Á ^ç |æÁç ç &æ |ã ã Á

Uàç) ^iÁ •^ &ç [•Á^Áç [|^ •&] &æÁ^Áæãã] ^i •æ] Á& [[æçÁ^Á] æ [] æç |æ Á^Á Z) UÁç |^ ç] à ç] à [Á ç Á ç Áç [|Á] Á |^ •^) &æ Á) Áæ •^) &æÁ^Á æ [] æç |æ Á { ^ç |ææ Á^ [•æææ Á [à^Á ~ Á ~] ^i æç Á] æççæ æÁæãã { ã ~ &ç) Á^Á [•Á •ç &ç •Á à^Á& { àã æç) È

Uàç) ^iÁ æ [] æç |æ Á^ÁZ) UÁ) Á) Áã [ç) ç Áã^i) ç ÁçÁç [|Á æççææ Áæ ç Áæ áã { ã ~ &ç) Á) Á^Á&çææÁ^Á ç á^iææ) Á^Á& [[|æ ç Á çæ] æç

Á
.
.

, " FYZfYbWUg'

FÄ=bgjh lc' BUWcbU' XY' 9ghUXbghWU ; Yc[fUZU Y =bZfa zhWU'Áll Censo de Captación, Tratamiento y Suministro de Agua. Censos Económicos. Q ÒÕÇÄT .cæ ÅÁ •È ÈÇÈÈ Ä

GÄ ÄU Conteo de Población y Vivienda. Q ÒÕÇÄT .cæ ÅÁ È ÈÇÈÈ Ä

HÄ ca]g]Ob' BUWcbU'XY'5 [i U'Á Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. ÔUPOÖWÇÄT .cæ ÅÁ È ÈÇÈÈ Ä

I Ä È Estadísticas del Agua en México. Sistema Unificado de Información Básica del Agua (SUIBA). ÔUPOÖWÇÄT .cæ ÅÁ È ÈÇÈÈ Ä

Í ÄGYWYHUfJU XY' FYW fgcg' BUh fUYg"ÁPUÜT ÇÁUØÇÇSÁT ÖYÇÇPÇÄNOM-002-SEMARNAT-1996. FJJì Ä

Î Ä\ UUZ D" 6 "Z JmUgž A " A " mGi VfU a UbmUa ž ?"ÁWater and Effluents in Textile Mills. Ž àÄÇVÇÇÄÇÇ ^àææÅÁ È ÈÇÈÈ Ä

Ï ÄFcmi\ ci Xl i fnž5 " ?"ÁTextil Preparation and Dying. ò } a|åÅU&a } & ÅÚ à|ã @! •ÈÄ ÇÈÈ Ä | * •ÈÄ HÈ Ì Ä

ì ÄFngžD' mNc``]b[Yfž < "ÁFundamentals of Chemistry and Applications of Dyes. •ÈÄÄ R Ç Ä ç ^ ÁÄU } •ÈÄ & ÈÇÈÈ Ä

J ÈGbcK Xcb!Gk Ubž @>"ÁÚ[|~ ç } Á | ^ç^ } ç } Ä Ä Ç Ä Ç ç Ä Ä ä • d ä • Èžž ÈÄa| ÄP ÄT Ä Ø^^{ æ ÈÄIndustrial Pollution Prevention Handbook. •ÈÄÄT & Ò!æ ÈÄP ä|ÉQ & ÈÄFJJí Ä] | * •ÈÄ GJÈ | Í Ä

F ÈZ b] YfžF "Á ÈÜÖÇÈÄSÁÄ È ÈÇÈÈ Ä ÈÜ^çÈÜ! [* ÈÖ [|!æ } ÈÄ | * ÈÄ ÈÄ

FF ÈY ccdYfžD"Á!æç | àÈÄMSKÜÖÇÄÄ È ÈÇÈÈ Ä ÈV @ Ä ^ Ä æ ^! ÇÄa , ÈÄ

FG ÈUgbcž>"F"ÁÚ[|~ | Ä Ä ^ @ ~ ^ Ä - ~ ^ } Èžž ÈÄa| ÄÜÈÖ [] ^! ÈÄ àÈÄ @ ÄU [& a ç Ä [Ä ^ ! • Ä ä ÄÜ [|~ | ä ÈÄThe dye maker's view. Uç |! ÄÄÄÄ } Ä! ^ • • ÈÇÈÈ Ä | * • ÈÄ ÈÇÈÈ Ä

FH È i WYnž7 "5 "Á ÈÄFJJGÄY æ Ä! Ü&Ä^&@ [|ÈÄ [|ÈÄ ÈÄ | * • ÈÇÈÈ ÈÇÈÈ Ä

GJĚĀGfcmi _ž 5" @ž G j UŮ]bž J" J" m ?i W a]ž G" MU'ÁFĪ HĚĀGĚĪ ĚĀR ~ } } ǎÁĪ -Á
Ú@đ &@{ ǎd^Áǎ ǎÁÚ@đ ǎǎ [|^ÁĚĀŌ@{ ǎd^ĚĪ *•ĚĀĪĪ ĚJĪ ĚĀ

HĚĀK ccXž 5"ž;]Yfgj[ž A" mAi `j UbYmž D"ÁGĚĚĪĚĀÚ@•ĚŌ@{ ĚŌĚĀX[|ĚFĪ ĚĪ * ĚĀ
ĪĪ FĚĪ

HFĚĀ ?i `U_ž 5" =Á Ō^&d[&@{ ǎd^Á [-Á Ū^ { ǎ } ǎ &đ !Á P^ĉ! [•d^ &ĉ !^•ĚĀ ŽǎĚĀ
Wj ǎ^!•ǎ^ĉ\ [^ĚĀ ǎ •ÁĀ Ě ĚĚJĪĪ ĚĀ

HĚĀ\ Ujfi hX]bcj žF": "ÁĪ ĚĚJĪĪ ĚŪ ~ ••ĚŌ@{ ĚŪ^ĉĚĪ * ĚĚĪ ĚĀ

HĚĀ7\ Ybž @ 7"ž HgUjž : " !F" m < i Ub[ž 7" !A "ÁGĚĚĪ ĚĀĚĀÚ@đ &@{ ĚĀÚ@đ ǎǎ |ĚĀŌĀ
Ō@{ ĚĚX[|ĚĪĪ ĚĪ * ĚĪ ĚĪ

H ĚĀMub[ž>"!?"m@YžG"!?"ÁGĚĚĪ ĚĀĚŌ [||| ǎÁĉ! -ǎ^ÁŪ&ǎĚX[|ĚĪ ĚĪ * ĚĪ ĚĪ

HĪ ĚĀGnUŮĚ6 UfXŌgž 9"ž 7 n]]ž <" m < cfj zĪ ž 5 "ÁGĚĚĪ ĚĀĚĀÚ@đ &@{ ĚĀÚ@đ ǎǎ |ĚĀŌĀ
Ō@{ ĚĚX[|ĚĪĪ ĚĪ * ĚĚĪĪ ĚĪ

HĪ ĚĀGi b[!Gi \ ž <" A "ž mĉfĉg"ÁGĚĚĪ ĚĀĚĀÚ@đ &@{ ĚĀÚ@đ ǎǎ |ĚĀŌŌ@{ ĚĚX[|ĚĪĪ ĚĪ
] * ĚĪĪ ĚĪ

HĪ ĚĀMŮa U_UĪž 5"ž =g\]VUg\]ž H" m Cb]g\]ž <"ÁGĚĚĪĚĀĚĀÚ@đ &@{ ĚĀÚ@đ ǎǎ |ĚĀŌĀ
Ō@{ ĚĚX[|ĚĪĪ ĚĪ * ĚĪĪĚĪ

HĪ ĚĀUa UĪ Yj Ubž J"ž mĉfĉg"ÁGĚĚĪĚĀĚĀÚ@đ &@{ ĚĀÚ@đ ǎǎ |ĚĀŌŌ@{ ĚĚX[|ĚĪĪ ĚĪ
] * ĚĪĪĚĪ

HJĚ@YžH"žmĉfĉg"ÁGĚĚĪĚĀ ǎ [] ǎdĚŪ^•ĚĚX[|ĚĪĪ * ĚĪĪĪ ĚĪ

I ĚĀMub[ž>"7"žmĉfĉg"ÁĚĪĪ ĚĪ [] |ĚŪ ~ !-ĚŪ&ǎĚX[|•ĚĪĚĪĚĪĚĪ * ĚĪĪ ĚĪ

I FĚĪGWUzUb]ž5"m<Yffa Ubbž>"A "ÁFĪĚĪĚĪĪ ĚĪĚĀÚ@đ &@{ ĚĀÚ@đ ǎǎ |ĚĀĚĪ * ĚĪĪ FĚĪ

I ĚĪĪGi VfUa Ub]UbžJ"žK c`ž9"m? Ua UĪžD"J"ÁGĚĚĪĚĀĚĀÚ@•ĚŌ@{ ĚŌĚĀX[|ĚFĪ ĚĪ * ĚĪ
I HJĚĪ

I ĚĪĪGi VfUa Ub]UbžJ U]XnUbUĪ UbžK c`ž9Xi UfXc`9"m? Ua UĪžDfUg\ UbĪJ"ÁGĚĚĪĚĀĚĀ
Ú@•ĚŌ@{ ĚŌĚĀX[|ĚFĪ ĚĪ * ĚĪĪĪĪĪĪĪĪ ĚĪ

Optical properties and luminescence of metallic nanoclusters ZnO:Cu. [UJZH'mi](#)
[cfcg"Áí HÉÉí ÉÚ@•&ÁÓÉí, *•ÉÀì Èí ÈÀ](#)

UJZH'mi ["ÁÉÉí ÉÚ ~ !} æÁ -ÁÓ \[|| \[ãÁæ áÁQ c:-æ^ÁÚ&a} &ÉX \[|ÉHÉÉí, *•ÉÀ](#)
[ííí Èíí ÈÀ](#)

UJZH'mi ["ÁÉÉí ÉÚ \] |ÉÚ@•ÉŠ^cÉX \[|ÉÀì Èí, *ÉÁFÉÁ](#)

UJZH'mi ["ÁÉÉí ÉÚ \] |ÉÚ@•ÉŠ^cÉX \[|ÉÀì Èí, *ÉÁFÉÁ](#)

UJZH'mi ["ÁÉÉí ÉÚ \] |ÉÚ@•ÉŠ^cÉX \[|ÉÀì Èí, *ÉÁFÉÁ](#)

Nanoscale Materials in Chemistry. [ÉÁÉÁ @ Á æ^ÁÁÚ \[•ÉQ&ÉÉÉÉÉ, *•ÉÀ È ÈÀ](#)

Free Atoms, Clusters and Nanoscale Particles. [Úæ ÁÖá * \[ÁÖBæ^ { æÁÚ!^••ÉÁ](#)
[FJJI Èí, *ÉÁÉÍ ÈÀ](#)

Chemistry of Advanced Materials: An Overview. [ŽáÉÁ](#)
[T ÉÁÉÁ æ \] á^} ÉÚ { æ^ÁÁ, Á \[| \ ÁÁ æ^ÉXÓPÉÁJJI Èí, *ÉÁÉÍ ÈÀ](#)

Congressional Hearings. [Ú { { ^!ÉÁJJIÈÀ](#)

The Chemistry of Nanomaterials. [Y ^æ @æ ÁÁ ŠÒÏÉXÓPÉÁÉÉ ÉÁ, *ÉÁí FÉHí ÈÀ](#)

The Chemistry of Nanomaterials. [Y ^æ @æ ÁÁ ŠÒÏÉXÓPÉÁÉÉ ÉÁ, *ÉÁí FÉHí ÈÀ](#)

Journal of Chemical Education. [É; |áÁ](#)
[á^ÁFJHÉX \[|ÉÁ ÉÁ Éí, *ÉÁí ÉHí ÈÀ](#)

UJZH'mi ["ÁÉÉí ÉÚ \] |ÉÚ@•ÉŠ^cÉX \[|ÉÀì Èí, *ÉÁFÉÁ](#)

UJZH'mi ["ÁÉÉí ÉÚ \] |ÉÚ@•ÉŠ^cÉX \[|ÉÀì Èí, *ÉÁFÉÁ](#)

89. **Bahnemann, D. W.** 33, 1993, *Isr. J. Chem.*, págs. 115-136.
90. **van Dijken, A., y otros.** 104, 2000, *J. Phys. Chem. B*, pág. 4355.
91. **Pesika, N. S., Stebe, K. J. y Searson, P. C.** 107, 2003, *J. Phys. Chem. B*, pág. 10412.
92. **Wong, E. M., y otros.** 17, 2001, *Langmuir*, pág. 8362.
93. [En línea] [Citado el: 04 de January de 2010.]
<http://dissertations.ub.rug.nl/FILES/faculties/science/2004/o.f.goebel/appendix.pdf>.
94. *Wet air oxidation of antraquinone and phthalocyanine class of reactive dyes.*
Shende, R V y Mahajani, V V. 83, 1994, *Am. Dyest. Rep.*, Vol. 6, págs. 40-46.
95. **Abbet, S. y Heiz, U.** *Nanocatalysis*. [aut. libro] C. N. R. Rao, A. Müller y A. K. Cheetham. *The Chemistry of Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications*. Weinheim : WILEY-VCH, 2004, Vol. 2, 17, págs. 551-555.
96. **Pacchioni, G.** 7, 2000, *Surf. Rev. Lett.*, pág. 277.
97. **Norms for Textile Industry Part 3.** [ed.] ATIRA. 1982.
98. **Wu, S.- H. y Chen, D.- H.** 273, 2004, *Journal of Colloid and Interfase Science*, págs. 165-169.
99. **Mulvaney, P.** 12, 1996, *Langmuir*, pág. 788.
100. **Bohren, C. F. y Huffman, D. F.** *Absortion and Scattering of Light by Small Particles*. New York : Wiley, 1983.
101. **Stroyuk, A. L., Shvalagin, V. V. y Kuchmii, S. Ya.** 173, 2005, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, págs. 185-194.
102. CHEM 364; Lecture 11. *MATTER*. [En línea] [Citado el: 4 de Enero de 2010.]
http://depts.washington.edu/chemcrs/bulldisk/chem364A_spr05/notes_Lecture-Note-11.pdf.
103. **Beszedits, S.** 69, 1980, *Am. Dyest. Rep.*, págs. 37-55.

104. **Liz-Marzán, Luis M.** [ed.] Elsevier. February de 2004, *Materials today*, págs. 26-31.
105. **Mie, G.** 25, 1908, *Ann. Physik.*, Vol. 3, págs. 377-445.
106. **van de Hulst, HC.** *Light Scattering by Small Particles*. New York: Dover : s.n., 1981.
107. **Hummel, R. E.** *Electronic Properties of Materials*. Berlin : Springer-Verlag, 1993.
108. **Sakata, T. y Kawai, T.** Photosynthesis with Semiconductor powders. [ed.] Michael Gratzel. *Energy Resources through Photochemistry and Catalysis*. s.l. : Academic Press Inc., 1983, Cap. 10.
109. *Superelastic extensibility of nanocrystalline copper at room temperature.* **Lu, L., Sui, M. L. y Lu, K.** 2000, *Science* 287, pág. 1463.
110. *Ultrahigh strength and high electrical conductivity in copper.* **Lu, L., y otros.** 304, *Science*, pág. 422.
111. *Atom-resolved imaging of dynamic shape changes in supported copper nanocrystals.* **Hansen, P. L., y otros.** 295, 2002, *Science*, pág. 15.
112. *The preparation and structure of platinum metal nanosheets between graphite layers.* **Mishina, E. D., Nagai, K. y Nakabayashi, S.** 1, 2001, *Nano Lett.*, Vol. 8, pág. 401.
113. *CuO nanodendrites synthesized by a novel hydrothermal route.* **Zhang, W., Wen, X. y Yang, S.** 42, 2003, *Inorg. Chem.* , pág. 5005.
114. *Synthesis and characterization of copper nanoparticles.* **Khanna, P. K., y otros.** 61, 2007, *Materials Letters*, págs. 4711-4714.
115. *Photoinduced growth of Cu nanoparticles on ZnO from CuCl₂ in methanol.* **Lu, L., y otros.** 9, 2007, *Journal of Nanoparticle Research*, págs. 491-496.

9. Anexos

9.1. Reactivos y equipo

9.1.1. Capítulo 1: Bases Teóricas

- Software Hydra™
- Software Medusa™

9.1.2. Capítulo 2: Síntesis de nanopartículas de óxido de zinc y su caracterización.

- Acetato de zinc dihidrato (J.T.Baker; 101%)
- Hidróxido de sodio (Sigma–Aldrich; 98.2)
- Etanol absoluto anhidro (Mallinckrodt)
- Acetona (J.T. Baker; 99.6%).
- Tetrafluoroborato de tetrabutilamonio (TFBTBA) (Acros Organics; 98%)
- Balanza BOECO BBI-31
- Parrilla eléctrica con agitador magnético
- Centrífuga Hamilton Bell VanGuard V 6500
- Espectrofotómetro UV-Vis Ocean Optics c/Software Spectra Suite
- Difractómetro Rayos X Bruker-AXS D8 Advanced
- Potenciostato BAS (Bio Analytical Systems) Epsilon.
- Electrodo de carbón vítreo policristalino
- Ventiladores para equipo electrónico.
- Una celda de cuarzo de 1cm de paso óptico (Sigma- Aldrich)

9.1.3. Capítulo 3: Pruebas de estabilidad de nanopartículas de óxido de zinc.

- Agua tridestilada (J.T. Baker)
- Hidróxido de sodio (J.T. Baker; 98.2%)
- Ácido clorhídrico (J.T. Baker; 37.3%)
- Dispersión coloidal en etanol de nanopartículas de ZnO.
- Espectrofotómetro UV-Vis Ocean Optics c/Software Spectra Suite.

9.1.4. Capítulo 4: Efecto del cambio de pH sobre las propiedades del Naranja II.

- ☑ Naranja II (Sigma- Aldrich).
- ☑ Medidor de pH BOECO BT-600.
- ☑ Espectrofotómetro Ocean Optics Inc. c/ Software Spectra Suite
- ☑ HCl (J.T. Baker; 37.3%)
- ☑ Agua tridestilada (J.T. Baker).

9.1.5. Capítulo 5: Pruebas de fotodegradación.

- ☑ Naranja II (Sigma- Aldrich)
- ☑ Hidróxido de sodio (J.T. Baker; 98.2%)
- ☑ Agua tridestilada (J.T. Baker)
- ☑ Etanol absoluto anhidro (Mallinckrodt Chemicals)
- ☑ Espectrofotómetro UV-Vis Ocean Optics con Software Spectra Suite
- ☑ Medidor de pH BOECO BT-600
- ☑ Centrífuga Thermo SCIENTIFIC IEC MICROL 17R
- ☑ Balanza BOECO BBI-31
- ☑ Radiómetro Cole-Parmer UVX con filtro de 254.31 a 365nm
- ☑ Lámina de Triplay $\frac{1}{4}$ de pulgada.
- ☑ Dos lámparas de luz UV germicida TecnoLite 15W.
- ☑ Dos capacitores KINSTAR FS-2 10-20W 110-230V
- ☑ Dos balastos ISB SOLA BASIC 127V 0.350A 60Hz
- ☑ Agitadores magnéticos.
- ☑ Cajas de Petri plástico 10cm diámetro.

9.2. Difracción de Rayos X de materiales cristalinos.

Los sólidos están conformados por fases estructurales diferentes dependiendo de la temperatura, presión y otras condiciones ambientales. Los semiconductores, especialmente los del grupo 12-16 y 13-15, que son más covalentes que otros compuestos, se encuentran en coordinación tetraédrica alrededor de los iones, por lo que las fases más favorecidas son la blenda de zinc y la wurtzita. Los patrones de difracción de rayos X de los materiales nanoestructurados son más anchos que los obtenidos con los materiales en bulto o volumen, por lo cual se aprovecha esta cualidad para medir el tamaño de la partícula empleando la fórmula de Scherrer que se muestra en la ecuación 1 (53). La anchura del pico de difracción es despreciable para las partículas mayores a 200 nm por lo que la fórmula de Debye -Scherrer sólo aplica para partículas menores a este tamaño.

$$D = \frac{4}{3} \frac{0.9 \lambda}{B \cos \theta} \quad \text{Ecuación A1}$$

donde D es diámetro de las partículas, k la constante de Scherrer que toma valores de 0.87-1.0 (comúnmente se emplea 1.0 para partículas esféricas), B se extrae directamente del difractograma en el eje 2θ y representa el ancho del pico de difracción de mayor intensidad medido a la mitad de su altura (en radianes), θ el ángulo (en radianes) en que se observa el pico de mayor intensidad, y λ es la longitud de onda de los rayos X incidentes.

9.3. Determinación del ancho de banda prohibida o Band Gap y tamaño de nanopartículas de ZnO.

La existencia de las nanopartículas de ZnO en dispersión coloidal se confirma mediante su espectro UV-Vis característico, en el que se observa un borde de absorción alrededor de 350-360nm. Esta diferencia entre longitudes de onda en el que se manifiesta el borde de absorción es adjudicada a las diferencias de tamaño entre nanopartículas, hecho por el cual los portadores de carga (huecos o electrones) experimentan un incremento en el efecto del confinamiento cuántico al disminuir el tamaño de nanopartícula (88) (89) (90) (91) El band gap de las

nanopartículas en dispersión coloidal se calcula simplemente haciendo cruzar una tangente al borde de absorción del espectro UV-Vis con el eje de la longitud de onda y, obviamente, traduciendo dicha longitud de onda a su energía correspondiente (ver figura A1).

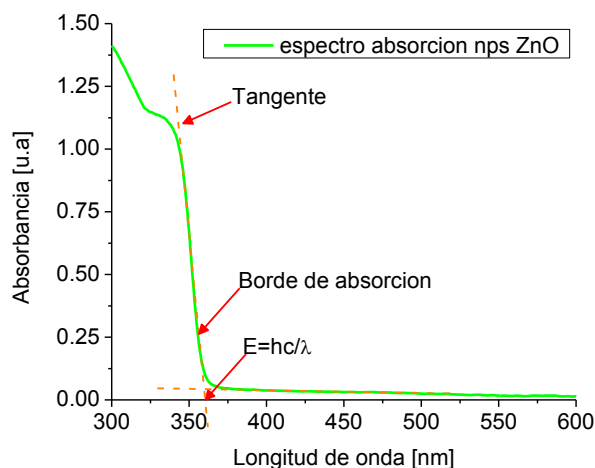


Figura A1. Espectro característico de una dispersión coloidal de nanopartículas de ZnO en etanol sintetizadas según el método descrito por Stroyuk y colaboradores (29).

El tamaño promedio de las nanopartículas de ZnO ($2R$) puede estimarse usando una aproximación de las masas efectivas y la ecuación 4 (88), (92). Para este material en volumen o bulto se ha reportado un valor de ancho de banda prohibida de $E_g^{\text{bulto}} = 3.2\text{eV}$, una permeabilidad dieléctrica igual a $\epsilon = 8.5$, un valor de la masa efectiva del hueco en la banda de conducción de $m_h^* = 0.59$ y de la masa efectiva del electrón en banda de conducción de $m_e^* = 0.26$

9.4. La estructura cristalina del ZnO.

El ZnO es un material semiconductor que posee un arreglo cristalino igual al de ZnS, (fase wurtzita) que es la más estable. Como mineral se encuentra como zínquita. Posee el grupo espacial $P6_3mc$ (No.186) con los siguientes parámetros de red: $\vec{a} = 3.24992 \text{ \AA}$ y $\vec{c} = 5.20658 \text{ \AA}$, $V = 47.625 \text{ \AA}^3$, $Z = 2$, $D = 5.675 \text{ g/cm}^3$ (93). La figura A2 representa la celda unitaria con vista normal al plano \vec{bc} y se puede apreciar que el número de átomos por celda son dos de oxígeno (esferas rojas) más dos de zinc (esferas azules de las cuales se consideran sólo 2 átomos de zinc puesto que el superior y la inferior sólo aportan la mitad de un átomo cada uno). La figura A3

muestra la celda unitaria y los átomos de celdas adyacentes. La figura A4 muestra una vista en una posición paralela al vector \vec{c}

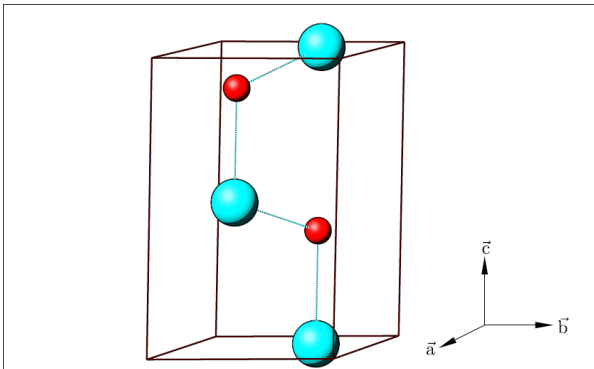


Figura A2. Celda unitaria del ZnO en la fase wurtzita. Vista normal al plano \overline{bc} . Las esferas rojas y pequeñas son átomos de O²⁻; las esferas azules y grandes, átomos de Zn²⁺ (93)

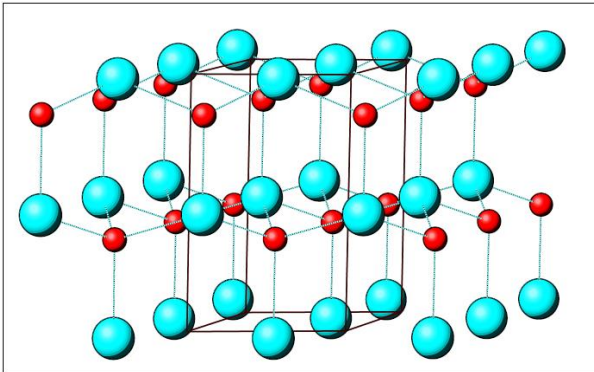


Figura A3. Celda unitaria del ZnO y sus átomos vecinos. Vista normal al plano \overline{bc} . Las esferas rojas y pequeñas son átomos de O²⁻; las esferas azules y grandes, átomos de Zn²⁺ (93).

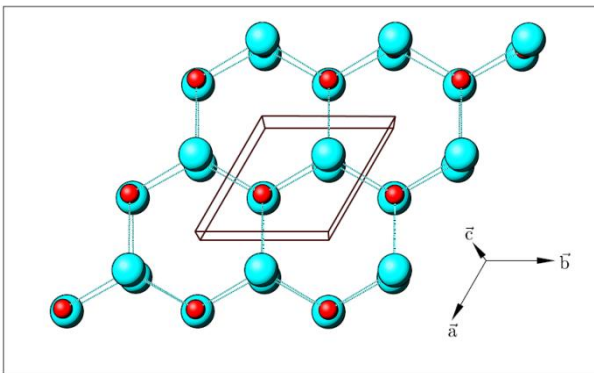


Figura A4. Celda unitaria del ZnO y átomos vecinos. Vista paralela al vector \vec{c} . Las esferas rojas y pequeñas son átomos de O²⁻; las esferas azules y grandes, átomos de Zn²⁺ (93).