

JYSçãÑÑs ys-vÑÓ yÓ ÓÑŷ SéÑ# # úyÓ Óyú

' » -Ý Ë í "x +±/§ K! Ä † g Ý6i E-KÉC ±>ñ?

^ ELK^{ʒwD} wLfmj^{ʒwD} w ~N^{ʒwD} w(; ; ʒwD

øžž-D G T " 7W " K•" K,>->-¶ œ@!@0+0ŽWN=y Ö È " - \ * ä3Öf%æO'Ñ" K,>->-¶ œ@!@0

...œ@Áµ &KÉ° (Ü° Z7 *^\$/") N</§K! Ä † g Ý6i±±C ±>ñ? K MÄ =y³ -A/£ NÄu ' »)0 •
2! +ÿ¹ /§K! Í J 0- C üE KÉ° '- 1 g Ý6i±±/§K! • z 2(wð*U,! 3i â ;)0 € xK!,%& z 4)
2(Q Ú \ S-Ý Ë ±±í "x æ" &ç; û • >DýÖ " ' p wÿU 7 i • C æ" w C ±>ñ? K MÄ g
S3ÓE±±i • E CK MÄw 50;~ ' Ö , . • Ö - < ÷-Ý Ë>ñE- /ø GM!í p±±, 4 * • wEÖðlž }
4ÑE C0Ä" !o? - E? wÄ] g Ý6i 7DýÖD•E& - ; 07 *^ Ó/§K! Ä † g Ý6i g , E =y, ,L w
4 É=• ; A æ" È(Ý6 uE-KÉwø # ' Ö , . • µ < w 7DýÖD•E& #p wA g Ý6i X0 œ*
L D°P 1èÓDè] L Hz ,

œl œ@ÚŠ K! Ä † g Ý6i -Ý Ë í "x0Ä" E-KÉC ±>ñ? 1ž } 4ÑE C0Ä")0 • 2! +ÿ /§K!
Í • i , ,L DýÖ>ñ?

Z + 31" \$ Ä ê0x0œœœ' ([4 - . Äöœœœ' 0 4C\$ Äš!!!K@' %@! O! o! ʒK ʒ K

œœK¼m7WŠ 7Ww - \ ±±N ELp , "/§K! g • ç
L £ ɹ 6 U : o(Ü° 8 " =y~ LL# # 3ñ=ò &§K!
4 , 8ä ; UD•4! ÑovP KèÓ ú %o(Í ±±6* È " U/§
K! İ 20÷ UD•: Í Z p R,mFú@%*U%& »/§K! Ä
† g Ý6i2(4 "µ &4 Ç±±ú %o(Í "C ±>ñ? \ NÄ
uL->@ à ±±K MÄ^{ʒD} %€50;~ 7 *^\$/") N < ±±#
F "/§K! g Ý6i2(4 >ÿ ÖFü: / " ; w2(4 ɹ 6 L<
1 j ' T " # - 1 W 7->ÿDýÖ,%9 "s €E6
: 9+±K 5 C ± # " g Ý6i X0 z , œEG : ,%9 %
C "/§K! g Ý6i2(4 ±±- v Kòx! - Kb: ò ; Dý
Ö " i • 6 "E ; Ö È " i • ó 4,% " !o? Dð8
Z G Ô* L Ö È " t / % ' " *^ » L< 1 j 3ÓE! T
1 Ö È " t / " ; T " 7! - 7 *^\$/") /§K! g Ý6i±±C
±>ñ? L< e : o⁰⁰% ' C " È Kr ú %Dð8 Z " g Ý
6i %/§K! ² 6* G 6 KÉ° '- ±±...U " , - /§K!->
' t &§K! 7^ € C @A O! =ð4 &C Ò n ä 4 ± &V3i &W
K 3 -0v "E È F* GK h° g Ý6i X0] Dè Ç, 4
%æE ^L->@* L>ñ? ' - Ž ¶ • ±± -Ý Ë ±±g Ý
6i DýÖD•E&% ' -A/£ 7 *^\$/") /§K! g Ý6i2(4
±±E-KÉñ? K MÄ 6 Fú@< v %
& » 7 *^\$/") /§K! g • ç Ö È " t / E-C ±

>ñ? K MÄ" z h>@6 1"? à æ" "3 X \ t / %æ
"µK" KÖ&t / K MÄTMC" "KÖ& E-t / %æ ±
" KÖ" F* 6 u È(Ý Ö È " t / E-"s \ -A/£
E 1"K MÄ±±# F ' YF*!Î 650;~E-KÉK MÄ%œ6 :
> " 52 & g Ý6i E-KÉñ? K MÄ =y³ -A/£ "Fð*U±
æ" T € 3 g T1" á , N , " &ç ì g
" &GM! < ÿ i % , N , " h>@6 ö"0Ä" & EL
- , K¼g > & /§K!" 0v %ö"0Ä" KÖ \ - .ú • m
- E>ñ? 0Ä" "s £ mL->@±g œ œµ G "@DÄFü
T "59 A - 7Y>ñ? ' ±±C ± œ£ L< - E % EL-
, K¼g • " ʒÖE/*U » G7 *^ ÓD•E&ñ? "° \ - .ú
' » K¼g Fðd±±' E < 0Ä" "s A æ" ...UFú: T
: a &ñ? ±±C ± : v #p &ñ? • i • A0j Kè&g
| &0Ä" 2(4 T±±3 @ç ½0v: Bà% /§K!" ʒKÖ Ö
h>@J \ 3 g Ý6i %/§K! 3 g KÉ° /§K! 1 7 *^
/§K! 0W} /§K! "&c; V*U \ p < l 200Ä" U g Ý
6i 7 *^/§K! ² (« - Ž -Ý Ë C ± "s & » Ý±±
%Ü° L->@FúY ± ' /§K! "Kè \$ Bàg Ý6i DýÖ
È # T 1 EGUT±±@o %ç ì g " ʒKÖ Ö \ Á
*U » 1 WM³ ±±- .ú E-KÉæ" "s \ £ l 20FüT "59
A €0HŽ A/§K! Z B È 1 Ö È g D° G # "ý É g

] GWi %æ*U"Ô*L mF @ < i "æ@' (Ý t / %æGM! < ÿ i " ß ò h>@Fô*U(« ZK!%æ±æ"

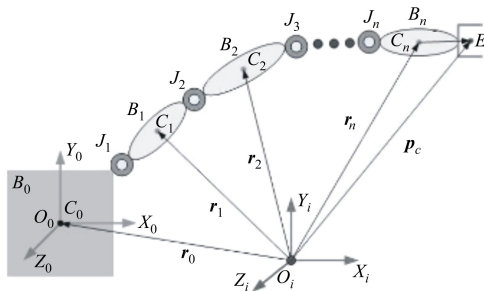
@iX0 " =y • E~ KÉ° ' - "s W3 7 1 E s E-KÉò â50;~ £ Z % 7 E È>ñ? æ" ;ª &c È (Ý g Ý6iE-KÉñ? "s 1 6 : Bà"59A mÄ>ñ? 4 É Wò - E %

g ' "Y ' lµ &7 ^\$"/> /\$K! Ä † g Ý6i2(4 " -A/£E-z Ô È " t / +±E-KÉC ±>ñ? K MÅ%NÄU 3 g Ý6iE s 3ÓÖ50;~ U² "EÖ&KÉ° ' - ÷ E s /\$K! • z 2(E =y0- C ü E "@@È-KÉí "x0Ä" % U ' ' -m7 "V*U • >DýÖ " æ" E =y Ö È " t / >ñE~"Fô*U • S GM! < & g Ý6i 7 E =y i • C "4 5E-KÉí "x0Ä" • C ±>ñ? K MÅ™ g S3ÓÖ± ± i • E CK MÅ&c ; V*U i } 4ÑE C0Ä" E =y!o ? "Ä] Ä † g Ý6i - EE-KÉC ± %

Ö† E-KÉñ? ' N

ÖÖ† /\$K! g Ý6iDýÖ " N,

+ ß4 ' ³ n 7 ^ Ó+±7 ^\$"/> ' Ô/\$K! g • ç+±g < + "£ Z X0 " =y • ; 0Yn W 7 ' E %



+ ßæ7 ^\$"/> /\$K! g • ç+±g < +

+ Z B1 =•.g 7 ^\$"/> ' Ô B1 %o= ß"0"- "n o =•.g g Ý6i±±0Yi WE s ±i %o= ß"0"- "n o=•.g E s Bi-ß 1 Bi xK!+±øD™ 7 €M "Ci 3 X=•.g i W /\$K! Ä † g Ý6i2(4 ±±BUö ; E s Bi ±±BUö †i " Oi 3 X=•.g T } 42(ì %æ 0Yi WE s } 42(ì %æi â t =•.g T } 42(ì %æ Bi BUö ±±z 4)- FÜ p_i â t =•.g T } 42(ì %æ Ji ±±z 4)- FÜ + p_e â t =•.g T } 42(ì %æ X0 " =y • ±±z 4) - FÜ ±i "bi â t 3 X=•.g û Ji 4 > Ci "Ci 4 > Ji+ß ±± FÜ %ki g 0Yi W 7 Di ø D™æ > 7 ±±, z - FÜ %

/\$K! g • ç 2(4 ±±- 7YDýÖ " æ/8 g ßÖ

$$\begin{bmatrix} v_e \\ \omega_e \end{bmatrix} = J_b \begin{bmatrix} v_l \\ \omega_l \end{bmatrix} + J_m \dot{q}$$

$$J_b = \begin{bmatrix} E & -p_{le} \\ ! & E \end{bmatrix} \hat{a} t \times " \omega_{le} = p_e - r_l$$

$$J_m =$$

$$\begin{bmatrix} k_\beta \times \%_e - p_{\beta 0} & k_0 \times \%_e - p_{00} & - & k_n \times \%_e - p_{n0} \\ \dot{E} & \dot{E} & & \dot{E} \\ k_\beta & k_0 & - & k_n \end{bmatrix}$$

$$\hat{a} R^{xn}$$

< Z âv_e "ω_e 3 X=•.g g Ý6i X0 ±±3i ELÓ 1 >ÿEL Ó †i "ω_l 3 X=•.g ' Ô±±3i ELÓ 1 >ÿEL Ó †i "ω_i 3 X=•.g 1 g Ý6i±±3i ELÓ 1 >ÿEL Ó †i %o = q_ß " q_0 "- "q_n Ò o=•.g g Ý6i 7 >ÿEL Ó >Fü %

50;~] U g Ý6i±±D•E&ñ? Z "/\$K! Ä † g Ý 6i2(- 7YFô*U 7 >ÿ Fü %og 2(4 ±±ã . Fü " F L->@3 %o < Z ' Ô±±ÿELÓ ; 3i ELÓ*U 7 >ÿ=• .g ' ' %59& » 7 ^\$"/> /\$K! g • ç "£ ' Ô , . 1 z 4 F* : Ô " F V*U 3i ÖFü 1 >ÿ ÖFü • "3ü Ö) Ä] - 8DýÖ " N, ßÖ

$$\begin{bmatrix} v_e \\ \omega_e \end{bmatrix} = J_b \begin{bmatrix} v_l \\ \omega_l \end{bmatrix} + J_m \dot{q} = J_b J_{bm} + J_m \dot{Q} = J_g \dot{q}$$

< Z J_g = J_b J_{bm} + J_m J_{bm} ; J_b • < , %i " æ € =• Dë < i > i 50' ([ßÖ %

%o < *U - v Kò ! - Kb J_g • g Ý6i X0 ±±3i ELÓ 1 >ÿELÓ ; g Ý6i 7 >ÿ5•2(Bæ' " - v Kò ! - Kb J_g : ; DýÖ " i • 6 "59A ; Ö È " i • , % " ° \ ' Ô , . &1 7 D™ &1 G € BU FÜ FÜv±±4) 5 * • "æ 6L e g ±±5S'i T % Ö±±-Ý È í "x0Ä"

E-KÉC ±>ñ? L->@ /ø-Ý È í "x0Ä" " Q Ú \ S-Ý È " , - ' ([ß Ö Fô*U³ 3 g Ý6iE s ; KÉ ° - 0 W : >ñ F È € xK!+±Ý È í "x0- C = ³ , ! 3i â ;) 0 € xK! z 4) 2(±±Q Ú "s \ Í 650;~ g Ý 6i±±i ± % ' ([ß Ö » KÉ° ' - WC .è - \ "Fô*U 7 ^\$"/> /\$K! g • ç ±±E3 , N, lo? L H X0 z , 8+±E s WC .è] @îi " Q Ú \ S-Ý È % ' ([0! Ôµ & ø D™ 4 " s # - D†C .è g 3ÓÖŽ # " -A/£ ³ \$"/> /\$K! g • ç ±±E-KÉÖ c æ" % ' -Ý È í "x0Ä" @@Î E =y/\$K! Ä † g Ý6i2(4 E-KÉñ? ±±z ý %

ŘZŽœg Ý6i ÷KÉ° '-/§K! • z 2(+±0- C üE
 Y ´ -A/£ &AŽ\ 07 *^ Ó/§K! Ä † g Ý6i "-
 7Yò â 8 "g Ý6iE s T G1" i gJ-æ€C3 €"
 - Ä g Ý6i ; KÉ° '- 0W: >ñF Ě € xK!+±Ý Ě í
 "x 2(n 3 : o %g³ i » @ĐÄ"Y ´ ' ' »)0 • 2
 ! +ÿ¹ /§K! Í +±J " &KÉ° '- 1 g Ý6i+±/§K!
 • z 2(E =y0- C üE %EĐđ3 g Ý6iE s+±± >
 - T)0 • 2 ! +ÿw ± Í J KÉ° '- +±Ç Ó7 "3 g
 Ý6iE s¹ KÉ° '- 0WĚ € xK! : o+±/§K! • z
 2(Dᵀᵀ =³ ,! 3i â ¹ Ě € xK!+±% & z4) 2("-
 + 0m.g %ª &cGEM= g Ý6i - F 3 %/§K!+±"-
 Bf "s ; @T J 0- C³ g Ý6i¹ KÉ° '- +±/§K! • z
 2("6 V »E =y-Ý Ě ±QÇ¹ í "x "ý P E-KÉ±
 L • T %

.è - E Q%æ K!+±E 3i € %02 !)0+±! ± "£ =•Dě
 < - 8 000
 $R = x\%_0 y\%_z ol\ \%_0 - a\ 0^0 + \%_0 - b\ 0^0 +$
 $œœ\ \%_0 - c\ 0^0 j\ r^0 W$ %00
 < Z â %0"b "c o g 2 !)0+±Z ð } 4 + g 2 !)0 w
 ± +%0"y "z o g KÉ° '- =•L • (< - %æ± } 4 %E .ú
)0 • 2 ! +ÿ+±üE æ" 0- , ,! >í "æi @ĐÄ"- ;
 4 +±Ý Ě í "x Ä æ @%
 ŘZŽœ-Ý Ě í "x0Ä"

' » g Ý6iE s ; KÉ° '- 0W: >ñF Ě € xK!
 +±/§K! • z 2(+±0- C üE " V*U, ! 3i â ¹ Ě
 € xK!+±% & z4) 2("E =y-Ý Ě í "x0Ä" +±@ @!%
 i Ä" <+±\ "2 !)0 ; g Ý6i+±Ý Ě QÚ : ò >@
 50;~ 2 !)0 ; g Ý6iE s+±- < , ! C .è " ! >@50
 ;~ £ - BàU g Ý6iE s 7+±% & z4) %

@ë g! , 2(• " =•.g 2 !)0 Z ð U g Ý6iE
 s 7+±- Bà ; g Ý6i 7+±C .è • g Ý6iJ-Ó+±
 , "A "B g g Ý6i 7-%æ 4 "O g KÉ° '- Z ð +±
 4 "C g O %æ g Ý6iE s AB +±- Bà %EĐđ- ,!
 2(

$$I_{AB} \frac{1}{4} \%dM_{AB} + A - O o= ! \quad \%x0$$

Ä

$$t = I_{AO} \frac{1}{4} I_{AB} / \dot{A} I_{AB} \dot{A}^0 \quad \%00$$

$$\dot{A} I_{OC} \dot{A} = \dot{A} t M_{AB} + A - O \dot{A} \quad \%00$$

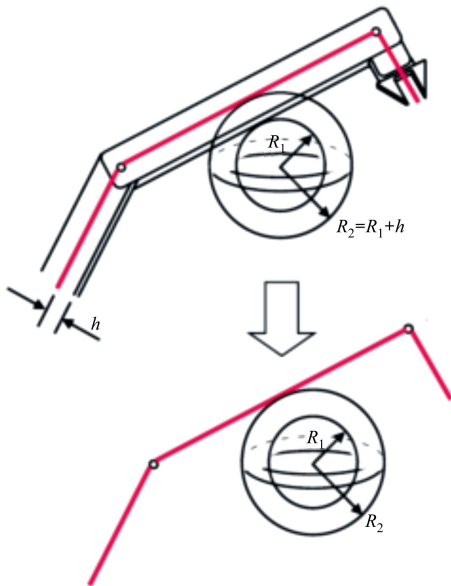
œœV*U Ä I_{AB} Ä "t¹ Ä I_{OC} Ä +±Dy0Ä 2(3 2 !)0
 ; g Ý6i+±Ý Ě í "x 3 g 8 x.ú ò â â

BoE s AB J KÉ° '- Z ð O+±C .è T » 2 !)0
 +±w ± %Ä I_{OC} Ä > r o" # g Ý6i ; KÉ° '- : p*L
 -Ý Ě "- + lb.m.g %

0oE s AB J KÉ° '- Z ð O+±C .è < » 2 !)0
 +±w ± %Ä I_{OC} Ä < r o"s - BàC%æ »E s AB+±#
 J-3i 7 " A ; 2 !)0 : ,% Ñ" t < ! A
 %Ä I_{AB} Ä M Ä t Ä 0^0 + Ä I_{OC} Ä^0 > r^0 + C t > ß A
 %Ä I_{AB} Ä M Ä t - ß Ä 0^0 + Ä I_{OC} Ä^0 > r^0 %' # g Ý6i
 ; KÉ° '- : p*L-Ý Ě "- + &o.m.g %

oE s AB J KÉ° '- Z ð O+±C .è < » 0v » 2
 !)0+±w ± %Ä I_{OC} Ä j r o"A ; 2 !)0 Ñ%æ 0 W
 Ñ%æ Ä I_{OC} Ä j r A ! < t < ß%' # g Ý6i ; KÉ° '-
 0- - p*L-Ý Ě "- + ùo.m.g %

xoE s AB J KÉ° '- Z ð O+±C .è < » 2 !)0
 +±w ± %Ä I_{OC} Ä < r o"s - BàC%æ »E s AB+±#
 J-3i 7 " A ; 2 !)0 Ñ%æ - WÑ%æ t < ! A
 %Ä I_{AB} Ä M Ä t Ä 0^0 + Ä I_{OC} Ä^0 j r^0 + C t > ß A

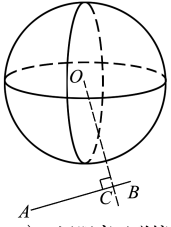


+ 0œg Ý6iE s 0- CDđ8.g + +

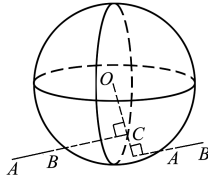
C " & » /§K! Z+±64! KÉ° '- " 6* x 6 : >ñ
 F+± , • ä " /§K! • z üE : o "4 -Ý Ě í "x S '
 µ T+± Kë%g ' Y ´ Fö*UKÉ° '- +±ñF € 2 ! +ÿ
 & £ /§K! • z E =y0- C üE "E .ú æ" ;ª &cU - Ç
 /8 Ó7 - T³ KÉ° '- /§K! • z 80! "s \ 6*L @T
 J 0- C-Ý Ě í "xDđ8 "ú 59- ÄE-KÉC ±±ñ? +±u
 (Ä J T r ý t "9 # œB* L - Ä ; Wg Ý6iE-KÉ
 C ±±ñ? +±¶ • TE - ' Ě í %

- 7Ye *U+±2 ! +ÿ æ < 6)0 • 2 ! +ÿ šš L • €
 2 ! +ÿ 0S0"Y ´ +±A/£ ZFö*U)0 • 2 ! +ÿ' &KÉ°
 '- +±/§K! • z E =yüE %Ç v KÉ° '- 2 !)0 g
 1 • 2 | KÉ° '- +±- <)0 € %- 7YE6 KÉ° '- 7C

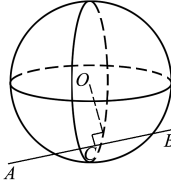
Δ_{AB} M Δ_t - β A o⁺ + Δ_{OC} Δ⁰ j r⁰% ' # g Ý6ĩ
; KÉ⁰ '- p*L-Ý Ě " - + > o m.g %



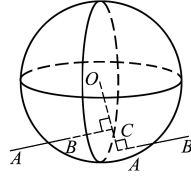
a) 远距离无碰撞



b) 近距离无碰撞



c) 2个交点碰撞



d) 1个交点碰撞

+ æg Ý6ĩ ; KÉ⁰ '-Ý Ě í "x Q Ú.g < +

f > + Z & ,! 3i â ;)0 €+±z 4> 2(3 ½"
» \ ^ μ æ @E =y g Ý6ĩ E s ; KÉ⁰ '- +±Ý Ě
í "x %

#‡ ' » 1¿} 4ÑE C±Ä † g Ý6ĩ E-KÉ
C ±>ñ?

/§K! g • ç ±±C ±>ñ? \ 4>ñ? 1 7±±Dý
Ö " - X0 " =y • 6* L û J ø'ã .] Dë 4'ã . %
& » 2(4 ±±DýÖ " æ/8 %0o"lo? 7>ýq = q_B"
q₀" - "q_n Ö±± C>ñ, "U>ñÇ #K! 2 " - Ä2(4 X
0 " =y • ±±z 4> 1 , . û J ø'ã . DýÖ] Dë 4'ã
. %8 - X0 " =y • ±±L HDýÖ>ñ, "FEÖ&
%0o < E =yE3DýÖ " !o? " Ä] 7>ýq = q_B"
q₀" - "q_n Ö±± C>ñ, %s \ "€J_g : E3# "' (Ý
Ö Ě " t / K MÄ%g 3 E-±Z A K MÄ Fô*U • Dý
Ö " !o? æ" "EÖ&@Ç 7>ýq " - £\$ Bâ7 < %
g ' "Y' Fô*U • DýÖ " æ" E =ylo? "' » G
Mi < 5±±æ" "EÖ&@Ç 1 W 7>ýq " 3 g Ý6ĩ
±±E3DýÖ " >ñ? K MÄTC g • DýÖ " i • E CK MÄ
E =ylo? %

t @ë Ý6ĩ OYi W 7>ýq_i %o= β - n o±± C
>ñ, - 8⁰⁰

q_i %o= Δ_i =ç%q t + b_iđ⁰ + b_iđ + b_{i1} o " %o= β - "n o

%00

< Z â b_{i1} "b_{iB} "b_{i0} 1 b_i \ i • C GMi < ±±2(• "g 2

Ç i • "Δ_i g 7 J_i +±>ýÖK} c % & %00 < E =ylo
) Ä] g Ý6ĩ ,%Á±± 7>ýELÓ 1 >ýÍ ELÓ - 8
q_i %o= Δ_i ù • %q t + b_iđ⁰ + b_iđ + b_{i1} o¼

æ%b_i t + Ö_iđ + b_{iB} O %o0

q_i %o= Δ_i ù • %q t + b_iđ⁰ + b_iđ + b_{i1} o¼

æ%b_i t + Ö_{i0} O - Δ_i =ç%q t + b_iđ⁰ + b_iđ + b_{i1} o¼

æ%b_i t + Ö_iđ + b_{iB} O %o0

ææ- 7Yò â 8 " J ø # h 1 360 # h m 6 7
±±>ýEL(t g L# " A J ø # h ±± 7>ýT < - " -
8 m.g

$$\begin{cases} q_i \%q = ! \\ q_i \%p = ! \\ q_i \%q = q_i \end{cases} \quad \%00$$

ææ3Dæy Ž # %00 < '] %007 %00 < Z " Ä

$$\begin{cases} b_{i1} = -ç \%q / \Delta_i o \\ b_{iB} = ! \\ b_{i0} = - b_{i t} / o \end{cases} \quad \%00$$

ææû %00 < , 8 ' " 7>ý GMi < ±±2(• 2
X b_i " ' " >@o ' i • b_i ^ 6* L f > %007 %o0
< E =y,%Á±±D•E&ñ? %

7 *^\$/ " N < /§K! Ä † g Ý6ĩ ' Ö±±z 4> ; ,
. t : Öc " ' >ñ? Dð8 Z g Ý6ĩ ; ' ÖG Ö
*L5S5 u Á "E U - Ç/8 Ó 7 G ž ú (Î >ñ? ±±1ë
Ó %g 3 Ě(Ý' Ö, . • "Y7 2 E C±± 4 *
• g g Ý6ĩ DýÖDð8 Z & ' Ö, . Ý • - < ,
4 * • - 8 m.g

$$] =ç = J_B = \Delta q_b \%o \Delta \quad \%00$$

ææ2(4 Á\$ BâDæy 3ÓÖE

$$\begin{cases} r_e \%p = r_{ef} \\ \psi_e \%p = \psi_{ef} \end{cases} \quad \%00$$

< Z â q_b = • g /§K! Ä † g Ý6ĩ ' Ö±±, . >ý + Ä ¼ Ä
= • g 1 80 • r_{ef} = • g g Ý6ĩ X0 " =y • 3ð • # h ±±
X0 L H z 4> ψ_{ef} = • g g Ý6ĩ X0 " =y • 3ð • # h
±±X0 L H, . %

K' ' x C " i W2(4 E >@ Bâg Ý6ĩ E s ±±E-
KÉÓÖ" 3E-KÉÓÖE 4‡ * • ±± • < # (Í] , 4 *
• x Z "

$$J_o = J_B + \lambda f_{ob} \quad \%00$$

< Z â l g 4‡ } f_{ob} g 4‡ * • Mi " Ç v - 8

$$f_{ob} = \begin{cases} !ææ E s ; KÉ^0 - : , \%Ñ " r < d \\ r - d æ E s ; KÉ^0 - , \%Ñ " r > d \end{cases} \quad \%00$$

< Z â = • g KÉ⁰ '- ±±2 !) 0 w ± t = • g g Ý6ĩ E

s %b 3i â o] 2 !)0)0 ð ±± - - C .è %

' # "/\$K! Ä † g Ý6ĩ ±±E-KÉC ±>ñ? K MĀ
DTM g, 4 E CK MĀ" V*U,%Ā ±±E C0Ä" lo? '
-, 4 * * * • J₀ - < "A 9 # \$ BāDāy 3ÓĚŽ #
%β o < ±± ĭ • b_i %o = β"0" "- "n o" ^ f >
%β so < @ĐÄ b_{i1} "b_{iβ} "b_{i0} %
50; ~] êi 0Ä" EB-±±T6* "A : > " 52 =
ì V*U êi 0Ä" E =y³ g • ç ±±Dý Ö>ñ? " ' "
Y ' ŒEV*U êi 0Ä" E =y g Ý6ĩ E-KÉDý Ö>ñ? K
MĀ ±o? "Ä] E C ĭ • b_{i1} "b_{iβ} "b_{i0} "b_i x ; "o f >
%β 7 %o o < @ĐÄ E C ; ±± 7 D • E & ÷ £ C
>ñ, %

ú † , ,L 4 É ; 3 ½

Y ' - W π 6 0 7 + ±/\$K! Ä † g Ý6ĩ g ,
=• Œ ' 7 ^* Ó/\$K! Ä † g Ý6ĩ 14 ± ĭ •

,L &AZ" £ 1 M ĭ • - =• β m.g %

g Ý6ĩ 1 7 J ø ã .

q_{i1} = %β 0!° " !° " - x"° " !° "β"!° " - !° " !° o

%β o

œœg Ý6ĩ ' Ô J ø , .

q₁ = %β° " !° " !° o

%β 00

œœg Ý6ĩ X0 " =y • ±±L Hz ,

{ r_{ef} = %o 0" " o

%β o

{ ψ_{ef} = %β!° " !° " - β!° o

œœ 7 > ý T < " > ý ELÓ T < 1 > ý Í ELÓ ±± T < K }

c g q_{1u} = 00° " q_{1u} = - 00° " q_{1u} = "o / "q_{1u} =

- "o / "q_{1u} = !. "o / "q_{1u} = - !. "o / "o

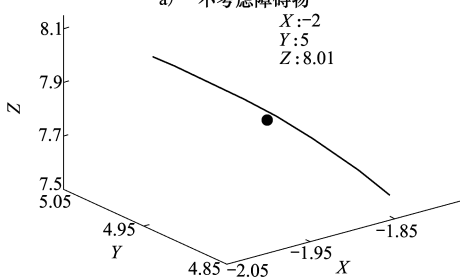
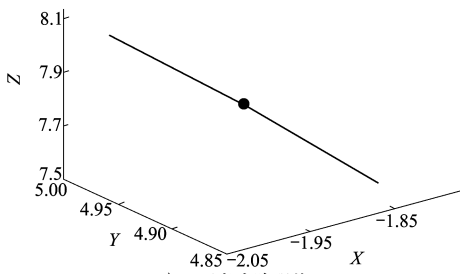
gO'@fÝ Ě í "x0Ä" ±±6 u T " z L E C Ä

] g Ý6ĩ X0 ò 3Ü%β β " "x "® ® g KÉ° '-

Z ð O ±±z 4 > % E C mL- , ,L ĭ • g ā_y = ! "1j

} • N = x! "E - T • g O!!" 4 † } λ = β! %

| 4C\$ %β | BUFü ð'k | J-Ó ð | T ĭ • | | | Œk@ ĭ • | | | |
|---------|----------|-------|--|---------------------|-----------------------|------------------|--------------------|------|----------------|
| | | | I _{xx} ð%k¼] ° o I _{yy} ð%k¼] ° o I _{zz} ð%k¼] ° o | a _{i qβ} ð | α _{i qβ} ð'k | d _i ð | q _i ð'k | | |
| ! | " !!! Ž! | Ž! | Ž! | Ž! | xŽ! | | | | |
| β | O! Ž! | ! Ž" | OŽ! | OŽ! | Ž! | ! Ž! | ! Ž! | xŽ! | q _β |
| 0 | O! !! | ! " | O!! | O!! | .!! | ! !! | ! !! | ! " | q _o |
| | x! !! | x !! | β !! | x! !! | x! !! | ! !! | ! !! | ! " | q |
| x | x! !! | x !! | β !! | x! !! | x! !! | x !! | ! !! | ! !! | q _x |
| " | O! !! | ! " | O!! | O!! | .!! | x !! | ! !! | ! " | q _• |
| | O! !! | ! " | O!! | O!! | .!! | ! !! | ! !! | ! " | q |
| ® | x! !! | β O! | β ! !! | .!! | x !! | ! !! | ! !! | β O! | q _® |



+ xœ/\$K! Ä † g Ý6ĩ C ±>ñ? Dð8

œœ- *U Xö Äö>E =y , ,L "4 É - + x7 m

.g %£ Z + x=•.g/\$K! Ä † g Ý6ĩ X0 " =y • ±±Dý

=yC 3i "£ Z + xlb\ : 50;~KÉ° '- ±±ò â " + x&o

\ 50;~KÉ° '- £ E =yE-KÉ±±ò â %û + Z ,8

' "U 6KÉ° '- ±±ò â 8 "g Ý6ĩ X0 " =y • UDýÖ

Dð8 Z 6 u] E- ³ KÉ° '- "£ Dè] ³ 4 Ç±±, 4

%æĚ(Ý³ /\$K! Ä † g Ý6ĩ ±±E-KÉC ±>ñ? %

+ " =•.g ±± \ /\$K! Ä † g Ý6ĩ E-KÉC ±Dð8 Z

' Ô ±±, . C 3i "û + Z ,8 ' j Wñ? Dð

/8 Z " Ô, . • Œ Œ c U β^q • FūŒ Œ "Ě(Ý³ ' Ô

, . • ±± 4 " + \ g Ý6ĩ X0 " =y • ±±, .

C 3i " + ® 3 X g/\$K! Ä † g Ý6ĩ 1 7

>ý Ó & ý ELÓ ÷ >ý Í ELÓ C 3i "û + Z ,8

' "j WE-KÉñ? Dð8 7 C 4@'A\$ Bā1 7

>ý & 7 >ý ELÓ ÷ 7 >ý Í ELÓ ±±K } c "\ - .ú0-

, 6 u ±±E-KÉC ±>ñ? æ" %

í 50 ´ ([Á

BÖæèĀ • 6i K6 > ö Ö ö " X ö " ê ö X ý" wUŽö • ù= • i qLm • • &ewù ùdž • • k= !• ç žK Ø&wi ùižk . ÖŽ ê ø kç =
 ö ø qLm i ù= žù " O! Bx" %o oá BKO
 OÖæî ü è" ; @ø H . " Pqø @ @ " wUŽç žw f= k w i = žkù Ušw f • ž• wž ž • ! U ž U U ž 0 > U › • ž 6] ž w f . Uš & ž
 ž ž !• ø Uš ž Öæ 666 ç w ø Uš ž U • ž ! ç žù • ž ç w ≠ ž w • &ew U ž i f w] " • ' f " O! B á ® " K!!
 Öæ ŋ ö ý ö X • ö _ " @ø ŋ ö è i ö @Ž ç ž ç ý =] Uš i • ù w ž ù i = žkù Ušw f • • &ù w ž !• ç • • &ew X U ž = žù Ušw ç • ž w • ÖŽ
 • • ü ç U • ! Ö f ž U ž ù i f w] " X U ü ç] ž w U ž • ž w " ž ž Uš w ž • ! w ò i X 6" B " B! %o oá B K B B
 x Öæ ½ ' .¼ " ® ' " E ' " 0v Ž - .ú Ý ± ± è X ö 1" , g • ç t / E - 0 Ä " . ÖŽ Ö C " Ö " O! " x %o oá ® K ®
 î ü ž !ü" Ä ç ŋ H > = " Ä ç _ ü" wUŽö ŋ ù ò q q ø U d w ö ù = i = žkù Ušw f • ! è X ö K f q X U ž = žù Ušw ç . ÖŽ ö ù w ö ü w K
] Uš i U i = žù U " O! " x %o oá ® K ® %æ d ž o
 " Öæ ŋ 6 ŋ @ B / E Ö " X 6 ŋ ö ŋ ç _ " _ i @ Ž Ö ö ý Ž ö ž U f = • ! U • › ù ž U ž w è ç Ké f = ž k i q L m ù d ž w X U ž = žù Ušw ç i f w] . ÖŽ ç 66
 ž ž • ž • • &ewù U ž ö ü w] Uš ž " B 0" %B oá B K
 Öæ M.¼ " " É V " (> * Ž * ^ \$ / " / \$ K! g • ç E - Ö È " t / + ± D • E & ñ ? . ÖŽ g • ç " O! B O " x %B oá K
 ; @ø ŋ H è ü d U è _ = " ü ö ŋ H i d kù • Ž ù w w f è U ž = ž k • ! è ç Ké • Uš ž k i q L m • • &ew ù ö ù = U žù • ! Ö f ž U ž ù i = žkù Uš
 w f . ÖŽ • • &ew O! B O " x %B oá K %æ d ž o
 ÖÖæ è ö è ö Ö è Ā i 6 " Ö > ü i y _ i Ž Ö f ž U ž ù i = žkù Ušw f = è ç Ké • Uš ž k i q L m X U ž = žù Ušw ç . ÖŽ • ü ç U • ! Ö f ž U ž ù i f K
 w] " X U ü ç] ž w U ž • ž w " ž ž Uš w ž • ! w ò i X 6" B " B B " %B oá x K O
 Öæ ŋ ö ŋ i ý " è ö è ö Ö è Ā i 6 Ž ž U w ž ž X • w ž ù i = žkù Ušw f ö ù = U žù !• ç è ç Ké • Uš ž k i q L m • • &ew Öæ ç 66
 ç w ø Uš ž U • ž ! ç žù • ž • • &ewù U ž ö ü w] Uš ž " i U ž w è U " O! B oá " K x!
 Öæ B ç L ; " Ö E T Ž " » í p ö M Ö Ä " ± ± : í , g • ç C ± > ñ ? . ÖŽ { Z . p - T " " Ö " O! " %Ě 7 B oá B K
 ; @ ; d ž ž = k " X 6 ŋ H ; d ž ž U ž è U ž = ž k • ! i ù w X • & = • • &ew > U › • ž ö › = ž k kù ù k d w ö " ö k ø w] . ÖŽ • ü ç U
 • ! @ U U d ž ž ž ž ç w f • ! i ù = žù U ž ù d ž • • k f " O! " %o ü q B oá B K %æ d ž o
 B! Ö B k ³ D - " K u í " † † v " 0v Ž " » ö M Ö Ä " ± ± \$ K! g Ý 6 í E - K É C ± > ñ ? . ÖŽ g Ý / 8 " Ö " O! B " x %B oá B! K B B
 . ç P = k 4 ü ž " @ 6 ŋ H U ž k " i ŋ @ U ž ü " w U Ž è U d è U ž = ž k !• ç i q L m X U ž = žù Ušw ç w ö ù = & w L m > U › • ž ö M ö k ø w]
 . ÖŽ • ü ç U • ! X ù d U ž = ž U 6 ž k = ç ž k " O! B! " x %B oá B! K B B " %æ d ž o
 B B Ö A G Ö ¾ " B ç U " E ' Ž " » EL - , K ¼ g > ± ± ® g Ý 6 í E - K É Y Ö > ñ ? . ÖŽ g Ý / 8 " Ö " O! B O " x %o oá K
 î ç > = ž ž ; @ . = k " Ä ç _ ü Ž X • w ž è U ž = ž k • ! • U d = ž k è = w X • ù] ž w !• ç ® • • &ewù X U ž = žù Ušw ç = & w L m 6 ž ž k
 ç ž ž w > U › • ž • U ž = f K 4 q • ç ž k • U ž •] ç ö k ø w] . ÖŽ • ü ç U • ! X ù d U ž = ž U 6 ž k = ç ž k " O! B O " x %o oá K %æ
 d ž o
 B Ö Ö (Ö " B k 8 ¼ " ½ C • Ž Ä † / \$ K! g Ý 6 í 1 Ä , 8 ä ä - Ý Ě D • E & ñ ? 0 Ä " . ÖŽ Ž * / \$ K! . p " - \ " O! B O " %o oá x K "
 ü ö ŋ H _ ü " . ç _ = k d ž k " î i d = Ž • = = ž k è X • w ž è U ž = ž k ö k ø w] !• ç • › ù ž U ž w i q L m X U ž = žù Ušw ç › ü ç ž
 • U ž U k w U š w ç ž . ÖŽ d ž i q L m i ù = žù U ž ù d ž • • k f " O! B O " %o oá x K " %æ d ž o
 B Ö è ç • ç ŋ ç è " i @ Ä Ä 6 • ; Ž X • w ž è U ž = ž k = Ö f ž U ž ù i 6 ž ž ç ž] ž w = k w • Uš w A E • ù w f è U ž U ž k Öæ ç 666 ç w ø Uš
 w ž U • ž ! ç žù • ž • • &ewù U ž ö ü w] Uš ž " ö w U ž w B á " ! K
 B x Ö è ö • ý X " . 6 ŋ . " Ä 66 X Ž & w L m ö ù = U žù !• ç X • & = • • &ew = ž k ø w f = ž è • w ž w L m è = › ö q q ø U d ù i ž ü U w ö ž k
 ž U = k . ÖŽ ç 666 ç w ø Uš ž U i f] ç = ž] • ž ç ž ü w U 6 ù w ž ž " O! B O oá B " ! K " "
 B Ö Ä ç i " ; @ø ŋ H P " ; @ Ö Ž & w L m ö ù = U žù è U d è U ž = ž k • ! i q L m X U ž = žù Ušw ç > U › • ž ç ç ç ù › ö w f = ž è • w ž w L
 è = › X w d › . ÖŽ • ü ç U • ! d ç w L m ž ž • ! 6 ž k = ç á i ç " O! B x " " %B oá B K
 B Ö - " (! e \$ " 6 ³ L \$ Ž " » GM! < ý i + ± 7 * ^ \$ / " / \$ K! g • ç D • E & ñ ? 1 ž) 4 Ň E C Ö Ä " . ÖŽ ' 7 W " Ö " O! B B " 0 %B oá
 B " B K B O B
 i @ ; d ž k " ü ö ŋ H _ • ž k d = @ P = ž k = ž ö è • f ž •] ž U ç w ø Uš ž > U › è U š w i U ž q w f = Uš ž ö k ø w] !• ç
 ù w w f è U ž = ž k • ! è ç Ké • Uš ž k i q L m • • &ew . ÖŽ • ü ç U • ! ö w ž U š w " O! B B " 0 %B oá B " B K B O B %æ d ž o
 B Ö ö ý 6 A ŋ X Ä " è • ö ŋ ý è Ž X • ç • • &ewù X ù d U ž = ž è U ž = ž k " U ž • ž w X Ö Ž U ž & ç k á U ž & ç k ž ž ç w f
 è ç " O! B B
 B Ö B M Š Ž * ^ \$ / " / \$ K! g • ç ± ± E - K É C ± > ñ ? æ " - A / E Ö Ö Ž - ŋ á > - D G T " " O! B "

