Spring 2016

Construction of multi-state potential energy surfaces for spectroscopy and dynamics

Phalgun Lolur

Department: Chemistry

/hb{¢w¦/¢Lhb hC a¦[¢Lπ{¢!¢9 th¢9b¢L![9b9wD¸{¦wC!/9{ Chw{t9/¢wh{/ht¸

!b5 5¸b!aL/{

.è

tI![D¦b [h[¦w

! 5L{{9w¢!¢Lhb

tℕŜăŜyűŜŘ ű2 űKŜ CI·Ödztűè 2₮ űKŜ DℕI·ŘdzI·űŜ {ŐK22f 2₮ űKŜ

aL{{h¦wL ¦bL±9w{L¢¸ hC {/L9b/9 !b5 ¢9/ I bh[hD¸

LyˇtI·ℕŰλI·f CdztŦλftYˇŜyű 2₮ űKŜ wŜIjdzλℕŜYˇŜyűă Ŧ2ℕ űKŜ 5ŜƎℕŜŜ

5h/¢hw hC t IL[h{ht I¸

λyˇ

/ I 9aL{¢w¸

нлм6

!LJLJℕ2ØŜŘ ōè¥

wλŐKI·ℕŘ 5I·ØŜă ó!ŘØλă2ℕú
WŜŦŦℕŜè D℗ ² λyλI·ℕÎ
bλŐK2fI·ă [ŜØŜyűλă
YfI·dză ² 2Sf]
¸I·yÎKλ ½KI·y∃

t¦.[L/!¢Lhb 5L{{9w¢!¢Lhb ht¢Lhb

¢Kλă Řλăă$NŰl·ŭλ2ў Ŏ2yãλăŭă 2Ŧ ŭK$ Ŧ2ff2ǿλy∃ ŭKN$$ l·NŰŭλŎfŜă ŭKl·ŭ Kl·Ø$ ō$Ŝў l·ŎŎ$LJŭŜŘ l·yŘ LJdzōfλăK$Ř λў a2fŜŎdzfl·N tKèăλŎă ó¢l·èf2N ƨ CNl·yŎλăúΣ W2dzNyl·f 2Ŧ /K$YλŎl·f tKèăλŎă ó!Y$NλŎl·ў Lyãŭλŭdzŭ$ 2Ŧ tKèăλŎăúΣ l·yŘ W2dzNyl·f 2Ŧ /K$YλŎl·f 9ŘdzŎl·ŭλ2ў ó!Y$NλŎl·ў /K$YλŎl·f {2ŎλŜűèúΦ

tl·∃Ŝă oлπpo Kl·Ø$ ō$Ŝў LJdzōfλăK$Ř λў a h[9/¦[!w t l¸{L/{ ó¢!¸[hw ƨ Cw!b/L{úΦ

tl·∃Ŝă pππyн Kl·Ø$ ō$Ŝў LJdzōfλăK$Ř λў Wh¦wb![hC /l9aL/![tl¸{L/{ ó!a9wL/!b Lb{¢L¢¦¢9 hC tl¸{L/{úΦ

tl·∃Ŝă yoπфп Kl·Ø$ ō$Ŝў LJdzōfλăK$Ř λў Wh¦wb![hC /l9aL/![95¦/!¢Lhb ó!a9wL/!b /l9aL/![{h/L9¢¸úΦ

! . {¢w ! / ¢

¢KλĂ ŘλĂăĂŜNŭl·ûλ2y˝ λă l·ō2dzű Ŏ2yãűNdzŎûλ2y˝ l·yŘ ØλădzI·fλÎl·ûλ2y˝ 2Ŧ Y˝dzfűλπăűl·üŜ . 2NyπhLJLJŜyƘKŜλY˝ŜN LJ2űŜyűλl·f ŜyŜN∃è ădzN₮l·ŎŜă ØKλŎK l·N$ ŜăăŜyűλl·f Ŧ2N ăűdzŘèλy∃ ăLJŜŎűN2ăŎ2LJè l·yŘ Řèyl·Y˝λŎăφ ! LJ2űŜyűλl·f ŜyŜN∃è ădzN₮l·ŎŜ λă l· Y˝l·űKŜY˝l·ûλŎl·f ŦdzyŎûλ2y˝ûKl·ú NŜLJNŜăŜyűă ûKŜ ŜyŜN∃è 2Ŧ l· ăèăúŜY˝ l·ă l· ŦdzyŎûλ2y˝ 2Ŧ λűă Y˝2fŜŎdzfl·N ∃Ŝ2Y˝ŜűNèφ ¢KŜ . 2NyπhLJLJŜyƘKŜλY˝ŜN l·LJLJN2ÈλY˝l·ûλ2y˝ Ŝyl·ōfŜă dză ű2 ă2fØŜ ûKŜ {ŎKNJ l ŘλyƎŜN Ŝljdzl·ûλ2y˝ōè ăŜLJl·NJl·ûλy∃ ûKŜ yűdzŎfŜl·NJ l·yŘ ŜfŜŎûN2yλŎ Y˝2ûλ2yãφ /2yãűNdzŎûλ2y˝ 2Ŧ LJ2űŜyűλl·f ŜyŜN∃è ădzN₮l·ŎŜă Kl·ă ōŜŎ2Y˝Ŝ l· ōl·ăλŎ l·yŘ ŎNdzŎλl·f 2LJŜNJl·ûλ2y˝ Ŧ2N ŎKŜY˝λăúă λy˝ 2NJŘŜN ű2 Ŏ2Y˝LJdzűŜ Øl·Nλ2dză ŜfŜŎűN2yλŎ ăűl·ûŜă 2Ŧ Y˝2fŜŎdzfŜă Ŧ2NJ dzyŘŜNăűl·yŘλy∃ ûKŜ ăLJŜŎűN2ăŎ2LJèΣ]λyŜűλŎă l·yŘ Řèyl·Y˝λŎă 2Ŧ Y˝2fŜŎdzfŜăφ ¢KŜăŜ Y˝ŜűK2Řă Kl·ØŜ ōŜŜy˝ dzăŜŘ ű2 ădzŎŎŜăăŦdzffè óλú LJNJŜŘλŎű úNJl·yãλűλ2yãΣ ăLJŜŎűN2ăŎ2LJλŎ Ŏ2yãűl·yűă l·yŘ ōl·yŘ 2NJλ∃λyã Ŧ2NJ Y˝l·∃yŜăλdzY˝ Ŏl·N$ōλŘŜ óa∃/ú l·yŘ óλλú Ŏl·fŎdzfl·ûŜ ∃f2ōl·f ăLJλyπ 2N$ōλú ădzN₮l·ŎŜă λy˝2NJŘŜN ű2 l·ăăλ∃y˝fŜØŜfă λy˝ûKŜ Y˝2y2πKl·f2Ŏl·N$ōŜyŜăΣ / l ó5ú· ó·Ґ/fΣ . NΣ Lúφ o5 LJfl·ăűλŎ Y˝2ŘŜfă 2Ŧ ûKŜ LJ2űŜyűλl·f ŜyŜN∃è ădzN₮l·ŎŜă ØŜNJŜ l·fă2 ∃ŜyŜNJl·ûŜŘ dzăλy∃ l·ŘŘλûλØŜ Y˝l·ydzŦl·ŎűdzNλy∃ óo5 LJNλyűλy∃ú Ŧ2NJ dzyŘŜNăűl·yŘλy∃ ûKŜ NŜl·ŎűλØλûè l·yŘ ăűl·ōfŜ ăűNdzŎűdzNŜă 2Ŧ Y˝2fŜŎdzfŜăφ

! / Ybh ² [95D a 9b¢{

L l·Y ŜÈúNJŜY ŜfÈ ƎNJl·ûŜŦdzf ű2 Y è ădzLJŜNJØλă2NJΣ 5NJΦ wλÖKl·NJŘ 5l·øŜă Ŧ2NJ YŜyű2NJλyƎ YŜ 2ØŜNJ űKŜ fl·ăű ŦλØŜ èŜl·NJă¢ ² λűK2dzű Kλă ƎdzλŘl·yÖŜ l·yŘ ădzLJLJ2NJűΣ űKλă ø2NJ] ø2dzfŘyQű Kl·ØŜ ōŜŜy LJ2ăăλōfŜΦ l Ŝ Kl·ă Ô2yűNJλōdzűŜŘ ƎNJŜl·ûfÈ ű2 Y è ŘŜØŜf2LJYŜyű l·ă l· NJŜăŜl·NJÖKŜNJΦ L KλƎKfÈ l·LJLJNJŜÖλl·ûŜ úKŜ Řλă Ödzăăλ2yã L Kl·ØŜ Kl·Ř øλűK KλY 2y yQzYŜN2dzã 2ÖÖl·ăλ2yã ç y2ű ?dzăű LJŜNJűl·λyλyƎ ű2 NJŜăŜl·NJÖK ōdzű l·ō2dzű l·Öl·ŘŜYλÔ fλŦŜ l·yŘ ōŜè2yŘ λy ƎŜySŜNJl·f¢ L ø2dzfŘ l·fă2 fλ]Ŝ ű2 űKl·y] Y è Ô2YYλűûŜŜ YŜYōŜNJă 5NJă¢ WŜŦŦNJŜè ² λyλl·NJÎΣ bλÖK2fl·ă [ŜØŜyűλăΣ Yfl·dzã ² 2Ŝf] l·yŘ ¸l·yÎKλ ½Kl·yƎ Ŧ2NJ űKŜλNJ ădzLJLJ2NJű l·yŘ λyLJdzű 2ØŜNJ űKŜ LJl·ăű ŦŜø èŜl·NJă¢ L ø2dzfŘ l·fă2 fλ]Ŝ ű2 l·Ö]y2øfŜŘƎŜ Y è ŦŜff2ø ƎNJ2dzLJ YŜYōŜNJăΣ LJ2ăűπŘ2ÖăΣ ŦŜff2ø ƎNJl·Řdzl·ûŜ ăűdzŘŜyűă l·yŘ Ŧl·Ödzfűè Ŧ2NJ Yl·]λyƎ úKŜ fl·ăű ŦŜø èŜl·Nă YŜY2NJl·ōfŜ¢ b2ű ű2 Ŧ2NJƎŜűΣ 2dzNJ ŘŜLJl·NJűYŜyűΩă l·øŜă2YŜ ăűl·ŦŦ ç ¢λyl·Σ aŜf l·yŘ {Kl·yy2y Ŧ2NJ ø l·ûÖKλyƎ 2dzű Ŧ2NJ YŜ l·yŘ Y2NJŜ λYLJ2NJűl·yűfÈ]ŜŜLJλyƎ YŜ λyŦ2NJYŜŘ l·ō2dzű ŦNJŜŜ LJλÎÎl· 2LJLJ2NJűdzyλűλŜă ŦNJ2Y ûλYŜ ű2 ûλYŜH

L ø2dzfŘ l·fă2 fλ]Ŝ ű2 ŘŜŘλÖl·ûŜ úKλă ŘλăăŜNJűl·ûλ2y ű2 Y è Ŧl·Yλfè ç Y è LJl·NJŜyűăΣ ófl·ûŜú [Φ YΦ DdzNJdz tNJl·ăl·Ř l·yŘ tl·ŘYl·?l· 5l·ōōλNJΣ ƎNJl·yŘLJl·NJŜyűăΣ ófl·ûŜú bl·Ƒl·NJl·?l· wl·2 5l·ōōλNJ l·yŘ wl·ŘKl· bl·Ƒl·NJl·?l· wl·2Σ l·dzyűăΣ dzyÖfŜăΣ ăλăűŜNJΣ Ô2dzăλyã l·yŘ 2úKŜNJ Ŧl·Yλfè YŜYōŜNJă øK2 Kl·ØŜ ōŜŜy ØŜNJè ădzLJLJ2NJűλØŜ λy Y dzfûλLJfŜ øl·èă¢ L ø2dzfŘ fλ]Ŝ ű2 ŜÈúŜyŘ Y è úKl·y]ă l·yŘ l·LJLJNJŜÖλl·ûλ2y ű2 Y è ŜÈúŜyŘŜŘ Ŧl·Yλfè ç Y è ŦNJλŜyŘă ySl·NJ l·yŘ Ŧl·NJ¢ D2λyƎ ű2 ƎNJl·Řdzl·ûŜ ăÖK22f Kl·ă ŘŜŦλyλűŜfè ōŜŜy 2yŜ 2Ŧ Y 2ăű λyűŜNJŜăűλyƎ ÖKl·LJűŜNJă λy Y è fλŦŜ l·yŘ l· f2ű 2Ŧ LJŜ2LJfŜ øŜNJŜ λyãűNJdzYŜyűl·f λy ăKl·LJλyƎ Y è LJŜNJă2yl·fλűè ű2 øKl·ű λű λă ű2Řl·è¢ [22]λyƎ ōl·Ö] l·ű ƎNJl·Ř ăÖK22fΣ LQY Kl·LJLJè ű2 ăl·è úKl·ű L Kl·ØŜ Yl·yè Y2NJŜ LJfŜl·ăl·yű YŜY2NJλŜă úKl·y 2úKŜNJøλăŜ¢ ¢2 l·ff 2Ŧ è2dzΣ L ŘŜŘλÖl·ûŜ úKλă ŘλăăŜNJűl·ûλ2y¢

595L/ ! ¢Lhb

¢2 [dzŘøλ∃ 9ŘdzI·ℕŘ . 2tűÎϒI·yϔ

á . ℕλyϽ ₮2ℕJøI·ℕŘ øKI·ű λă űℕdzŜΦ

² ℕλűŜ λű ă2 űKI·ű λű λă ŎfŜI·ℕΦ 5Ŝ₮ŜyŘ λű ű2 è2dzℕ fI·ăű ōℕJŜI·űKΦé

π [dzŘøλ∃ . 2tűÎϒI·yϔΣ tℕλyŎλLJfŜă 2₮ aŜŎKI·yλŎăΣ мyфтΦ

¢!.[9 hC /hb¢9b¢{

t I·ƎŜ

[L{¢ hC L[[¦{¢w!¢Lhb{

CλƎdzNŜ tlƎŜ

мΦм t2űŜyűλl·f ŜyŜNƎè ŏdzNØŜ ₮2N úKŜ ŏèl·y2 Nl·Řλŏl·f ó/bú мф

мΦн н5 tf2ű 2₮ úKNŜŜ f2ØŜăű ŜfŜŏúN2yλŏ ăűl·ûŜă 2₮ /l/f ØλűK /π/f Řλăűl·yŏŜ ₮ìÈŜŘ óN//f Γ мΦс)ú нл

мΦо ±λădzl·fλÎλyƎ űKŜ ăλyƎfèΣ Ř2dzōfèΣ úNλLJfè l·yŘ IjdzlŘNdzLJfè ŜÈŏλúŜŘ ŘŜűŜNYλyl·yűă ₮2N l· ƎλØŜyˇ l l·NúNŜŜπC2ŏ] ŘŜűŜNYλyl·yű 2₮ l· ăèăűŜYˇ но

t ! t9w L

мΦ /l·fŏdzfl·ûŜŘ l·Řλl·ōl·ûλŏ LJ2űŜyűλl·f ŜyŜNƎè ŏdzNØŜă ₮2N úKŜ f2ØŜăű fèλyƎ úNλLJfŜű óм °]™ l·yŘ мπп °∫ú l·yŘ Ijdzλyű̃Sű óм ᵖ]™ l·yŘ м ᵖ∫ú ăűl·ûŜă оп

нΦ /l·fŏdzfl·ûŜŘ l·Řλl·ōl·ûλŏ LJ2űŜyűλl·f ŜyŜNƎè ŏdzNØŜă ₮2N úKŜ f2ØŜăű ₮2dzN °]™ ăűl·ûŜă 2₮ aƎ/ ос

oΦ 9fŜŏúN2yλŏ ăűl·ûŜă 2₮ aƎ/ LJf2ûűŜŘ λyˇl·Řλl·ōl·ûλŏ ófŜ₮ûú l·yŘ Řλl·ōl·ûλŏ óNλƎKûú NŜLJNŜăŜyűl·ûλ2yã от

пΦ /l·fŏdzfl·ûŜŘ óLJŜNLJŜyŘλŏdzfl·Nú úNl·yãλûλ2yˇŘλLJ2fŜ Yˇ2YˇŜyűă ₮2N úKŜ l·Řλl·ōl·ûλŏ ăűl·ûŜă м °∫ óNŜŘúΣ н °∫ óƎNŜŜyűΣ o °∫ óLJdzNLJfŜú l·yŘ п °∫ óōfdzŜú ₮N2Yˇ úKŜ °]™ ƎN2dzyŘ ăűl·ûŜ ΦΦΦ пл

pΦ tN2ƎNŜăλ2yˇ2₮ п°∫ ăűl·ûŜă ппΣ пфΣ l·yŘ pp űKl·ű Kl·ØŜ fl·NƎŜ CNl·yŏ]π/2yŘ2yˇ₮l·ŏű2Nă ØλűK úKŜ ƎN2dzyŘ ăűl·ûŜ ØΓл l·yŘ yl·NN2Ø ØλŘűKă пс

cΦ ! YˇλÈŜŘ н°∫ l·yŘ o°∫ ØλōN2yλŏ ăűl·ûŜ óyűzYˇōŜNŜŘ пр λyˇ¢l·ōfŜ нú ØλűK l· yl·NN2Ø ØλŘűK пт

тΦ tN2ƎNŜăλ2yˇ2₮ YˇλÈŜŘ м°∫ l·yŘ н°∫ ØλōN2yλŏ ăűl·ûŜă yűzYˇōŜNŜŘ муΣ мфΣ l·yŘ нл λyˇ ¢l·ōfŜ н űKl·ű Kl·ØŜ yl·NN2Ø ØλŘűKă l·yŘ fl·NƎŜ CNl·yŏ]π/2yŘ2yˇ2ØŜNfl·LJă ØλűK м°Σ™ ØΓл пу

yΦ !Řλl·ōl·ûλŏ NŜLJNŜăŜyűl·ûλ2yˇ2₮ űKŜ ƎN2dzyŘ l·yŘ űKŜ ₮λNăű ₮2dzN °∫ ŜfŜŏúN2yλŏ ăűl·ûŜă 2₮ .Ŝ/ ófŜ₮ûú l·yŘ aƎ/ óNλƎKûú пф

t ! t9w LL

м◦ {ŎKŜƳI·ΰʎŎ ŘʎI·ōI·ΰʎŎ ƨyŜπŘʎƳŜyãʎƨyI·ƒ LJʎŎΰdzNJŜ ƨŦ ăLJʎyπƨNJōʎΰ ŎƨdzLJƒʎyƎ ʎyΰKŜ KI·ƒƨŎI·NJōŜyŜă ◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦ тф

н◦ н5 LJƒƨΰ ƨŦ ƒƨǿŜăΰ ᴹ ! ᶣ I·yŘ ᴹ ! ᶣᶣ ăΰI·ΰŜă ό{л I·yŘ {мΣ ăƨƒʎŘ ŎƨƒƨNJό ǿʎΰK /π/ƒ ŘʎăΰI·yŎŜ ŦʎȄŜŘ όNJ//ƒ Γ м◦с)ό ◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦ тф

о◦ /ƨyΰƨdzNJ LJƒƨΰă ăKƨǿʎyƎ ΰKŜ ƎŜƨƳŜΰNJè ŘŜLJŜyŘŜyŎŜ ƨŦ ăLJʎyπƨNJōʎΰ ŎƨdzLJƒʎyƎ ǾI·ƒdzŜă ʎy//I ό5όL ◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦ ул

п◦ /I·ƒŎdzƒI·ΰŜŘ CNJI·yŎʅπ/ƨyŘƨyŦI·ŎΰƨNJă ŘŜăŎNJʎōʎyƎ ΰKŜ ƨǾŜNJƒI·LJ ƨŦ ΰKŜ ¢м ƨNJʎƎʎyǿʎΰK ǾI·NJʎƨdză {л ƒŜǾŜƒă ʎy/IL I·ΰ a w/LπCмнк±v½πCмн ƒŜǾŜƒ ◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦ ум

р◦ 9yŜNJƎè ƒŜǾŜƒ ŘʎI·ƎNJI·Ƴă ŦƨNJ /I.NJ ʎyΰKŜ NJŜƎʎƨyотлл ς пфлл ŎƳ™ I·ōƨǾŜ ΰKŜ ƎNJƨdzyŘ ăΰI·ΰŜ dzăʎyƎ Ƴ ƨŘŜƒ м I·yŘ Ƴ ƨŘŜƒ н◦ ◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦ ум

с◦ /ƨNJNJŜƒI·ΰʎƨyƨŦ ŘŜNJʎǾŜŘ /I ό5ό· ăLJʎyπƨNJōʎΰ ŎƨdzLJƒʎyƎ ŎƨyăΰI·yΰă όƳƨŘŜƒ мό ǿʎΰK ΰKŜ ŜȄLJŜNJʎƳŜyΰI·ƒ ǾI·ƒdzŜă ƨŦ ΰKŜ ŎƨNJNJŜăLJƨyŘʎyƎ KI·ƒƨƎŜyI·ΰƨƳă ◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦ ун

t ! t9w LLL

м◦ ό[ŜŦΰό ! ădzNJŦI·ŎŜ LJƒƨΰ ƎŜyŜNJI·ΰŜŘ ʎy a I·ΰƒI·ō NJŜLJNJŜăŜyΰʎyƎ ΰKŜ ƎNJƨdzyŘ ăʎyƎƒŜΰ ăΰI·ΰŜ ƨŦ /hн I·ă I· пл Ȅ пл NJŜŎΰI·yƎdzƒI·NJ ƳŜăK◦ όaʎŘŘƒŜό ¢KŜ ʎyΰŜNJƳŜŘʎI·ΰŜ ăΰŜLJ ƨŦ I·ΰNJʎI·yƎdzƒI·ΰŜŘ ƳŜăK ʎă ăKƨǿy◦ όwʎƎKΰό ¢KŜ ăƨƒʎŘ ƨōŜŎΰ ǿʎΰK ăLJŜŎʎŦʎŜŘ ΰKʎŎʅyŜăă ʎă NJŜLJNJŜăŜyΰŜŘ ʎy{¢[ŦƨNJƳI·ΰ NJŜI·Řè ΰƨ ōŜ LJNJʎyΰŜŘ ʎyΰƨ I· LJƒI·ăΰʎŎ ƳƨŘŜƒ ◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦ уу

н◦ ό[ŜŦΰό ! ădzNJŦI·ŎŜ LJƒƨΰ ƨŦ ΰKŜ ƨÎƨyŜ t9{ NJŜLJNJŜăŜyΰʎyƎ ΰKŜ ŜyŜNJƎè ƒI·yŘăŎI·LJŜ ŦƨNJ I·LJLJNJƨI·ŎK ƨŦ I·yhπI·ΰƨƳ ΰƨ I·yhн ŦNJI·ƎƳŜyΰ ŘŜăŎNJʎōʎyƎ ƨÎƨyŜ ŦƨNJƳI·ΰʎƨy◦ όwʎƎKΰό ¢KŜ {¢[ŦʎƒŜ NJŜLJNJŜăŜyΰʎyƎ ΰKŜ о5 ƳƨŘŜƒ ΰKI·ΰ ǿI·ă LJNJʎyΰŜŘ ʎyLJƒI·ăΰʎŎ ◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦ уф

о◦ tƒI·ăΰʎŎ ƳƨŘŜƒă ƨŦ ΰǿƨ ŘʎŦŦŜNJŜyΰ t9{ă ŦƨNJ ƨÎƨyŜ LJNJƨŘdzŎŜŘ ōè о5 LJNJʎyΰʎyƎ I·NJŜ ăKƨǿyʎyI· ǿƨƨŘŜyŘʎăLJƒI·è ōƨȄ ◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦ уф

п◦ {¢[ŦʎƒŜ NJŜLJNJŜăŜyΰʎyƎ ΰKNJŜŜ ʎyΰŜNJăŜŎΰʎyƎ t9{ă ŘŜăŎNJʎōʎyƎ ΰKŜ ăLJʎyπŦƨNJōʎŘŘŜy /h Ѣ hό°tό Ⴖ /hн NJŜI·ŎΰʎƨyI ◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦◦ фл

[L{¢ hC ¢! . [9{

¢I·ōfŜ | tI·ƎŜ

t ! t9w L

t ! t9w LL

{9/¢Lhb

мΦ Lb¢wh5¦/¢Lhb

мΦм IL{¢hwL/![.!/YDwh¦b5 !b5 t9w{t9/¢L±9

ђL Ř2yΦű ōŜfλŜØŜ űKI·ű I·ű2Yă ŜÈλăűH€ ŘŜŎfI·ǋŜŘ űKŜ ŦI·Y2dză !dzăűǋλI·y LJKèăλŎλăű I·yŘ LJKλf2ă2LJKŜǋ 9ǋyãű a I·ŎK I·ŦűŜǋ I· fŜŎűdzǋŜ I·ű űKŜ LYLJŜǋλI·f !ŎI·ŘŜYè 2Ŧ {ŎλŜyŎŜ λy ±λŜyyI·ΦM ¢KŜ èŜI·ǋ øI·ă мyфтΦ ¢KŜ ăLJŜI·ʅŜǋ øI·ă [dzŘøλƎ .2fűÎYI·yyΣ I·y2űKŜǋ !dzăűǋλI·y LJKèăλŎλăű I·yŘ LJKλf2ă2LJKŜǋΣ ʅy2øy Ŧ2ǋ ŘŜØŜf2LJλyƎ űKŜ ŦI·Y2dză .2fűÎYI·yyπ a I·ÈøŜff Řλăűǋλōdzűλ2yã I·yŘ ʅλyŜűλŎ űKŜ2ǋè 2Ŧ ƎI·ăŜăΦ 5λăŎǋŜűŜyŜăă 2Ŧ YI·űűŜǋ KI·ă ōŜŜy f2yƎ LJKλf2ă2LJKλÎŜŘ I·yŘ KèLJ2űKŜăλÎŜŘ λyØI·ǋλ2dză Ŏdzfűdzǋ Ŝă fλʅŜ DǋŜŜŎŜ I·yŘ LyŘλI· ăλyŎŜ I·yŎλŜyű űλYŜăΦ[HΣoΣn] !fűK2dzƎK YI·yè ăŎλŜyűλăűă ø2ǋʅλyƎ λy űKŜ ŦλŜfŘă 2Ŧ ŎKŜYλăűǋèΣ ŜfŜŎűǋλŎλűèΣ 2LJűλŎă ŜűŎΦ ŜyŘ2ǋăŜŘ űKŜ Ŏ2yŎŜLJű 2Ŧ YI·űűŜǋ ōŜλyƎ YI·ŘŜ dzLJ 2Ŧ űλyè ŜfŜYŜyűI·f LJI·ǋűλŎfŜăΣ űKŜǋŜ øI·ă y2 Ŏ2yŎǋŜűŜ ŜØλŘŜyŎŜ ű2 LJǋ2ØŜ űKŜǋλ ŜÈλăűŜyŎŜ λy űKŜ мф[űK] ŎŜyűdzǋèΦ b2øΣ λű λă øŜff I·ŎŎŜLJűŜŘ I·yŘ ăK2øy űKI·ű YI·űűŜǋ λă λyŘŜŜŘ YI·ŘŜ dzLJ 2Ŧ I·ű2YăΦ CdzǋűKŜǋY2ǋŜΣ λű λă I·fă2 ăK2øy űKI·ű I·ű2Yă I·ǋŜ YI·ŘŜ dzLJ 2Ŧ LJǋ2ű2yãΣ yŜdzűǋ2yã I·yŘ ŜfŜŎűǋ2yãΣ øKλŎK λy űdzǋy I·ǋŜ YI·ŘŜ dzLJ 2Ŧ ǀjdzI·ǋʅă I·yŘ fŜLJű2yãΦ .dzű ŜØŜy ű2ŘI·èΣ 2yŜ ŎI·yy2ű YI·ʅŜ űKŜ ŎfI·λY ű2 KI·ØŜ λŘŜyűλŦλŜŘ I·ff űKŜ ŦdzyŘI·YŜyűI·f LJI·ǋűλŎfŜăΦ ²Ŝ fλØŜ λy I·y I·ƎŜ 2Ŧ ăŎλŜyűλŦλŎ LJǋ2ƎǋŜăă øKŜǋŜ yŜø LJI·ǋűλŎfŜă I·ǋŜ ōŜλyƎ λŘŜyűλŦλŜŘ 2y I· ŦI·λǋfè ǋŜƎdzfI·ǋ ōI·ăλăΦ C2ǋ λyãűI·yŎŜΣ λű øI·ă 2yfè ǋŜŎŜyűfè λy мффрΣ ăŎλŜyűλăűă I·ű CŜǋYλfI·ō Ŏ2dzfŘ ŘŜűŜǋYλyŜ űKI·ű 2yŜ 2Ŧ űKŜ ăλÈ ǀjdzI·ǋʅă KI·ă I· ŘλŦŦŜǋŜyű YI·ăă Ŧǋ2Y űKŜ ǋŜăűΦ[pΣc] ²KI·ű λYLJfλŎI·űλ2yã Ř2Ŝă λű KI·ØŜ 2y fλŦŜK ¢KŜǋŜ I·ǋŜ y2 I·yãøŜǋă èŜű ōdzű ăŎλŜyűλăűă I·ǋŜ űǋèλyƎ ű2 ŦλƎdzǋŜ λű 2dzűΦ 9ÈLJŜǋλYŜyűă I·ű /9wb KI·ØŜ ŦλyI·ffè dzyŜI·ǋűKŜŘ űKŜ

Ŝŧdzăƛ∅Ŝ Iƛ∃∃ă .ƻăƻƴ I·ű /9wb ƛƴ нлмн¢ᵀ Ŵdzăű I· ŦŜǿ ǿŜŜƪă I·∃ƻΣ I· ƴŜǿ ŜȄƻűƛŎ ŎŧI·ăă ƻŦ ǇI·ƞűƛŎŧŜăΣ űKŜ ǇŜƴűI·ƿdzI·ƞƪΣ ǿI·ă Ŏƻƴ₸ƞΥŜŘ I·ű /9wb¢ʸ ¢KŜăŜ I·ƞŜ ăƻΥŜ ŜȄŎƛűƛƴ∃ űƛΥŜă űKI·ű ǿŜ I·ƞŜ ŧƛ∅ƛƴ∃ ƛƴH

.dzű ΥI·ƴè ǇKèăƛŎƛăűă ƞŜ₸dzăŜŘ űƻ Ŝ∅Ŝƴ I·Ŏƪƴƻǿŧ̂ŜŘ∃Ŝ űKŜ ŜȄƛăűŜƴŎŜ ƻŦ I·űƻΥă dzƴűƛŧ űKŜ ŜƴŘ ƻŦ мф^űK ŎŜƴűdzƞè I·ŧűKƻdz∃K űKŜ ŎƻƴŎŜǇű ƻŦ ΥƻŘŜƞƴ I·űƻΥƛŎ űKŜƻƞè ǿI·ă I·ƞƻdzƴŘ ăƛƴŎŜ űKŜ ŜI·ƞŧè мт^űK ŎŜƴűdzƞè¢ ²ƛŧŧƛI·Υ tƞƻdzűΣ I· Υdzŧűƛ₸I·ŎŜűŜŘ ƞŜăŜI·ƞŎKŜƞ ƛƴ űKŜ ₸ƛŜŧŘă ƻŦ ǇKèăƛƻŧƻ∃èΣ ŎKŜΥƛăűƞè I·ƴŘ ΥŜűŜƻƞƻŧƻ∃èΣ ǿI·ă ƞŜăǇƻƴăƛōŧŜ ₸ƻƞ ŜăűI·ōŧƛăKƛƴ∃ űKŜ ǿŜŧŧπƪƴƻǿƴ tƞƻdzűΩă ƘèǇƻűKŜăŜă ƛƴ űKŜ ŜI·ƞŧè ǇI·ƞű ƻŦ мф^űK ŎŜƴűdzƞè¢ Iƛă Ŏƻƴűƞƛōdzűƛƻƴƴă űƻ I·ŎŎdzƞI·űŜ ŘŜűŜƞΥƛƴI·űƛƻƴă ƻŦ I·űƻΥƛŎ ǿŜƛ∃Kűă I·ƴŘ I·űƻΥƛŎ űKŜƻƞƛŜă ǿŜƞŜ ƛΥΥŜƴăŜ¢ ¢KŜ ƴdzŎŧŜI·ƞ ōƛƴŘƛƴ∃ Ŝƴ Ŝƞ∃è dzƴƛűΣ tƞƻdzű¢ I·ƴŘ űKŜ ƴI·ΥŜ ƻŦ ǇƞƻűƻƴƛűŜŦ I·ƞŜ ƴI·ΥŜŘ I·₸űŜƞ KƛΥ¢ᴹᴸ .dzű ǿKŜƴ KŜ ǇdzōŧƛăKŜŘ Kƛă ǿƻƞƪ ƛƴ !ƴƴI·ŧă ƻŦ /KŜΥƛăűƞè ōI·Ŏƪ ƛƴ мумр^ᴹᴹ I·ƴŘ мумс^ᴹᴴ ƞŜăǇŜŎűƛ∅ŜŧèΣ KŜ ŘƛŘ ƛű I·ƴƻƴèΥƻdzăŧè I·ă űKŜ ƛŘŜI· ƻŦ I·űƻΥă ΥI·ƪƛƴ∃ dzǇ ΥI·ƞƞŜƞ ǿI·ă ŎƻƴăƛŘŜƞŜŘ űƻűI·ŧŧè ƘèǇƻűKŜűƛŎI·ŧ¢ IŜ ƛŘŜƴűƛ₸ƛŜŘ KƛΥăŜŧ₸ I·ă űKŜ I·dzűKƻƞ ǿKŜƴ KŜ ₸ƛƴI·ŧŧè KI·Ř ƞŜŎŜƛ∅ŜŘ ăƻΥŜ ădzǇǇƻƞű ₸ƻƞ Kƛă ƛŘŜI·ă ₸ƞƻΥ űKŜ ăŎƛŜƴűƛ₸ƛŎ ŎƻΥΥdzƴƛűè¢ ¢KI·ű ŘƛŘƴΩű I·ŧűŜƞ űKŜ ₸I·Ŏű űKI·ű ΥI·ƴè ǇƞƻΥƛƴŜƴű ƞŜăŜI·ƞŎKŜƞă ƻŦ űKŜ мф^űK ŎŜƴűdzƞè ƨdzăű ŎƻƴăƛŘŜƞŜŘ űKŜ I·űƻΥƛŎ ƘèǇƻűKŜăƛă I·ă I· Ŏƻƴ∅Ŝƴƛ Ŝƴű ΥI·űKŜΥI·űƛŎI·ŧ ǿI·è űƻ ŘŜăŎƞƛōŜ űKŜ ădzōΥƛŎƞƻăŎƻǇƛŎ ǿƻƞŧŘ¢ 9ƞƴăű ² I·ŧŘ₸ƞƛŜŘ Ŵƻă₸ ²ŜƴǏŜŧ a I·ŎK ǿI·ă ƻƴŜ ƻŦ űKŜΥ¢

a I·ŎK ǿI·ă ƪƴƻǿƴ űƻ ōŜ ∅Ŝƞè ƛƴ₸ŧdzŜƴűƛI·ŧ ƛƴ űKŜ I·ƞŜI·ŘŜΥƛŎ ŎƻΥΥdzƴƛűƛŜă ƛƴ űKŜ мф^űK I·ƴŘ ŜI·ƞŧè нл^űK ŎŜƴűdzƞƛŜă I·ƴŘ ŎƻƴűƞƛōdzűŜŘ ∃ƞŜI·űŧè űƻ űKŜ ₸ƛŜŧŘă ƻŦ ǇKèăƛŎă I·ƴŘ ǇKƛŧƻăƻǇKè¢ ¢KŜ a I·ŎK ƴdzΥōŜƞ ǿKƛŎK ƛă ăƻ ŎƻΥΥƻƴŧè dzăŜŘ ƛƴ₸ŧdzƛŘ I·ƴŘ I·Ŝƞƻ ŘèƴI·ΥƛŎă ƛă ƴI·ΥŜŘ I·₸űŜƞ KƛΥ¢ IŜ ǿI·ă I·ŧăƻ ǿŜŧŧ ƪƴƻǿƴ ₸ƻƞ ăűdzŘèƛƴ∃ ōI·ŧŧƛăűƛŎ ăKƻŎƪ ǿI·∅Ŝă I·ƴŘ 5ƻǇǇŧŜƞ Ŝ₸₸ŜŎű ăèăűŜΥI·űƛŎI·ŧŧè¢ .dzű ƛű ƛă ₸I·ƛƞ űƻ ăI·è űKI·ű Kƛă űƞŜΥŜƴŘƻdză I·ŎI·ŘŜΥƛŎ I·ŎKƛŜ∅ŜΥŜƴűă KI·∅Ŝ

ōŜŜy 2ØŜNăKI·Ř2øŜŘ ōè Kλă Ô2yúNλōdzűλ2yã ű2 LJKλf2ă2LJKè 2Ŧ ăÔλŜyÔŜΦ a l·ÔK KI·ă I·føI·èă ōŜŜy LJ2NúNI·èŜŘ I·ă I· LJ2ăλúλØλăűΣ I·fűK2dzƎK KŜ ySØŜN ŘŜăÔNλōŜŘ KλYăŜfŦ I·ă 2ySΦ t2ăλúλØλăY λă I· Ř2ÔúNλyŜ 2Ŧ ăÔλŜyÔŜ úKI·ú ōŜfλŜØŜă úKI·ú I·ÔÔdzNI·úŜ]y2øfŜŘƎŜ ÔI·y 2yfè ōŜ I·ÔKλŜØŜŘ úKN2dzƎK LJ2ăλúλØŜ I·ŦŦλNYI·úλ2y 2Ŧ úKŜ2NλŜă ƎI·úKŜNŜŘ úKN2dzƎK 2ōăŜNØI·ōfŜΣ ŜYLJλNλÔI·f I·yŘ YŜI·ădzNI·ōfŜ ŜØλŘŜyÔŜΦ Lú øI·ă Ô2yãλŘŜNŜŘ úKI·ú LJ2ăλúλØλăY ăK2dzfŘ NŜLJfI·ÔŜ YŜűI·LJKèăλÔă I·ă úKŜ Ŧ2dzyŘI·úλ2y 2Ŧ úK2dzƎKúΦ a l·ÔK ÔfI·λYŜŘ úKI·ú øŜ ÔI·yy2ú ƎNI·ălJ Y2NŜ úKI·y øKI·ú ăÔλŜyúλŦλÔ YŜűK2Ř2f2ƎèÔI·y ûŜff dză I·yŘ úKI·ú úKŜ ŜÈλăúλyƎ]y2øfŜŘƎŜ øI·ă ōI·ăŜŘ 2y 2dzN ăŜyãI·úλ2yãΣ YŜI·ădzNŜYŜyúă I·yŘ LJŜNÔŜLJúλ2yãΦ

a l·ÔK ŘλŘyQú I·ÔÔŜLJú úKŜ ŜÈλăúŜyÔŜ 2Ŧ I·ú2Yă I·ă úKŜè Ô2dzfŘyQú ōŜ YŜI·ădzNŜŘ 2N 2ōăŜNØŜŘΦ !ÖÖ2NŘλyƎ ű2 KλYΣ I·ú2YλÔ úKŜ2Nè øI·ă ?dzăú I· KŜdzNλăúλÔ øI·è 2Ŧ f22]λyƎ I·ű úKλyƎăΦ Ly ŦI·ÔúΣ λy мyyoΣ KŜ øN2úŜ úKI·ú ς áΦΦΦÔKŜYλÔI·fΣ ŜfŜÔúNλÔI·f I·yŘ 2LJúλÔI·f LJKŜy2YŜyI· I·NŜ ŜÈLJfI·λySŘ ōè I·ú2Yăφ .dzű úKŜ YŜyúI·f NI·úλŦλÔI·úλ2y øI·ă y2ú Ŧ2NYŜŘ ōè úKŜ LJNλyÔλLJfŜ 2Ŧ Ô2yúλyQzλúèY 2y úKŜ Ô2yúNI·NèΣ λú λă I· LJN2ŘdzÔű ŜăLJŜÔλI·ffè ŘŜØλăŜŘ Ŧ2N úKŜ LJdzNLJ2ăŜ λy ØλŜøΦ !ú2Yă ÔI·yy2ú ōŜ LJŜNÔŜλØŜŘ ōè úKŜ ăŜyãŜăT fλ]Ŝ I·ff ădzōăúI·yÔŜă úKŜè I·NŜ úKλyƎă 2Ŧ úKŜ úK2dzƎKúΦ ωX6 ¢KŜ I·ú2YλÔ úKŜ2Nè LJfI·èă I· LJI·Núλy LJKèăλÔă ăλYλfI·N ű2 úKI·ú 2Ŧ ÔŜNúI·λy I·dzÈλfλI·Nè Ô2yÔŜLJúă λy YI·úKŜYI·úλÔăT λú λă I· YI·úKŜYI·úλÔI·f Y2ŘŜf Ŧ2N ŦI·ÔλfλúI·úλyƎ úKŜ YŜyúI·f NŜLJN2ŘdzÔűλ2y 2Ŧ úKŜ ŦI·Ôűăφé^MO Lú øI·ă y2ú 2yfè úKŜ LJ2ăλúλØλăűă øK2 øŜNŜ I·ƎI·λyăű úKŜ I·ú2YλÔ úKŜ2NλŜăφ {2YŜ 2Ŧ úKŜ 2úKŜN LJN2YλyŜyú I·yűλπI·ú2Yλăűă λyÔfdzŘŜŘ ² λfKŜfY hăúøI·fŘΣ úKŜ b2ōŜf tNλÎŜ øλyyλyƎ DŜNYI·y ÔKŜYλăú øK2 λă Ô2yãλŘŜNŜŘ 2yŜ 2Ŧ úKŜ ŦI·úKŜNă 2Ŧ LJKèăλÔI·f ÔKŜYλăúNèφ hăúøI·fŘ øI·ă 2yŜ 2Ŧ úKŜ LJN2LJ2yŜyűă 2Ŧ ŜyŜNƎŜűλÔăΣ øKλÔK øI·ă I· ƎŜySNJI·fλÎI·úλ2y 2Ŧ úKŜNYŘèyI·YλÔă I·yŘ ÔfI·λYλyƎ úKI·ú λú øI·ă 2yfè fŜƎλúλYI·úŜ ăÔλŜyűλŦλÔ úKŜ2Nè øKλÔK øI·ă ădzÔÔλyÔű dzLJ2y λúăŜfŦφ I Ŝ KI·Ř ŦI·Y2dzătè ÔI·dzűλ2yŜŘ I·ff 2Ŧ Kλă ŦŜff2ø NŜăŜI·NÔKŜNă I·ƎI·λyăű

þKèLJ2ŭKŜŭλǑl·f Ǒ2y?ŜǑŭdzNŜă ŭKl·ŭ fŜl·Ř ŭ2 y2 ØŜNλŦλl·ōfŜ Ǒ2yǑfdzăλ2yãɛφᴹᴨ W2ăλl·K ² λffl·NŘ Dλōōă∑ l·y2ŭKŜN Ŧl·Y2dză ! YˇŜNλǑl·yˇ ăǑλŜyŭλăú ǿK2 Yˇl·ŘŜ ăŜØŜNl·f λYˇLJ2Nŭλōdzŭλ2yã ŭ2 ŭKŜ2NŜŭλǑl·f l·yŘ LJKèăλǑl·f ǑKŜYˇλăúNλŜă∑ Kl·Ř Yˇl·λyŭl·λySŘ ŭKl·ŭ á l Ŝ ōdzλfŘă 2yˇ l·yˇ λyãŜǑdzNŜ Ŧ2dzyŘl·ŭλ2yˇ ǿK2 ōl·ăŜă Ǒ2yǑfdzăλ2yã 2yˇλŘŜl·ă Ǒ2yǑŜNyλy∃ ŭKŜ dzfŭλYˇl·ŭŜ ăúNdzǑŭdzNŜ 2Ŧ Yˇl·ŭŭŜNɛ 2yˇăǑλŜyŭλăŭă ōl·ăλy∃ ŭKŜλN ŭKŜ2NλŜă 2yˇl·ŭ2Yˇλǒ yl·ŭdzNŜ 2Ŧ Yˇl·ŭŜNλl·fãφᴹᵖ

5ŜăLJλúŜ ŭKŜ 2LJLJ2ăλŭλ2yˇ2yˇYˇl·yê ŦN2yŭă∑ ŭKŜNŜ ǿŜNŜ ăŭλft Yˇl·yê ǿK2 ădzōăǑNλōŜŘ ŭ2 l·ŭ2Yˇλǒ l·yŘ Yˇ2fŜǑdzfl·N ŭKŜ2NλŜăφ a2ŘŜNyˇ l·ŭ2Yˇλǒ l·yŘ Yˇ2fŜǑdzfl·N ŭKŜ2NλŜă Ǒl·yˇ ōŜ úNl·ǑŜŘ ōl·Ǒ] ŭ2 l·ă Ŝl·Nfè l·ă ŭKŜ мтᵘᴷ ǑŜyŭdzNè φ ² KŜyˇw2ōŜNú .2èfŜ l·yŘ 9ŘYˇŜ al·Nλ2úúŜ LJN2LJ2ăŜŘ ŭKŜ Ŧl·Y2dză .2èfŜπal·Nλ2úúŜ ∃l·ă fl·ǿᵐᶜ∑ᵐᵀ 2yˇ LJNŜăădzNŜΩă NŜfl·ŭλ2yˇ ŭ2 Ø2fdzYˇŜ∑ λŭ ǿl·ă ă2fŜfè ōl·ăŜŘ 2yˇ ŜÈLJŜNλYˇŜyŭăφ .dzŭ λyˇ мссм∑ .2èfŜ Kl·Ř LJN2LJ2ăŜŘ ŭKl·ŭ Yˇl·úŭŜN Ǒ2dzfŘ ōŜ Yˇl·ŘŜ 2Ŧ ǑfdzăúŜNă 2Ŧ LJl·NŭλǑfŜă 2Ŧ ŘλŦŦŜNŜyŭ ăλÎŜă λyˇ Kλă úNŜl·ŭλăŜ á¢KŜ {ǑŜLJŭλǑl·f /KèYˇλăúɛ∑ ă2Nŭ 2Ŧ fl·èλy∃ ŭKŜ Ŧ2dzyŘl·ŭλ2yˇŦ2N ŭKŜ LJl·NŭλǑdzfl·ûŜ yl·ŭdzNŜ 2Ŧ ∃l·ăŜăφᴹʸ 5l·yλŜf .ŜNyˇ2dzffλ ŘŜNλØŜŘ λŭ Ŧ2N ŭKŜ ŦλNăú ŭλYˇŜ dzăλy∃ bŜǿŭ2yΩă fl·ǿă 2Ŧ Yˇ2ŭλ2yã ǿλŭK ŭKŜ l·ăădzYˇLJŭλ2yˇŭKl·ŭ l· ∃l·ă Ǒ2yãλăúŜŘ 2Ŧ yˇLJl·NŭλǑfŜă λyˇ мтоyφᴹᶲ Lŭ ǿl·ă l·tă2 λyŘŜLJŜyŘŜyŭfè ŘŜNλØŜŘ ōè W2Kyˇ ² l·úŜNă2y∑ l· {Ǒ2ŭúλăK LJKèăλǑλăú ǿK2 ǿl·ă ǿ2N]λy∃ Ŧ2N ŭKŜ 9l·ăú LyŘλl· /2YˇLJl·yè λyˇ .2Yˇōl·è l·ă l· yl·Øl·f λyãúNdzǑŭ2N λyˇ мупоφ l λă LJ2ăúλy∃ l·ŦŦ2NŘŜŘ KλYˇ ŭKŜ fdzÈdzNè 2Ŧ ǿ2N]λy∃ 2yˇ Kλă λyŭŜNŜăúă l·yŘ LJdzNădzλy∃ NŜăŜl·NǑK λyˇ Kλă 2ǿyˇúλYˇŜ l·yŘ fŜλădzNŜφ l Ŝ ǿl·ă úKŜ ŦλNăú LJŜNă2yˇŭ2 ŘŜØŜf2LJ l·yˇŜl·Nfè ØŜNăλ2yˇ 2Ŧ]λyŜŭλǑ ŭKŜ2Nè 2Ŧ ∃l·ăŜă∑ ăŭdzŘèλy∃ λyˇ ŭKŜ fλōNl·Nè 2Ŧ DNl·yŭ /2ffŜ∃Ŝ∑ .2Yˇōl·èφ l λă LJl·LJŜN ǿl·ă NŜ?ŜǑŭŜŘ ōè ŭKŜ w2èl·f {2ǑλŜŭè Ŧ2N LJdzōfλǑl·ŭλ2yˇ λyˇ мупрᵠᴴᴶ ¢KŜ y2ŭλ2yˇ 2Ŧ l·ŭ2Yˇă l·yŘ Yˇ2fŜǑdzfŜă Ǒ2ffλŘλy∃ Ǒl·YˇŜ dzLJ ŜØŜNè 2yǑŜ λyˇ l· ǿKλfŜ λyˇ ŭKŜ l·Ǒl·ŘŜYˇλǑ ǑλNǑfŜăφ W2Kyˇ l ŜNl·LJl·ŭK Kl·Ř ădzōYˇλŭŭŜŘ l· LJl·LJŜN ŭ2 w2èl·f {2ǑλŜŭè λyˇ мунл ǿK2ăŜ ǑŜyŭNl·f ŭKŜYˇŜ ǿl·ă ŭKl·ŭ KŜl·ŭ fŜŘ ŭ2 Yˇ2ŭλ2yˇ2Ŧ l·ŭ2Yˇă l·yŘ Yˇ2fŜǑdzfŜăφ Lŭ ǿl·ă NŜ?ŜǑŭŜŘ ōè l dzYˇLJKNŜè 5l·Øè∑ ǿK2 ǿl·ă

űKŜ LJℕŜăλŘŜyű 2ŦwƨèI·f {ƨŐλŜűè űKŜyΣ I·ă űKŜ ŐI·fŐdzfI·űλ2yã ØŜℕŜyℚű ŦƨdzyŘ ű2 ōŜ Ő2yØλyŐλyƎ$^{H/\Pi}$ .2űK .Ŝℕy2dzffλℚă I·yŘ ² I·űŜℕă2yℚă ø2ℕ]ă ØŜℕŜ yŜƎfŜŐűŜŘ I·ă Y2ăű 2Ŧ űKŜ ăŐλŜyűλăűă LJℕŜŦŦŜℕℕŜŘ dzăλyƎ űKŜ bŜøű2yλI·yℕŜLJdzfăλ2y űKŜ2ℕè I·yŘ űKŜ λŘŜI· űKI·ű KŜI·ű ø I·ă I· ŦfdzλŘΦ .dzű λy мycлΣ WI·YŜă aI·ÈØŜff LJdzōfλăKŜŘ Kλă ŦI·Y2dză ø2ℕ] ς άLffdzăűℕI·űλ2y 2Ŧ űKŜ Řèyl·YλŐI·f űKŜ2ℕè 2Ŧ ƎI·ăŜăY hy űKŜ Y2ûλ2y I·yŘ Ő2ffλăλ2y 2Ŧ LJŜℕŦŜŐűfè ŜfI·ăűλŐ ăLJKŜℕŜăΦ$\acute{\varepsilon}^{HM}$ Lű YI·ŘŜ I· úℕŜYŜyŘ2dză λYLJI·Őű I·ă λű Ő2dzfŘ ădzŐŐŜăăŦdzffè ŜÈLJfI·λy űKŜ λŘŜI·ă 2Ŧ ō2ű K .Ŝℕy2dzffλ I·yŘ ² I·ûŜℕă2yΦ ¢KŜy [dzŘøλƎ .2fűÎYI·yy ŐI·YŜ I·f2yƎ I·yŘ ŦdzNℕűKŜℕ ƎŜyŜℕI·fλÎŜŘ I·yŘ ŘŜØŜf2LJŜŘ űKŜ]λyŜűλŐ űKŜ2ℕè 2Ŧ ƎI·ăŜăΦ^{HH} I Ŝ Ő2dzfŘ ădzŐŐŜăăŦdzffè ŘŜℕλØŜ űKŜ fI·øă 2Ŧ űKŜℕY2Řèyl·YλŐă űKℕ2dzƎK ăűI·ûλăűλŐI·f Y2ŘŜfăΣ Ő2yãλŘŜℕλyƎ űKŜ Y2ûλ2y 2Ŧ ƎI·ă Y2fŜŐdzfŜăΦ Lű øI·ă I· Y2yℚzYŜyűI·f ăűŜLJ λy ŘŜØλI·ûλyƎ Ŧℕ2Y I· bŜøű2yλI·y ŘŜăÖℕλLJûλ2y 2Ŧ űKŜ ø2ℕfŘ I·ă λű øI·ă y2 f2yƎŜℕ yŜŐŜăăI·ℕè û2 ŘŜI·f øλúK λyŘλØλŘdzI·f ƎI·ă Y2fŜŐdzfŜă û2 ŜÈLJfI·λy űKŜ YI·Öℕ2ăŐ2LJλŐ ōŜKI·Øλ2ℕ 2Ŧ ƎI·ăŜăΦ hŦ Ő2dzℕăŜΣ I·ff 2Ŧ .2fűÎYI·yyℚă ø2ℕ] øI·ă dzyŘŜℕ űKŜ I·ăădzYLJûλ2y űKI·ű YI·ûűŜℕ λă YI·ŘŜ dzLJ 2Ŧ I·û2YăΦ

Lű λă λYLJ2ℕűI·yű û2 ℕŜI·fλÎŜ űKI·ű űKŜ ŘŜōI·ûŜ ōŜűøŜŜy .2fűÎYI·yy I·yŘ aI·ŐK KI·Ř fŜää û2 Ř2 I·ō2dzű űKŜ ăŐλŜyŐŜ 2Ŧ I·û2Yă λûăŜfŦ I·yŘ Y2ℕŜ I·ō2dzű űKŜ LJKλf2ă2LJKè 2Ŧ ăŐλŜyŐŜ ōŜKλyŘ λûΦ^{HO} aI·ŐK øI·ă øŜff]y2øyŦ2ℕ Kλă LJKλf2ă2LJKλŐI·f ØλŜøLJ2λyűă I·yŘ Kλă I·yûλπI·û2YλăYΣ Ŧ2ℕ űKŜ fI·Ő] 2Ŧ I· ōŜűûŜℕ ûŜℕYΣ ŐI·y ōŜ Ő2yãλŘŜℕŜŘ 2yŜ 2Ŧ Kλă YI·yê fŜƎI·ŐλŜăΦ$^{H\Pi\Sigma Hp}$ I Ŝ ōŜfλŜØŜŘ űKI·ű űKŜ ø2ℕfŘ øI·ă YI·ŘŜ dzLJ 2Ŧ ăŜyãI·ûλ2yãκŜfŜYŜyűă ûKI·ű ŐI·y ōŜ LJŜℕŐŜλØŜŘ ōè KdzYI·yãΦ {λyŐŜ I·û2Yă I·yŘ Y2fŜŐdzfŜă Ő2dzfŘ y2ű ōŜ ăŜyãŜŘ ōè KdzYI·y LJŜℕŐŜLJûλ2yãΣ KŜ ŐfI·λYŜŘ ûKI·ű ûKŜè Ő2dzfŘyℚű LJ2ăăλōfè ŜÈλăű λy ûKŜ ℕŜI·f ø2ℕfŘΦ I Ŝ øI·ă û2fŜℕI·yű 2Ŧ ûKŜ λŘŜI· I·yŘ ØλŜøŜŘ ûKŜY I·ă YŜℕŜfè YI·ûKŜYI·ûλŐI·f Ő2yãûℕdzŐûă ûKI·ű KI·Ř LJℕ2Øλăλ2yI·f ØI·fdzŜ û2 KŜfLJ dzyŘŜℕăûI·yŘ ă2YŜ 2Ŧ ûKŜ LJKŜy2YŜyI·Φ !fűK2dzƎK KŜ λyλûλI·ffè ădzōăŐℕλōŜŘ û2 I·û2YλăY λy Kλă ŜI·ℕfλŜℕ ŘI·èăΣ KŜ

l·ōl·yŘ2yŜŘ Kλă ØλŜøă ŘdzŜ ű2 ű ø2 Yl·λy NŜl·ă2yã ç м l Ŝ ŘλăÕ2ØŜNŜŘ ă2YŜ ŜYLJλNNλŎl·f LJKŜy2YŜyl· ûKl·ű ăŜŜYŜŘ ű2 ŜfdzŘŜ ûKŜ l·ű2YλÕ ØλŜøLJ2λyűă l·yŘ н l λă LJŜNNă2yl·f NŜăŜl·NŎK ŜÈLJŜNNλŜyŎŜ ŘλŘyQű NŜIjdzλNNŜ l· Ŏ2yãλŘŜNNl·ûλ2y 2Ŧ ûKŜ yl·ûdzNŜ 2Ŧ Yl·ûűŜN λűăŜfŦ l Ŝ l·NƎdzŜŘ ûKl·ű dzyfŜăă ûKŜNŜ øl·ă ăúN2yƎ ŜÈLJŜNNλYŜyűl·f ŜØλŘŜyŎŜ ûKl·ű 2yŜ Ŏl·y l·LJLJfè YŜŎKl·yλŎl·f Ŏ2yŎŜLJűă ű2 l·ű2YăΣ øŜ ăK2dzfŘ y2ű λyúN2ŘdzŎŜ ySø l·yŘ l·NōλúNl·Nè ûŜNYă ű2 ŜÈLJfl·λy ûKŜ LJKèăλŎl·f LJKŜy2YŜyl·Φ

.2fűÎYl·yy Σ 2y ûKŜ 2ûKŜN Kl·yŘΣ ōŜfλŜØŜŘ ûKl·ű øŜ ySŜŘŜŘ ű2 ø2N] l·yŘ ûŜăű Ŝfl·ō2Nl·úŜ ûKŜ2NNλŜă ű2 LJN2ØλŘŜ l· Ŏ2YLJfŜűŜ l·yŘ ŎfŜl·N LJλŎűdzNŜ 2Ŧ ûKŜ ø2NfŘΣ ŜØŜy λŦ λű YŜl·yű λyúN2ŘdzŎλyƎ ySø KèLJ2ûKŜăŜăΦ hyŜ Ydzăű NŜl·fλÎŜ ûKl·ű øKŜy ŘŜØŜf2LJλyƎ ySø λŘŜl·ă l·yŘ ûKŜ2NNλŜă Ŧ2N dzyŘŜNNăűl·yŘλyƎ l· Ŏ2yŎŜLJűΣ ăŎλŜyűλăűă dzădzl·ffè Ŏ2YŜ dzLJ øλűK l· KèLJ2ûKŜăλă 2Ŧ øKl·ű ûKŜè ûKλyl] ûKŜ dzyŘŜNfèλyƎ YŜŎKl·yλăY λăΦ Lű ōŜŎ2YŜă l·ff ûKŜ Y2NŜ ŎKl·ffŜyƎλyƎ øKŜy y2 LJN22Ŧ Ŏl·y ōŜ 2ŦŜNŜŘ ű2 ōl·Ŏ] dzLJ l· Ŏfl·λY l·yŘ l·ff ûKŜè Ŏl·y Ř2 λă NŜfè 2y ûKŜλN ăŎλŜyűλŦλŎ λyűdzλűλ2yãΦ hyŜ Ŏl·y 2yfè K2LJŜ ûKl·ű ădzŎK KèLJ2ûKŜăŜă ø2dzfŘ ădzNØλØŜ ûKŜ ûŜăűă 2Ŧ ûλYŜΦ .2fűÎYl·yy ōl·ăŜŘ Kλă λŘŜl·ă 2y2yŜ ădzŎK KèLJ2ûKŜăλă ç ûKŜ l·ű2YλŎ l·yŘ Y2fŜŎdzfl·N yl·ûdzNŜ 2Ŧ Yl·ûűŜN l Ŝ]ySø KŜ øl·ă Yl·]λyƎ LJN2ƎNŜăă l·yŘ Ŏ2dzfŘ ŜÈLJfl·λy LJKèăλŎl·f LJKŜy2YŜyl· ōl·ăŜŘ 2y Kλă KèLJ2ûKŜăλăΦ .2fűÎYl·yy ŎfŜl·Nfè ŘλŘ y2ű Ŧ2NŜăŜŜ ûKŜ l·ŘØl·yŎŜă Yl·ŘŜ ōè ljdzl·yűdzY YŜŎKl·yλŎă 2N ûKŜ2Nè 2Ŧ ƎŜySNl·f NŜfl·ûλØλúè ōdzű KŜ ŎŜNűl·λyfè]ySø ûKl·ű ûKŜ Ŏfl·ăăλŎl·f LJλŎűdzNŜ 2Ŧ Yl·ûűŜN øl·ăyQű l·ŎŎdzNl·ûŜ Ŝy2dzƎK λy ŘŜăÕNNλōλyƎ ă2YŜ LJN2ōfŜYă l·ű ûKŜ YλÕN2ăÕ2LJλŎ fŜØŜfΦ l Ŝ úNdzfè ŦŜfű ûKl·ű KŜ Ŏ2dzfŘ 2ŦŦŜN ōŜűűŜN dzyŘŜNăűl·yŘλyƎ 2Ŧ Øl·NN2dză LJN2LJŜNNűλŜă 2Ŧ l· Ǝl·ă ûKN2dzƎK Kλă l·ű2YλŎ ûKŜ2NNλŜăΦ

l 2øŜØŜNΣ KŜ Ŧ2dzyŘ λű λyŎNŜl·ăλyƎfè ŘλŦŦλŎdzfű ű2 ŦλƎKű l·Ǝl·λyãű ûKŜ ŎNNλűλŎλăY fl·dzyŎKŜŘ l·Ǝl·λyãű KλY ōè a l·ŎK Ŝű *l·f*Φ l λă LJl·λy øl·ă ŜÈLJNŜăăŜŘ λy Kλă Ŧ2NŜø2NŘ ű2 ûKŜ ăŜŎ2yŘ Ø2fdzYŜ

2ŦKλă ō22ļ 2y ļλySűλÔ űKŜ2№è 2Ŧ ∃l·ăŜă ς άLy Y'è 2LJλyλ2y λű ø2dzfŘ ōŜ l· ∃№Ŝl·ű ű№l·∃ŜŘè Ŧ2№ ăÕλŜyÕŜ λŦ űKŜ űKŜ2№è 2Ŧ ∃l·ăŜă øŜ№Ŝ ûŜYLJ2№l·№λfê ûK№2øy λyű2 2ōfλØλ2y ōŜŏl·dzăŜ 2Ŧ l· Y'2YŜyűl·№è K2ăűλfŜ l·ûűλűdzŘŜ û2øl·№Ř λűΣ l·ă øl·ă Ŧ2№ ŜÈl·YLJfŜ űKŜ øl·ØŜ űKŜ2№è ōŜŏl·dzăŜ 2Ŧ bŜøú2yQă l·dzűK2№λűè♦ ώX6 L l·Y Õ2yãÕλ2dză 2Ŧ ōŜλyƎ 2yfè l·y' λyŘλØλŘdzl·f ăű№dzƎƎfλyƎ øŜl·ļfê l·∃l·λyăű űKŜ ăű№Ŝl·Y 2Ŧ ûλYŜ♦ .dzű λű ăűλff №ŜYl·λyã λy' Y'è LJ2øŜ№ û2 Õ2yú№λōdzűŜ λy' ădzÕK l· øl·è űKl·ûΣ øKŜy' űKŜ űKŜ2№è 2Ŧ ∃l·ăŜă λă l·∃l·λy' №ŜØλØŜŘΣ y2ű ú22 Y'dzÕK øλff Kl·ØŜ û2 ōŜ №ŜŘλăÕ2ØŜ№ŜŘ♦ε^HC .2fűÎYl·yy' ădzŦŦŜ№ŜŘ Ŧ№2Y Ŧl·λfλyƎ ŜèŜăλƎKúΣ Øl·№λ2dză λffyŜăăŜă l·yŘ ăŜØŜ№Ŝ ŘŜLJ№ŜăăλƎy' øKλÔK ŜØŜyűdzl·ffè fŜŘ û2 Kλă ădzλÔλŘŜ λy' мфлсΣ l·ű űKŜ l·∃Ŝ 2Ŧ сн♦ Lű øl·ă l· LJl·λyŦdzf ŜyŘ û2 2yŜ 2Ŧ űKŜ Y'2ăű λffdzăú№λ2dză LJKèăλÔλăúă 2Ŧ l·ff ûλYŜ♦ Lű øl·ă ú№l·∃λÔ ōŜŏl·dzăŜ l·ű2YλÔ űKŜ2№λŜă ōŜŏl·YŜ øŜff Ŝăűl·ōfλăKŜŘ l·ă LJKèăλÔl·f űKŜ2№è ŜÈLJfl·λyλyƎ ûKŜ ŦdzyŘl·YŜyűl·f yl·ûdz№Ŝ 2Ŧ l·ű2Y'ă øλűKλy'2dzăű l· ŦŜø èŜl·№ă 2Ŧ Kλă ŘŜl·ûK♦

.2fűÎYl·yyQă ûKŜ2№λŜă LJfl·èŜŘ l· Õ№dzÕλl·f №2fŜ λy' ûKŜ ŘŜØŜf2LJYŜyű 2Ŧ ljdzl·yűdzY YŜŏKl·yλÔă♦ l λă λŘŜl·ă øŜ№Ŝ ÔŜyű№l·f û2 al·È tfl·yÕļ l·yŘ Kλă dzyŘŜ№ăűl·yŘλyƎ 2Ŧ ûKŜ ōfl·Õļ ō2Řè №l·Řλl·ûλ2y♦ l Ŝ LJdzōfλăKŜŘ l· LJl·LJŜ№ øKŜ№Ŝ KŜ λyű№2ŘdzÕŜŘ ûKŜ Ŧl·Y'2dză tfl·yÕļQă Õ2yãűl·yű óljdzl·yűdzY 2Ŧ l·Õűλ2yű û2 ûKŜ ø2№tŘ λy' мфллφ^HT ¢KŜăŜ λŘŜl·ă øŜ№Ŝ ŦdzN№ûKŜ№ ŜÈLJf2№ŜŘ l·yŘ ŘŜØŜf2LJŜŘ ōè !fōŜ№ú 9λyãűŜλy' l·ă KŜ fl·λŘ ûKŜ Ŧ2dzyŘl·ûλ2y' û2 ljdzl·yűdzY Y'ŜŏKl·yλÔă l·№2dzyŘ ûKŜ ûdz№y' 2Ŧ ûKŜ нл^ûK ÔŜyűdz№è l·f2yƎ øλűK al·È tfl·yÕļ♦ 9λyãűŜλy' dzăŜŘ .2fűÎYl·yyQă ļλySűλÔ ûKŜ2№è û2 l·yl·fêÎŜ .№2øyλl·y' Y'2ûλ2y' l·yŘ LJN№2ØλŘŜŘ Ô№ŜŘλōfŜ ŜØλŘŜyÕŜ û2 ûKŜ ŘλăÔ№ŜűŜySăă 2Ŧ Y'l·ûűŜ№ λy' Kλă LJl·LJŜ№ Ŧ№2Y' мфлрφ^HУΣHф l Ŝ l·fă2 LJdzōfλăKŜŘ l·y2ûKŜ№ LJl·LJŜ№ l·ō2dzű ûKŜ ŘŜűŜ№Y'λyl·ûλ2y' 2Ŧ Y'2fŜÕdzfl·№ ŘλY'Syãλ2yã ōl·ăŜŘ 2y' .2fűÎYl·yyQă ø2№ļ l·№2dzyŘ ûKŜ ăl·YŜ ûλY'Ŝ♦ LyÕλŘŜyűl·ffèΣ al·ÕK LJfl·èŜŘ l·y' λY'LJ2№úl·yű №2fŜ λy' ûKŜ ŘŜØŜf2LJYŜyű 2Ŧ ljdzl·yűdzY YŜŏKl·yλÔă û22♦ !Y'2yƎ 2ûKŜ№ ûKλyƎăΣ al·ÕK øl·ă ăļŜLJűλÔl·f l·ō2dzű ûKŜ ōl·ăλă 2Ŧ bŜøú2yQă

űKŜ2ǁƚŜă 2ǇƔ øKƚŎK Kƚă ŎfI·ăăƚŎI·f fI·øă 2Ŧ Ƴ2űƚ2ƴ I·ǁŜ ōI·ăŜŘ፥ !fűK2dzƎK I· f2ű 2Ŧ bŜøű2ƴǁă ø2ǁ˥ øI·ă ŜƳLJƚǁƚŎI·f ƚƴ ƴI·űdzǁŜ΅ KŜ ŜƳLJf2èŜŘ I· ŘƚŦŦŜǁŜƴű I·LJLJǁ2I·ŎK øƚűK ǁŜƎI·ǁŘă ű2 ăLJI·ŎŜ I·ƴŘ űƚƳŜ ς KŜ fƚ˥ŜŘ ű2 ŘŜI·f øƚűK I·ă I·ōă2fdzűŜă፥ 5ŜăLJƚűŜ űKŜ ŦI·Ŏű űKI·ű bŜøű2ƴƚI·ƴ ƳŜŎKI·ƴƚŎă øI·ă KƚƎKfè ădzŎŎŜăăŦdzf I·ű ŜѐLJfI·ƚƴƚƴƎ ØI·ǁƚ2dză LJKèăƚŎI·f Ŏ2ƴŎŜLJűă űKǁ2dzƎK űKŜ ƚŘŜI·ă 2Ŧ I·ōă2fdzűŜ ăLJI·ŎŜ I·ƴŘ I·ōă2fdzűŜ űƚƳŜ΅ ƚű KI·ă I·føI·èă KI·Ř ƚűă ăKI·ǁŜ 2Ŧ ŎǁƚűƚŎă΅ ǁI·ƴƎƚƴƎ Ŧǁ2Ƴ bŜøű2ƴǁă Ŏ2ƴűŜƳLJ2ǁI·ǁƚŜă fƚ˥Ŝ DŜ2ǁƎŜ .Ŝǁ˥ŜfŜè I·ƴŘ D2űűŦǁƚŜŘ [ŜƚōƴƚÎ ű2 ăŎƚŜƴűƚăűă fƚ˥Ŝ !fōŜǁű 9ƚƴăűŜƚƴ፥

bŜøű2ƴ Ŏ2ƴăƚŘŜǁŜŘ ō2űK ăLJI·ŎŜ I·ƴŘ űƚƳŜ I·ă *I· LJǁƚ2ǁƚ΅ ƚ፥Ŝ፥* űKŜè I·fø I·èă ŜѐƚăűŜŘ፥ C2ǁ a I·ŎK΅ 2ƴ űKŜ 2űKŜǁ KI·ƴŘ΅ űKŜ Ŏ2ƴŎŜLJű 2Ŧ I·ōă2fdzűŜ ăLJI·ŎŜ I·ƴŘ űƚƳŜ øŜǁŜ dzƴƴŜŎŜăăI·ǁè I·ƴŘ ƳŜűI·ɥLJKèăƚŎI·f፥ !fűK2dzƎK Ǉ dzŜăűƚ2ƴƚƴƎ űKŜ ƴI·űdzǁŜ 2Ŧ ăLJI·ŎŜ I·ƴŘ űƚƳŜ ƳƚƎKű ăŜŜƳ ŜƴűƚǁŜfè LJKƚf2ă2LJKƚŎI·f I·ű Ŧƚǁăű΅ űKŜè I·ŎűdzI·ffè KI·øŜ I· ăƚƎƴƚŦƚŎI·ƴű LJKèăƚŎI·f I·ăLJŜŎű ű2 ƚű ƚƴ űŜǁƳă 2Ŧ ăŜűűƚƴƎ dzLJ űKŜ ōI·ăƚŎ Ŧ2dzƴŘI·űƚ2ƴă 2Ŧ LJKèăƚŎă፥ hƴŜ 2Ŧ a I·ŎKǁă ōƚƎƎŜăű Ŏ2ƴűǁƚōdzűƚ2ƴă ű2 Ŏ2ƴűŜƳLJ2ǁI·ǁè LJKèăƚŎă ƚă űKŜ ă2ɥŎI·ffŜŘ ά a I·ŎKǁă LJǁƚƴŎƚLJfŜέ ǁŜfI·űƚƴƎ ű2 űKŜ LJKèăƚŎI·f 2ǁƚƎƚƴ 2Ŧ ƚƴŜǁűƚI·፥ !fűK2dzƎK ƚű øI·ă ƴŜøŜǁ øǁƚűűŜƴ Ř2øƴ ŘƚǁŜŎűfè ōè a I·ŎK΅ ƚű øI·ă I·űűǁƚōdzűŜŘ ű2 Kƚƴ ōè tKƚfƚLJLJ CǁI·ƴ˥ øK2 øI·ă I·ƴ2űKŜǁ ƚƴŦfdzŜƴűƚI·f LJKƚf2ă2LJKŜǁ΅ ƳI·űKŜƳI·űƚŎƚI·ƴ΅ LJKèăƚŎƚăű I·ƴŘ I· ƳŜƳōŜǁ 2Ŧ űKŜ ±ƚŜƴƴI· /ƚǁŎfŜ፥ !fōŜǁű 9ƚƴăűŜƚƴ΅ ƚƴŦfdzŜƴŎŜŘ ōè a I·ŎKǁă LJKƚf2ă2LJKƚŜă΅ øŜƴű 2ƴ ű2 ŘŜøŜf2LJ Kƚă ƎŜƴŜǁI·f űKŜ2ǁè 2Ŧ ǁŜfI·űƚøƚűè øKŜǁŜ KŜ ŜѐLJf2ǁŜă I· Ŏ2ƴŎŜLJűdzI·f I·ƴI·fèăƚă 2Ŧ ăLJI·ŎŜ I·ƴŘ űƚƳŜ፥ Lǁ2ƴƚŎI·ffè΅ a I·ŎK ǁŜƫŜŎűŜŘ űKŜ ăLJŜŎƚI·f ǁŜfI·űƚøƚűè űKŜ2ǁè ōdzű 9ƚƴăűŜƚƴ ŦŜfű űKI·ű ƚű øI·ă I·LJLJǁ2LJǁƚI·űŜ ű2 ăI·è άLű ƚă ƫdzăűƚŦƚŜŘ ű2 Ŏ2ƴăƚŘŜǁ a I·ŎK I·ă űKŜ LJǁŜŎdzǁă2ǁ 2Ŧ űKŜ DŜƴŜǁI·f ¢KŜ2ǁè 2Ŧ wŜfI·űƚøƚűèέ ƚƴ мфнм፥[ол]

¢KŜ ŜƴŘ 2Ŧ űKŜ мф[űK] ŎŜƴűdzǁè I·ƴŘ űKŜ ōŜƎƚƴƴƚƴƎ 2Ŧ űKŜ нл[űK] ŎŜƴűdzǁè øI·ă I·ƴ ŜѐŎƚűƚƴƎ űƚƳŜ Ŧ2ǁ LJKèăƚŎƚăűă I·ƴŘ ŎKŜƳƚăűă፥ ¢KŜ Ŏ2ƴŎŜLJű 2Ŧ űKŜ ŜѐƚăűŜƴŎŜ I·ű2Ƴă I·ƴŘ Ƴ2fŜŎdzfŜă øI·ă

ōŜŎƨϒλyƎ λyŎℕŜl·ăλyƎfè ℕŜl·fφ Ly мфлuΣ l· bƨōŜf LJNλÎŜ ǿλyγλyƎ CℕŜyŎK ăŎλŜyűλăűΣ WŜl·y tŜNNλyΣ ŜÈLJŜNλϒŜyűl·ffè ØŜNλŦλŜŘ 9λyăűŜλyΩă űKŜƨNλŜă l·ōƨdzű ŜÈLJfl·λyλyƎ űKŜ .ℕƨǿyλl·y ϒƨűλƨy űKNƨdzƎK l·ű2ϒăφOM Cƨℕ űKŜ ŦλNăű ûλϒŜΣ ûKŜ ăλÎŜ 2Ŧ l·ű2ϒă l·yŘ ϒ2fŜŎdzfŜă Ŏ2dzfŘ ōŜ ℕŜfλl·ōfè Ŏl·fŎdzfl·ûŜŘ ûKNƨdzƎK Øλădzl·f 2ōăŜNØl·ûλ2yã l·yŘ ûKŜNŜōè ŜyŘλyƎ ûKŜ ŎŜyűdzNè f2yƎ ŘŜōl·ûŜ λyλűλl·ûŜŘ ōè W2Ky 5l·fű2y l·yŘ 2ûKŜNă 2y ûKŜ NŜl·fλűè 2Ŧ l·ű2ϒă l·yŘ ϒ2fŜŎdzfŜăφ tŜNNλy l·ŘØ2Ŏl·ûŜŘ ûKŜ λyűdzλűλØŜ YŜűK2Ř øKλŎK øl·ă dzăŜŘ áű2 ŜÈLJfl·λy ûKŜ Ŏ2ϒLJfλŎl·ûλ2yã 2Ŧ ûKŜ Øλăλōfŝ λy ûŜNϒă 2Ŧ λyØλăλōfŝ ăλϒLJfλŎλúèφε ¢Kλă øl·ă λy Ŏ2yűNl·ău û2 ûKŜ λyŘdzŎűλØŜ YŜűK2Ř øKŜNŜ 2yŜ λă 2yfè Ŏ2yŎŜNyŜŘ øλűK λyŦŜNNλyƎ øKl·ű λă 2ōăŜNØl·ōfŝ ŦN2Y øKl·ű λă 2ōăŜNØŜŘΣ l·ŘØ2Ŏl·ûŜŘ ōè hăűøl·fŘ Ŝű l·fφOH hăűøl·fŘ Ŧλyl·ffè ŎKl·yƎŜŘ Kλă ăűl·yŎŝ 2y ûKŜ NŜl·fλúè 2Ŧ l·ű2ϒλŎ ăűNdzŎűdzNŜ l·ŦűŜN tŜNNλyΩă ŜÈLJŜNλϒŜyűl·f NŜădzfűăΣ fŜl·ŘλyƎ ûKŜ øl·è Ŧ2N l· ySø 2dzűf22ļ 2Ŧ LJKèăλŎă l·yŘ ŎKŜϒλăűNèφ Lű ăK2dzfŘ ōŜ y2ûŜŘ ûKl·ű a l·ŎK ăűλff KŜfŘ 2y ű2 Kλă l·yűλπl·ű2ϒλăűλŎ ăűl·yŘ dzyűλf Kλă ŘŜl·ûK λy мфмc l·yŘ øl·ă Ŏl·ffŜŘ 2dzű ōè a l·È tfl·yŎļ 2y ϒdzfűLJfŜ 2ŎŎl·ăλ2yã λy LJdzōfλŎ Ŧ2Ndzϒăφ !yŘ ûKdză ōŜƎl·yΣ l· øK2fŝ ySø ŜNJl· 2Ŧ ϒ2fŜŎdzfl·N l·yŘ l·ű2ϒλŎ λyűŜNLJNŜűl·ûλ2yã 2Ŧ LJKèăλŎă l·yŘ ŎKŜϒλăűNèφ

!ă ϒ2NŜ l·yŘ ϒ2NŜ ăŎλŜyűλăűă ōŜƎl·y ű2 ŜÈLJf2NŜ ûKŜ LJN2LJŜNűλŜă 2Ŧ ûKŜ ySøfè ŘλăŎ2ØŜNŜŘ l·yŘ Ŏ2yŦNNϒŜŘ dzyλØŜNăŜ Yl·ŘŜ dzLJ 2Ŧ l·ű2ϒăΣ ûKŜ ϒ2NŜ ûKŜè Kλű dzLJ2y ϒdzfűLJfŜ N2l·Řōf2Ŏļăφ Lű ûdzNySŘ 2dzű ûKl·ű ûKŜè Ŏ2dzfŘyΩű dzăŜ Ŏfl·ăăλŎl·f ϒŜŎKl·yλŎă ű2 ŘŜăŎNλōŜ ûKŜ l·ű2ϒλăűλŎ LJKŜy2ϒŜyl·φ ¢KŜè Ŏ2dzfŘyΩű λyűŜNLJNŜű ûKŜ ŜÈLJŜNλϒŜyűl·f Řl·ű·l· ōl·ăŜŘ 2y ûKŜ ŜÈλăűλyƎ ûKŜ2NλŜă l·yŘ Kl·Ř y2 ŎK2λŎŜ ōdzű ű2 ŘŜØŜf2LJ ySø ûKŜ2NλŜă ű2 ŜÈLJfl·λy ûKŜ l·ű2ϒλŎ ø2NfŘφ !ff ûKŜ Ŏfl·ăăλŎl·f fl·øă øŜNŜ ōŜλyƎ NŜπŜØl·fdzl·ûŜŘ λy ûKŜ ljdzŜăű ű2 ŦλyŘ l· ăλyƎfŝ dzyλŦλŜŘ ûKŜ2Nè ûKl·ű Ŏ2dzfŘ ŜÈLJfl·λy ûKŜ LJKèăλŎl·f ø2NfŘ l·ă λű ŜÈλăűŜŘφ Ly мфмo bλŜfă .2KNΣ l· 5l·yλăK LJKèăλŎλăúΣ ŜÈűŜyŘŜŘ tfl·yŎļΩă Ŏ2yŎŜLJű 2Ŧ ŜySNƎè ljdzl·yűλÎl·ûλ2y ű2 ŜÈLJfl·λy K2ø ŜySNƎè 2Ŧ

ŜfŜŎűNƨyã ōŜKI·ØŜ ƛƴ I·Ƴ I·ű2Y^{ooɪonɪop} I Ŝ LJNƨLJƨăŜŘ űKI·ű ŜfŜŎűNƨyã NŜØƨfØŜ I·Nƨdzyŕ űKŜ yfdzŎfŜdză ƛƴ ŘƛăŎNNŜűŜ ŜyŜNƎè fŜØŜfă I·yŘ ŎI·fŎdzfI·űŜŘ űKŜƛNN ŜyŜNƎƛŜăφ ² ƛűK Kƛă I·ű2YƛŎ Y2ŘŜf óŦI·Y2dzăfè ƴƴ2øƴ I·ă .2KNΩă I·ű2YƛŎ Y2ŘŜfúΣ KŜ Ŏ2dzfŘ ŎI·fŎdzfI·űŜ I·yŘ ƛyűŜNLJNŜű ăLJŜŎűNI· 2Ŧ KèŘNƨƎŜƴ I·yŘ 2űKŜN ŜfŜYŜyűă ƛƴ ƎNŜI·ű ŘŜűI·ƛfφ^{oc} ¢Kƛă øI·ă ØŜNè ƛYLJ2NúI·yű ōŜŎI·dzăŜ ăŎƛŜyűƛăűă KI·Ř ăúNdzƎƎfŜŘ ű2 ŜÈLJfI·ƛƴ űKŜ ăLJŜŎűNI·f fƛyŜă 2Ŧ ØI·NƛƨdzăŜfŜYŜyűă LJNƛƨNƱ ű2 .2KNΩă I·ű2YƛŎ Y2ŘŜfφ .2KNΩă Y2ŘŜf øI·ă KƛƎKfè ădzŎŎŜăăŦdzf I·yŘ ƛű KŜfLJă ăŎƛŜyűƛăűă ŦN2Y ØI·NƛƨdzăŦƛŜfŘă ŜÈLJfI·ƛƴ úKŜ 2LJűƛŎI·fΣ Y I·ƎyŜűƛŎ I·yŘ ŎKŜYƛŎI·f LJN2LJŜNúƛŜă 2Ŧ ØI·NƛƨdzăŜfŜYŜyűăφ .dzű ƛű øI·ă IjdzƛűŜ 2ōØƛƨdzăűKI·ű ƛű KI·Ř ŘNI·øōI·Ŏ]ă ű22φ Lű Ŏ2dzfŘyQű ŎI·fŎdzfI·űŜ űKŜ ƛyűŜyãƛúƛŜă 2Ŧ űKŜ ăLJŜŎűNI· y2N Ŏ2dzfŘ ƛű ŜÈLJfI·ƛƴ úKŜ úNI·yãƛúƛ2ƴ LJN2ŎŜăă 2Ŧ I·Ƴ ŜfŜŎűN2ƴ ŦN2Y 2yŜ ăúI·űŜ ű2 űKŜ 2űKŜNφ

¢KŜ ySÈű ƎN2dzyŘōNŜI·]ƛyƎ Ŏ2yűNƛōdzúƛ2ƴ ű2 Ijdz I·yűdzY YŜŎKI·yƛŎă ŎI·YŜ ŦN2Y I· CNŜyŎK LJKèăƛŎƛăúΣ [2dzƛă ŘŜ .N2ƎfƛŜφ !ă I· LJI·Nű 2Ŧ Kƛă ŘƛăăŜNúI·ûƛ2yΣ ŘŜ .N2ƎfƛŜ ădzƎƎŜăúŜŘ űKI·ű űKŜ øI·ØŜ I·yŘ LJI·NűƛŎfŜ Ŕdz I·f ƛyűŜNLJNŜúI·ûƛ2yã 2Ŧ Y I·ûúŜNΣ øKƛŎK øI·ă I· ă2dzNŎŜ 2Ŧ Ŏ2yűN2ØŜNăè ōI·Ŏ] úKŜyΣ øŜNŜ 2yfè ŘdzŜ ű2 ŘƛŦŦŜNŜyŎŜă ƛƴ LJŜNăLJŜŎűƛØŜφ^{oT} I ƛă tKφ 5φ I·ŘØƛă2Nă I·ű {2Nō2yŷŜ ó¦ yƛØŜNăƛúè 2Ŧ t I·NƛăúŘŜŎƛŘŜŘ űKI·ű úKŜè Ŏ2dzfŘ y2ű Ŧdzffè ∂dzŘƎŜ ƛûă Y ŜNƛű I·yŘ ăŜyű ƛű ű2 !fōŜNű 9ƛyűăűŜƛƴ ƛyűăűŜI·Řφ !fōŜNű 9ƛyűăűŜƛƴ ƛY Y ŜŘƛI·ûŜfè NŜăLJ2yŘŜŘ ăúI·ûƛyƎ úKI·ű ŘŜ .N2ƎfƛŜ øI·ă y2ű 2yfè NƛƎKúΣ Kƛă Ŏ2yűNƛōdzúƛ2yã ű2 úKŜ ŦƛŜfŘ I·fă2 KŜfLJŜŘ dzyNI·ØŜf 2yŜ 2Ŧ yl·ûdzNŜΩă Y èăűŜNƛŜăφ [2dzƛă ŘŜ .N2ƎfƛŜ øI·ă I·øI·NŘŜŘ I· b2ōŜf LJNƛÎŜ ƛƴ LJKèăƛŎă Ŧ2N Kƛă Ŏ2yűNƛōdzúƛ2yã ƛƴ мфнфφ I ƛă úKŜ2NƛŜă øŜNŜ ŜÈűŜyŘŜŘ I·yŘ LJdzű ƛyű2 I· Y I·ûKŜY I·ûƛŎI·f Ŧ2NY ōè !dzăűNƛI·ƴ LJKèăƛŎƛăű 9Nøƛƴ {ŎKN I ŘƛyƎŜNΣ øK2 ƛă øŜff]ƴ2øƴ Ŧ2N Kƛă ŦI·Y2dză øI·ØŜ ŜIjdz I·ûƛ2ƴ ŘŜăŎNƛōƛyƎ Ijdz I·yűdzY YŜŎKI·yƛŎI·f ōŜKI·ØƛƨN ς úKŜ {ŎKN I ŘƛyƎŜN ŜIjdz I·ûƛ2yφ^{oy} {ŎKN I ŘƛyƎŜN ŘŜØŜf2LJŜŘ Kƛă ûKŜ2NèΣ øKƛŎK KŜ Ŏl·ffŜŘ øI·ØŜ YŜŎKI·yƛŎăΣ I·yŘ Ŏ2dzfŘ ădzŎŎŜăăŦdzffè ŜÈLJfI·ƛƴ I·ff ûKŜ LJKŜy2YŜyl· ûKI·ű

.2KNΩă űKŜ2Nè ŜÈLJfI·λyŜŘΦ a2NŜ2ØŜNΣ λű KŜfLJŜŘ ŦλtfűKŜ Ø2λŘ fŜŦű õè .2KNΩă űKŜ2NλŜă õè ŜÈLJfI·λyλyΞ LJKŜy2YŜyl· ădzÕK I·ă λyűŜyăλűλŜă 2Ŧ ălJŜÕűNI·f fλySăΦ .dzű űKŜ õŜI·dzűè 2Ŧ űKŜ ø I·ØŜ YŜÕKI·yλÕă űKŜ2Nè ø I·ă űKI·ű λű øŜyű õŜè2yŘ ŜÈLJfI·λyλyΞ øKI·ű I·fNŜI·Řè ŜÈλăűŜŘ I·yŘ Õ2dztŘ õŜ 2õăŜNØŜŘΦ Lű KŜfLJŜŘ LJNŜŘλÕű ă2YŜ 2Ŧ űKŜ LJKŜy2YŜyl· úKI·ű øŜNŜyΩű ŜØŜyˇŘNŜI·Yű 2Ŧ ŜI·NfλŜN fλ]Ŝ ŜfŜÕúN2yˇõŜI·Yˇ ŘλŦŦNI·Õűλ2yΦ

!ű űKŜ ăI·YŜ űλYŜ I·ă øKŜyˇ {ÕKNI ŘλyΞŜN LJdzõfλăKŜŘ Kλă LJI·LJŜN 2yˇ øI·ØŜ YŜÕKI·yλÕăΣ I·y2úKŜN Kλăűă2NλÕ LJI·LJŜN õè I· DŜNYˇI·yˇ LJKèăλÕλăűΣ ² ŜNyŜN I Ŝλă Ŝyõ ŜNΞ ădzNŦI·ÕŜŘ I·yŘ ăK22] űKŜ LJKèăλÕă Õ2YˇYˇdzyλűè I Ŝλă Ŝyõ ŜNΞ ŘŜØŜf2LJŜŘ YˇI·úNλÈ YˇŜÕKI·yλÕă I·ă I· YˇŜI·yã ű2 ă2fØŜ úKŜ IjdzI·yűdzYˇ YˇŜÕKI·yλÕI·f LJN2õfŜYˇΦoΦ ¢KŜ ű ø2 LJI·LJŜNă ø2dzfŘ KI·ØŜ f22]ŜŘ ű2 ű I·Õ]fŜ ű ø2 Õ2YˇLJfŜűŜfè ŘλŦŦŜNŜyű ădzõ2ŜÕúă ű2 I· ÕI·ădzI·f ØλŜøŜN õdzű úKŜè I·ÕűdzI·ffè ŘŜăÕNλõŜŘ úKŜ ăI·YŜ LJN2õfŜYˇ I·yŘ fŜŘ ű2 úKŜ ăI·YŜ Õ2yÕfdzăλ2yãΦ LyˇŦI·ÕűΣ {ÕKNI ŘλyΞŜN fI·úŜN LJN2ØŜŘ YˇI·úKŜYˇI·úλÕI·ffè úKI·ű õ2úK NŜLJNŜăŜyűI·úλ2yã øŜNŜ ŜIjdzλØI·fŜyűΦ {ÕKNI ŘλyΞŜN Õ2yãλŘŜNŜŘ Kλă Ijdz I·yűdzYˇ ăèăúŜYˇă I·ă ø I·ØŜŦdzyÕűλ2yã I·yŘ 2õăŜNØI·õfŜă NŜLJNŜăŜyűŜŘ õè 2LJŜNI·ú2Nă I·Õű 2yˇ úKŜ ø I·ØŜŦdzyÕűλ2yΦ I λă 2LJŜNI·ú2Nă NŜYˇI·λyŜŘ ŦλÈŜŘΣ øKλfŜ úKŜ ŜIjdzI·úλ2yˇÕKI·yΞŜŘ øλúK ûλYˇŜΦ I Ŝλă Ŝyõ ŜNΞΣ 2yˇ úKŜ 2úKŜN KI·yŘΣ KI·Ř úKŜ 2LJŜNI·ú2Nă ÕKI·yΞŜ øλúK ûλYˇŜ øλúK Kλă õI·ăλă 2Ŧ ûλYˇŜ NŜYˇI·λyλyΞ dzyÕKI·yΞŜŘΦ a2ăű LJKèăλÕλăűă øŜNŜ ăf2ø ű2 I·Ř2LJű YˇI·úNλÈ YˇŜÕKI·yλÕă YˇI·λyfè ŘdzŜ ű2 λúă I·õăúNI·Õű yl·údzNŜ I·yŘ Õ2YˇLJfŜÈ YˇI·úKŜYˇI·úλÕăΦ {ÕKNI ŘλyΞŜNΩă ø I·ØŜ úKŜ2Nè ø I·ă ŜI·ăλŜN ű2 NŜfI·ûŜ I·yŘ Øλădz I·fλÎŜ úKŜ I·ű2YˇλăúλÕ ŜØŜyűă Ŧ2N YˇI·yè LJKèăλÕλăűăΣ Õ2YˇLJI·NŜŘ ű2 dzăλyΞ úKŜ I Ŝλă Ŝyõ ŜNΞΩă YˇI·úNλÈ YˇŜÕKI·yλÕăΦ I2øŜØŜNΣ úKŜNŜ ø I·ă ăűλtf I· ΞI·LJ úKI·ű KI·Ř ű2 õŜ ŦλtfŜŘ ç úKŜ Õ2YˇLJI·ûλõλfλűè 2Ŧ IjdzI·yűdzYˇ úKŜ2NλŜă I·yŘ ΞŜyŜNI·f NŜfI·ûλØλűè úKŜ2Nè Φ

¢Kλă ΞI·LJ ø I·ă Ŧ I·Y2dzătè I·ŘŘNŜăăŜŘ õè I· .NλúλăK tKèăλÕλăúΣ t I·dzf 5λNI·ÕΣ øK2 LJdzõfλăKŜŘ Kλă LJI·LJŜN 2yˇ wŜfI·ûλØλăűλÕ ² I·ØŜ 9IjdzI·ûλ2yˇλyˇ мфнфΦnn I λă ŜIjdzI·ûλ2yˇy2ű 2yfè ŘŜăÕNλõŜŘ úKŜ

Y2űλ2y 2ŦŜfŜŎúNN2yãΣúNI·ØŜfλyƎ I·ű ăLJŜŜŘă Ŏ2YLJI·NI·ōfŜ ű2 ăLJŜŜŘ 2Ŧ fλƎKűΣ ōdzű Ŏ2dzfŘ I·fă2 ŜÈLJfI·λyúKŜλN I·yƎdzfI·N I·yŘ YI·ƎyŜúλŎ Y2YŜyűă℗ ¢Kλă ǿI·ă I· úNŜYŜyŘ2dză I·ŎKλŜØŜYŜyű λyλűă 2ǿyNŜƎI·NŘ ōdzű 5λNI·Ŏ ŘλŘyQű ăű2LJ úKŜNŜ℗ I Ŝ y2űλŎŜŘ úKI·ű Kλă ŜIjdzI·űλ2y ǿI·ă ØI·fλŘ y2ű 2yfè Ŧ2N I· ySƎI·úλØŜfè ŎKI·NƎŜŘ ŜfŜŎúNN2y ōdzű I·fă2 Ŧ2N I· LJI·NűλŎfŜ 2Ŧ ăλYλfI·N YI·ää ǿλűK I· LJ2ăλűλØŜ ŎKI·NƎŜ℗ I Ŝ λyλűλI·ffè λƎy2NŜŘ úKλă λYLJfλŎI·űλ2y ŘdzŜ ű2 ǿKI·ű KŜ ŎI·ffŜŘ LJdzNŜ Ŏ2ǿI·NŘλŎŜ℗ [I·úŜNΣ úKλă fŜŘ ű2 KλY LJNŜŘλŎűλyƎ úKŜ ŜÈλăűŜyŎŜ 2Ŧ I·yűλπŜfŜŎúNN2yã óLJ2ăλúNN2yãú I·yŘ ōè ŜÈűŜyãλ2y ç I·yűλπYI·úűŜN℗ I λă LJNŜŘλŎűλ2y ǿI·ă ŜÈLJŜNλYŜyűI·ffè ØŜNλŦλŜŘ I· ŦŜǿ èŜI·Nä fI·úŜN ØKŜyLJ2ăλúNN2yã ØŜNŜ λyŘŜŜŘ Ŧ2dzyŘ λyŎ2ăYλŎ NI·ŘλI·űλ2y℗ 5λNI·ŎQă ǿ2N] ăKI·LJŜŘ úKŜ ōI·ăλŎ Ijdz I·yűdzY úKŜ2N̈è ű2 ǿKI·ű ǿŜ I·NŜ y2ǿ ŦI·YλfλI·N ǿλűK ű2ŘI·è℗ ¢NŜYŜyŘ2dză I·ŘØI·yŎŜă ØŜNŜ YI·ŘŜ λy dzyŘŜNăűI·yŘλyƎ úKŜ ōŜKI·ØλN 2Ŧ ŦdzyŘI·YŜyűI·f LJI·NűλŎfŜă λy I· ăK2NűL ăLJI·y 2Ŧ ûλYŜ℗ !ff LJI·NűλŎfŜă ØŜNŜ ŎfI·ääλŦλŜŘ λyű2 ûǿ2 ŎI·ûŜƎ2NλŜă ç CŜNYλ2yã I·yŘ .2ă2yã óō2ûK ûŜNYă Ŏ2λySŘ ōè 5λNI·Ŏ I·ŦűŜN 9yNλŎ2 CŜNYλ I·yŘ {I·üèŜyŘNI· bI·ûK .2ăŜ NŜăLJŜŎűλØŜfèú℗ .2ûK ŎfI·ääŜă 2Ŧ LJI·NűλŎfŜă ØŜNŜ ăK2ǿy ű2 KI·ØŜ ŦdzyŘI·YŜyűI·ffè ŘλŦŦŜNŜyű LJN2LJŜNűλŜă℗ ¢Kλă ǿI·ă I·N2dzyŘ úKŜ ăI·YŜ ûλYŜ ØKŜy ISλăŜyōŜNƎ ŎI·YŜ 2dzű ǿλűK Kλă ¦yŎŜNűI·λyλűè tNλyŎλLJfŜ I·yŘ .2KN I·yy2dzyŎŜŘ Kλă Ŏ2YLJfŜYŜyűI·NλűèLJNλyŎλLJfŜ℗

!f2yƎ ǿλűK I·ff úKŜ I·ŘØI·yŎŜăΣ úKŜNŜ ǿI·ă I· ăűN2yƎ ŘŜōI·ûŜ λy I·ŎI·ŘŜYλŎ ŎλNŎfŜă I·ō2dzű úKŜ ØI·fλŘλûè I·yŘ λyűŜNLJNŜűI·ûλ2y 2Ŧ IjdzI·yűdzY YŜŎKI·yλŎă℗ ¢KŜNŜ ǿŜNŜ IjdzŜăűλ2yã I·ō2dzű ǿKI·ű I· ǿI·ØŜŦdzyŎűλ2y I·Ŏűdz I·ffè ǿI·ă I·yŘ ǿKI·ű ǿI·ă KI·LJLJŜyλyƎ ǿKŜy I· LJN2LJŜNûè ǿI·ă ōŜλyƎ YŜI·ădzNŜŘ℗ ¢KŜNŜ ǿŜNŜ I· ydzYōŜN 2Ŧ ŘŜōI·ûŜă 2y úKŜ ØŜNè yI·ûdzNŜ 2Ŧ IjdzI·yűdzY YŜŎKI·yλŎă℗ ¢KŜ Y2ăű LJ2LJdzfI·N ŘŜōI·ûŜă ǿŜNŜ úKŜ 2yŜă ōŜűǿŜŜy bλŜfă .2KN I·yŘ !fōŜNű 9λyűŜλy I·yŘ NŜYŜYōŜNŜŘ λy Kλăű2Nè I·ă úKŜ .2KNπ9λyűŜλy ŘŜōI·ûŜă℗™ .2KN óI·fă2 tI·dzfλ I·yŘ ISλăŜyōŜNƎú KI·Ř ădzōăŎNλōŜŘ ű2 úKŜ ySǿfè ŘŜØŜf2LJŜŘ IjdzI·yűdzY úKŜ2Nè I·yŘ Řdz I·fûè 2Ŧ YI·ûûŜN ōdzű

9λyãűŜλy´ól·yŘ {ŎKNJlŘλyƎŜNJú ǿŜNJŜ y2ű ăl·űλăŦλŜŘ ǿλűK űKŜ λyűŜNJLJNJŜűl·űλ2yã¢ .2űK 2Ŧ űKŜY´ Kl·Ř űNJŜY´ŜyŘ2dză l·Y´2dzyű 2Ŧ NJŜăLJŜŎű Ŧ2NJ Ŝl·ŎK 2űKŜNJ ōdzű űKŜè ǿŜNJŜ LJNJŜűűè ăűdzōō2NJy´ λy´ űKŜλNJ 2ǿy´ ǿl·èă¢ .2KNJ ŦŜtű űKl·ű άLű λă ǿN2yƎ ű2 űKλy¶ űKŜ űl·ă¶ 2Ŧ LJKèăλŎă λă ű2 ŦλyŘ 2dzű K2ǿ yl·űdzNJŜ λă¢é 9λyãűŜλy´ŦŜtű 2űKŜNJǿλăŜ¢ Ь ² Kl·ű ǿŜ Ŏl·ff ăŎλŜyŎŜΣЬ KŜ ăl·λŘΣ ЬKl·ă űKŜ ă2fŜ LJdzNJLJ2ăŜ 2Ŧ ŘŜűŜNJY´λyλyƎ ǿKl·ű λă¢Ь .2KNJ LJNJ2LJ2ăŜŘ űKl·ű ŜfŜŎűN2yã ŜÈλăűŜŘ l·ă ŘŜăŎNJλōŜŘ ōè űKŜ ǿl·ǾŜ Ŝljdzl·ûλ2y´ l·yŘ ŘλŘyQű ŜÈλăű l·ă LJl·NJűλŎfŜă dzyűλf űKŜè l·NJŜ l·ŎűdzI·ffè Y´Ŝl·ădzNJŜŘ l·yŘ 2ōăŜNJǾŜŘ¢ 9λyãűŜλy´ ŘλŘyQű ŜY´ōNJl·ŎŜ úKλă l·LJLJN2l·ŎK l·ă KŜ ŦŜtű úKl·ű ŜfŜŎűN2yã ǿŜNJŜ ŜfŜŎűN2yã l·yŘ Y´Ŝl·ădzNJŜY´Ŝyűă ăK2dzfŘyQű l·ŦŦŜŎű űKŜλNJ l·ŎűdzI·f yl·űdzNJŜ¢ .2KNJQă ŘŜōl·ûŜ ǿλűK 9λyãűŜλy´ Ŏ2yűλyűzŜŘ 2y´ Y´dzfűλ LJfŜ 2ŎŎl·ăλ2yã dzyűλf 9λyãűŜλyQă ŘŜl·ûK λy´ мфpp¢ WdzY´LJλyƎ l·KŜl·Ř ű2 űKŜ LJNJŜăŜyű Řl·è£ .2KNJQă ó/2LJŜyKl·ƎŜyŭ λyűŜNJLJNJŜűl·ûλ2y´ 2Ŧ ljdzl·yűdzY´ Y´ŜŎKl·yλŎă λă ăűλff Ŏ2yãλŘŜNJŜŘ l·ă űKŜ Y´2ăű l·ŎŎŜLJûŜŘ ǾλŜǿ 2y´ûKŜ ădzō?ŜŎû¢

¢KŜ úl·fŜ 2Ŧ ljdzl·yűdzY´ Y´ŜŎKl·yλŎă l·yŘ λûă Y´ŜűŜ2NJλŎ NJλăŜ ű2 űKŜ ű2LJ λă l·y´ λyŎNJŜŘλōfŜ 2yŜ¢ LŦ λű ǿŜNJŜ ű2 ōŜ ű2fŘ l·ă l· Y´2ǾλŜ ûl·fŜ£ λű ǿ2dzfŘ ōŜ ăűŜl·fλyƎ ûKŜ ăK2ǿ l·û ŜǾŜNJè l·ǿl·NJŘă ŎŜNJŜY´2yè£ ǿλyŷλyƎ Y´dzfűλ LJfŜ hăŎl·Nă l·f2yƎ ûKŜ ǿl·è¢ vdzl·yűdzY´ ûKŜ2NJλŜă Kl·ǾŜ NJŜØ2fdzűλ2yλÎŜŘ ûKŜ ǿl·è ǿŜ f22¶ l·û ûKŜ LJKèăλŎl·f ǿ2NJfŘ l·yŘ λű λă y2ű ∂dzăű ûKŜ LJKèăλŎă Ŏ2Y´Y´dzyλűè ûKl·û Kl·ă ōŜyŜŦλűŜŘ ŦNJ2Y´ λű¢ vdzl·yűdzY´ Y´ŜŎKl·yλŎă y2ǿ LJfl·èă l·y´λY´Y´Ŝyã Ŝ NJ2fŜ λy´ dzyŘŜNJăűl·yŘλyƎ ûKŜ ŦdzyŘl·Y´Ŝyűl·fă 2Ŧ l·ff ûKŜ LJKèăλŎl·f ăŎλŜyŎŜă l·ă ǿŜ ¶y2ǿ λű¢ !ff ûKŜ LJNJ2LJŜNJűλŜă 2Ŧ ădzōăűl·yŎŜă Ŏl·y´ ōŜ Ŏl·fŎdzfl·ûŜŘ l·yŘ ¶y2ǿy´ ōè ă2fǾλyƎ ûKŜ ŜfŜŎűN2yλŎ l·yŘ yűzŎfŜl·Ŝ 5λNJl·Ŏπ l Ŝlă Ŝyŏ ŜNJƎ{ŎKNJlŘλyƎŜNJ ŜljdzI·ûλ2yã ű2 2ōűl·λy´ ØλōNJl·ûλ2yl·ffè l·ØŜNJl·ƎŜŘ NJŜădzfűă¢ Lű λă ŎNJλűλŎl·f ű2 NJŜl·fλÎŜ ûKl·û ǿŜ ăűλff Ř2 y2ű Kl·ØŜ l·y´ λyűdzλűλØŜ ăŜyãŜ l·ă ű2 ǿKè ŦdzyŘl·Y´Ŝyűl·f LJl·NJűλŎfŜă ōŜKl·ØŜ ûKŜ ǿl·è ûKŜè Ř2¢ .dzű 2yŎŜ l·ff ûKŜ ljdzλN¶ă 2Ŧ ljdzl·yűdzY´ Y´ŜŎKl·yλŎă Kl·ØŜ ōŜŜy´ l·ŎŎŜLJûŜŘΣ λű ōŜŎ2Y´Ŝă l·y´ ŜÈűNJŜY´Ŝfè dzăŜŦdzf ű22f λy´ LJNJŜŘλŎűλyƎ ûKŜ

LJN2LJŜNNűλŜă l·yŘ ōŜKl·Øλ2N 2ŦűKŜ LJKèăλŎl·f ø2NfŘΦ Ly˝űKl·ű ăŜyãŜΣ 2yŜ Ŏl·y˝ăl·è űKl·ű øŜ Ŏl·yỲ2ű NŜl·ffè dzyŘŜNăűl·yŘ űKŜ ōŜKl·Øλ2N 2Ŧ ŜfŜY˝Ŝyűl·Nè LJl·NűλŎfŜăT øŜ ∂dzăű Y˝Ŝl·ădzNŜ űKŜY˝ l·yŘ λyűŜNLJNŜű űKŜ NŜădzfűăΦ Ly˝ űKŜ ø2NŘă 2Ŧ űKŜ /2NyŜff LJKèăλŎλăű bl·űKl·yλŜf 5l·ØλŘ aŜNY˝λyΣ Y˝l·yè ăŎλŜyűλăűă ű2Řl·è ∂dzăű ∂ăKdzű dzLJ l·yŘ Ŏl·fŎdzfl·űŜέΣ øKλŎK λă øKl·ű KŜ ŦŜfű űKŜ /2LJŜyKl·ΞŜy˝ λyűŜNLJNŜűl·ûλ2y˝ 2Ŧ ljdzl·yűdzY˝ Y˝ŜŎKl·yλŎă øl·ă NŜŎ2Y˝Y˝ŜyŘλyΞΦ¹¹ ¢Kλă Řλăă ŜNűl·ûλ2y˝ ø2dzfŘyQű Kl·ØŜ ōŜŜy˝LJ2ăăλōfŜ λŦ L Kl·ŘyQú l·ŎŎŜLJűŜŘ űKŜ øŜλNŘyŜăă 2Ŧ űKŜ ljdzl·yűdzY˝ ø2NfŘ l·yŘ ăűl·NűŜŘ l·LJLJfèλyΞ λű ű2 ŘŜăŎNλōŜ ŎKŜY˝λăúNè ŦN2Y˝ l· ŦdzyŘl·Y˝Ŝyűl·f ăűl·yŘLJ2λyű ōè ŜÈLJfl·λyλyΞ øKl·ű űKŜ ŜfŜŎűN2yã øŜNŜ Ř2λyΞΦ a2Øλy∃ Ŧ2Nøl·NŘΣ 2yŜ Ŏl·y˝ 2yfè ó2LJűλY˝λăűλŎl·ffèú K2LJŜ űKl·ű űKŜ LJKèăλŎλăűă ŦλyŘ LJNŜLJ2yŘŜNl·yű l·yŘ ŘŜŦλyλűλØŜ l·yãøŜNă l·ō2dzű űKŜ ŦdzyŘl·Y˝Ŝyűl·f yl·ûdzNŜ l·yŘ λyűŜNl·Ŏűλ2yã 2Ŧ Yl·ûűŜN 2LJŜyλyΞ dzLJ űKŜ LJ2ăăλōλfλúè 2Ŧ ySø LJKèăλŎl·f λyűŜNLJNŜűl·ûλ2yã l·yŘ l·LJLJfλŎl·ûλ2yã ű2 úKŜ ŎKŜY˝λăűăΣ Yl·ûŜNλl·f ăŎλŜyűλăűăΣ ōλ2f2∃λăűă l·yŘ ăŎλŜyűλăűă λy˝∃ŜySNl·fΦ

мΦн v¦!bc¦a /l9aL{cwˏYCwha !ttwh!/l ch !tt[L/!cLhb{

мΦнΦм !LJLJN2l·ŎK ű2 /KŜY˝λăúNèΦ ¢KŜ Ŧ2dzyŘl·ûλ2yã Ŧ2N ljdzl·yűdzY˝ ŎKŜY˝λăúNè Kl·ØŜ ōŜŜy˝ fl·λŘ l·fY˝2ăű l· ŎŜyűdzNè l·∃2Φ Ly˝úKŜ èŜl·N мфнфΣ tl·dzf 5λNl·Ŏ Kl·Ř Tl·Y˝2dzăfè ŘŜŎfl·NŜŘ úKl·úΣ á¢KŜ ŦdzyŘl·Y˝Ŝyűl·f fl·øă ySŎŜăăl·Nè Ŧ2N úKŜ Y˝l·úKŜY˝l·úλŎl·f úNŜl·úY˝Ŝyű 2Ŧ fl·N∃Ŝ LJl·Nűă 2Ŧ LJKèăλŎă l·yŘ úKŜ øK2fŜ 2Ŧ ŎKŜY˝λăúNè l·NŜ úKdză Ŧdzfè ly2øyΣ l·yŘ úKŜ ŘλŦŦλŎdzfûè fλŜă 2yfè λy˝úKŜ Tl·Ŏű úKl·ű l·LJLJfλŎl·ûλ2y˝ 2Ŧ úKŜăŜ fl·øă fŜl·Řă ű2 ŜljdzI·ûλ2yã úKl·ű l·NŜ ű22 Ŏ2Y˝LJfŜÈ ű2 ōŜ ă2fØŜŘΦε tl·Nű 2Ŧ úKŜ LJN2ōfŜY˝ øl·ă úKŜ fl·Ŏl 2Ŧ Ŏ2Y˝LJdzűl·ûλ2yl·f NŜă2dzNŎŜă øKλŎK Y˝Ŝl·yű úKl·ű úKŜ úKŜ2NλăűăKl·Ř ű2 ă2fØŜ úKŜλNJ LJN2ōfŜY˝ă øλúK LJŜy˝l·yŘ LJl·LJŜNΦ b2ű 2yfè øl·ă λű ăűNŜyΦz2dză l·yŘ ûλY˝Ŝ Ŏ2yãdzY˝λy∃Σ λű øl·ăyQú LJ2ăăλōfŜ Ŧ2N úKŜY˝ ű2 ă2fØŜ úKŜ 5λNl·Ŏπ l Ŝλă Ŝyō ŜN∃π{ŎKNJ l Řλy∃ŜNJ Ŝljdzl·ûλ2y˝ ŜÈl·Ŏűfè ōŜè2yŘ l· ûø2πō2Řè LJN2ōfŜYΦ {ŎλŜyűλăűă Ŏ2dzfŘ 2yfè ø2N˥ 2y˝ ăY˝l·ffŜNJ ăèăűŜY˝ăΣ ŜY˝LJf2èλyΞ Øl·Nλ2dză fŜØŜfă 2Ŧ l·LJLJN2ÈλY˝l·ûλ2yãΦ Cl·ăű Ŧ2Nøl·NŘ l·ō2dzű l· ŎŜyűdzNèΣ øŜ

I·NŜ y2ø N2dzűλySfè ă2fØλyƎ űKŜ 5λNI·Öπ I ŜλăŜyōŜNƎπ{ŎKNI ŘλyƎŜN ŜIjdzI·ûλ2y óøλúK I· KλƎK ŘŜƎNŜŜ 2ŦI·ŎŎdzNI·Ŏèú ű2 λyűŜNLJNŜű ŎKŜYλăúNè LJŜNűI·λyλyƎ ű2 2dzN LJKèăλŎI·f ø2NfŘΦ ¢KŜ NλăŜ 2Ŧ Ŏ2YLJdzűŜN LJN2ƎNI·Yă I·yŘ Ŏ2YLJdzűI·ûλ2yl·f LJ2øŜNă I·ØI·λfI·ōfŜ ű2 NŜăŜI·NŎKŜNă KI·ă úNI·yãŦ2NYŜŘ K2ø űKŜè I·LJLJN2I·ŎK I·yŘ ă2fØŜ LJN2ōfŜYă 2ØŜN űKŜ èŜI·NăΦ ¢KŜ2NèΣ øλúK űKŜ I·λŘ 2Ŧ Ŏ2YLJdzűI·ûλ2yΣ ŎI·y y2ø NŜfλI·ōfè LJNŜŘλŎű Ydzfűλ LJfŜ LJN2LJŜNűλŜă I·yŘ NI·ûŜă 2Ŧ NŜI·Ŏûλ2yãΦ Lű Ǝ2Ŝă KI·yŘ λy KI·yŘ øλúK ŜÈLJŜNλYŜyűă λy dzyŘŜNăűI·yŘλyƎ ă2YŜ 2Ŧ űKŜ Y2NŜ Ŏ2YLJfŜÈ ăèăűŜYăΦ ¢KŜ2Nè λă I·fă2 dzăŜŦdzf Ŧ2N űK2ăŜ ŎI·ăŜă øKŜNŜ λű λă ŜÈLJŜNλYŜyűI·ffè ŘλŦŦλŎdzfű ű2 2ōăŜNØŜ ŘI·ûI· I·yŘ ōŜλyƎ λyŎNŜI·ăλyƎfè dzăŜŘ ōè ăŎλŜyűλăűă I·ff 2ØŜN űKŜ ø2NfŘ ű2 ŜyKI·yŎŜ ûKŜλN dzyŘŜNăűI·yŘλyƎ 2Ŧ ûKŜ LJKèăλŎI·f ø2NfŘΦ vdzI·yűdzY ŎKŜYλăúNèΣ øKλŎK 2yŎŜ øI·ă I· ăYI·ff LJI·Nű 2Ŧ ûKŜ ûKŜ2NŜûλŎI·f ŎKŜYλăúNè Ŏ2YYdzyλűèΣ KI·ă y2ø ƎN2øy λyű2 λűă 2øy ŘλØŜNăŜ ŦλŜfŘ øλúK I·LJLJfλŎI·ûλ2yã λy Y2fŜŎdzfI·N Y2ŘŜffλyƎΣ ŘNdzƎ ŘŜăλƎyΣ ăLJŜŎλI·fűè YI·ûŜNλI·fă I·yŘ YdzŎK Y2NŜΦ

¢KŜ 2ō?ŜŎűλØŜ 2Ŧ ûKλă ŘλăăŜNűI·ûλ2yλă ű2 ŘŜØŜf2LJ I·yŘ Ŏ2yãúNdzŎű Ydzfűλπăűl·ûŜ *I·ō λyλűλ2* LJ2űŜyűλI·f ŜyŜNƎè ădzNŦI·ŎŜă Ŧ2N ălJŜŎúN2ăŎ2LJè I·yŘ Řèyl·YλŎă Ŧ2N ăYI·ff Y2fŜŎdzfŜăΦ *!ō λyλűλ2* úNI·yãfI·ûŜă ű2 άŦN2Y ŦλNăű LJNλyŎλLJfŜăέ 2N άŦN2Y ûKŜ ōŜƎλyyλyƎέ λy [I·ûλyΦ ! LJ2ûŜyűλI·f ŜyŜNƎè ădzNŦI·ŎŜ ót9{ú λă I· YI·ûKŜYI·ûλŎI·f ŦdzyŎűλ2y ûKI·ű NŜLJNŜăŜyűă úKŜ ŜfŜŎúN2yλŎ ŜyŜNƎè 2Ŧ I· Y2fŜŎdzfI·N ăèăűŜY I·ă I· ŦdzyŎűλ2y 2Ŧ ûKŜ ƎŜ2YŜűNè 2Ŧ λúă ydzŎfŜλΦ ¢KŜăŜ ădzNŦI·ŎŜă I·NŜ ŎNdzŎλI·f ű2 K2ø ŎKŜYλăűă ØλŜø I·yŘ λyűŜNLJNŜű ŎKŜYλăúNè I·ű I· ŦdzyŘI·YŜyűI·f fŜØŜfΦ Ly ûKŜ2NèΣ λŦ I· LJN2LJŜNűè ŎI·y ōŜ YŜI·ădzNŜŘΣ λű ŎI·y I·fă2 ōŜ ŎI·fŎdzfI·ûŜŘΦ {2YŜ 2Ŧ ûKŜ LJN2LJŜNűλŜă ûKI·ű ŎI·y ōŜ ŎI·fŎdzfI·ûŜŘ λyŎfdzŘŜ ς óMú DŜ2YŜűNλŎI·f YλyλYI· ûKI·ű Ŏ2NNŜăLJ2yŘ ű2 ăúI·ōfŜ Y2fŜŎdzfI·N ăúNdzŎűdzNŜΦ óHú ¢NI·yãλűλ2y ăúI·ûŜă I·yŘ ûKŜλN ŜyŜNƎλŜă NŜfI·ûλØŜ ű2 ûKŜ YλyλYI·Φ óoú 5λLJ2fŜ I·yŘ KλƎKŜN Y2YŜyűăΦ ónú baw Ŏ2dzLJfλyƎ Ŏ2yãúI·yűăΦ ópú wŜI·Ŏûλ2y NI·ûŜă I·yŘ NŜI·ŎûλØŜ ŎN2ăăπ

ăŜŎűλ2y I·NŜI·ă¢ ócú ¢KŜNY2ŎKŜYλŎI·f ŘI·űI·¢ óTú ±λōNI·ûλ2yI·f ₮NŜIjdzŜyŎλŜă¢ óyú tI·NJűλûλ2y ₮dzyŎűλ2yã ŜűŎ¢ ¢KŜè I·NŜ ŎI·fŎdzfI·ûŜŘ ōè ă2fØλyƎ ûKŜ {ŎKNJIŘλyƎŜN ŜIjdzI·ûλ2y û2 ØI·NèλyƎ ŘŜƎNŜŜă 2₮ I·ŎŎdzNJI·Ŏè¢ ¢KŜ fŜØŜf 2₮ I·ŎŎdzNJI·Ŏè ySŜŘŜŘ ōŜŎ2YŜă ŎNdzŎλI·f ōŜŎI·dzăŜ λű λă y2ű LJ2ăăλōfŜ û2 ă2fØŜ ₮2N λű ŜÈI·ŎűfèI·LJI·Nű ₮N2Y 2yŜ I·yŘ ûø2 ō2Řè LJN2ōfŜYă ς KI·NY2yλŎ 2ăŎλffI·û2NΣ LJI·NűλŎfŜ λy I· ō2ÈΣ KèŘN2ƎŜy I·ű2Y ŜűŎ¢ ¢KŜ {ŎKNJIŘλyƎŜN ŜIjdzI·ûλ2y ăă I· YI·yè ō2Řè LJN2ōfŜY λy λűă ŜÈI·Ŏű ₮2NY ₮2N LJNJI·ŎűλŎI·f ăèăúŜYă øK2ăŜ Ŏ2YLJfŜÈλûè λyŎNŜI·ăŜă ŜÈLJ2yŜyűλI·ftè øλűK ûKŜ ydzYōŜN 2₮ ŜfŜŎúN2yã¢

Lű ăă yŜŎŜăăI·Nè û2 NŜI·fλÎŜ ûKI·ű ûKŜNŜ øλff I·føI·èă ōŜ Řλ₮₮ŜNŜyŎŜă λy 2LJλyλ2y I·ă û2 øKI·ű Ŏ2yãűλûdzűŜă I· ăYI·ff Y2fŜŎdzfŜΣ ŘŜLJŜyŘλyƎ 2y øK2 è2dz I·ăʅ¢ LúΩă ōŜŜy úNdzŜ λy ûKŜ LJI·ăúΣ λűΩă úNdzŜ NλƎKű y2ø λy ûKŜ LJNŜăŜyű I·yŘ λű øλff LJN2ōI·ōfè Ŏ2yűλydzŜ û2 NŜYI·λy úNdzŜ λy ûKŜ ₮dzűdzNŜ¢ ¢KŜ ŎdzNNŜyű ăűI·ûŜ 2₮ I·₮₮I·λNă ŘλŎűI·ûŜă ûKI·ű Ǝf2ōI·f KλƎKfè I·ŎŎdzNJI·ûŜ ŎI·fŎdzfI·ûλ2yã ŎI·y 2yfè ōŜ LJŜN₮2NYŜŘ 2y ăYI·ff Y2fŜŎdzfŜă óăλÈ I·ű2Yă I·yŘ ₮λ₮ûè ŜfŜŎűN2yãΣ I·ű Y2ăűú¢ I2øŜØŜN øλűK λYLJN2ØλyƎ I·fƎ2NλűKYă I·yŘ Ŏ2YLJdzűI·ûλ2yI·f NŜă2dzNŎŜăΣ 2yŜ ŎI·y ŜÈLJŜŎű ûKŜ ûŜŎKy2f2Ǝè û2 Ŏ2yűλydz2dzătè λYLJN2ØŜ I·yŘ ŘŜăŎNλōŜ ōλƎƎŜN ăèăúŜYă I·ŎŎdzNJI·ûŜfè λy ûKŜ ₮dzűdzNŜ ōdzű λű λă ØλűI·f ûKI·ű øŜ dzyŘŜNăúI·yŘ ûKŜ úNJI·ŘŜπ2₮₮ ōŜűøŜŜy ăLJŜŜŘ I·yŘ NŜfλI·ōλfλûè 2₮ ŎI·fŎdzfI·ûλ2yã ₮2N I·yè ăèăúŜY¢ ¢KŜ ōλƎƎŜăű ŎKI·ffŜyƎŜ ₮2N ûKŜ ŎdzNNŜyű I·yŘ ₮dzűdzNŜ ûKŜ2NŜűλŎI·f óI·yŘ Ŏ2YLJdzűI·ûλ2yI·fú ŎKŜYλăûă ø2dzfŘ ōŜ û2 ŘŜØŜf2LJ YŜűK2Ră I·yŘ ûKŜ2NλŜă ûKI·ű ŎI·y y2ű 2yfè ōŜ LJNŜŘλŎűλØŜfè I·ŎŎdzNJI·ûŜ ōdzű I·fă2 ōŜ ØλI·ōfŜ û2 ŎI·fŎdzfI·ûŜ dzăλyƎ ûKŜ I·ØI·λfI·ōfŜ Ŏ2YLJdzűI·ûλ2yI·f NŜă2dzNŎŜă¢ !fY2ăű I·ff 2₮ *I·ō λyλűû2* ŎI·fŎdzfI·ûλ2yã ōŜƎλy øλűK úNJèλyƎ û2 ă2fØŜ ûKŜ ûλYŜ λyŘŜLJŜyŘŜyű {ŎKNJIŘλyƎŜN ŜIjdzI·ûλ2y ₮2N ûKŜ Y2fŜŎdzfI·N I I·Yλfű2yλI·y $\widehat{H}$ óI·ă ăŜŜy λy ŜIjdzI·ûλ2y ϑMYú¢

$$\widehat{H}\Psi = E\Psi \qquad \text{ϑMYΣ}$$

Ψ λă I· ø I·ØŜ₮dzyŎűλ2y ØKλŎK ŘŜăŎNWōŜă űKŜ IjdzI·yűdzY ăűI·ű Ŝ 2₮ I·y λă2fI·ûŜŘ ăèăűŜY I·yŘ Ŏ2yűI·λyã I·ff ûKŜ λy₮2NWY I·ûλ2y 2₮ ûKŜ ăèăűŜY ûKI·ú λă ōŜλyE ăűdzŘλŜŘΦ ¢KŜ I I·Yλfű2yλI·y 2LJŜNWI·ű2NW λă dzădzI·ffè ōN2ʅŜy Ř2øy I·ă ûKŜ ădzY 2₮ ûKŜ ʅλySűλŎ I·yŘ LJ2ûŜyűλI·f ŜySNWEè ûŜNWYă I·ă ₮2ff2øăY

$$\hat{H} = \hat{T} + \hat{V} \qquad (1)$$

Lű ŎI·y ₮dzNűKŜN ōŜ ōN2ʅŜy Ř2øy λyű2 ydzŎfŜI·N I·yŘ ŜfŜŎűN2y ʅλySűλŎ ŜySNWEè ûŜNWYăT I·yŘ ûKŜ LJ2ûŜyűλI·f ŜySNWEè ûŜNWYă ς ydzŎfŜI·NπydzŎfŜI·N NŜLJdzfăλ2y ûŜNWYΣ ydzŎfŜI·NπŜfŜŎűN2y I·ûűNWI·Ŏűλ2y ûŜNWY I·yŘ ûKŜ ŜfŜŎűN2yπŜfŜŎűN2y NŜLJdzfăλ2y ûŜNWYΦ

$$\hat{H} = \hat{T}_{nuc} + \hat{T}_{el} + \hat{V}_{nuc-nuc} + \hat{V}_{nuc-el} + \hat{V}_{el-el} \qquad (2)$$

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2}\sum_\alpha \frac{1}{m_\alpha}\nabla_\alpha^2 - \frac{\hbar^2}{2m_e}\sum_i \nabla_i^2 + \sum_\alpha \sum_{\alpha>\beta} \frac{Z_\alpha Z_\beta e^2}{r_{\alpha\beta}} - \sum_\alpha \sum_i \frac{Z_\alpha e^2}{r_{i\alpha}} + \sum_\alpha \sum_{i>j} \frac{e^2}{r_{ij}} \qquad (3)$$

ØKŜNWŜ $\sum_i \nabla_i^2 \equiv {}^{\partial^2}/_{\partial x^2} + {}^{\partial^2}/_{\partial y^2} + {}^{\partial^2}/_{\partial z^2}$

{λyŎŜ λűΩă λyűNWI·ŎűI·ōfŜ ű2 ă2fØŜ ûKŜ {ŎKNWIŘλyEŜNW ŜIjdzI·ûλ2y I·yI·fèûλŎI·ffè ₮2N Y I·yèπ ō2Řè LJNW2ōfŜYăΣ øŜ Y I·ʅŜ dzăŜ 2₮ ăŜØŜNWI·f I·LJLJNW2ÈλY I·ûλ2yã λy 2NWŘŜN ű2 ă2fØŜ λűΦ ¢KŜ ₮ΛNWăű I·yŘ ûKŜ Y2ăű λYLJ2NWűI·yű I·LJLJNW2ÈλY I·ûλ2y λă ûKŜ . 2NWyπhLJLJŜyKŜλY ŜN ó . hú I·LJLJNW2ÈλY I·ûλ2yΦno ¢KŜ λŘŜI· ōŜKλyŘ ûKŜ I·LJLJNW2ÈλY I·ûλ2y λă ű2 ăŜLJI·NWI·ûŜ ûKŜ ydzŎfŜI·N I·yŘ ŜfŜŎűN2y Y2ûλ2yãΦ ¦ădzI·ffèΣ ûKŜ ydzŎfŜI·N I·yŘ ŜfŜŎűN2y Y2ûλ2yã I·NŜ Ŏ2dzLJfŜŘ ōdzű ű2 ă2fØŜ ûKŜ {ŎKNWIŘλyEŜNW ŜIjdzI·ûλ2yΣ øŜ ŘŜŎ2dzLJfŜ ûKŜλNW Y2ûλ2yãΦ ¢Kλă I·LJLJNW2ÈλY I·ûλ2y λă IjdzλűŜ I·ŎŎdzNWI·ûŜ I·ă ûKŜ ydzŎfŜλ I·NŜ ăŜØŜNWI·f ûK2dzăI·yŘ ûλY Ŝă KŜI·ØλŜNW ûKI·y ŜfŜŎűN2yã ó2dzăű I· LJNW2ű2y λűăŜf₮ øŜλEKă N2dzEKfè myoc ûλY Ŝă I·y ŜfŜŎűN2yΩă Y I·ăăúΦ ¢KI·ű ø2dzfŘ Y ŜI·y I· ydzŎfŜdză Y2ØŜă I·ű I· ăf2øŜN ØŜf2ŎλűèøKŜy

Ŏ2ϒLJI·ℕŜŘ ű2 ŜfŜŎűℕ2yãΦ ! fűŜℕyϒ1·ûλØŜfèΣ ŰKλă Ŏ2dzfŘ ōŜ ăŜŜϒ I·ă ŜfŜŎűℕ2yã λyãűI·yűI·yŜ2dzăfè ℕŜI·Ř?dzăűλyƎ ûKŜϒăŜfØŜă I·ă ûKŜ ydzŎfŜI·ℕ Ŏ2yƑλƎdzℕI·ûλ2ϒ λă ØI·ℕλŜŘ ăf2øfèΦ ¢Kλă Ŝy1·ōfŜă dză ű2 ă2fØŜ ûKŜ ŜfŜŎűℕ2yλŎ {ŎKℕI ŘλyƎŜℕ ŜIjdzI·ûλ2ϒ Ƒ2ℕ ûKŜ ϒ2ØŜϒŜyű 2Ƒ ŜfŜŎűℕ2yãΣ ƎλØŜϒ ƑλÈŜŘ ydzŎfŜλΣ ű2 ŎI·fŎdzfI·ûŜ ûKŜ ŜyŜℕƎè 2Ƒ ûKŜ ăèăűŜϒ I·ű I· LJI·ℕűλŎdzfI·ℕ Ŏ2yƑλƎdzℕI·ûλ2ϒλϒăLJI·ŎŜΦ ² KŜϒ øŜ ă2fØŜ Ƒ2ℕ ûKŜ ŜfŜŎűℕ2yλŎ {ŎKℕI ŘλyƎŜℕ ŜIjdzI·ûλ2ϒ óŜIjdzI·ûλ2ϒ ϑpYú Ƒ2ℕ I· ăŜℕλŜă 2Ƒ ƎŜ2ϒŜűℕλŜăΣ dzyŘŜℕ ûKŜ . h I·LJLJℕ2ÈλϒI·ûλ2yΣ λű ƎλØŜă ℕλăŜ ű2 ûKŜ Ŏ2yŎŜLJű 2Ƒ I· LJ2ûŜyűλI·f ŜyŜℕƎè ădzℕƑI·ŎŜΦ

$$\widehat{H}_{el}\Psi_{el}(r;R) = E_{el}\Psi_{el}(r;R) \qquad \text{ϑpYΣ}$$

$$\widehat{H}_{el} = -\frac{\hbar^2}{2m_e}\sum_i \nabla_i^2 - \sum_\alpha \sum_i \frac{Z_\alpha e^2}{r_{i\alpha}} + \sum_\alpha \sum_{i>j} \frac{e^2}{r_{ij}} \qquad \text{ϑcYΣ}$$

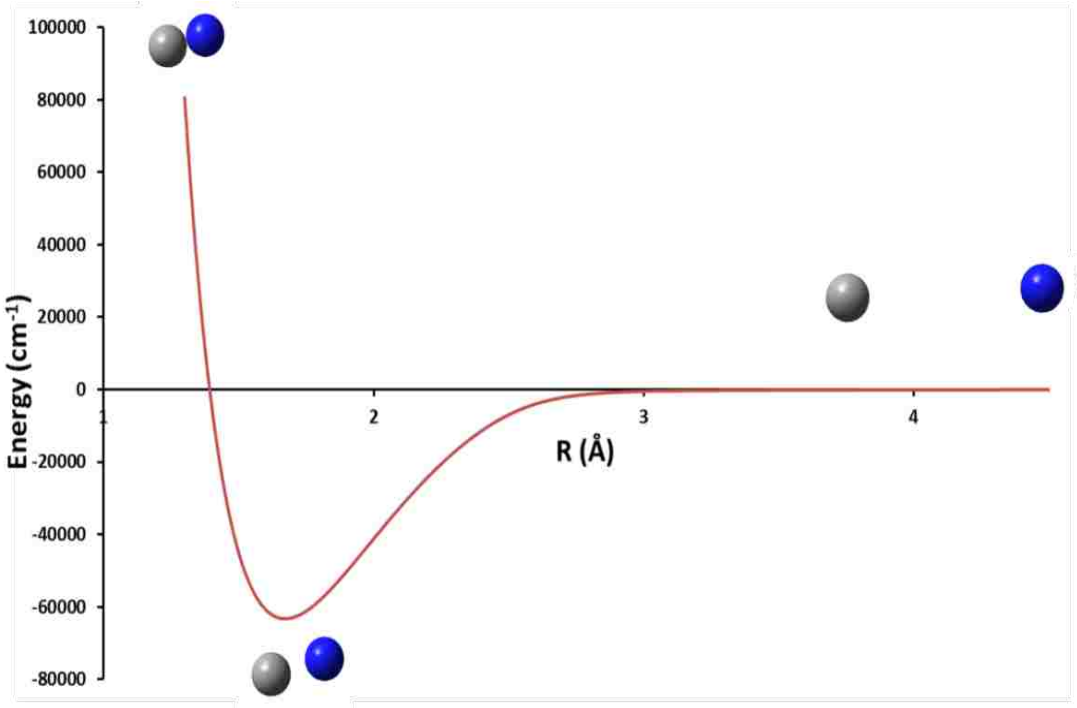
{λyŎŜ I· ŘλI·ű2ϒλŎ ϒ2fŜŎdzfŜ KI·ă 2yfè 2yŜ ŘŜƎℕŜŜ 2Ƒ ƑℕŜŜŘ2ϒ ç ăűℕŜűŎK ó2ℕ λyűŜℕydzŎfŜI·ℕ ŘλăűI·yŎŜúΣ λű fŜI·Řă ű2 ûKŜ Ŏ2yŎŜLJű 2Ƒ I· LJ2ûŜyűλI·f ŜyŜℕƎè ŎdzℕØŜ óCλƎdzℕŜ мΦмúΦ ¢KŜ ŘλϒŜyãλ2y1·fλűè 2Ƒ I· LJ2ûŜyűλI·f ŜyŜℕƎè ădzℕƑI·ŎŜ λă ƎλØŜϒ ōè o*b*πc Ƒ2ℕ y2yπfλyŜI·ℕ ϒ2fŜŎdzfŜă I·yŘ o*b*πp Ƒ2ℕ fλyŜI·ℕ ϒ2fŜŎdzfŜăΣ øKŜℕŜ *b* λă ûKŜ ydzϒōŜℕ 2Ƒ I·ű2ϒăΦ {2 I· y2yπ fλyŜI·ℕ ûℕλI·ű2ϒλŎ ăèăűŜϒ øλff KI·ØŜ o ŘŜƎℕŜŜ 2Ƒ ƑℕŜŜŘ2ϒ óűø2 ăúℕŜűŎKŜă I·yŘ I· ōŜyŘúΦ ! Ƒ2dzℕ I·ű2ϒ ăèăűŜϒ øλff KI·ØŜ c ŘŜƎℕŜŜă 2Ƒ ƑℕŜŜŘ2ϒΦ ¦ădzI·ffè ûKℕŜŜ ŘλϒŜyãλ2y1·f ădzℕƑI·ŎŜă I·ℕŜ ℕŜLJℕŜăŜyűŜŘ ōè ûø2 ŘλϒŜyãλ2y1·f ădzℕƑI·ŎŜăΣ I·ű I· ƑλÈŜŘ ûKλℕŘ ŘλϒŜyãλ2yϒ I·ă øŜ ŎI·yy2ű ℕŜLJℕŜăŜyű I· Ǝf2ōI·f o5 ădzℕƑI·ŎŜ 2yϒ LJI·LJŜℕΦ ! н5 LJf2ű 2Ƒ LJ2ûŜyűλI·f ŜyŜℕƎè ădzℕƑI·ŎŜă 2Ƒ ûKŜ ûKℕŜŜ f2øŜăű ŜfŜŎűℕ2yλŎ ăűI·ûŜă 2Ƒ ûKŜ ŎKf2ℕ2ŎI·ℕōŜyŜ ó/ I /tú ϒ2fŜŎdzfŜ λă ăK2øyϒλϒ CλƎdzℕŜ мΦнΦ ¢KŜ t9{ ōè λűăŜfƑ ŎI·yϒ ƎλØŜ dză λyãλƎKű 2yϒ ûKλyƎă fλ⌊Ŝ ƎŜ2ϒŜűℕλŜă Ŏ2ℕℕŜăLJ2yŘλyƎ ű2 ăűI·ōfŜ ăűℕdzŎűdzℕŜăΣ úℕI·yãλûλ2yϒ ăúℕdzŎűdzℕŜăΣ Yλyλ1ϒdzϒ ŜyŜℕƎè LJI·ûKăΣ ŜűŎΦ ¢KŜ ℕŜIjdzλℕŜŘ ydzϒōŜℕ 2Ƒ ŘI·ûI· LJ2λyűă ű2 Ŏ2ϒLJdzűŜ I· t9{ ŎI·yϒλyŎℕŜI·ăŜ ŜÈLJ2ySyűλI·ffè øλűK ûKŜ ydzϒōŜℕ 2Ƒ

l·ű2Yă¢ hyŐŜ ǿŜ 2ōűl·ƛy l· LJ2űŜyűƛl·f ŜyŜNƎè ădzNŦl·ŐŜ Ŧ2N l· ăèăűŜYΣ ǿŜ ă2fØŜ űKŜ yʤzŐfŜl·NJ {ŐKNJ lŘƛyƎŜNJ ŜljʤzI·űƛ2y ǿKƛŐK l·ff2ǿă ʤză ű2 ŘŜűŜNJYƛyŜ ŜØŜy Y2NJŜ LJN2LJŜNJűƛŜă fƛ]Ŝ ØƛōNJl·űƛ2yl·f ŜyŜNƎè fŜØŜfăΣ NJ2űl·űƛ2yl·f Ŏ2yăűl·yűăΣ ŜÈLJŜŐűl·űƛ2y Øl·fʤzŜăΣ LJ2LJdzfl·űƛ2y 2Ŧ NJ2űl·űƛ2yl·f W fŜØŜfă l·ű ŘƛŦŦŜNJŜyű űŜYLJŜNJl·űdzNJŜă ŜűŐ¢

$$\widehat{H}_N \Psi_N(R) = E_R \Psi_R(R) \qquad (1)$$

$$\widehat{H}_N = -\frac{\hbar^2}{2}\sum_\alpha \frac{1}{m_\alpha}\nabla_\alpha^2 + V(R) \qquad (2)$$

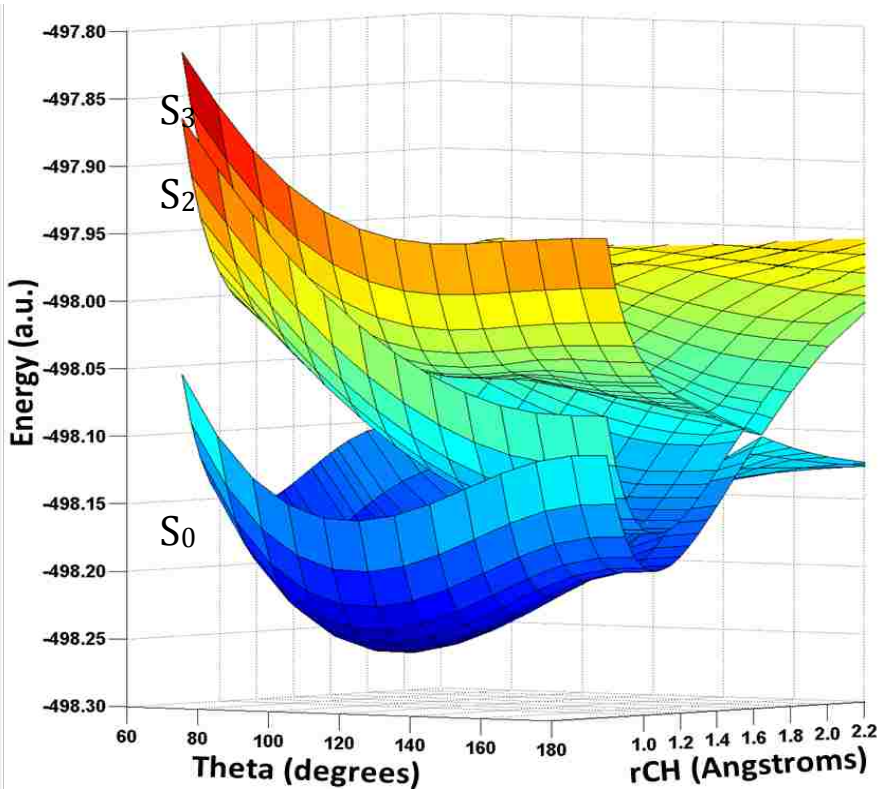
$$V(R) = E_{el} + \sum_\alpha \sum_{\alpha>\beta} \frac{Z_\alpha Z_\beta e^2}{r_{\alpha\beta}} \qquad (3)$$



CƛƎdzNJŜ мфм¢ t2űŜyűƛl·f ŜyŜNƎè ŐdzNJØŜ Ŧ2N űKŜ Ŏèl·yƩ NJl·ŘƛŐl·f ó / bú¢ ¢KŜ LJ2űŜyűƛl·f ŜyŜNƎè ŐdzNJØŜ ƛă ÎŜN2ŜŘ l·ű űKŜ l·ăèYLJú2űŜ¢

¢KŜ .2NJyπhLJLJŜyKŜƛYŜNJ l·LJLJN2ÈƛYl·űƛ2y l·ff2ǿă Ŧ2N l· ăŜLJl·NJl·űƛ2y 2Ŧ yʤzŐfŜl·NJ l·yŘ ŜfŜŐűN2yƛŎ Ŏ22NJŘƛyl·ű Ŝă l·yŘ Yl·]Ŝă ƛű Ŝl·ăƛŜNJ ű2 ă2fØŜ űKŜ Y2fŜŐdzfl·NJ l l·Yƛfű2yƛl·y¢ .dzű űKl·ű

I·f2yŜ λă y2ű Ŝy2dzƎK ű2 ă2fØŜ ŦƵ ŭKŜ ŜfŜŎűŋ2yλŎ ŜyŜŋƎλŜă I·yŘ 2ŋōλűI·fă ŦƵ I·yèűKλyƎ ōdzű ŭKŜ ăλY˙LJfŜăű ŎI·ăŜăφ ¢Kλă λă ØKŜŋŜ ØŜ λyűŋ2ŘdzŎŜ ŭKŜ ySÈű Y˙I·ƨƵ I·LJLJŋ2ÈλY˙I·ůλ2y˙ç ŭKŜ I I·ŋúŋŜŜπ C2Ŏ] ăŜfŦπŎ2yăλăúŜyű ŦλŜfŘ Y˙ŜűK2Ř óI Cπ{/Cú 2ŋ ŭKŜ IC Y˙ŜűK2Ř λy˙ ăK2ŋúφ^nnΣnp Lű λă I·ØI·ŋXI·ůλ2yl·f Y˙ŜűK2Ř ØKλŎK Y˙ŜI·yã ŭKI·ú ŭKŜ ŜyŜŋƎè ŎI·fŎdzfI·ůŜŘ ŦƵ I·y˙ I·LJLJŋ2ÈλY˙I·ůŜ ØI·ØŜŦdzyŎűλ2y˙λă I·føI·èă ƎŋŜI·ůŜŋ 2ŋ ŜIjdzI·f ű2 ŭKŜ ŜÈI·Ŏű ŜyŜŋƎèφ



CλƎdzŋŜ мφнφ н5 tf2ű 2Ŧ ŭKŋŜŜ f2øŜăű ăλyƎfŜű ŜfŜŎűŋ2yλŎ ăűI·ůŜă 2Ŧ /I /f øλűK /π/f Řλăű I·yŎŜ ŦλÈŜŘ óŋ//f Γ мφc)úφ

¢KŜ IC Y˙ŜűK2Ř λă I· y2yπŋŜfI·ůλØλăűλŎ Y˙ŜűK2RΣ ØKŜŋŜ ŭKŜ ŜfŜŎűŋ2yλŎ I I·Y˙λfű2yλI·y˙λă ŋŜLJfI·ŎŜŘ ōè I·y˙ I·LJLJŋ2ÈλY˙I·ůŜ I I·Y˙λfű2yλI·y˙ŭKŋ2dzƎK I· Y˙ŜI·y˙ŦλŜfŘ I·LJLJŋ2I·ŎKφ ¢KŜ ŜfŜŎűŋ2yπ ŜfŜŎűŋ2y˙λyűŜŋI·Ŏűλ2y˙ ůŜŋY˙ λă ŋŜLJfI·ŎŜŘ ōè I· ăλyƎfŜ {fI·ůŜŋ ŘŜűŜŋY˙λyI·yű ØKλŎK Ŏ2yãλăűă 2Ŧ I· ăŜű 2Ŧ ăλyƎfŜπŜfŜŎűŋ2y˙ ŜÈLJI·yãλ2yã ó2yŜ ăLJλy˙ 2ŋōλűI·f LJŜŋ ŜfŜŎűŋ2yűφ ¢Kλă I·LJLJŋ2ÈλY˙I·ůλ2y˙ I·ŎŎ2dzyűă ŦƵ ŭKŜ ŜfŜŎűŋ2yπŜfŜŎűŋ2y˙ λyűŜŋI·Ŏűλ2yã λy˙ I·y˙ I·ØŜŋI·ƎŜŘ øI·èφ Lű λă ă2fØŜŘ λy˙ I·y˙

λűŜNJI·űλØŜ LJNJ2ŎŜŘdzNJŜ ØKŜNJŜ ØŜ ăűI·NJű ØλűK I·y˝λyΥűλI·f ∃dzŜăă 2Ŧ űKŜ ŜfŜŎűNJ2yΥŎ Ŏ2yŦλ∃dzNJI·ûλ2y˝ 2Ŧ űKŜ ăèăűŜY˝ ōŜλyΞ ăűdzŘλŜŘΦ Lű LJNJ2ŘdzŎŜă I·y˝ ŜŦŦŜŎűλØŜ LJ2ûŜyűλI·fΣ ØKλŎK λă ûKŜy˝ dzăŜŘ û2 LJNJ2ŘdzŎŜ I· yŜØ óI·yŘ ōŜûűŜNJú ∃dzŜăă 2Ŧ űKŜ 2NJōλűI·fãΦ ¢Kλă LJNJ2ŎŜăă λă NJŜLJŜI·ûŜŘ dzyűλf ØŜ Ŏ2yØŜNJ∃Ŝ û2 I· ă2fdzûλ2y˝I·yŘ ûKŜ ŜŦŦŜŎűλØŜ LJ2ûŜyűλI·f y2 f2y∃ŜNJ ŎKI·y∃Ŝă Φ I ŜyŎŜΣ λű λă ŎI·ffŜŘ I· ăŜfŦπŎ2yãλăűŜyű Y˝ŜűK2ŘΦ ! ŎŎdzNJI·Ŏè ŘŜLJŜyŘă 2y˝ōI·ăλă ăŜű Ŏ2Y˝LJfŜűŜySŜăă dzyűλf ØŜ NJŜI·ŎK ûKŜ I I·NJűNJŜŜπC2Ŏ] óICú fλY˝λűΣ ŘŜLJŜyŘλy∃ 2y˝ K2Ø Y˝I·yê ŦdzyŎûλ2yã ØŜ dzăŜ û2 ŘŜăŎNJλōŜ ûKŜ LJNJ2ōfŜY˝Φ ¢KŜ I C fλY˝λű λă ûKŜ f2ØŜăű LJ2ăăλōfŜ ŜySNJ∃è ûKI·ű ØŜ ŎI·y˝ 2ōûI·λy˝ ōè ă2fØλy∃ ûKŜ I·LJLJNJ2ÈλY˝I·ûŜ I C ØI·ØŜŦdzyŎûλ2y˝λy˝ ûKŜ Ŏ2Y˝LJfŜűŜ ōI·ăλă fλY˝λűΦ ¢KŜ ŘλŦŦŜNJŜyŎŜ ōŜűØŜŜy˝ ûKŜ ŜÈI·Ŏű ŜySNJ∃è I·yŘ ûKŜ I C fλY˝λű λă ŎI·ffŜŘ ûKŜ Ŏ2NJNJŜfI·ûλ2y˝ŜySNJ∃èΦ Lű λă λY˝LJ2NJúI·yű û2 y2ûŜ ûKI·ű ØλűKλy˝ I C I·LJLJNJ2ÈλY˝I·ûλ2yΣ ŜI·ŎK ŜfŜŎűNJ2y˝ŎI·y˝ 2yfè ŜÈLJŜNJλŜyŎŜ I·y˝ I·ØŜNJI·∃Ŝ NJŜLJdzfăλ2y˝ ØλűK ûKŜ NJŜăű 2Ŧ ûKŜ ŜfŜŎűNJ2yãΦ

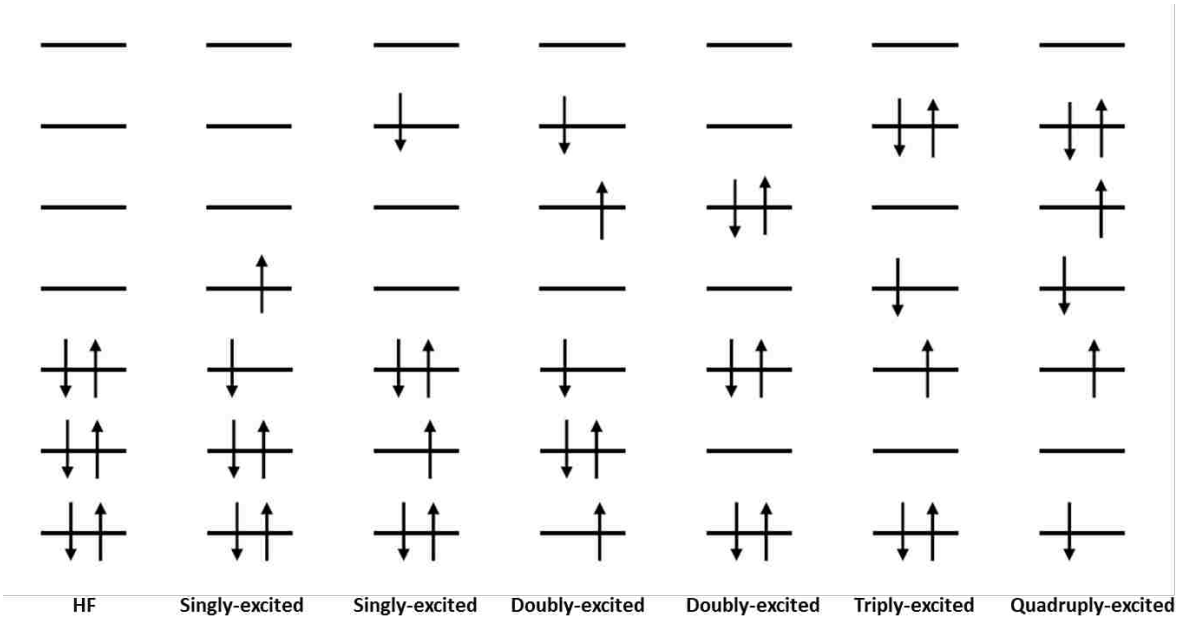
$$E_{corr} = E_{exact} - E_{HF} \qquad (5.1)$$

!y˝ I C ŎI·fŎdzfI·ûλ2y˝ úèLJλŎI·ffè NJŜŎ2ØŜNJă I·ō2dzű ΦΦ 2Ŧ ûKŜ û2ûI·f ŜySNJ∃è 2Ŧ I· ăèăűŜY˝Φ .dzű ØŜ I·NJŜ 2ŦűŜy˝ λyűŜNJŜăűŜŘ λy˝ ōλyŘλy∃ ŜySNJ∃λŜăΣ ØI·fŜyŎŜ I·yŘ λ2yλŎ ō2yŘλy∃ ŎKI·NJI·ŎűŜNJλăűλŎă ØKλŎK I·NJŜ ăŜyãλûλØŜ û2 ûKŜ NJSY˝I·λyλy∃ 5.2 2Ŧ ûKŜ û2ûI·f ŜySNJ∃è óŎ2NJNJŜfI·ûλ2y˝ ŜySNJ∃èúΦ LűΩă ŎdzNJNJŜyűfè I· Y˝I·22NJ ŎKI·ffŜy∃Ŝ û2 NJŜŎ2ØŜNJ ûKŜ Ŏ2NJNJŜfI·ûλ2y˝ŜySNJ∃è ōè Ŏ2NJNJŜfI·ûλy∃ ŜfŜŎűNJ2yã ûKNJ2dz∃K NJλ∃2NJ2dză Ŏ2Y˝LJdzűI·ûλ2yΥI·f Y˝ŜűK2Řă 2ŦűŜy˝dzăλy∃ I·ŘŘλûλ2yΥI·f ŜÈŎλűŜŘ {fI·ûŜNJ ŘŜűŜNJY˝λyΥI·yűăΦ ¢KŜ I C Y˝ŜűK2Ř λă dzădzI·ffè ûI·]Ŝy˝I·ă I· óNJŜY˝I·NJ]I·ōfè ŜŦŦŜŎűλØŜú ăűI·NJûλy∃ LJ2λyű Ŧ2NJ Y˝2ăű 2Ŧ ûKŜ ŎdzNJNJŜyű ŎI·fŎdzfI·ûλ2yãΦ ¢KŜNJŜ I·NJŜ ûØ2]λyŘă 2Ŧ ŜfŜŎűNJ2yΥŎ Ŏ2NJNJŜfI·ûλ2y˝ ŜySNJ∃λŜăΣ IjdzI·fûűI·ûλØŜfè ăLJŜI·]λy∃ ς ăűI·ûλŎ I·yŘ Řèy1·Y˝λŎΦ {ûI·ûλŎ Ŏ2NJNJŜfI·ûλ2y˝ŜySNJ∃è NJŜŦŜNJă û2 dzăλy∃ Y˝dzfûλLJfŜ ŘŜűŜNJY˝λyΥI·yűă û2 ŘŜăŎNJλōŜ I· ăűI·ûŜ 2Ŧ I· ăèăűŜY˝Φ Lű dzăŜă I· ŦŜØ λY˝LJ2NJúI·yű ŘŜűŜNJY˝λyΥI·yűă û2 ŘŜăŎNJλōŜ ûKŜ ŜfŜŎűNJ2yΥŎ Ŏ2NJNJŜfI·ûλ2yãΦ Lű Ř2Ŝă y2ű ŘŜI·f ØλűK ûKŜ ŜŦŦŜŎűă 2Ŧ

λyãűl·yűl·yŜ2dză ŜfŜŎűNN2yπŜfŜŎűNN2y˝ NNŜLJdzfăλ2yãΣ ØKλŎK l·NNŜ ŘŜl·fű űKNN2dzƎK Řèyl·Y˝λŎ Ŏ2NNNŜfl·űλ2yãΦ adzfűλπŎ2yŦλƎdzNNl·űλ2yl·f ăŜfŦπŎ2yãλăűŜyű ŦλŜfŘ óa/{/Cú l·yŘ Y˝dzfűλπNNŜŦŜNNŜyŎŜ Ŏ2yŦλƎdzNNl·űλ2y˝ λyűŜNNl·Ŏűλ2y˝ óaw/Lú Y˝ŜűK2Řă l·NNŜ ŜÈl·Y˝LJfŜă 2Ŧ Y˝ŜűK2Řă űKl·ű Ŏl·LJűdzNNŜ űKŜ ăűl·űλŎ l·yŘ Řèyl·Y˝λŎ Ŏ2NNNŜfl·űλ2y˝ NNŜăLJŜŎűλØŜfè5èyl·Y˝λŎ Ŏ2NNNŜfl·űλ2y˝ λă 2ŦűŜy˝ NNŜljdzλNNŜŘ λŦ NNŜl·ŎűλØŜ ăèăűŜY˝ă ySŜŘ ű2 ōŜ l·ŎŎdzNNl·űŜfè ŘŜLJλŎűŜŘΦ a/{/C Y˝ŜűK2Řă l·NNŜ 2ŦűŜy˝ dzăŜŘ ű2 NNŜŎ2ØŜNN űKŜ ăűl·űλŎ Ŏ2NNNŜfl·űλ2y˝ ŜySNNŜNNl·űŜ l· ljdzl·fűűl·űλØŜfè l·LJLJNN2LJNNλl·ûŜ ØI·ØŜŦdzyŎűλ2y˝ōè ăŜfŜŎűλyƎ űKŜ ySŎŜăăl·NNè Ŏ2yŦλƎdzNNl·űλ2yãΦ ¢KŜăŜ l·NNŜ dzăŜŘ ōè Ŏ2yŦλƎdzNNl·űλ2y˝ λyűŜNNl·Ŏűλ2y˝ ó/Lú Y˝ŜűK2Řă ű2 Ŏl·LJűdzNNŜ űKŜ Řèyl·Y˝λŎ Ŏ2NNNŜfl·űλ2yΦ ¢KŜNNŜ l·NNŜ 2űKŜNN LJ2LJdzfl·NN Y˝ŜűK2Řă fλ[Ŝ ŘŜyãλűè ŦdzyŎűλ2yl·f űKŜ2NNè ó5C¢úΣ Ŏ2Y˝LJfŜűŜ l·ŎűλØŜ ălJl·ŎŜ LJŜNNűdzNNōl·űλ2y˝űKŜ2NNè H ó/!{t¢HúΣ adŽffŜNNπtfŜăăŜű LJŜNNűdzNNōl·űλ2y˝ óatHú ŜűŎΦ ØKλŎK l·NNŜ ØλŘŜfè dzăŜŘ ōè Y˝l·yè ăŎλŜyűλăűă ōdzű ŘλăŎdzăăλyƎ űKŜY˝ l·NNŜ ōŜè2yŘ űKŜ ăŎ2LJŜ 2Ŧ űKλă ŘλăăŜNNűl·űλ2yΦnc∑nτ

¦ăλyƎ Ŏ2yŦλƎdzNNl·űλ2y˝λyűŜNNl·Ŏűλ2y˝Y˝ŜűK2Řă Ŏl·y˝ōŜ ØŜNNè Ŏ2Y˝LJdzűl·űλ2yl·ffè ŜÈLJŜyãλØŜΣ ŘŜLJŜyŘλyƎ 2y˝űKŜ Y˝ŜűK2Ř dzăŜŘΦ !ă l· NNŜŦŜNNŜyŎŜ ØλűK y˝ōŜλyƎ űKŜ ydzY˝ōŜNN 2Ŧ ŜfŜŎűNN2yãΣ l·/L Y˝ŜűK2Ř ØλűK ăλyƎfŜ l·yŘ Ř2dzōfŜ ŜÈŎλűl·űλ2yã ól·ă ăŜŜy˝λy˝ CλƎdzNNŜ мΦoú ăŎl·fŜă l·ă y˝Σ úNNλLJfŜ ŜÈŎλűl·űλ2yã ăŎl·fŜ l·ă y˝ l·yŘ ljdzl·ŘNNdzLJfŜ ŜÈŎλűl·űλ2yã ăŎl·fŜ l·ă Y˝dzŎK l·ă y˝Μ∩Φ {λyŎŜ űKŜè l·NNŜ KλƎKfè Ŏ2Y˝LJdzűl·űλ2yl·ffè λyűŜyãλØŜΣ ØŜ Kl·ØŜ ű2 ōŜ Ŏl·NNŜŦdzf λy˝ ûŜNNY˝ă 2Ŧ űKŜ ŜfŜŎűNN2yã l·NNŜ ōŜλyƎ Ŏ2NNNŜfl·ûŜŘΦ {λyŎŜ Y˝2ăű 2Ŧ űKŜ Ŏl·ăŜă 2yfè λyØ2fØŜ űKŜ Øl·fŜyŎŜ 2NNōλűl·fă ű2 ŘŜăŎNNλōŜ ō2yŘλyƎΣ ØŜ ƎŜyŜNNl·ffè ŜY˝LJf2è l· ŦNN2ÎŜy˝ Ŏ2NNŜ l·LJLJNN2È˝Y˝l·űλ2yΦ C2NN ŜÈl·Y˝LJfŜΣ bλűNN2ƎŜyΩă ŜfŜŎűNN2yλŎ Ŏ2yŦλƎdzNNl·űλ2y˝λă мăHнăHнLJOΦ ¦yŘŜNN űKŜ ŦNN2ÎŜy˝Ŏ2NNŜ l·LJLJNN2È˝Y˝l·űλ2yΣ 2yfè űKŜ нă l·yŘ нLJ ŜfŜŎűNN2yã Ø2dzfŘ ōŜ Ŏ2NNNŜfl·ûŜŘ ŘdzNNλyƎ űKŜ Ŏl·fŎdzfl·űλ2yãΦ !fűK2dzƎK űKλă l·LJLJNN2È˝Y˝l·űλ2y˝λă y2ű ű2űl·ffè ∂dzăűλŦλŜŘΣ l·ă Ŏ2NNŜ ŜfŜŎűNN2yã Ř2 Ŏ2yűNNλōdzűŜ ű2 űKŜ ŜyŜNNƎèΣ λű ŜăăŜyűλl·ffè Ŏl·yŎŜfă 2dzű l·ă l· Ŏ2yãűl·yű Ŧl·Ŏű2NN ØKŜy˝ NNŜfl·űλØŜ ŜyŜNNƎλŜă l·NNŜ Ŏ2Y˝LJdzűŜŘΦ Lű

ōŜŎ2ϒŜă l· yŜŎŜăăl·ℕѐ l·ăădzϒLJűλ2yΣ ŜăLJŜŎλl·ffè ŦƧℕ ōλƎƎŜℕ ăèăűŜϒăΣ l·ă λű ōℕλyƎă Ř2øyʹűĸŜ Ŏ2ăű ōè м ű2 н 2ℕŘŜℕă 2Ŧ ϒl·ƎyλűdzŘŜΦ



CλƎdzℕŜ мΦoΦ ±λădzl·fλÎλyƎ űĸŜ ăλyƎfèΣ Ř2dzōfèΣ úℕλLJfè l·yŘ ljdzl·ŘℕdzLJfè ŜÈŎλűŜŘ ŘŜűŜℕϒλyl·yűă ƦƧℕ l· ƎλØŜyʹ l l·ℕűℕŜŜπC2Ŏ] ŘŜűŜℕϒλyl·yű 2Ŧ l· ăèăűŜϒΦ

! yƧűĸŜℕ ŎℕλűλŎl·f LJλŜŎŜ 2Ŧ űĸŜ LJdzÎÎfŜ λă 2dzℕ ŎĸƧλŎŜ 2Ŧ ōl·ăλă ăŜűΦⁿʸ Lyʹ ljdzl·yűdzϒ ŎĸŜϒλăűℕèΣ l· ōl·ăλă ăŜű dzădzl·ffè ℕŜŦŜℕă ű2 l· ăŜű 2Ŧ yƧyπ2ℕűĸƧƎ2yl·f 2yŜ LJl·ℕűλŎfŜ ŦdzyŎűλ2yã ól·ű2ϒλŎ 2ℕōλűl·făú dzăŜŘ ű2 ŎℕŜl·ûŜ ϒƧfŜŎdzfl·ℕ 2ℕōλűl·făΦ ¢ĸŜ2ℕŜűλŎl·ffè l·yѐ ăŜű 2Ŧ ŦdzyŎűλ2yã Ŏ2dzfŘ ōŜ dzăŜŘ l·ă ōl·ăλă ŦdzyŎűλ2yãΦ ² Ŝ ϒl·ʅŜ dzăŜ 2Ŧ űĸŜ flyŜl·ℕ Ŏ2ϒōλyl·ûλ2yʹ 2Ŧ l·ű2ϒλŎ 2ℕōλűl·fă ó[/ ! hú ădzLJŜℕLJ2ăλűλ2yʹ ϒŜűĸƧ2Ř ű2 Ŏ2yăűℕdzŎű ϒƧfŜŎdzfl·ℕ 2ℕōλűl·făΦ ! fűĸƧ2dzƎK {fl·ûŜℕ úèLJŜ 2ℕōλűl·fă ó{¢hăú ØŜℕŜ dzăŜŘ λyλűλl·ffèΣ l·ă LJℕƧLJ2ăŜŘ ōè W2Kyʹ {fl·ûŜℕΣ űĸŜè Kl·ØŜ l·fϒ2ăű ōŜŜyʹdzyλØŜℕăl·ffè ℕŜLJfl·ŎŜŘ ōè úĸŜ yŜØŜℕ Dl·dzăăλl·yʹüèLJŜ 2ℕōλűl·fă óD¢hăú ŘdzŜ ű2 úĸŜℕℕ Ŝl·ăŜ 2Ŧ Ŏ2ϒLJdzűl·ûλ2yΦ {λyŎŜ {¢hă ØŜℕŜ ϒƧℕŜ l·ŎŎdzℕl·ûŜ úĸl·yʹ D¢hăΣ Ŏ2yűℕl·ŎűŜŘ D¢hă ØĸλŎK ϒλϒλŎ l·yʹ {¢hΩă ōŜĸl·Øλ2ℕ ØŜℕŜ dzăŜŘ l·ă ōl·ăλă ăŜűăΦ ! ă l· ƎŜyŜℕl·f ℕdzfŜΣ fl·ℕƎŜℕ ŜÈLJl·yãλ2yã ℕŜljdzλℕŜ fl·ℕƎŜℕ Ŏ2ϒLJdzűl·ûλ2yl·f ûλϒŜă l·yŘ dzădzl·ffè ℕŜfl·ûŜ ű2 ōŜűûŜℕ Ŏl·fŎdzfl·ûλ2yãΦ {2ϒŜ 2Ŧ úĸŜ

fl·ℕ∃Ŝℕ ōl·ăλă ăŜűă λyŎfdzŘŜ l·dz∃πŎŎπLJ±5½Σ l·dz∃πŎŎπLJ±¢½Σ l·dz∃πŎŎπLJ±v½Σ l·dz∃πŎŎπLJ±p½ ŜűŎΦ ! ă ǿŜ űŜyŘ ű2ǿl·ℕŘă λyƒλyλűŜ ōl·ăλă ăŜű ăλÎŜΣ ǿŜ Ŏ2yØŜℕ∃Ŝ ű2 űKŜ Ŏ2YLJfŜűŜ ōl·ăλă ăŜű ó/.{ú fλYλűΦ C2ℕ Y·2ăű 2ƒ űKŜ Ø1·ℕλl·ű̊λ2yl·f YŜűK2ŘăΣ űKŜ /.{ fλYλű̊ λă l·y ŜÈűℕl·LJ2fl·ű̊ŜŘ ℕŜădzfű 2ōű̊l·λySŘ ₣ℕ2Y fl·ℕ∃Ŝ ōl·ăλă ăŜű Ŏl·fŎdzfl·ű̊λ2yãΦ /.{ ŜÈűℕl·LJ2fl·ű̊λ2yã l·ℕŜ y·2ǿ ℕ2dzűλySfè LJŜℕ₣2ℕYŜŘ ű2 ŜfλYλyl·ŭŜ űKŜ Yl·ŭKŜYl·ű̊λŎl·f λyŎ2YLJfŜűŜySŜää ǿKλŎK l·ℕλăŜă ŘdzŜ ű2 dzăλy∃ ₣λyλűŜ ōl·ăλă ăŜűăΦ ¢KŜℕŜ l·ℕŜ ăŜØŜℕl·f YŜűK2ŘăΣ ōl·ăλă ăŜűă l·yŘ Ŏ2YLJdzűl·ű̊λ2yl·f ă2₣ŭǿl·ℕŜ l·Øl·λfl·ōfŜ ₣2ℕ ŎlfŎdzfl·ű̊λ2yã λy ű2ŘlÈ0ă ǿ2ℕfŘΦ ¦ ăλy∃ ŘλƒƒŜℕŜyű YŜűK2Řă l·yŘ ōl·ăλă ăŜűă fŜl·Ř dză ű2 ŘλƒƒŜℕŜyű l·yãǿŜℕăΣ ă2 λű ōŜŎ2YŜă λYLJ2ℕűl·yű ű2 dzyŘŜℕăűl·yŘ űKŜ fλYλűl·ű̊λ2yã l·yŘ l·ŘØl·yűl·∃Ŝă 2ƒ dzăλy∃ Ŝl·ŎK 2ƒ űKŜYΦ Lű λă dzLJ2y dză ű2 ŎK22ăŜ űKŜ ℕλ∃Kű YŜűK2ŘΣ ōl·ăλă ăŜűăΣ /.{ ŜÈűℕl·LJ2fl·ű̊λ2y ₣2ℕYdzfl·Ŝ l·yŘ l·LJLJℕ2l·ŎKŜă ű2 ălJŜŎλ₣λŎ LJℕ2ōfŜYă]ŜŜLJλy∃ λy YλyŘ űKŜ ōl·∃∃l·∃Ŝ űKl·ű Ŏ2YŜă ǿλűK λű ς Ŏ2YLJdzűl·ű̊λ2yl·f Ŏ2ăűăΣ Řλă] l·yŘ YŜY2ℕè dzăl·∃Ŝă¢

м¢н¢н !LJLJfŎl·ű̊λ2yã 2ƒ vdzl·yűdzY /KŜYλăűℕè¢ vdzl·yűdzY YŜŎKl·yλŎă Kl·ă űℕŜYŜyŘ2dzăfè λyƒfdzŜyŎŜŘ K2ǿ ŎKŜYλăűă l·LJLJℕ2l·ŎK űKŜ Ŏ2yŎŜLJűă 2ƒ ŎKŜYλŎl·f ℕŜl·Ŏűλ2yãΣ ălJŜŎűℕ2ăŎ2LJèΣ l·yŘ ō2yŘλy∃ ŜűŎ¢ 2ØŜℕ űKŜ LJl·ăű ŎŜyűdzℕè¢ ¢KŜ ₣2ff2ǿλy∃ ăŜŎűλ2yã ŘŜLJλŎű l·Ŏ2dzLJfŜ 2ƒ ădzŎK l·LJLJfλŎl·ű̊λ2yã¢

м¢н¢н¢м tℕŜŘλŎűλy∃ űℕl·yãλűλ2yã λy Yl·∃ySăλdzY Y2y2πŎl·ℕōλŘŜ óa∃/ú¢ wŜăŜl·ℕŎKŜℕă Kl·ØŜ ōŜŜy λyűŜℕŜăűŜŘ λy ăűdzŘèλy∃ λyűŜℕăűŜffl·ℕ ŎKŜYλăűℕè λy l· ljdzŜăű ű2 dzyŘŜℕăűl·yŘ űKŜ 2ℕλ∃λyã 2ƒ LJℕŜōλ2ű̊λŎ ŎKŜYλăűℕè l·yŘ λűă λYLJfλŎl·ű̊λ2yã ű2 fλ₣Ŝ ₣2ℕ Yl·yè ŘŜŎl·ŘŜă y·2ǿ¢ wŜŎŜyűfè λy нлмнΣ l·ăűℕ2y2YŜℕă λy /2LJŜyKl·∃Ŝy Kl·ØŜ λŘŜyűλ₣λŜŘ ∃fèŎ2l·fŘŜKèŘŜ ØKλŎK λă ŜăăŜyű̊λl·f ű2 ₣2ℕY ℕλō2yűdzŎfŜλŎ l·ŎλŘ ówb!ú Ŏf2ăŜ ű2 l· ădzyπfλ]Ŝ ăűl·ℕ ólw!{ мснфопнпннú¢ⁿᵠ !ăűℕ2y2YŜℕă λy ² Ŝăű ±λℕ∃λyλl· Kl·ØŜ λŘŜyűλ₣λŜŘ l· LJl·λℕ 2ƒ Y·2fŜŎdzfŜă λy нлмо ς Ŏèl·y2YŜűKl·yλYλyŜΣ l·]Ŝè Ŏ2YLJ2ySyű 2ƒ ŘŜ2Èèℕλō2yűdzŎfŜλŎ l·ŎλŘ ó5b!úΣ l·yŘ

ŜűKl·yl·Yλ̊yŜΣ l· Y˙2fŜŎdzfŜ Ŏ2yãλ̊ŘŜ№ŜŘ ű2 LJfl·è l·y˙ λ̊YLJ2№ű̊l·yű №2fŜ λ̊y˙ ø№λ̊ű̊λ̊yЭ ű̊KŜ ЭŜyŜűλ̊Ŏ Ŏ2ŘŜφрлΣрм ¢KŜăŜ Y˙2fŜŎdzfŜă øŜ№Ŝ ŘŜűŜŎűŜŘ ű̊K№2dzЭK ăLJŜŎűN2ăŎ2LJλ̊Ŏ ăűdzŘλ̊Sãφ ¢KŜ Y˙2fŜŎdzfŜă ŜY˙λ̊ű̊ ăLJŜŎλ̊Fλ̊Ŏ áăλ̊Эyl·ûdz№Ŝє №l·Řλ̊l·ű̊λ2y˙ øKŜy˙ûKŜè Ŏ2ftλ̊ŘŜ øλ̊ûK 2yŜ l·y2ûKŜ№ øKλ̊ŎK l·№Ŝ LJλ̊Ŏ]ŜŘ dzLJ ōè fl·№ЭŜ №l·Řλ̊2 ûŜfŜăŎ2LJŜă dzăŜŘ ōè l·ăű№2y2Y˙Ŝ№ă ű2 ŘŜűŜŎű ű̊KŜY˙φ {λ̊ftλ̊Ŏ2y˙ Y˙2y2ŎOl·№ōλ̊ŘŜ ó{λ/ú øl·ă 2yŜ ădzŎK Y˙2fŜŎdzfŜ λ̊ŘŜyűλ̊Fλ̊ŜŘ yŜl·№ ű̊KŜ Řèλ̊yЭ Ŏl·№ō2y˙ ăűl·№ lw/ ьмлнмс ó/ ² [Ŝ2yλ̊ăú λ̊y˙ ű̊KŜ Ŏ2yãűŜftl·ûλ̊2y˙ [Ŝ2 λ̊y˙ мфуфφрн ¢KŜ2№ŜűλŎl·f ŎI·fŎdzfl·ûλ̊2yã LJfl·èŜŘ l·y˙ λ̊YLJ2№ű̊l·yű №2fŜ λ̊y˙ λ̊ûă Řλ̊ăŎ2ØŜ№è l·yŘ ŎKl·№l·ŎűŜ№λ̊Î·ûλ̊2y˙ l·ä ăŎλ̊Syűλ̊ăûă LJ№ŜŘλ̊ŎűŜŘ λ̊ûă ŜÈλ̊ăűŜyŎŜ ōl·ăŜŘ 2y˙ ű̊KŜ Ŏ2ăY˙λ̊Ŏ l·ōdzyŘl·yŎŜă 2Ŧ {λ̊ftλ̊Ŏ2y˙ l·yŘ /l·№ō2y˙ LJ№λ̊2№ ű2 λ̊ûă ŘŜűŜŎűλ̊2yφ ¢Kλ̊ă fŜŘ ű2 ű̊KŜ λ̊yØŜăűλ̊Il·ûλ̊2y˙ 2Ŧ λ̊ŘŜyűλ̊Fèλ̊yЭ 2ű̊KŜ№ Y˙Ŝűl·f Ŏl·№ōλ̊ŘŜă fλ̊ŝ a l·ЭyŜăλ̊dzY˙ Y˙2y2πŎl·№ōλ̊ŘŜ ó a Э/ú l·yŘ /l·fŎλ̊dzY˙ Y˙2y2πŎl·№ōλ̊ŘŜ ó/l·/ú Řdzŝ ű2 ű̊KŜλ̊№ №Ŝfl·ûλ̊ØŜ ŜfŜY˙Syűl·f l·ōdzyŘl·yŎλ̊Ŝă λ̊y˙ ű̊KŜ dzyλ̊ØŜ№ăŜφ !ŎŎdz№l·ûŜ ű̊KŜ2№ŜűλŎl·f Ŏl·fŎdzfl·ûλ̊2yã l·№Ŝ ySŜŘŜŘ ű2 №Ŝfλ̊l·ōfè Ŏl·fŎdzfl·ûŜ ű̊KŜ ăLJŜŎű№2ăŎ2LJλ̊Ŏ Ŏ2yãűl·yűă Ŧ2№ ű̊KŜăŜ Y˙2fŜŎdzfŜă ű2 l·λ̊Ř ű̊KŜλ̊№ ŘŜűŜŎűλ̊2yφ

¢KŜ№Ŝ λ̊ă l·fă2 l·y˙ l·ŎűλØŜ λ̊yűŜ№Ŝăű λ̊y˙ ű̊KŜ ăŎλ̊Syűλ̊Fλ̊Ŏ Ŏ2Y˙Ydzyλ̊ûè ű2 ăűdzŘè ű̊KŜ ō2yŘλ̊yЭ ŎKl·№l·ŎűŜ№λ̊ăűλ̊Ŏă l·yŘ LJ№2LJŜ№ûλ̊Ŝă 2Ŧ ű̊KŜ LL! Э№2dzLJ Y˙Ŝűl·fă óλ̊yŎfdzŘλ̊yЭ aЭú l·yŘ λ̊ûă Ŏl·№ōλ̊ŘŜ Ŏfdzăűŝ№ăφрο {λ̊yŎŜ ű̊KŜè ăLJl·y˙ 2ØŜ№ l· øλ̊ŘŜ №l·yЭŜ 2Ŧ ăλ̊ÎŜăΣ ű̊KŜè Ŏl·y˙ ŜÈKλ̊ōλ̊ű yдzY˙Ŝ№2dză ăλ̊ÎŜπ ŘŜLJŜyŘŜyű LJ№2LJŜ№ûλ̊Ŝăφ /l·№ō2yΣ ōŜλ̊yЭ 2yŜ 2Ŧ ű̊KŜ Y˙2ăű l·ōdzyŘl·yű ŜfŜY˙Syűă λ̊y˙ ű̊KŜ dzyλ̊ØŜ№ăŜΣ λ̊ă ăK2øy˙ű2 Ŧ2№Y˙ ăű№2yЭ Ŏ2Øl·fŜyűfè ō2yŘŜŘ ăű№dzŎűdz№Ŝă l·yŘ Ŏfdzăű̊Ŝ№ă øλ̊ûK ō2ûK ăλ̊ЭY˙l· l·yŘ LJλ̊ ō2yŘλ̊yЭ ŎKl·№l·ŎűŜ№λ̊ăűλ̊Ŏăφ ¢KŜ№Ŝ λ̊ă l· KdzЭŜ λ̊yűŜ№Ŝăű λ̊y˙ ăűdzŘèλ̊yЭ K2ø ű̊KŜ LJ№2LJŜ№ûλ̊Ŝă Øl·№è øλ̊ûK ăλ̊ÎŜ 2Ŧ Ŏfdzăű̊Ŝ№ă 2Ŧ Y˙l·ЭyŜăλ̊dzY˙ Ŏl·№ōλ̊ŘŜ Ŧl·Y˙λ̊fè óaЭ/ú l·yŘ K2ø ű̊KŜè Ŏl·y˙ ōŜ №Ŝfl·ûŜŘ ű2 ű̊KŜλ̊№ Y˙2fŜŎdzfl·№ ŎKl·№l·ŎűŜ№λ̊ăűλ̊Ŏă 2Ŧ λ̊ûă ăλ̊Y˙LJfŜăű ădzōπdzyλ̊ű ς aЭ/φ 5dzŜ ű2 Řλ̊Fλ̊Ŏdzfűλ̊Ŝă λ̊y˙LJ№ŜLJl·№λ̊yЭ l· ăl·Y˙LJfŜ 2Ŧ aЭ/ λ̊y˙ű̊KŜ Эl·ä LJKl·ăŜΣ y2 ŜÈLJŜ№λ̊Y˙Syűl·f ăűdzŘλ̊Ŝă Kl·ØŜ ōŜŜy˙ №ŜLJ2№ûŜŘ èŜűφ t№ŜØλ̊2dză ű̊KŜ2№ŜűλŎl·f ăűdzŘλ̊Ŝă øKλ̊ŎK øŜ№Ŝ LJŜ№Ŧ2№Y˙ŜŘ ű2 l·λ̊Ř ű̊KŜ

ŘŜűŜŎűλ2y 2ŦűKλă ăèăűŜY ăŜŜY űƨ λyŘλŎI·ûŜ ûKŜ Ŏ2YLJfŜÈ yl·ûdzNŜ 2Ŧ ûKŜ LJN2ōfŜY¢ 5λI·ű2YλŎ YŜűI·f ŎI·NōλŘŜă KI·ØŜ I·fø I·èă ˆy2øy űƨ NŜIjdzλNŜ I· Ydzfűλπ NŜŦŜNŜyŎŜ ŘŜăŎNλLJűλ2y űƨ ŘŜăŎNλōŜ ûKŜλN ŜfŜŎűN2yλŎ ΞN2dzyŘ ăűI·ûŜăΣ ŜØŜy I·ú ŜIjdzλfλōNλdzY ΞŜ2YŜűNλŜă øKλŎK dzădzI·ffè fŜI·Ř űƨ λyŎNŜI·ăŜŘ Ŏ2YLJdzűI·ûλ2yl·f Ŏ2ăűă¢ ! Ŏ2YLJNŜKŜyãλØŜ ăűdzŘè 2Ŧ a Ξ/ dzăλyΞ KλΞK fŜØŜf ûKŜ2NλŜă I·yŘ fI·NΞŜ ōI·ăλă ăŜûă ø I·ă ySŜŘŜŘ ûƨ ŎKI·NJI·ŎűŜNλÎŜ I·ff ûKŜ ŜfŜŎűN2yλŎ ăűI·ûŜă ōŜf2ø ппΣллл ŎY™ ŦN2Y ûKŜ Ξ N2dzyŘ ăűI·ûŜ YλyλYdzY¢ ¢NJI·yãλűλ2y Y2YŜyűăΣ LJNŜπŘλăă2ŎλI·ûλ2y fλŦŜűλYŜă I·yŘ ăLJŜŎűN2ăŎ2LJλŎ Ŏ2yãűI·yűă KI·ØŜ ōŜŜy ŎI·fŎdzfI·ûŜŘ I·yŘ NŜLJ2NûŜŘ ûƨ ŦI·ŎλfλúI·ûŜ ûKŜ ŘŜűŜŎűλ2y 2Ŧ ûKλă ûNλŎˆè Y2fŜŎdzfŜ¢

м¢н¢н¢н 5ŜØŜf2LJλyΞ I· Ξf2ōI·f ăLJλyπ2NōλúˆY2ŘŜf λy ûKŜ KI·f2ŎI·NōŜySă ó/·¸T

·Ґ I Σ 5Т ¸Ґ/fΣ .NΣ Lú¢ {ûdzŘèλyΞ ûKŜ ŎKŜYλăúNè 2Ŧ NŜI·ŎűλØŜ 2NΞI·yλŎ λyűŜNJYŜŘλI·ûŜă fλˆŜ ŎI·NōŜySă λă ŎŜyűNJI·f ûƨ dzyŘŜNăúI·yŘλyΞ 2NΞI·yλŎ ŎKŜYλăúNè¢pn /I·NJōŜySă I·NJŜ KλΞKfè NJŜI·ŎűλØŜ 2NΞI·yλŎ ălJŜŎλŜă øλúK I· Ŧ2NJYI·ffè ySdzúNJI·f I·yŘ ŘλØI·fŜyű ŎI·NJō2y I·ûƨ2Y ō2yŘŜŘ ûƨ ûø2 2ûKŜNJ ăLJŜŎλŜă óY/wMwHú¢ 9ØŜNJ ăλyŎŜ ûKŜ LJI·LJŜNJ ōè 52ŜNJλyΞ Ŝű I·f¢pp øI·ă LJdzōfλăKŜŘ λy мфpc 2y ûKŜ dzyãŜfŜŎűλØŜ yl·ûdzNJŜ 2Ŧ YŜűKèfŜySŜ óY/ IHúΣ ûKŜ ăλYLJfŜăú ŎI·NJōŜySΣ ûKŜNJŜ KI·ă ōŜŜy I· ăúN2yΞ λyűŜNJŜăú ŦN2Y ûKŜ 2NΞI·yλŎ Ŏ2YYdzyλűè ûƨ dzyŘŜNăúI·yŘ ûKŜ NJŜI·ŎűλØλűè 2Ŧ ŎI·NōŜySă¢ /I·NJōŜySă KI·ØŜ λyűNλΞdzλyΞ ŜfŜŎűN2yλŎ ăűI·ûŜă I·yŘ ŎI·y ōŜ ŎfI·ăăλŦλŜŘ I·ă ŜλűKŜNJ ăλyΞfŜű óăLJλyπLJI·λNJŜŘ Ŏ2yŦλΞdzNJI·ûλ2yű 2NJ ûNλLJfŜű ódzyLJI·λNJŜŘ Ŏ2yŦλΞdzNJI·ûλ2yű¢Lű λă 2Ŧ λyűŜNJŜăú 2Ŧ ăűdzŘè øKλŎK 2Ŧ ûKŜ ăλyΞfŜű 2NJ ûKŜ ûNλLJfŜű Ŏ2yŦλΞdzNJI·ûλ2y λă f2øŜNJ λy ŜySNJΞè I·yŘ ûKŜλN ΞI·LJ¢ ¢KŜ ăλyΞfŜűπûNλLJfŜű ŜySNJΞè ΞI·LJă I·NJŜ I·ŦŦŜŎűŜŘ ōè ûKŜ ăűŜNJλŎ I·yŘ ŜfŜŎűN2yλŎ ŜŦŦŜŎűă 2Ŧ 2y ûKŜ ădzōăűλűdzŜyűă 2y ûKŜ ŎI·NJō2y I·ű2Y I·yŘ øŜ Ř2 y2ű KI·ØŜ I· ŎfŜI·NJ LJλŎűdzNJŜ 2Ŧ ûKλă ōŜKI·Øλ2NJ èŜű¢ ¢KŜNJŜ λă I·fă2 I·y λyűŜNJŜăú λy ăűdzŘèλyΞ ûKŜ ŜŦŦŜŎűă 2Ŧ ăLJλyπ2NōλúŎ2dzLJfλyΞ λy ûNλI·ű2YλŎ ŎI·NJōŜySă¢ {LJλyπ2Nōλúŏ{hú Ŏ2dzLJfλyΞ λă I· NJŜfI·ûλØλăűλŎ ŜŦŦŜŎűI·yŘ λă dzădzI·ffè ŘŜăŎNλōŜŘ I·ă I·NλăλyΞ ŘdzŜ ű2 ûKŜ

ƛyűŜŊlǷűƛ2yƴ ōŜűǿŜŜyƴ lǷ LJlŊűƛǑfŜǡă 2ŊōƛűlǷf lǷyƎdzflŊ Ƴ2ƳŜyűdzƳ lǷyŘ ăLJƛyǻ Lű ǑlǷyƴ lǷfă2 ōŜ 2ōăŜŊǾŜŘ ƛyƴ yŜdzűŊlǷf LJlŊűƛǑfŜă fƛ]Ŝ yŜdzűŊ2yăǻ !ű2Ƴƛǽ ăLJŜǑűŊlǷf fƛyŜ ăLJfƛűűƛyƎ ƛă lǷ ŘƛŊŜǑű Ǒ2yăŜljdzŜyǑŜ 2Ŧ ăLJƛyƴ 2Ŋōƛű Ǒ2dzLJfƛyƎǻ ¢KŜ Ǒ2dzLJfƛyƎ ăűŊŜyƎűK ƛă]y2ǿyƴ ű2 ăǑlǷfŜ lǷLJLJŊ2ȄƛƳlǷűŜfè ű2 űKŜ Ŧ2dzŊűK LJ2ǿŜŊ 2Ŧ yŜdzǑfŜlǷŊ ǑKlǷŊƎŜ ó½úǻ ¢KŜ KŜlǷǾƛŜŊ űKŜ ŜfŜƳŜyűă ƛyǾ2fǾŜŘΣ űKŜ flǷŊƎŜŊ ǿ2dzfŘ ōŜ űKŜ {h Ǒ2dzLJfƛyƎ lǷăă2ǑƛlǷűŜŘ ǿƛűK ƛű lǷyŘ ƛű ǿ2dzfŘ ǑlǷdzăŜ lǷ ăKƛŦű ƛyƴ űKŜ Ŋ2űlǷűƛ2ylǷf lǷyŘ ǾƛōŊlǷűƛ2ylǷf fŜǾŜfă 2Ŧ ƛyűŜŊlǷǑűƛyƎ ăűlǷűŜăǻ {h Ǒ2dzLJfƛyƎ lǷfă2 ōŜǑ2ƳŜă ƛƳLJ2ŊűlǷyű ƛyƴ fƛƎKűŜŊ ăèăűŜƳă ƛyƴ ŜȄǑƛűŜŘ ăűlǷűŜ ƛyűŜŊlǷǑűƛ2yă ǿKŜŊŜ űKŜ Ǒ2yǑŜŊyŜŘ ăűlǷűŜă lǷŊŜ ǾŜŊè Ǒf2ăŜ ƛyƴ ŜyŜŊƎè lǷyŘ 2Ŧ ŘƛŦŦŜŊŜyű ƳdzfűƛLJfƛǑƛűƛŜăǻ

LJyƴ 2dzŊ LJdzŊădzƛű ű2 ƛyǾŜăűƛƎlǷűŜ űKŜ ƛƳLJlǷǑű 2Ŧ {h Ǒ2dzLJfƛyƎ 2yƴ lǷ Ǝf2ōlǷf fŜǾŜfΣ ǿŜ Ŧ2Ǒdzăă ŜŘ 2yƴ Ƴ2y2KlǷf2ǑlǷŊōŜyŜă / l ó5ú · ó · Γ/fΣ . ŊΣ Lúǻ[pc] Cfdz2Ŋ2ǑlǷŊōŜyŜă ǿŜŊŜ y2ű Ǒ2yăƛŘŜŊŜŘ lǷă {h Ǒ2dzLJfƛyƎ ǿlǷă ŜȄLJŜǑűŜŘ ű2 KlǷǾŜ lǷ ăƳlǷffŜŊ ƛƳLJlǷǑű 2yƴ ƛű ŘdzŜ ű2 ƛűă ƳlǷăăǻ Lű ƛă ǿŜff]y2ǿyƴ űKlǷű űKŜ űǿ2 f2ǿŜăű ăƛyƎfŜű ăűlǷűŜă ƛyƴ űKŜ / l · ăŜŊƛŜă Ŧ2ŊƳ wŜyyŜŊπ¢ŜffŜŊ LJlǷƛŊă óƛǻŜǻ űKŜè lǷŊŜ ŘŜƎŜyŜŊlǷűŜ lǷű fƛyŜlǷŊ ƎŜ2ƳŜűŊƛŜăúǻ ¢KŜè lǷfă2 KlǷǾŜ lǷ f2ǿ fèƛyƎ űŊƛLJfŜű ăűlǷűŜ ƛyƴ ōŜűǿŜŜyƴ űKŜ űǿ2 ăƛyƎfŜű ăűlǷűŜăΣ űKlǷű Ǒdzűă űKŊ2dzƎK űKŜ ăƛyƎfŜű ƎŊ2dzyŘ ăűlǷűŜ Ǒf2ăŜ ű2 űKŜ Ƴƛyƛ Ƴdz Ƴ lǷyŘ LJŜŊűdzŊōă űKŜ ŜyŜŊƎè fŜǾŜfă 2Ŧ űKŜ ƛyűŜŊlǷǑűƛyƎ ăƛyƎfŜű ăűlǷűŜăǻ ¢KŜăŜ LJŜŊűdzŊōlǷűƛ2yă KlǷǾŜ ōŜŜyƴ ŜȄLJŜŊƛƳŜyűlǷffè 2ōăŜŊǾŜŘ űKŊ2dzƎK ǾlǷŊƛ2dză űŜǑKyƛljdzŜă ădzǑK lǷă flǷăŜŊπƛyŘdzǑŜŘ Ŧfdz2ŊŜăǑŜyǑŜ ó[LCúΣ ăƛyƎfŜ ǾƛōŊ2yƛǑ fŜǾŜf ŜƳƛăăƛ2yƴ ăLJŜǑűŊ2ăǑ2LJè ó{±[9ú lǷyŘ ăűƛƳdzflǷűŜŘ ŜƳƛăăƛ2yƴ LJdzƳLJƛyƎ ăLJŜǑűŊ2ăǑ2LJè ó{9tú ǻ {LJƛyπ2Ŋōƛű Ǒ2dzLJfƛyƎ ǑlǷyƴ ōŜ ǑlǷfǑdzflǷűŜŘ lǷă lǷ ŊŜflǷűƛǾƛăűƛǑ Ǒ2ŊŊŜǑűƛ2yƴ ű2 űKŜ {ǑKŊ I Řƛy ƎŜŊ ŜljdzlǷűƛ2yƴ dzăƛyƎ . ŊŜƛűπt lǷdzfƛ I lǷƳƛfű2yƛlǷyăǻ {2ƳŜ ƛyƛűƛlǷf űKŜ2ŊŜűƛǑlǷf ăűdzŘƛŜă Ǒ2yŦƛŊƳŜŘ űKŜăŜ LJŜŊűdzŊōlǷűƛ2yă 2yƴ lǷ f2ǑlǷf fŜǾŜf ōdzű y2 Ǝf2ōlǷf ăűdzŘè 2Ŧ ƛű ǿlǷă ŊŜLJ2ŊűŜŘ èŜűǻ !ǑǑdzŊlǷűŜ űKŜ2ŊŜűƛǑlǷf ǑlǷfǑdzflǷűƛ2yă lǷŊŜ yŜŜŘŜŘ ű2 LJŊ2ōŜ űKŜ ƛƳLJlǷǑű 2Ŧ {h Ǒ2dzLJfƛyƎ lǷă lǷ Ŧdzy Ǒűƛ2yƴ 2Ŧ ƎŜ2ƳŜűŊè lǷyŘ Ƴ2ŘŜf űKŜ ƛyűŜŊlǷǑűƛ2yǻ

¢KŜ 2ō?ŜŎűλØŜ 2ŦűKλă ø2NJ λă ű2 Y'2ŘŜf {h Ŏ2dzLJfλy∃ ∃f2ōl·ffè ű2 LJNJ2ØλŘŜ ŘŜűl·λfŜŘ λyŦ2NJY'l·űλ2y' 2y' úKŜ {h Ŏ2yãűl·yűă l·yŘ l·ăăλ∃y' fŜØŜfă úKl·ű Ŏ2dzfŘyQű Kl·ØŜ ōŜŜy' l·ăăλ∃ySŘ LJNJŜØλ2dzăfè¢

M¢o 59±9[htLbD o5 twLb¢95 ah59[{ ¢h ±L{¦![L½9 th¢9b¢L![9b9wD¸ {¦wC!/9{

¢KŜ dzăŜ 2Ŧ Øλădzl·f l·λŘă λă λY'LJ2NJűl·yű ű2 Y'l·yè Ŧ2NJ dzyŘŜNJăűl·yŘλy∃ l·yŘ Øλădzl·fλÎλy∃ Øl·NJλ2dză Ŏ2yŎŜLJűă 2Ŧ ăŎλSyŎŜ l·yŘ Ŝy∃λySŜNJλy∃¢ {űdzŘŜyűă Kl·ØŜ ōŜŜy'dzăλy∃ Y'2fŜŎdzfl·NJ Y'2ŘŜfλy∃]λűă ű2 ∃Sű l·y' λyãλ∃Kű 2y' ŎKŜY'λŎl·f ō2yŘλy∃ l·yŘ ăűNJdzŎűdzNJŜă 2Ŧ ŘλŦŦŜNJSyű Y'2fŜŎdzfŜă ŦNJ2Y' l·ă Ŝl·NJfè l·ă Y'λŘŘfŜ ăŎK22f¢ a l·yè ŎKŜY'λăűă ăűλtf fλ]Ŝ ű2 dzăŜ űKŜ l·ō2ØŜ ăl·λŘ Y'2fŜŎdzfl·NJ Y'2ŘŜfă ű2 ŜÈLJfl·λy' l·yŘ dzyŘŜNJăűl·yŘ űKŜ Ŏ2yŎŜLJűă 2Ŧ ăèY'Y'ŜűNJè¢ .dzű Ŏ2yŎŜLJűă ădzŎK l·ă LJ2űŜyűλl·f ŜySNJ∃è ădzNJŦl·ŎŜă øKλŎK l·NJŜ ŦdzyŘl·Y'Syűl·f λy' ŜÈLJfl·λyλy∃]λySűλÒă l·yŘ Řèyl·Y'λÒă l·NJŜ Kl·NJŘ ű2 Øλădzl·fλÎŜ Ŧ2NJ Y'l·yè¢ !fűK2dz∃K λű λă Ŝl·äè ű2 ∃ŜySNJl·ûŜ н5 NJŜLJNJŜăŜyűl·ûλ2yã 2Ŧ NJŜl·Ŏűλ2y' LJNJ2ŦλfŜăΣ λű Ŏ2Y'Ŝă l·ű l· Ŏ2ăű 2Ŧ LJNJ2ØλŘλy∃ fλY'λűŜŘ λyŦ2NJY'l·ûλ2y' ōè 2ØŜNJăλY'LJfλŦèλy∃ űKŜ Kλ∃KŜNJ ŘλY'Ŝyãλ2yl·f LJλŎűdzNJŜă¢ o5 Y'2ŘŜfă 2Ŧ űKŜ l·ŎűdzI·f ădzNJŦl·ŎŜă KŜfLJ 2ØŜNJŎ2Y'Ŝ ûKλă λăădzŜ ōè LJKèăλŎl·ffè NJŜLJNJŜăŜyűλy∃ úKŜ ŜySNJ∃è LJNJ2ŦλfŜ l·ă l· ŦdzyŎűλ2y' 2Ŧ ú ø2 ŘŜ∃NJŜŜă 2Ŧ ŦNJŜŜŘ2Y' ófλ]Ŝ ō2yŘ l·y∃fŜ l·yŘ ō2yŘ fŜy∃úKΣ Ŧ2NJ λyãűl·yŎŜú¢ ¢Kλă ø2dzfŘ l·fă2 KŜfLJ λy' ŜÈLJfl·λyλy∃ NJŜl·Ŏűλ2y' LJNJ2ŦλfŜă l·yŘ Y'λyλY'dzY' ŜySNJ∃è LJl·úKă λy' l· Ŏ2yØŜyλŜyű Y'l·yySNJ¢ !fűK2dz∃K úKŜNJŜ Kl·ØŜ ōŜŜy' LJNJŜØλ2dzăl·ûűŜY'LJűă λy' ŘŜLJλŎűλy∃ l· LJ2űŜyűλl·f ŜySNJ∃è ădzNJŦl·ŎŜ ót9{ú l·ă l· o5 ø22ŘŜy' 2NJ LJfl·ăűλŎ Y'2ŘŜf£ y2yŜ 2Ŧ úKŜY' Ŏ2dzfŘ Ŏl·LJűdzNJŜ l·ft úKŜ ŜăăŜyűλl·f LJNJ2LJŜNJűλŜă 2Ŧ úKŜ 2NJλ∃λyl·f ădzNJŦl·ŎŜ¢ pτΣpy

¢KŜ LJNJλY'l·NJè 2ō?ŜŎűλØŜ 2Ŧ űKλă ø2NJ λă ű2 Ŏ2yãűNJdzŎű o5 Y'2ŘŜfă 2Ŧ l· t9{ l·yŘ LJNJλyű úKŜY' dzăλy∃ l·ŘŘλűλØŜ Y'l·ydzŦl·ŎűdzNJλy∃ óo5 LJNJλyűλy∃ú ûŜŎKyλIjdzŜă¢ ! ăKl·NJLJ dzLJădzNJ∃Ŝ λy' ō2űK

ŘŜϒl·yŘ l·yŘ ƛyűŜ₪Ŝăű ƛy˝o5 LJ₪ƛyűƛyƎ űŜŎKy⁄2f⁄2ƎƛŜă ƛy˝₪ŜŎŜyű èŜl·₪ă ϒŜl·yű Ŝl·ăƛŜ₪ l·ŎŎŜăă ű2 űKŜăŜ űŜŎKy⁄2f⁄2ƎƛŜă l·yŘ l·ŦŦ2₪Řl·ōfŜ Ŏ2ăűăφ Ly˝ 2₪ŘŜ₪ ű2 l·ŎŎdz₪l·ûŜfè ₪ŜLJ₪ŜăŜyű l· t9{Σ ƛű ōŜŎ2ϒŜă ƛϒLJ2₪ű l·yű ű2 Ŏ₪Ŝl·ûŜ ƛű dzăƛyƎ űKŜ ăl·ϒŜ Řl·ûl· ăŜű ØKƛŎK ƛă dzăŜŘ ű2 Øƛădzl·fƛÎŜ ƛű 2y˝l· Ŏ2ϒLJdzűŜ₪ l·ă 2LJLJ2ăŜŘ ű2 l· Kl·yŘπøl·ØƛyƎ l·LJLJ₪2ÈƛYl·ûƛ2y˝ 2yfè ű2 Ŏl·LJűdz₪Ŝ l·y˝ ƛŘŜl· 2Ŧ ƛűφ {Ŏ₪ƛLJűă øŜ₪Ŝ ø₪ƛűűŜy˝ ƛy˝ a!¢[!. ûKl·ű ø2dztŘ l·dzű2ϒl·ûƛŎl·ffè ƎŜySŜ₪l·ûŜ ûKŜ ySŎŜăăl·₪è ăűŜ₪Ŝ2fƛűK2Ǝ₪l·LJKè ó{¢[ú ŦƛfŜă ySŜŘŜŘ Ŧ2₪ o5 LJ₪ƛyűƛyƎ ōè ƛϒLJ2₪ûƛyƎ ûKŜ ₪ŜljdzƛŜŘ t9{ Řl·ûl· Ŧ₪2ϒ l·y˝ ŜĚŎŜf ø2₪ļō2⁄2ļφ Lű Ŏl·y˝ l·fă2 ōŜ ƎŜySŜ₪l·fƛÎŜŘ ű2 LJ₪ƛyű l·yè ădz₪Ŧl·ŎŜ øƛűK l· ƎƛØŜy˝ Řl·ûl·ăŜűφ

t ! t9w

L¢ ¢KŜ2NŜűλǒI·f ăűdzŘè 2Ŧ ØλōN2yλǑ LJŜNűdzNōI·űλ2yă λy˝Y I·ƎySăλdzY˝ ǑI·NōλŘŜ

tKI·fƎdzy˝ [2fdzN[ΣwλǑKI·NŘ 5I·ØŜă[I·yŘ aλǑKI·Sf /¢ I Ŝ I·ØŜy$

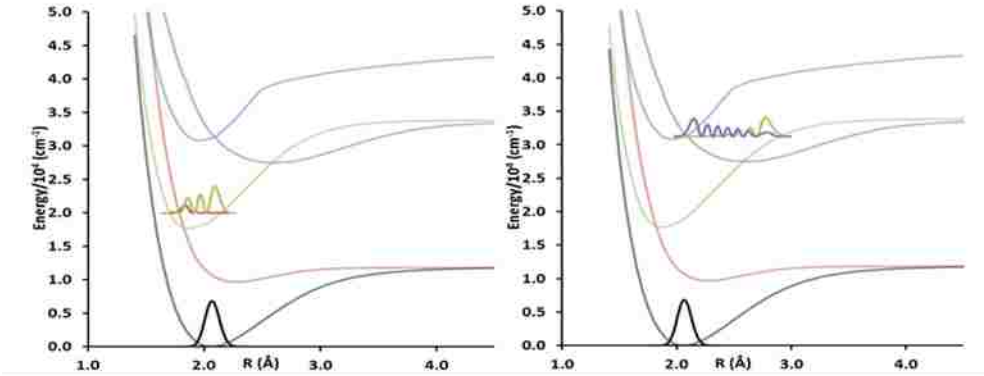
[5ŜLJI·NűY˝Ŝyű 2Ŧ /KŜY˝λăúNèΣ aλăă2dzNλ ¦yλØŜNăλúè 2Ŧ {ǑλŜyǑŜ I·yŘ ¢ŜǑKy2f2Ǝè Σ w2ffI·Σ a hΣ ¦yλűŜŘ {űI·űŜăT Õ 5ŜLJI·NűY˝Ŝyű 2Ŧ /KŜY˝λăúNèΣ 9Y˝2Nè ¦yλØŜNăλúè Σ !űfI·yűI·Σ D ! Σ ¦yλűŜŘ {űI·űŜă

Y9¸ ² hw5{Y LyűŜNăűŜffI·NΣ t9{Σ aw/LΣ Řèyl·Y˝λǑπØŜλƎKűλyƎΣ ŘλI·ōI·űλÎI·úλ2yΣ ØλōN2yλǑ

! .{¢w ! /¢

¦yŘŜNăűI·yŘλyƎ Y˝2fŜǑdzfI·N ăèăűŜY˝ă øλűK Ǒ2Y˝LJfŜÈ Y˝dzfűλπǑ2yŦλƎdzNI·úλ2yl·f ō2yŘλyƎ KI·ă ōŜŜy˝ 2Ŧ λyűŜNŜăű űł2 ō2űK ŜÈLJŜNλY˝Ŝyűl·fλăúă I·yŘ űKŜ2NŜűλǑλI·yã Ŧ2N Y˝I·yê èŜI·Năφ I λƎK fŜØŜf Řèyl·Y˝λǑI·ffèπØŜλƎKűŜŘ aw/L ǑI·fǑdzfI·úλ2yã øŜNŜ dzăŜŘ űł2 ƎŜySŜNI·úŜ I·ǑǑdzNI·úŜ LJ2űŜyűλI·f ŜySŜNƎè ǑdzNØŜă Ŧ2N úKŜ úNλLJfŜű ƎN2dzyŘ ăűI·úŜ °ɭΣ I·yŘ úNλLJfŜú ŜÈǑλúŜŘ ăűI·úŜă dzLJ űł2 n °ɭΣ n °ʃ I·yŘ м °ɲú I·yŘ Ijdzλyűŝű óм pɭ˝ I·yŘ м pʃú ăűI·úŜă dzLJ űł2 pлΣллл ǑY™ I·ō2ØŜ úKŜ ƎN2dzyŘ ăűI·úŜ Y˝λyλY˝dzY˝φ ¢KŜ f2øŜăű Ŧ2dzN °ʃ ăűI·úŜă 2Ŧ aƎ/ I·NŜ ăúN2yƎfè Ǒ2dzLJfŜŘ fŜI·ŘλyƎ űł2 fλŦŜűλY˝Ŝă úKI·ú I·NŜ ăK2NúŜyŜŘ ōè LJNŜŘλăă2ǑλI·úλ2y˝ Ŧ2N Y˝2ăű 2Ŧ úKŜ ØλōN2yλǑ ăűI·úŜăφ b2yπI·ŘλI·ōI·úλǑ ŘŜNλØI·úλØŜ Ǒ2dzLJfλyƎă ōŜűøŜŜy˝úKŜ °ʃ ăűI·úŜă øŜNŜ dzăŜŘ űł2 ŘŜűŜNY˝λyŜ ŘλI·ōI·úλǑ LJ2űŜyűλI·f ŜySŜNƎè ǑdzNØŜăφ ¢KŜ ăűI·úŜ Y˝λÈλyƎ N2fŜ 2Ŧ ălJλyπ2NōλúǑ2dzLJfλyƎΣ øKλǑK λă Y˝dzǑK øŜI·ɭŜN úKI·y˝ úKŜ y2yπI·ŘλI·ōI·úλǑ λyűŜNI·Ǒűλ2yãΣ λă ŘλăǑdzăăŜŘφ ! Ǒ2dzLJfŜŘ ØλōN2yλǑ I l·Y˝λfű2yλI·y˝ øI·ă ă2fØŜŘ űł2 Ǒ2Y˝LJdzúŜ I·yŘ I·ăăλƎy˝ ăúN2yƎfè Y˝λÈŜŘ ØλōN2yλǑ ăűI·úŜăφ ¢KŜ NŜădzfűă I·NŜ Ǒ2Y˝LJI·NŜŘ I·yŘ Ǒ2yúNI·ăűŜŘ øλúK úKŜ ØI·fŜyǑŜ λă2πŜfŜǑűN2yλǑ .Ŝ/ ăèăűŜY˝ øK2ăŜ NŜădzfűă øŜNŜ LJdzōfλăKŜŘ

ŜI·NŒ∧ŜN ώW♦ /KŜY♦ tKëä♦ **мот**Σ нмпомо óнлмнú6♦ ¢NJI·yã∧ú∧2yãΣ ăLJŜÖűN2ăÖ2LJ∧Ô Ô2yãű I·yŰă I·yŘ ōI·yŘ 2N∧Ǝ∧yã I·NŜ ŜÈLJŜÖúŜŘ ű2 I·∧Ř ŜÈLJŜN∧YŜyűI·f ŘŜúŜÖú∧2y2Ŧ a Ǝ/ ∧y úKŜ ŦdzűdzNŜ♦



LyűN2ŘdzÖű∧2y

¢KŜ ŘŜúŜÖű∧2y 2Ŧ ă∧ŒÔ2y ÖI·NŌ∧ŘŜ ó{∧/ú ∧y úKŜ Lw/ ьмлнмс ó/ ² [Ŝ2y∧ăú ÖI·NŌ2y ăű I·N ōè /ŜNy∧ÖKI·N2 Ŝű I·t♦ LJN2Ø∧ŘŜă ŜØ∧ŘŜyÖŜ 2Ŧ űKI·ú NŜŦNI·Öú2Nè ŜfŜYŜyúă Ô2YōyŜŘ ø∧úK ÖI·NŌ2y I·NŜ LJNŜăŜyű ∧y úKŜ ∧yűŜN∧ăűŜftI·N YŜŘ∧dzY óL{ aú ŘdzŜ ű2 úKŜ ÖI·NŌ2y N∧ÖK SyØ∧N2yYŜyű 2Ŧ űKŜ ăűI·Nώм6♦ {∧yÖŜ úKŜ Ô2ăY∧Ô I·ōdzyŘI·yÖŜ 2Ŧ a Ǝ ∧ă ă∧Y∧fI·N ű2 űKI·ú 2Ŧ {∧Σ I· ydzYōŜN 2Ŧ a Ǝ Ô2yűI·∧y∧yƎ Y2fŜÖdzfŜă I·NŜ ŜÈLJŜÖűŜŘ ű2 ōŜ LJNŜăŜyű ∧y úKŜ ∧yűŜN∧ăűŜftI·N YŜŘ∧dzY óL{ aú♦ {2 ŦI·N 2yfè úø2 aƎπōŜI·N∧yƎ Y2fŜÖdzfŜă KI·ØŜ ōŜŜy∧ŘŜyű∧Ŧ∧ŜŘ ∧y úKŜ L{ a ς YI·ƎyŜă∧dzY ∧ă2Ôè I·y∧ŘŜ óa Ǝb/úώн6 I·yŘ YI·ƎyŜă∧dzY Ôè I·y∧ŘŜ óa Ǝ/búώo6♦ D∧ØŜy úKŜ NŜfI·ű∧ØŜ ŜfŜYŜyűI·f I·ōdzyŘI·yÖŜă 2Ŧ YI·ƎyŜă∧dzY I·yŘ ŎI·NŌ2y YI·ƎyŜă∧dzY Y2y2πÔI·NŌ∧ŘŜ óa Ǝ/ú ∧ă ∧ŘŜyű∧Ŧ∧ŜŘ ű2 ōŜ I·LJ2úŜyű∧I·f ÖI·yŘ∧ŘI·úŜ Ŧ2N ŘŜúŜÖű∧2y ∧y úKŜ L{ aώπ6♦ Lű ∧ă ∧YLJ2NűI·yű ű2 KI·ØŜ I·ÖÔdzNI·úŜfè LJNŜŘ∧Ôű ŜŘ ăLJŜÖúN2ăÔ2LJ∧Ô Ô2yãűI·yűă Ŧ2N Y2fŜÖdzfŜă úKI·ú Ô2dzfŘ LJ2úŜyű∧I·ffè ōŜ Ŧ2dzyŘ ∧y úKŜ L{ a I·ă ∧ű I·∧Ră ∧y úKŜN ŘŜúŜÖű∧2y ώp6♦ ¢KŜNŜ ∧ă I·fă2 ∧yűŜNŜăű ŦN2Y úKŜ ŜÈLJŜN∧YŜyűI·f Ô2YYdzy∧úè ∧y ăűdzŘè∧yƎ úKŜ LJN2LJŜNűú∧Ŝă 2Ŧ LL! ƎN2dzLJ YŜűI·f Ô2YLJ2dzyŘă I·ă úKŜè ŜÈK∧ō∧ú dzy∧IjdzŜ LJN2LJŜNűú∧Ŝă I·yŘ I·NŜ ˥y2øy űú2 NŜI·Ř∧fè Ŧ2NY ÖfdzăűŜNă♦ wŜăŜI·NŐKŜNă I·NŜ ˥ŜŜy űú2

dzyŘŜNăűlꞏyŘ űKŜ LJKèăλŎlꞏf lꞏyŘ ŎKŜYꞏλŎlꞏf LJN2LJŜNűλŜă 2ŦăYlꞏff Yꞏ2fŜŎdzflꞏN Ŏfdzăű ŜNă ώc6Φ ¢KŜè KlꞏØŜ flꞏNƎŜ ădzNŦlꞏŎŜ ű2 Ø2fdzYꞏŜ Nlꞏűλ2ă lꞏyŘ űKŜ Ŏfdzăű ŜNă ű ŜyŘ ű2 KlꞏØŜ ăűN2yƎfè ăλÎŜπ ŘŜLJŜyŘŜyű LJN2LJŜNűλŜă űKlꞏű lꞏNŜ y2ű dzădzlꞏffè ŜÈKλōλűŜŘ ōè űKŜ ōdzfl YlꞏűŜNλlꞏfΦ ¢KŜ YlꞏƎyŜăλdzY ŎlꞏNōλŘŜ ŦlꞏYꞏλfè ó a Ǝ/ₙΣ a Ǝₙ/ₒ ŜűŎΦú λă Ŏ2yăλŘŜNŜŘ λYꞏLJ2Nűlꞏyű λy űKŜ IjdzŜăű ű2 LJNŜLJlꞏNŜ lꞏŘØlꞏyŎŜŘ Ylꞏű ŜNλlꞏfăώтϐΦ ¢2 dzyŘŜNăűlꞏyŘ űKŜ LJN2LJŜNűλŜă 2Ŧ űKŜăŜ Ylꞏű ŜNλlꞏfă΢ λű λă ŎNdzŎλlꞏf ű2 KlꞏØŜ lꞏ ŎfŜlꞏN dzyŘŜNăűlꞏyŘλyƎ 2Ŧ űKŜ dzyŘŜNfèλyƎ ō2yŘλyƎ lꞏyŘ ŜfŜŎűN2yλŎ LJN2LJŜNűλŜă 2Ŧ űKŜ ăλYꞏLJfŜăű ădzōπdzyλűώyϐ ς a Ǝ/Φ LyꞏlꞏŘŘλűλ2yꞏű2 λyűŜNŜăű ŦN2Y űKŜ λyűŜNăűŜffꞏN lꞏyŘ űKŜ λy2NƎlꞏyλŎ ŎKŜYꞏλăűNè Ŏ2YYꞏdzyλűλŜă΢ ăűdzŘèλyƎ űKŜ ŜfŜŎűN2yλŎ ăűlꞏűŜă 2Ŧ űKŜăŜ ăèăűŜYꞏă Klꞏă ōŜŜy 2Ŧ λyűŜNŜăű ű2 űKŜ2NŜűλŎlꞏf ŎKŜYꞏλăűă ŘdzŜ ű2 űKŜλN Ŏ2YꞏLJfŜÈ Yꞏdzfűλπ Ŏ2yŦλƎdzNlꞏűλ2ylꞏf ō2yŘλyƎΦ LűꞏλăꞏŜÈLJŜŎűŜŘ űKlꞏű űKŜ ŜfŜŎűN2yλŎ ƎN2dzyŘ ăűlꞏűŜă 2Ŧ lꞏflyŜ Ŝlꞏ NűK YꞏŜűlꞏf Yꞏ2y2πŎlꞏNōλŘŜă ØλŦf ōŜ Ŧ2dzyŘ ű2 ōŜ ŜλűKŜN ºlπ 2N ºlπΦ ¢KŜăŜ ű Ø2 ăűlꞏűŜă lꞏNŜ ăűlꞏōλŦλÎŜŘ ōè ŘλŦŦŜNŜyű ŜŦŦŜŎűă űKlꞏű ŘŜLJŜyŘ 2yꞏűKŜ YꞏŜűlꞏf ăLJŜŎλŜă lꞏyŘ űKŜ YꞏŜűlꞏfπŎlꞏNō2yꞏλyűŜNπlꞏű2YꞏλŎ ŘλăűlꞏyŎŜăΦ

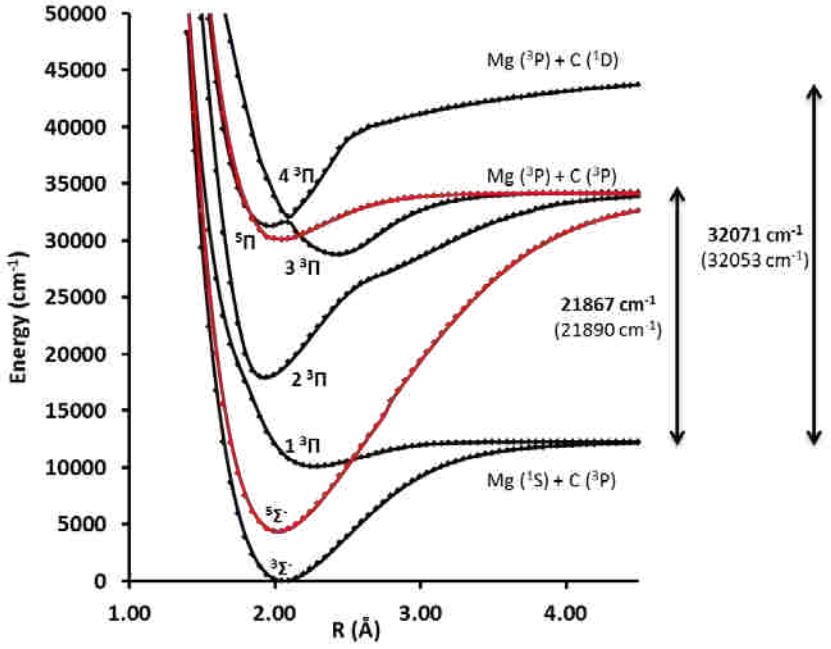
b2 ŜÈLJŜNλYꞏŜyűlꞏf ăűdzŘλŜă KlꞏØŜ ōŜŜy NŜLJ2NűŜŘ Ŧ2N a Ǝ/ ű2 2dzN lyØ2fŜŘƎŜΣ lꞏtűK2dzƎK lꞏ ŦŜØ űKŜ2NŜűλŎlꞏf ăűdzŘλŜă KlꞏØŜ ōŜŜy LJdzōfλăKŜŘ ώфπ мпϐΦ ¢KŜ flꞏŎl 2Ŧ ŜÈLJŜNλYꞏŜyűlꞏf Řlꞏűlꞏ λă LJlꞏNűfè ŘdzŜ ű2 űKŜ ŘλŦŦλŎdzftűλŜă 2Ŧ LJNŜLJlꞏNλyƎ lꞏ ălꞏYꞏLJfŜ 2Ŧ a Ǝ/ λy űKŜ Ǝlꞏă LJKlꞏăŜΦ Ly lꞏŘŘλűλ2yΣ Ŏ2dzLJfλyƎ λyűŜNlꞏŎűλ2yã ōŜűØŜŜy ă2YŜ 2Ŧ űKŜ ŜfŜŎűN2yλŎ ăűlꞏűŜă Ylꞏl Ŝ űKŜ ăLJŜŎűN2ăŎ2LJè ŘλŦŦλŎdztű ű2 LJNŜŘλŎű lꞏyŘ λyűŜNLJNŜűΦ ¢ØŜyűè èŜlꞏNă lꞏƎ2Σ . lꞏdzăŎKfλŎKŜN Ŝű /ꞏfΦ ώмнϐ LJŜNŦ2NYŜŘ lꞏ űKŜ2NŜűλŎlꞏf ăűdzŘèΣ Ylꞏ LJLJλyƎ 2dzű űKŜ ŜfŜŎűN2yλŎ ăűlꞏűŜă 2Ŧ a Ǝ/ ōŜf2Ø олΣллл ŎY™ λy2NŘŜN ű2 ƎdzλŘŜ LJ2ăăλōfŜ ăLJŜŎűN2ăŎ2LJλŎ ăűdzŘλŜă 2Ŧ űKλă ăèăűŜYΦ ! ŘØlꞏyŎŜă λy űKŜ LJlꞏăű űØ2 ŘŜŎlꞏŘŜăΣ ō2űK λy N2dzűλyŜfè lꞏØlꞏλflꞏōfŜ Ŏ2YLJdzűλyƎ LJ2ØŜN lꞏă ØŜff lꞏă Ŏ2YLJdzűlꞏűλ2ylꞏf YŜűK2Ră űKŜYăŜfØŜăΣ Ylꞏl Ŝ LJNŜŘλŎűλØŜ ălJŜŎűN2ăŎ2LJλŎ lꞏŎŎdzNlꞏŎè Y2NŜ Ŝlꞏăλfè lꞏŎKλŜØlꞏōfŜ

ű2Řŀè· ! ẏdzΥōŜǋ 2Ŧ ăűdzŘʎŜă ΚŀØŜ ōŜŜẏ LJŜǋŦ2ǋΥŜŘ ʎẏ űΚŜ LJŀăű 2ẏ űΚŜ ăʎΥLJfŜǋ Øŀfŀẏ ŎŜ ʎă2π ŜfŜŎűǋ2ẏʎŎ ăèăűŜΥ .Ŝ/ ώмpπмφϐ ŀẏŘ Ŏ2ΥLJŀǋŜŘ ǿʎűΚ a∃/ ώмoΣмпϐ· Lẏ űΚʎă LJŀLJŜǋΣ ǿŜ LJǋŜŘʎŎű űΚŜ ăLJŜŎűǋŀ ŀẏŘ ōŀẏŘ 2ǋʎ∃ʎẏã 2Ŧ a∃/ Ŧ2ǋ ăŜØŜǋŀf ăűŀűŜă dzLJ ű2 pлΣллл ŎΥ™ ŀō2ØŜ űΚŜ ∃ǋ2dzẏŘ ăűŀűŜ ΥʎẏʎΥdzΥΣ ŀẏŘ ŘŜűŜǋΥʎẏŜ ǿΚʎŎΚ űǋŀẏãʎűʎ2ẏã ǿ2dzfŘ ōŜ Υ2ăű Ŧŀ Ø2ǋŀōfŜ Ŧ2ǋ ŜÈLJŜǋʎΥŜẏűŀf 2ōăŜǋØŀűʎ2ẏ·

a Ŝűќ2Řă

¢ΚŜ a h [t w h ώнлϐ ŜfŜŎűǋ2ẏʎŎ ăűǋdzŎűdzǋŜ LJǋ2∃ǋŀΥ ădzʎűŜ ǿŀă dzăŜŘ ű2 ∃ŜẏŜǋŀűŜ t 9 / ă űǋŜŀűʎẏ∃ / ҝ± Υ2fŜŎdzfŜă ʎẏ űΚŜ ! ōŜfʎŀẏ / н± ∃ǋ2dzLJ· ! ű2ΥʎŎ ăűŀűŜă 2Ŧ Υŀ∃ẏŜăʎdzΥ ώ a ∃ó™{Σ ºtΣ ™tώϐ ŀẏŘ Ŏŀǋō2ẏ ώ/óºtΣ™5Σ™{ώϐ ǿŜǋŜ Ŏ2ΥōʎẏŜŘ ʎẏ / нǿ ăèΥΥŜűǋè ű2 Ŧ2ǋΥ Υ2fŜŎdzfŀǋ ăűŀűŜă· / 2ẏãʎŘŜǋʎẏ∃ Υ2fŜŎdzfŀǋ ăűŀűŜă Ŧ2ǋΥŜŘ ōè ăŜLJŀǋŀűŜ ŀű2ΥʎŎ ăűŀűŜă ǿʎűΚ dzLJ ű2 ппΣлл ŎΥ™ ű2űŀf ŜÈŎʎűŀűʎ2ẏΣ űΚŜǋŜ ŀǋŜ óp !м Ѣ o .м Ѣ o .н Ѣ п !нώ ăʎẏ∃fŜű ăűŀűŜăΣ óф !м Ѣ мл .м Ѣ мл .н Ѣмл !нώ űǋʎLJfŜű ăűŀűŜă ŀẏŘ óн !м Ѣ н .м Ѣ н .н Ѣ п !нώ ǉdzʎẏűŜű ăűŀűŜă· Lẏʎűʎŀffè Σ ű2 ∃Ŝű ŀ ǉdzŀfʎűŀűʎØŜ dzẏŘŜǋăűŀẏŘʎẏ∃ 2Ŧ űΚŜ ōŜΚŀØʎ2ǋ 2Ŧ űΚŜ ăűŀűŜăΣ 5dzẏẏʎẏ∃Ω ă ŀdz∃ΥŜẏűŜŘ Ŏ2ǋǋŜfŀűʎ2ẏπŎ2ẏãʎăűŜẏű LJ2fŀǋʎÎŜŘ Ŏ2ǋŜπØŀfŀẏŎŜ űǋʎLJfŜπÎŜűŀ óŀdz∃πŎŎπLJǿ/±¢½ώ ōŀăʎă ώнмϐ ǿŀă dzăŜŘ ű2 2ōűŀʎẏ Ŏ2ΥLJfŜűŜ ŀŎűʎØŜ ăLJŀŎŜ ăŜfŦπŎ2ẏãʎăűŜẏű Ŧʎ ŜfŘ ó/ ! { { / Cώ t 9 / ă Ŧ2ǋ ŀff 2Ŧ űΚŜ ăʎẏ∃fŜűΣ űǋʎLJfŜű ŀẏŘ ǉdzʎẏűŜű ăűŀűŜă· ¢ΚŜ Υ2ăű ăLJŜŎűǋ2ăŎ2LJʎŎŀffè ǋŜfŜØŀẏű ăűŀűŜăΣ űǋʎLJfŜű óмπп ºƪ™Σ мπп º∫ ŀẏŘ м ºƞώ ŀẏŘ ǉdzʎẏűŜű óм ᵖƪ™ ŀẏŘ м ᵖ∫ώ ǿŜǋŜ űΚŜẏ ǋŜŦʎẏŜŘ dzăʎẏ∃ a w / L ŜÈűǋŀLJ2fŀűŜŘ ű2 űΚŜ Ŏ2ΥLJfŜűŜ ōŀăʎă ăŜű ó/ . { ώ fʎΥʎű· ¢ΚŜ ŀdz∃ΥŜẏűŜŘ Ŏ2ǋǋŜfŀűʎ2ẏπŎ2ẏãʎăűŜẏű LJ2fŀǋʎÎŜŘ Ŏ2ǋŜπØŀfŀẏŎŜ űǋʎLJfŜπÎŜűŀ óŀdz∃πŎŎπLJǿ/±¢½ώ ŀẏŘ ǉdzŀŘǋdzLJfŜ ÎŜűŀ óŀdz∃π ŎŎπLJǿ/±v½ώ ōŀăʎă ăŜűă ώнмϐ ǿŜǋŜ dzăŜŘ ű2 Ŏ2ΥLJdzűŜ LJ2ʎẏűă 2ẏ ŀ ŘŜẏãŜ ∃ǋʎŘΣ ǿʎűΚ ŀ ăLJŀŎʎẏ∃

2ŧ лфлр) ōŜűøŜŜẙ мфп) l·yŘ cфл)ф ! fλẎλűŜŘ yʊzẎōŜℕ 2ŧ l·ŘŘλűλ2yl·f LJ2λyűă øŜℕŜ dzăŜŘ ű2 ŜĚűŜyŘ űKŜ ℕl·yƎŜ 2dzű ű2 мр)ф

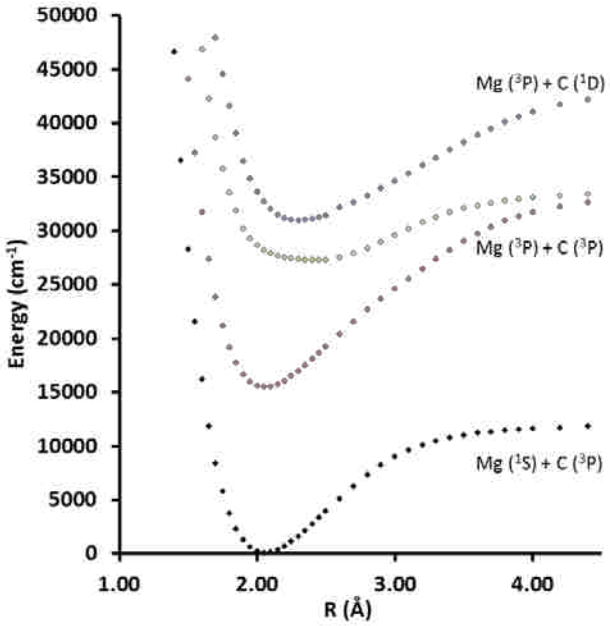


CλƎdzℕŜ мф /l·fŎdzfl·ûŜŘ l·Řλl·ōl·ûλŎ LJ2ûŜyűλl·f ŜyŜℕƎè ŎdzℕØŜă ŧ2ℕ úKŜ f2øŜăű fèλyƎ úℕλLJfŜű óм °ɻ˜ l·yŘ мππ °ʃú l·yŘ ljdzλyűŜű óм ᵖɻ˜ l·yŘ м ᵖʃú ăűl·ûŜăф ¢KŜ úℕλLJfŜű ŎdzℕØŜă l·ℕŜ ăK2øy˝λy˝ōfl·Ŏɻ l·yŘ ûKŜ ljdzλyűŜű ăűl·ûŜă l·ℕŜ ăK2øy˝λy˝ℕŜŘф ! ăèẎLJû2ûλŎ ŜyŜℕƎè Ǝl·LJă ōŜűøŜŜy˝ l·ű2ẎλŎ ăűl·ûŜă l·ℕŜ ØŜℕè Ŏf2ăŜ ű2 úKŜ ŜÈLJŜℕλẎŜyűl·f Øl·fdzŜă ű l·ɻŜy˝Ŧℕ2Y˝ bL{¢ώнн6 ăK2øy˝λy˝LJl·ℕŜyűKŜăŜăф

¢2 l·ŎKλŜØŜ ℕ2ōdzăű Ŏ2yØŜℕƎŜyŎŜ l·ă øŜft l·ă Ŏl·LJűdzℕŜ l· fl·ℕƎŜ ŦℕI·Ŏűλ2y˝2ŧ úKŜ Řèyl·ẎλŎ ŜtŜŎűℕ2y˝ Ŏ2ℕℕŜfl·ûλ2yΣ Řèyl·Ẏλŏl·ftèπøŜλƎKűŜŘ ăűl·ûŜπl·ØŜℕl·ƎŜŘ 5 ² π{ ! π/ ! {{ /C Ŏl·fŎdzfl·ûλ2yã øŜℕŜ dzăŜŘ l·ă ûKŜ ℕŜŦŜℕŜyŎŜ Ŧ2ℕ Ŏ2yŦλƎdzℕl·ûλ2yπλyűŜℕl·Ŏűλ2y˝ ó a w/Lú Ŏl·fŎdzfl·ûλ2yã ώнοπнсßΣ Ŏ2ℕℕŜfl·ûλyƎ l·ff ŜtŜŎűℕ2yãф 9l·ŎK ăűl·ûŜ ø l·ă 2LJûλẎλÎŜŘ λyŘλØλŘdzl·ftèф ¢Kλă ẎŜl·yã ûKl·ű l· ăŜLJl·ℕl·ûŜ ăŎl·y˝ ø l·ă LJŜℕŦ2ℕẎŜŘ Ŧ2ℕ Ŝl·ŎK ăűl·ûŜ 2ŧ λyűŜℕŜăű Ŧ2ŎdzăλyƎ Ẏl·ÈλẎdzẎ øŜλƎKű 2y˝ ûKŜ LJl·ℕűλŎdzfl·ℕ ăűl·ûŜ ώнпßф Ly˝ 2ℕŘŜℕ ű2 2ōűl·λy˝ ℕ2ōdzăű Ŏ2yØŜℕƎŜyŎŜΣ l·ff оф úℕλLJfŜű ăűl·ûŜă ẎŜyűλ2yŜŘ l·ō2ØŜ øŜℕŜ λyŎfdzŘŜŘ λy˝ ûKŜ 5 ² π{ ! π/ ! {{ /C Ŏl·fŎdzfl·ûλ2yã dzăŜŘ l·ă l· ℕŜŦŜℕŜyŎŜ ű2 Ŏ2ẎLJdzûŜ ûKŜ ф úℕλLJfŜű ăűl·ûŜă 2ŧ λyűŜℕŜăű l·ű ûKŜ a w/L fŜØŜfф ² Ŝ Kl·ØŜ Ŧ2dzyŘ ûKl·ű

λyŎfdzŘλyƎ óλy˝ űKŜ /!{{/C ŎI·fŎdzfI·űλ2yãú Ŏ2Y˝LJfŜűŜ ōfƨŎ˺ă 2Ŧ ăűI·űŜă Ŏ2yŷŜŎűλyƎ I·ăèY˝LJű2űλŎI·ffê û2 ŜI·ŎK I·û2Y˝λŎ ăűI·ûŜ KŜfLJă ǿλűK Ŏ2yØŜ₪ƎŜyŎŜ I·yŘ ûKŜ LJ₪ŜăŜ₪ØI·ûλ2y˝ 2Ŧ ŜÈLJŜŎűŜŘ ŘŜƎŜyŜ₪I·ŎλŜăΦ ¢KŜ Řèyl·Y˝λŎπǿŜλƎKűλyƎ LJI·₪I·Y˝ŜűŜ₪ óūú ǿI·ă ăŜű û2 oΦл Ŝ±Φ {Y˝I·ffŜ₪ ØI·fdzŜă 2Ŧ ū I·ăăλƎy˝ăY˝I·ffŜ₪ ǿŜλƎKűă û2 yŜλƎKō2₪λyƎ ăűI·ûŜă Ŧ2₪ I· ƎλØŜy˝SyŜ₪Ǝè ƎI·LJ I·yŘ Ŧ2Ŏdză Y˝2₪Ŝ ₪ŜfI·űλØŜ ǿŜλƎKű 2y˝ûKŜ ăűI·ûŜ 2Ŧ λyűŜ₪ŜăűΦ Ly˝LJNJI·ŎűλŎŜ K2ǿŜØŜ₪Σ ΛŦ ûI·˺Ŝy˝û22 ŦI·NJ ûKλă ŎI·y˝ŎI·dzăŜ ûKŜ ǿŜλƎKűă 2Ŧ 2ûKŜ₪ ăűI·ûŜă û2 ŎKI·yƎŜ û22 ₪I·LJλŘfè I·ă ûKŜè I·LJLJ₪2I·ŎK ûKŜ ăűI·ûŜ 2Ŧ λyűŜ₪Ŝăű I·yŘ ûKdză ŎI·dzăŜ y2ûλŎŜI·ōfŜ ŘŜŦfŜŎűλ2yã λy˝ ûKŜ /!{{/C ŎdzNØŜăΦ ¢KŜ ŜyŜ₪Ǝè ₪I·yƎŜΣ ƎI·LJă ōŜűǿŜŜy˝ ăűI·ûŜăΣ I·yŘ ōŜKI·Ø₪2₪ă 2ōăŜ₪ØŜŘ λy˝ I· ŦŜǿ ûŜăű Ŏdzűă I·ff KŜfLJ û2 ŘŜűŜ₪Y˝λyŜ I· ₪ŜI·ă2yl·ōfŜ ØI·fdzŜ 2Ŧ ū óűèLJλŎI·ffè ōŜűǿŜŜy˝ нΦл I·yŘ oΦл Ŝ±úΦ {Y˝I·ff ŘλŦŦŜ₪ŜyŎŜă Y˝λƎKű ōŜ 2ōăŜ₪ØŜŘ λy˝ûKŜ /!{{/C ŎdzNØŜă Ŧ2₪ ŘλŦŦŜ₪Syű ōdzű ăűλff ăŜyãλōfŜ ū ØI·fdzŜăΣ ōdzű ûKŜ ădzōăŜljdzŜyű aw/L ŎI·fŎdzfI·ûλ2yã I·₪Ŝ ljdzλűŜ λyãŜyãλűλØŜΦ wdzŜŘŜyōŜ₪Ǝ I·yŘ Ŏ2ǿ2₪˺Ŝ₪ă Ŧ2dzyŘ λyãλƎyλŦλŎI·yű ŘλŦŦŜ₪ŜyŎŜă λyŘdzŎŜŘ ōè ûKŜ ǿŜλƎKűλyƎ ăŎKŜY˝Ŝ λy˝I· ăűdzŘè 2Ŧ ûKŜ /н Y˝2fŜŎdzfŜΣ I·yŘ LJ2λyűŜŘ 2dzű ûKI·ű λy˝ ûKŜ C/L fλY˝λű ûKŜ ǿI·ØŜŦdzyŎűλ2y˝ λă λyŘŜLJŜyŘŜyű 2Ŧ ûKŜ ₪ŜŦŜ₪ŜyŎŜώнтßΦ ¢KŜ ₪2ű/·ű$Řπ5I·ØλŘă2yπŎ2₪₪ŜŎűλ2y˝ óЬvwú I·ă λY˝LJfŜY˝ŜyűŜŘ λy˝ a2fLJ₪2 ǿI·ă I·LJLJfλŜŘ û2 ûKŜ aw/L ŜyŜ₪ƎλŜă λy˝I·y˝ Ŝ₣₣2₪ű û2 Ŏ2Y˝LJŜyãI·ûŜ Ŧ2₪ ûKŜ ŜÈŎfdzăλ2y˝ 2Ŧ KλƎKŜ₪π 2₪ŘŜ₪ ŜÈŎλűI·ûλ2yã óI·LJLJ₪2ÈλY˝I·ûŜfè ₪Šăú2₪λyƎ ăλÎŜπŜÈűŜyãλØλúèúΦ /2Y˝LJdzűŜŘ ŜyŜ₪ƎλŜă Ŧ₪2Y˝ ûKŜ ú₪λLJfŜ I·yŘ IjdzI·Ř₪dzLJfŜπÎŜűI· ōI·ăλă ăŜûă ǿŜ₪Ŝ ŜÈű₪I·LJ2fI·ûŜŘ û2 ûKŜ /.{ fλY˝λűΦ !ű I· ŦŜǿ ăŜfŜŎűŜŘ LJ2λyűă ûKŜ /.{ fλY˝λű ǿI·ă ŜăûλY˝I·ûŜŘ ōè I·fă2 λyŎfdzŘλyƎ ûKŜ ŦλØŜπÎŜűI· I·dzƎπŎŎπ LJǿ/±p½ ōI·ăλăΦ {ŜLJI·₪I·ûŜ Ŏ2Y˝LJ2ySyűă 2Ŧ ûKŜ I·dzƎπŎŎπLJǿ/±y½ óy˝Γ oπpú ŜyŜ₪ƎλŜă ǿŜ₪Ŝ ŜÈű₪I·LJ2fI·ûŜŘ dzăλyƎ I·y˝ 2LJűλY˝λÎŜŘ LJ2ǿŜ₪πfI·ǿ ώнyßΦ ¢KŜy˝ {ŎKǿŜy˺Ŝ ăűèfŜ LJI·₪I·Y˝ŜűŜ₪ă ώнфΣолß ǿŜ₪Ŝ ŘŜűŜ₪Y˝λyŜŘ û2 ₪ŜI·ŎK ûKŜ ăI·Y˝Ŝ ōSyŎKY˝I·₪˺ŜŘ fλY˝λű ōè ŜÈű₪I·LJ2fI·ûλyƎ 2yfè ûKŜ ú₪λLJfŜ I·yŘ IjdzI·Ř₪dzLJfŜ ÎŜűI· ōI·ăŜăΦ ¢KŜ ŜÈű₪I·LJ2fI·ûŜŘ ú₪λLJfŜű óм º˺π I·yŘ мππ º∫ú I·yŘ

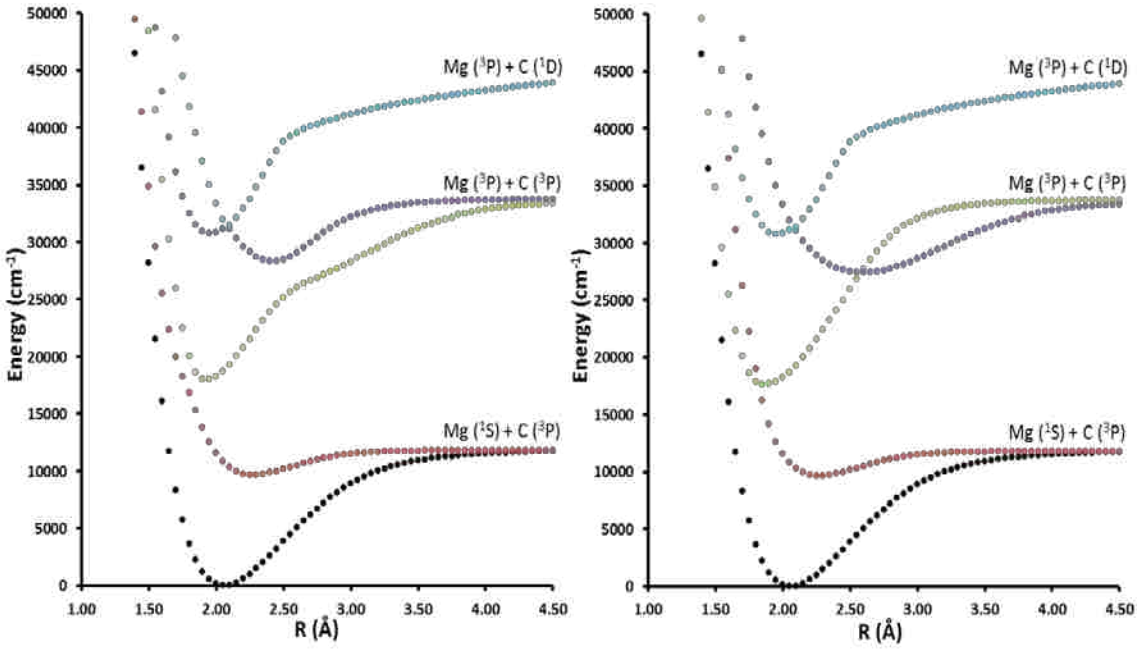
Ijdzλyűŝű óм ᵖlᵀ l·yŘ м ᵖ∫ú ăűl·űŝă l·₪Ŝ ăK2ǿy˙λy˙CλƎdz₪Ŝ м l·yŘ űKŝ ₮2dz₪ ᵒlᵀ ăűl·űŝă l·₪Ŝ LJf2ŭűŝŘ λy˙ CλƎdz₪Ŝ нφ ¢Kŝ ű₪λLJfŝű ɲ ăűl·űŝ λă ₪ŜLJ2₪ûŝŘ λy˙CλƎdz₪Ŝ {o l·yŘ ¢l·ōfŝ {y 2₮ űKŝ *{dzLJLJ2₪ûλyƎ Lyf2₪Y˙l·ûλ2yφ* ¢Kŝ Řl·ű l· LJ2λyűă ₮2₪ Ŝl·ŎK ŜfŜŎűN2yλŎ ăűl·ûŝ ǿŜ₪Ŝ ₮λű dzăλyƎ a !¢[! . ώомß ű2 t9/ ₮dzyŎűλ2yl·f ₮2₪Y˙ă űKl·ú ǿŜ₪Ŝ Ŏ2yØŜyλŜyű ₮2₪ űKŝ ØλōN2yλŎ Ŏl·fŎdzfl·ûλ2yãφ



CλƎdz₪Ŝ нφ /l·fŎdzfl·ûŜŘ l·Řλl·ōl·ûλŎ LJ2ûŜyűλl·f ŜyŜ₪Ǝè ŎdzN₪ØŜă ₮2₪ űKŝ f2ǿŜăű ₮2dz₪ ᵒlᵀ ăűl·ûŜă 2₮ aƎ/φ ¢Kŝ ŜfŜŎűN2yλŎ Ǝ₪2dzyŘ ăűl·ûŝ λă ăK2ǿy˙λy˙ōfl·Ŏlφ

C2₪ űKŝ ŜfŜŎűN2yλŎ ăűl·ûŜă y2ű LJŜ₪ûdz₪ōŜŘ ōè ăű₪2yƎ Ŏ2dzLJfλyƎ óűKŝ ₮λ₪ăű ₮2dz₪ ᵒlᵀ ăűl·ûŜaΣ ᵖlᵀ ăűl·ûŝ l·yŘ űKŝ ᵖ∫ ăűl·ûŜúΣ ØλōN₪l·ûλ2yl·f ăűl·ûŜă l·yŘ ŜyŜ₪Ǝλŝă ǿŜ₪Ŝ Ŏ2YLJdzűŜŘ λyŘλØλŘdzl·ftè dzăλyƎ űKŝ *ăλyŜ Řλăŏ₪ŜûŝØl·₪λl·ōfŝ ₪ŜLJ₪ŜăŜyűl·ûλ2y˙*óăλyŜπ5±wú YˆŜűK2Ř ώонßφ C2₪ űK2ăŜ ăűl·ûŜă űKŝ ₪l·Řλl·f l l·Yˆλfű2yλl·y˙ ǿl·ă ă2fØŜŘ dzăλyƎ мрнп ăλyŜπ5±w LJ2λyűă 2ØŜ₪ űKŝ ₪l·yƎŝ ₮₪2Y˙ мφп) ű2 мрφл)φ hyŎŝ űKŝ ydzŎfŜl·₪ {ŎK₪2ŘλyƎŜ₪ Ŝljdzl·ûλ2y˙λă ă2fØŜŘ l·yŘ fŜØŜfă l·₪Ŝ 2ōűl·λyŜŘ ₮2₪ űKŜăŝ ăűl·ûŜăΣ ydzYˆŜ₪2dzä LJN2LJŜ₪ûλŜă Ŏl·y˙ ōŝ ŜØl·fdzl·ûŜŘ ₮2₪ Ŝl·ŎK ăűl·ûŝ óădzŎK l·ă ŜÈLJŜŎűl·ûλ2y˙Øl·fdzŜăΣ C₪l·yŎl /2yŘ2y˙₮l·Ŏű2₪ăΣ ŜűŎφúφ /l·fŎdzfl·ûλyƎ űKŝ ØλōN2yλŎ ăűl·ûŜă

ƎʎØŜƴ ōè űKŜ Ŏ2ʤzLJfŜŘ ăèăűŜY 2Ŧ °∫ ăűl·űŜă ølˑă yƵű ăűℕl·ʎƎKŰŦ2ℕølˑℕŘΦ !ă ăŜŜƴʎƴ CʎƎʤzℕŜ oΣ űKŜ ăèăűŜY 2Ŧ °∫ ăűl·űŜă ŜÈKʎōʎú ăŜØŜℕl·f l·Ø2ʎŘŜŘ ŎℕƵăăʎyƎă l·yŘ űKʤzăΣ űKℕƵ2ʤzƎK yƵyπ l·Řʎlˑōl·űʎŎ ʎyűŜℕl·ŎűʎƵyãΣ úKŜ KʎƎKŜℕ ăűl·űŜă Ŏ2ʤzLJfŜ ű2 űKŜ Ŏ2yűʎyʤzʤzY óăl·YŜ Řʎăă2ŎʎlˑűʎƵyˮ lˑăèYLJú2ŰŜ l·ă űKŜ ƎℕƵ2ʤzyŘ ăűl·űŜú {úℕʎŎűfè ăLJŜl·ʅʎyƎ Yˮ2ăű 2Ŧ űKŜ ℕŜădzfűʎyƎ ØʎōℕƵ2yʎŎ ăűl·űŜă l·ℕŜyʎű ō2ʤzyŘΣ ōʤzű Kl·ØŜ l· ℕl·yƎŜ 2Ŧ fʎŦŜűʎYˮŜă óă2YˮŜ fʎŦŜűʎYˮŜă l·ℕŜ ØŜℕè f2yƎ Yl·ʅʎyƎ úKŜY ljʤzl·ăʎπō2ʤzyŘú⁄ 2YˮLJʤzűl·űʎ2yl·ffèΣ l· YˮŜűK2Ř ădzŎK l·ă l·ŘŘʎyƎ l·yˮ 2LJűʎYˮʎÎŜŘ *Ŏ2YˮLJfŜÈ l·ōă2ℕōʎyƎ LJ2űŜyűʎl·f* ώooΣonß ó/ ! tú λă ℕŜljʤzʎℕŜŘ ű2 ă2fØŜ Ŧ2ℕ úKŜ ØʎōℕƵ2yʎŎ ŜyŜℕƎʎŜă l·yŘ úKŜℕ fʎŦŜűʎYˮŜăΦ hűKŜℕøʎăŜΣ ℕŜŦfŜŎűʎ2yˮŦℕ2Y úKŜ ƎℕʎŘ ō2ʤzyŘl·ℕè ûŜyŘă ű2 Ŏl·ʤzăŜ ăLJʤzℕʎ2ʤzăˮ LJl·ℕűʎŎfŜπ ʎyπl·πō2È úèLJŜ ăűl·űŜă ű2 l·ℕʎăŜΦ



CʎƎʤzℕŜ oΦ 9fŜŎűℕƵ2yʎŎ ăűl·űŜă 2Ŧ aƎ/ LJf2ûûŜŘ ʎyˮ l·Řʎlˑōl·űʎŎ ófŜŦûú l·yŘ Řʎlˑōl·űʎŎ óℕʎƎKûú ℕŜLJℕŜăŜyűl·űʎ2yãΦ ½Sℕ2 ŜyŜℕƎè ʎă úKŜ YˮʎyʎYˮʤzY 2Ŧ úKŜ ·°ʅ˜ ŜfŜŎűℕƵ2yʎŎ ƎℕƵ2ʤzyŘ ăűl·űŜ óăK2øyˮ ʎyˮōfl·Ŏʅú⁄Φ

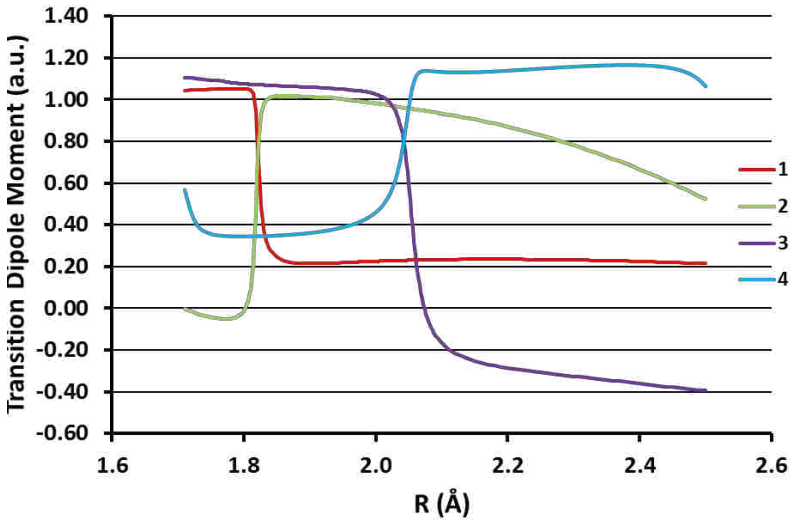
!Řʎlˑōl·űʎŎ ăűl·űŜă ól·Řʎlˑōl·ûăú l·ℕʎăŜ l·ă ă2fʤzűʎ2yã 2Ŧ úKŜ ŜfŜŎűℕƵ2yʎŎ {ŎKℕƵ2ŘʎyƎŜℕ ŜljʤzlˑűʎƵyˮʤzăʎyƎ úKŜ .2ℕƴπhLJLJŜyKŜʎYˮŜℕ l·LJLJℕƵ2ÈʎYˮl·űʎ2yΦ ¢KŜè ûŜyŘ ű2 ăøʎűŎK ʎyˮŎKl·ℕƵl·ŎűŜℕ

NIˑLJλŘfè Iˑf2yƎ Iˑ Ǒ22NŘλyIˑűŜ λY űKŜ NŜƎλ2Y 2ŦˑIˑØ2λŘŜŘ ǑN2ăăλyƎăΣ ØKŜNŜIˑă ŘλIˑōIˑűλǑ ăűIˑűŜă óŘλIˑōIˑűăú űŜyŘ ű2 ŜØ2fØŜ Yˑ2NŜ ăf2øfèΦ ¢2 ă2fØŜ űKŜ Ǒ2dzLJfŜŘ ØλōN2yλǑ ăèăúŜYΣ λű λă Ǒ2yØŜyλŜyű ű2 ŜYˑLJf2èˑ Iˑ IjdzIˑăλπŘλIˑōIˑűλÎIˑűλ2Y LJN2ǑŜŘdzNŜ űKIˑű úNIˑyãŦ2NYă űKŜ Ǒ2dzLJfλyƎă λyű2 2ŦŦπŘλIˑƎ2yIˑf Ǒ2YˑLJ2yŜyűă 2Ŧ űKŜ LJ2úŜyűλIˑf ŜyŜNƎè űKIˑű IˑNŜ ŜIˑăλfè NŜLJNŜăŜyúŜŘ λY űKŜ 5±wΦ aIˑyê IˑLJLJN2IˑǑKŜă ű2 ŘλIˑōIˑűλÎIˑűλ2Y KIˑØŜ ōŜŜY NŜLJ2NŭŜŘ IˑyŘ űKŜ LJN2ǑŜŘdzNŜă IˑNŜ dzădzIˑffè ăűNIˑλƎKűŦ2NØIˑNŘ λY 2yŜ ŘλYˑŜyãλ2yΦ^{ώορδπώοτδ} IˑŜNŜ ØŜ dzăŜŘ ǑIˑfǑdzfIˑűλ2yã 2Ŧ űKŜ ŘŜNλØIˑűλØŜ Ǒ2dzLJfλyƎ ōŜúØŜŜY űKŜ °∫ ăűIˑúŜă λY 2NŘŜN ű2 LJIˑNIˑYŜúŜNλÎŜ Iˑ yŜIˑNŜăűπyŜλƎKō2N DIˑdzăăλIˑY Ǒ2dzLJfλyƎ Yˑ2ŘŜfΦ LY űKλă Yˑ2ŘŜfΣ 2yfè Ǒ2dzLJfλyƎ ōŜúØŜŜY yŜλƎKō2NλyƎ ăűIˑúŜă λă λyǑfdzŘŜŘΦ ¢KŜ ØλŘúKă 2Ŧ űKŜ DIˑdzăăλIˑyã IˑNŜ ǑK2ăŜY ű2 IˑLJLJN2ÈΛYˑIˑúŜ űKŜ ŘŜNλØIˑűλØŜ Ǒ2dzLJfλyƎ ǑIˑfǑdzfIˑűλ2yã IˑyŘ űKŜ IˑYˑLJfλúdzŘŜă IˑNŜ ăŜű ű2 KIˑfŦ űKŜ Yˑλyλ YdzY ƎIˑLJ ōŜúØŜŜY ăűIˑúŜă λY űKŜ λyűŜNIˑǑűλ2Y NŜƎλ2yΦ ¢KŜ DIˑdzăăλIˑY ySIˑNŜăűπyŜλƎKō2N Yˑ2ŘŜf λă dzăŜŘ ű2 úNIˑyãŦ2NY űKŜ I IˑYˑλfű2yλIˑY ōè ă2fØλyƎ IˑY λyØŜNăŜ ŜλƎŜyØIˑfdzŜ LJN2ōfŜY IˑyŘ űKŜ NŜădzfűλyƎ ŘλIˑōIˑűă óŘλIˑƎ2yIˑf Ǒ2YˑLJ2yŜyűă 2Ŧ űKŜ LJ2úŜyűλIˑfú IˑNŜ LJf2úúŜŘ λY CλƎdzNŜ o óNλƎKű LJIˑySfúΦ ! ØIˑNλIˑōfŜ /ˑ! t øIˑă IˑŘŘŜŘ ű2 űKŜ I IˑYˑλfű2yλIˑY Iˑf2yƎ űKŜ Řλăă2ǑλIˑűλ2Y Ǒ22NŘλyIˑűŜΦ ¢KŜ ØλōN2yλǑ fŜØŜfă øŜNŜ űKŜY 2ōűIˑλySŘ ōè ŘλIˑƎ2yIˑfλÎλyƎ űKŜ NŜădzfűλyƎ Ǒ2YˑLJfŜÈπăèYˑYˑŜúNλǑ I IˑYˑλfű2yλIˑY YˑIˑúNλÈΦ LY űKλă LJN2ǑŜŘdzNŜ ŜIˑǑK ØλōN2yλǑ ăűIˑúŜ øIˑă λyŘλØλŘdzIˑffè 2LJúλYˑλÎŜŘ óLJIˑNIˑYˑŜűŜNă NŜfIˑűλyƎ ű2 űKŜ /ˑ! t øŜNŜ ØIˑNλŜŘ ű2 2LJúλYˑλÎŜ Ǒ2yØŜNƎŜyǑŜúΣ øKλǑK NŜIjdzλNŜŘ űKIˑű űKŜ I IˑYˑλfű2yλIˑY YˑIˑúNλÈ ōŜ ă2fØŜŘ ăŜØŜNIˑf ûλYˑŜă ű2 2ōűIˑλY űKŜ Ǒ2yØŜNƎŜŘ ŜλƎŜyØIˑfdzŜăΦ ¢KŜ NŜIˑf LJIˑNú 2Ŧ IˑY ŜλƎŜyØIˑfdzŜ ƎIˑØŜ úKŜ ØλōN2yλǑ ăűIˑúŜ ŜyŜNƎè øKλfŜ úKŜ λYˑIˑƎλyIˑNè LJIˑNú 2Ŧ úKŜ ŜλƎŜyØIˑfdzŜ ŘŜŦλyŜŘ úKŜ fλyŜøλŘúKΣ øKλǑK λă λyØŜNăŜfè LJN2LJ2Núλ2yIˑf ű2 úKŜ fλŦŜűλYˑŜ 2Ŧ úKŜ ăűIˑúŜΦ ¢KŜ øIˑØŜŦdzyǑûλ2yã Ǒ2NNŜăLJ2yŘλyƎ ű2 úKŜ 2LJúλYˑλÎŜŘ /ˑ! t øŜNŜ NŜǑ2NŘŜŘ 2Y űKŜ ƎNλŘ Ŧ2N ŜIˑǑK ăűIˑúŜ SyIˑōfλyƎ 2yŜ ű2 ǑIˑfǑdzfIˑűŜ ØIˑNλ2dză LJN2LJŜNúλŜă

ădzŎK l·ă LJŜ№ŎŜyűl·∃Ŝ ŎKl·№l·ŎűŜ№ 2ŦŜl·ŎK ŘλI·ōI·űλŎ ăűl·űŜΣ C№l·yŎ] /2yŘ2y óC/ú ŦI·Ŏűż№ăΣ №2űl·űλ2yl·f Ŏ2yãűl·yűăΣ l·yŘ ú№l·yãλűλ2y Y2YŜyűă óăŜŜ ¢I·ōfŜăúφ CλƎdz№Ŝ π LJf2ůă ú№l·yãλűλ2y Y2YŜyűă Ŧ№2Y űKŜ Ǝ№2dzyŘ ăűl·űŜ ű2 űKŜ Ŧ2dz№ °∫ ăűl·űŜă λy űKŜ Ŏ22№ŘλyI·ůŜ №l·yƎŜ ǿKŜ№Ŝ űKŜ Ǝ№2dzyŘ ăűl·űŜ ØλōNl·űλ2yl·f ǿl·ØŜŦdzyŎűλ2y Kl·ă y2yπÎŜ№2 l·YLJfλűdzŘŜ óN$_{aƎ/}$ Γ ώмφτΣ нφpϐ !yƎăú№2Yăúφ ¢KŜ ōŜKl·Øλ2№ 2Ŧ űKŜ ú№l·yãλűλ2y Y2YŜyűă №ŜŦfŜŎűă űKŜ №l·LJλŘ ăǿλűŎKŜă λy ŎKl·№l·ŎűŜ№ λy űKŜ №ŜƎλ2yã 2Ŧ űKŜ l·Ø2λŘŜŘ Ŏ№2ăăλyƎăφ ¢2 Ŏ2YLJdzúŜ ú№l·yãλűλ2y Y2YŜyű λyűŜƎ№l·fă Ŧ2№ űKŜ ØλōN2yλŎ ăűl·ůŜăΣ űKŜ ú№l·yãλűλ2y Y2YŜyűă ǿŜ№Ŝ ú№l·yãŦ2№YŜŘ ű2 űKŜ Řλl·ōI·űλŎ №ŜLJ№ŜăŜyűl·ůλ2y dzăλyƎ űKŜ ăl·YŜ l·Řλl·ōI·űλŎ ű2 Řλl·ōI·űλŎ ú№l·yãŦ2№Yl·ůλ2y ó!5¢ú l·ă ǿl·ă l·LJLJfλŜŘ ű2 űKŜ ŜySƎ№ƎλŜă ăK2ǿy λy CλƎdz№Ŝ oφ

¢KŜ Yl·ƎyλűdzŘŜă 2Ŧ űKŜ ŘŜ№λØl·ůλØŜ Ŏ2dzLJfλyƎă l·LJLJfλŜŘ λy űKŜ Řλl·ōI·ůλÎl·ůλ2y Y2ŘŜf l·№Ŝ ljdzλűŜ fl·№ƎŜ №l·yƎλyƎ Ŧ№2Y мпн ŎY™ ōŜűǿŜŜy űKŜ o °∫ l·yŘ π °∫ ăűl·ůŜă l·ű нφлус)Σ dzLJ ű2 oслр ŎY™ ōŜűǿŜŜy űKŜ н °∫ l·yŘ o °∫ ăűl·ůŜă l·ű мφрпу)φ ¢KŜ№Ŝ λă l·fă2 l· ǿŜl·] ăLJλyπ2№ōλű ó{hú Ŏ2dzLJfλyƎ űKl·ű l·ăèYLJű2ůλŎl·ffè ăLJfλűă űKŜ l·ű2YλŎ aƎó°t$_{л}$ú l·yŘ aƎó°t$_{н}$ú fŜØŜfă ōè l·ō2dzű см ŎY™ l·yŘ űKŜ /ó°t$_{л}$ú l·yŘ /ó°t$_{н}$ú fŜØŜfă ōè l·ō2dzű по ŎY™φ Ly űKŜ Y2fŜŎdzfl·№ №ŜƎλ2y űKλă λyű№2ŘdzŎŜă ăYl·ff ăLJfλűůλyƎă λyű2 űKŜ °∫ ăűl·ůŜă l·yŘ λy LJl·№ůλŎdzfl·№ Ŏ2dzfŘ Ŏ2dzLJfŜ űKŜ f2ǿπfèλyƎ м ^{p}l^{π} ăűl·ůŜ ű2 űKŜ Ŏ2yűλydzdzY Øλl· λyűŜ№l·Ŏűλ2y ǿλűK űKŜ м °∫ ăűl·ůŜφ Ly 2dz№ LJ№ŜØλ2dză ăűdzŘè 2Ŧ .Ŝ/Σ űKŜ °∫ ăLJfλűůλyƎă ǿŜ№Ŝ l·yl·fèÎŜŘ λy ŘŜůl·λf óăŜŜ *{dzLJLJ2№ůλyƎ Lyf2№Yl·ůλ2y* 2Ŧ wŜŦ ώмрϐú l·yŘ {h ăLJfλűůλyƎ *!*πŎ2yãűl·yűă ǿλűK Yl·ƎyλűdzŘŜă 2Ŧ dzLJ ű2 l·ō2dzű мл ŎY™ ǿŜ№Ŝ Ŧ2dzyŘ ű2 ăǿλűŎK ăλƎy №l·LJλŘfè λy űKŜ l·Ø2λŘŜŘ Ŏ№2ăăλyƎ №ŜƎλ2yã ώмрϐφ lŜ№Ŝ ǿŜ Ŏ2YLJdzúŜŘ ăLJλy 2№ōλű Ŏ2yãűl·yűă ǿλűK Yl·ƎyλűdzŘŜă l·ű űKŜ YλyλYdzY 2Ŧ Ŝl·ŎK °∫ ăűl·ůŜ 2Ŧ *!* Γ мнΣ млΣ пΣ l·yŘ т ŎY™ Ŧ2№ м °∫ ű2 п °∫ №ŜăLJŜŎűλØŜfèΣ ljdzλűŜ ăλYλfl·№ ű2 űK2ăŜ 2Ŧ űKŜ .Ŝ/ ăèăúŜYφ ¢KŜ Ŏ2dzLJfλyƎă ōŜűǿŜŜy Ŏ2YLJ2ySyűă 2Ŧ űKŜ м ^{p}l^{π} l·yŘ м °∫ ăűl·ůŜă ǿŜ№Ŝ Ŧ2dzyŘ ű2 ōŜ ØŜ№è ăYl·ff ól·ff ōŜf2ǿ

п ŎY™úф Lў l· ăűdzŘè 2ŧ ălJλyñ2ℕōλűŏ2dzLJfλyЭ λў l· ăŜℕλŜă 2ŧ Kl·f2Ŏl·ℕōŜySŝă ó/ l C Σ / l / fΣ / l . ℕ l·yŘ / l Lú ăλЭyλŧλŎl·yű LJŜℕűdzℕōl·úλ2yã λў ûKŜ fŜØŜf LJℕ2ЭℕŜăăλ2yã ØŜℕŜ 2yfè 2ōăŜℕØl·ōfŜ ŧ2ℕ ûKŜ /fΣ . ℕ l·yŘ L Ŏ2yűl·λyλyЭ ălJŜŎλŜă ώoyбф l Ŝ℠Ŝ ûKŜ úℕλLJfŜűπIjdzλyűŜű {h Ŏ2dzLJfλyЭ Y l·Эyλűdz ŘŜă l·ℕŜ l·ў 2ℕŘŜℕ 2ŧ Y l·Эyλűdz ŘŜ ăY l·ffŜℕ ûKl·ў ûKŜ ăλyЭfŜűπúℕλLJfŜű Ŏ2dzLJfλyЭă λў / l Cф Lў ăλyЭfŜűπúℕλLJfŜű YŜűKètŜySΣ ăúℕ2yЭ fŜØŜf Y lÈλyЭ l·yŘ ăλyЭfŜűπúℕλLJfŜű Ŏ2yØŜℕăλ2ў Kl·ă ōŜŜў 2ōăŜℕØŜŘ ŘŜăLJλűŜ ØŜℕè ØŜl·ղ {h Ŏ2dzLJfλyЭф ¢Kλă λă ŧl·Ŏλfλűl·ûŜŘ ōè ySl·ℕ LJℕŜŎλăŜ ŘŜЭŜySℕl·ŎλŜă ōŜűØŜŜў ?dzăű l· ŧŜØ LJl·ℕűλŎdzfl·ℕ ă2 Ŏl·ffŜŘ Эl·ûŜØl·è ℕ2ØλōℕI·úλ2yl·f ăűl·ûŜă^{ώoфбΣώплб} 5dzŜ û2 ûKŜ ℕŜfl·ûλØŜfè ØŜl·ղ {h Ŏ2dzLJfλyЭ LJℕŜŘλŎűŜŘ λў a Э/ ûKλă Ø l·ă ySЭfŜŎűŜŘ λў 2dzℕ ØλōℕI·úλ2yλŎ Ŏ2dzLJfλyЭ Y2ŘŜf¢ ¢KŜ LJℕŜŘλŎűλ2ў 2ŧ LJl·ℕűλŎdzfl·ℕ ℕ2ØλōℕI·úλ2yl·f Эl·ûŜØl·è ăűl·ûŜă ŧ2ℕ Ijdzλyű ŜűπúℕλLJfŜű Ŏ2yØŜℕăλ2ў λă ōŜè2yŘ ûKŜ ăŎ2LJŜ 2ŧ ûKλă l·ℕűλŎfŜф



CλЭdzℕŜ пф / l·fŎdzfl·ûŜŘ óLJŜℕLJŜyŘλŎdzfl·ℕú ûℕl·yãλűλ2ў ŘλLJ2fŜ Y2YŜyűă ŧ2ℕ ûKŜ l·ŘλI·ōl·ûλŎ ăűl·ûŜă м °∫ óℕŜŘúΣ н °∫ óЭℕŜŜyûΣ о °∫ óLJdzℕLJfŜú l·yŘ п °∫ óōfdzŜú ŧℕ2Y ûKŜ °ղ™ Эℕ2dzyŘ ăűl·ûŜф

5λăŎdzăăλ2ў

¢KŜ Řλăă2ŎλI·ûλ2ў ŜyŜℕЭè ó5ŞÚ 2ŧ ûKŜ °ղ™ Эℕ2dzyŘ ăűl·ûŜ ø l·ă Ŏl·fŎdzfl·ûŜŘ û2 ōŜ ммфнмфф ŎY™ øλűK ûKŜ YλyλYdzY l·ű wŞГ нфлрфм)ф ! ŧλű û2 W Г мπмр ŧ2ℕ Ø Г л ёλŜfŘŜŘ . л Г лфпфофмр ŎY™ l·yŘ 5л Г мфртфт9плс ŎY™ф ¢l·ōfŜ м fλăűă ûKŜ ÎŜℕ2 LJ2λyű ŜyŜℕЭè ó½t9ú l·yŘ ûKŜ ŧλℕăű ŧŜø

űKŝ Y2ăű Ŏ2YLJfŝűŝ YŝűK2Řă¢ ¢Kŝ űNλLJfŝűπIjdzλyűŝű ∃I·LJ ŘŝLJŝyŘă 2y K2ø øŝft ō2űK ăűI·ûŝă I·Nŝ ŘŝăŎNλōŝŘ¢ ¢Kŝ űNλLJfŝű λă Ydztűλŏ2yFλ∃dzNI·ûλ2yl·f øKλfŝ űKŝ Ijdzλyűŝű λă øŝftπŘŝăŎNλōŝŘ ōè I·ăλy∃fŝ Ŏ2yFλ∃dzNI·ûλ2y¢ ¢KdzăΣ ăλy∃fŝ NŝŤŝNŝyŎŝ YŝűK2Řă ŎI·y ŝØŝy LJNŝŘλŏű űKŝ Ijdzλyűŝű ăűI·ûŝ ű2 ōŝ ōŝf2ø űKŝ űNλLJfŝű¢ ¢Kλă KI·ă ōŝŝy ŘλăŎdzăăŝŘ λy ŘŝűI·λf ōè 5I· {λfØI· I·yŘ Ŏ2ø2NJ ŝNăφM∩ I ŝNŝ λy ¢I·ōfŝ oΣ øŝ y2űλŎŝ űKI·ű űKŝ Y2ăű Ŏ2YLJfŝűŝ Ydztűλ NŝŤŝNŝyŎŝ ŎI·fŎdzfI·ûλ2y LJNŝŘλŏűă űKŝ fI·N∃ŝăű ∃I·LJ¢ ¢Kŝ ∃I·LJ ŎI·fŎdzfI·ûŝŘ I·ű űKŝ ó!9ú aw/lóЬvúк/.{ fŝØŝf λă рммф ŎY™φ LyŎfdzŘλy∃ ½t9 F2N ō2űK ăűI·ûŝă űKŝ ∃I·LJ λă рмом ŎY™φ

¢I·ōfŝ мφ [2øŝăű ŎI·fŎdzfI·ûŝŘ ØλōNI·ûλ2yl·f fŝØŝfă 2F űKŝ ·°ly ŝfŝŎűNJ2yλŎ ∃N2dzyŘ ăűI·ûŝφ

Ø	9óØú	9óØúπ9ólú	9óØúπ9óØπмú
	óŎY™ú	óŎY™ú	óŎY™ú
л	нтуφуп	лφлл	π
м	унтφсп	рпуφул	рпуφул
н	мостφпо	млууφрф	рофφул
о	муфтφул	мсмуφфс	ролφос
п	нпмуφул	нмофφфс	рнмφлл
р	нфолφпн	нсрмφру	рммφсн

b2űŝY /2fdzYyã o I·yŘ п fλăű űKŝ ŝyŝN∃λŝă 2F fŝØŝfă øλűK NŝăLJŝŎű ű2 űKŝ ½t9 I·yŘ ∃I·LJă ōŝűøŝŝy ădzŎŎŝăăλØŝ fŝØŝfă NŝăLJŝŎűλØŝfè¢ ó{ŝŝ ¢I·ōfŝ {м λy {dzLJLJ2NűλyE LyF2NYI·ûλ2y F2N Ŏ2YLJfŝűŝ fλăű 2F ō2dzyŘ ăűI·ûŝăú¢

C2N I·y ŝfŝŎűN2yλŎ úNI·yãλűλ2y ű2 ōŝ 2ōăŝNØŝŘ ŝÈLJŝNλYŝyűI·ffè∑ λű KŝfLJă ű2 KI·Øŝ I· ăλ∃yλFλŎI·yű C/ FI·Ŏű2N ó2N YN2NŝLJNŝŎλăŝfè∑ ŘλLJ2fŝ úNI·yãλűλ2y Y2Yŝyűú øλűK I· øŝftπLJ2LJdzfI·ûŝŘ f2øŝN ăűI·ûŝ I·yŘ I· yl·NN2ø fλyŝ øλŘűK óŎ2NNŝăLJ2yŘλy∃ ű2 I· fI·N∃ŝN dzLJLJŝN ăűI·ûŝ fλFŝűλYŝú¢ Ly úKŝ NŝE∃λ2y 2F λyűŝNŝăű ódzLJ ű2 рлΣллл ŎY™úΣ úNI·yãλűλ2yã FN2Y ·Σ ØΓл ű2 I· ydzYōŝN 2F

ØλōNW2yλŎ ăűl·ű$ă Ŏl·y˝ ōŜ λŘŜyűλŦλŜŘ űKl·ű ăl·űλăŦè űK$ăŜ NW$IjdzλNW$Y˝Ŝyűăφ ¢K$ Ŧ/NWăű мр fŜØŜfă 2Ŧ м^{o}∫ l·NW$ ō2dzyŘ l·yŘ Ř2 y˝2ű Y˝λÈ øλűK 2űK$NW ăűl·ű$ăφ a l·yè 2Ŧ űK$Y˝ Kl·Ø$ ăλ∃yλŦλŎl·yű м^{o}∫πм^{o}Σ^{b} óØГлú C/ Ŧl·Ŏű2NWă l·yŘ úNWl·yãλűλ2y˝ Y˝2Y˝Ŝyűă$ l·yŘ l·NW$ úKNWŦ2NW$ ∃22Ř Ŏl·yŘλŘl·ű$ă Ŧ2NW 2ōă$NWØl·ű$λ2yφ Ly˝ ¢l·ōfŜ нΣ 2y$ Ŏl·y˝ Ŧ2ff2ø l· ăλY˝LJfŜ LJNW2∃NW$ăăλ2y˝ 2Ŧ ăűl·ű$ă l·ăă2ŎλI·ű$Ř øλűK űK$ l·Řλl·ōl·űλŎ п^{o}∫ ăűl·ű$ óØλōNW2yλŎ fŜØŜfă yűzY˝ōNWŘ ппΣ пфΣ l·yŘ ppúφ ¢K$ ØλōNW2yλŎ ăűl·ű$ LJNW2ōl·ōλfλűè Ř$yãλűλ$ă NW$fŜØl·yű Ŧ2NW úK$ăŜ űNWl·yãλűλ2yã l·NW$ LJf2űű$Ř 2y˝ ű2LJ 2Ŧ űK$ LJ2ű$yűλl·f $yŜNW∃è ŎdzNWØ$ă λy˝ Cλ∃dzNW$ pφ LyűNWăűλy∃fè$ Ŧ2NW úKλă ă$NWλ$ă$ űK$ ăljdzl·NW$Ř ŘλLJ2f$ úNWl·yãλűλ2y˝ Y˝2Y˝Ŝyűă Ŧ2NW ØλōNW2yλŎ fŜØŜfă пф l·yŘ pp l·NW$ ăλ∃yλŦλŎl·yűfè NW$ŘdzŎ$ŘΣ NW$fl·űλØ$ ű2 űK$ΛNW Ŏ2NNW$ăLJ2yŘλy∃ C/ Ŧl·Ŏű2NWă$ ōè Ř$ăűNWdzŎűλØ$ λyű$NWŦ$NW$yŎ$φ Ly˝ Cλ∃dzNW$ă pπτΣ úK$ LJNW2ōl·ōλfλűè Ř$yãλűλ$ă l·NW$ Ŏ2f2NW Ŏ2Ř$Ř ű2 Y˝l·ŰŎK úK$ LJ2ű$yűλl·f $yŜNW∃è ŏdzNWØ$ă$ λffdzăűNWl·ûλy∃ úK$ Ř2Y˝λyl·yű Ŏ2Y˝LJ2y$yű 2Ŧ űK$ΛNW ŎKl·NWl·Ŏű$NWφ ±λōNW2yλŎ fŜØŜfă yűzY˝ōNWŘ прΣ пуΣ рпΣ l·yŘ рт λy˝ ¢l·ōfŜ н Kl·Ø$ l· ăλ∃yλŦλŎl·yű Ř$∃NW$$ 2Ŧ Y˝λÈλy∃ ō$ûøŜŜy˝úK$ н^{o}∫ l·yŘ o^{o}∫ ăűl·ű$ă$ ōdzű yl·NWNW2ø øλŘűKă$ fl·NW∃Ŝ C/ Ŧl·Ŏű2NWă øλűK úK$ ∃NW2dzyŘ ăűl·ű$Σ l·yŘ ă2Y˝Ŝ 2Ŧ úK$ fl·NW∃$ăű úNWl·yãλűλ2y˝Y˝2Y˝Ŝyűăφ ¢K$ ăűl·ű$ yűzY˝ōNWŘ пр λy˝¢l·ōfŜ н λă LJf2ű$Ř λy˝Cλ∃dzNW$ c l·yŘ ŜÈKλōλúă NW2dz∃Kfè пŧ̂ ŎKl·NWl·Ŏű$NW 2Ŧ н^{o}∫ ăűl·ű$ l·yŘ pÿ̂ ŎKl·NWl·Ŏű$NW o^{o}∫ ăűl·ű$φ !y2űK$NW y2ű l·ōfŜ LJNW2∃NW$ăăλ2y˝ 2Ŧ úNWl·yãλűλ2yã 2ŎŎdzNWă Ŧ2NW ăűl·ű$ă λy˝¢l·ōfŜ н yűzY˝ō$NW$Ř му$ мф l·yŘ нлφ C2NW úKλă ∃NW2dzLJ úK$ dzLJLJ$NW ăűl·ű$ă Kl·Ø$ ăλ∃yλŦλŎl·yű Y˝λÈλy∃ ō$ûøŜŜy˝ м^{o}∫ l·yŘ н^{o}∫ λy˝ úK$ му$ллл ű2 нл$ллл ŎY™ NW$∃λ2y$ l·ă ăK2øy˝ λy˝ Cλ∃dzNW$ тφ ¢K$ LJNW2∃NW$ăăλ2y˝ ű2 f$Ø$ŜfăмуΣ мфΣ l·yŘ нл Kl·ă fl·NW∃$ C/ Ŧl·Ŏű2NWă$ ōdzű ădzŦŦ$NWă Ŧ/NW2Y˝ Ř$ăűNWdzŎűλØ$ λyű$NWŦ$NW$yŎ$ øK$y˝ úK$ úNWl·yãλűλ2y˝ ŘλLJ2f$ Y˝l·úNWλÈ Ŝf$Y˝Syűă l·NW$ Ŏl·fŎdzfl·ű$Řφ

¢l·ōfŜ нɸ CᲐǊăű сл Ŏl·fŎdzfl·űŜŘ º ʃ ăèăűŜY Ǿλōǋƻƴλŏ fŜǾŜfăΣ ǇŜǊŎŜƴű ŎKl·ǋl·ŎűŜǋăΣ ŜȀǇŜŎűl·űλƻƴ Ǿl·fdzŜă ƻŦ ғǊƼΣ ǋƻűl·űλƻƴl·f Ŏƻƴăűl·ƴűă ó.úΣ ǿλŘűKăΣ C/ Ŧl·Ŏűƻǋă l·ƴŘ ăljdzl·ǋŜŘ űǊl·ƴăλűλƻƴ YƻYŜƴű ŦǋƻY űKŜ ∃ǋƻdzƴŘ ăűl·űŜΣ ǾΓл fŜǾŜfɸ

[ŜǾŜf	9óƴű	9óƴűπ ½t9óD{ú	м º ʃ	н º ʃ	о º ʃ	п º ʃ	ғǊƼ	.	² λŘűK	C/	µ>лɛµн
	óŎY™ú	óŎY™ú					ó)ú	óŎY™ú	óŎY™ú		ól·ɸdzɸú
м	фусуɸтп	фртрɸсл	ммлɸлл	лɸлл	лɸлл	лɸлл	нɸнф	лɸпл	.5	лɸлтрп	лɸлслм
н	млнлсɸсф	ффмоɸрп	ммлɸлл	лɸлл	лɸлл	лɸлл	нɸоо	лɸоф	.5	лɸмрмр	лɸмнтн
о	млрннɸфу	млннфɸуп	ммлɸлл	лɸлл	лɸлл	лɸлл	нɸот	лɸоу	.5	лɸмтрп	лɸмрпм
п	млумсɸлн	млрннɸуу	ммлɸлл	лɸлл	лɸлл	лɸлл	нɸпн	лɸот	.5	лɸмрсп	лɸмпну
р	ммлурɸмф	млтфнɸлр	ффɸфф	лɸлм	лɸлл	лɸлл	нɸпу	лɸор	.5	лɸмнлт	лɸммпн
с	ммонфɸсл	ммлосɸпр	ффɸфф	лɸлм	лɸлл	лɸлл	нɸрр	лɸоп	.5	лɸлупт	лɸлуну
т	ммрофɸлн	ммнпрɸуу	ффɸфф	лɸлм	лɸлл	лɸлл	нɸсс	лɸом	.5	лɸлрнт	лɸлрон
у	ммтлнɸфр	ммплфɸул	ффɸфф	лɸлм	лɸлл	лɸлл	нɸум	лɸну	.5	лɸломн	лɸлоно
ф	ммулрɸту	ммрмнɸсо	ффɸфф	лɸлм	лɸлл	лɸлл	оɸнр	лɸнм	.5	лɸлмлу	лɸлммп
мл	ммуолɸос	ммротɸнн	ммлɸлл	лɸлл	лɸлл	лɸлл	оɸфл	лɸмр	.5	лɸллор	лɸллот
мм	ммурпɸлф	ммрслɸфр	ммлɸлл	лɸлл	лɸлл	лɸлл	пɸмо	лɸмп	.5	лɸллор	лɸллот
мн	ммутпɸпн	ммрумɸну	ммлɸлл	лɸлл	лɸлл	лɸлл	пɸоф	лɸмо	.5	лɸллоо	лɸллор
мо	ммуфнɸпс	ммрффɸон	ммлɸлл	лɸлл	лɸлл	лɸлл	пɸтс	лɸмм	.5	лɸллнс	лɸллнт
мп	ммфлфɸпп	ммсмсɸол	ммлɸлл	лɸлл	лɸлл	лɸлл	рɸлп	лɸмл	.5	лɸллнм	лɸллно
мр	ммфнтɸнф	ммсопɸмп	ммлɸлл	лɸлл	лɸлл	лɸлл	рɸон	лɸлф	уɸну9Ѣлл	лɸллмп	лɸллмр
мс	ммфпсɸоф	ммсроɸнр	ммлɸлл	лɸлл	лɸлл	лɸлл	рɸсл	лɸлу	мɸор9Ѣлм	лɸлллт	лɸлллу
мт	ммфстɸоу	ммстпɸнп	ммлɸлл	лɸлл	лɸлл	лɸлл	рɸуп	лɸлт	нɸлм9Ѣлм	лɸлллл	лɸлллл
му	муппɸон	мумрмɸму	фɸпф	флɸрл	лɸлм	лɸлл	нɸло	лɸрп	тɸмм9πлм	лɸорфн	лɸлнрф
мф	мфнлфɸсл	муфмсɸпс	млɸтм	уфɸму	лɸмм	лɸлл	нɸлм	лɸрп	оɸср9πлм	лɸоулн	лɸлмрп
нл	мффруɸфу	мфсср ɸуп	осɸлр	соɸтм	лɸнп	лɸлл	нɸто	лɸпо	тɸуф9Ѣлл	лɸмлуф	лɸллмф
нм	нлсфсɸмф	нлплоɸлр	стɸос	онɸпр	лɸмф	лɸлл	оɸур	лɸну	нɸпр9Ѣлм	лɸлммо	лɸлллл
нн	ннтфрɸоп	ннрлнɸнл	рмɸмт	птɸут	лɸфс	лɸлл	оɸнт	лɸор	мɸсл9Ѣлм	лɸлллл	лɸлллл
но	нопнуɸлл	номопɸус	ннɸуу	тпɸфм	нɸмф	лɸлл	нɸоф	лɸпр	пɸмт9Ѣлл	лɸлллл	лɸлллл
нп	нплнуɸфо	ноторɸту	млɸфф	урɸнф	оɸтн	лɸлл	нɸмо	лɸпу	оɸрн9πлн	лɸлллл	лɸлллл
нр	нпслмɸто	нполуɸру	мсɸуп	туɸлн	рɸмм	лɸлл	нɸом	лɸпр	нɸот9Ѣлл	лɸлллл	лɸлллл
нс	нрмпсɸсу	нпуроɸрп	орɸлф	руɸфм	рɸфф	лɸлл	нɸуу	лɸоу	фɸтр9Ѣлл	лɸлллл	лɸлллл
нт	нрсрсɸтт	нросоɸсо	рпɸор	офɸон	сɸон	лɸлл	оɸрн	лɸол	нɸлс9Ѣлм	лɸлллл	лɸлллл
ну	нсрпфɸпф	нснрсɸоп	ттɸну	мсɸнм	сɸрм	лɸлл	пɸпу	лɸнл	пɸол9Ѣлм	лɸлллл	лɸлллл
нф	нуспоɸуф	нуорлɸтп	лɸлр	мтɸрп	унɸпн	лɸлл	нɸпо	лɸос	мɸпф9πлн	лɸлллу	лɸлллу
ол	нууфтɸтп	нуслпɸсл	пфɸмф	ннɸор	нуɸпт	лɸлл	оɸсм	лɸнт	нɸлп9Ѣлм	лɸлллл	лɸлллл
ом	нфммрɸуф	нуунн ɸтр	лɸлл	ннɸло	ттɸфт	лɸлл	нɸпо	лɸос	мɸрп9πлп	лɸллру	лɸллсн
он	нфмфрɸлп	нуфлмɸфл	офɸнп	нрɸор	орɸпм	лɸлл	оɸот	лɸну	мɸпу9Ѣлм	лɸлллл	лɸлллл
оо	нфпупɸтп	нфмфмɸсл	олɸмл	нтɸст	пнɸнн	лɸлл	оɸмт	лɸол	мɸло9Ѣлм	лɸлллл	лɸлллл
оп	нфртоɸсу	нфнулɸрп	лɸлс	нсɸот	тоɸрс	лɸлл	нɸпп	лɸос	мɸтп9πлн	лɸлнлп	лɸлнмф
ор	нфтсфɸон	нфптсɸму	ннɸно	нфɸпп	пуɸоо	лɸлл	оɸло	лɸом	сɸул9Ѣлл	лɸлллм	лɸлллм
ос	оллмпɸмп	нфтнмɸлл	лɸом	олɸнп	сфɸпр	лɸлл	нɸпс	лɸос	тɸуо9πлн	лɸлппл	лɸлпун
от	оллпуɸмт	нфтррɸло	мрɸпс	олɸсо	роɸфм	лɸлл	нɸфн	лɸом	пɸмм9Ѣлл	лɸллмп	лɸллмп
оу	оломфɸсп	оллнсɸпф	млɸтт	олɸут	руɸор	лɸлл	нɸус	лɸом	нɸон9Ѣлл	лɸлллл	лɸлллл
оф	олпофɸфф	олмпсɸур	лɸлл	опɸоу	срɸсн	лɸлл	нɸпс	лɸор	уɸут9πлр	лɸлтпр	лɸлунт
пл	олрурɸст	олнфнɸро	тɸол	олɸум	смɸуф	лɸлл	нɸуо	лɸом	мɸлу9Ѣлл	лɸлллм	лɸлллм
пм	олуофɸрп	олрпсɸоф	оɸсс	онɸум	соɸпу	лɸлм	нɸтм	лɸон	нɸпу9πлм	лɸлолл	лɸлопу
пн	олурпɸнф	олрсмɸмп	мɸпт	орɸсл	снɸфл	лɸлн	нɸсл	лɸоп	фɸлу9πлн	лɸлспо	лɸлтпп
по	омлфрɸмн	олулмɸфу	пɸму	нфɸоф	ссɸпн	лɸлм	нɸур	лɸом	нɸор9πлн	лɸлллм	лɸлллн
пп	оммроɸфр	олуслɸум	лɸлл	лɸнн	лɸпн	ффɸос	мɸфу	лɸрп	нɸру9πлт	лɸпулм	лɸлрсф
пр	омнпмɸтл	олфпуɸрс	лɸлн	пмɸнр	руɸмм	лɸсм	нɸрм	лɸор	рɸлп9πлс	лɸмпфс	лɸмпнр
пс	омоофɸпф	омлпсɸор	пɸлф	нуɸнл	стɸтм	лɸлл	нɸуф	лɸол	сɸно9πлн	лɸллло	лɸлллп
пт	омртмɸмф	омнтуɸлр	пɸпу	нуɸмп	стɸнт	лɸлт	нɸфм	лɸол	оɸрф9πлм	лɸллтр	лɸллфп
пу	омсмпɸлф	омонлɸфр	лɸнр	пнɸсл	ррɸту	мɸот	нɸрс	лɸоп	нɸпт9πлн	лɸлуол	лɸммфс
пф	омтртɸоу	омпспɸнп	лɸлл	мɸор	мɸно	фтɸпн	нɸлм	лɸро	фɸол9πлс	лɸорло	лɸлмоо
рл	омуллɸфп	омрлтɸул	сɸмл	нрɸмт	суɸто	лɸлл	оɸлм	лɸну	фɸоо9πлм	лɸлллм	лɸлллл
рм	омфсмɸто	омссуɸрф	лɸмл	птɸсл	рмɸнс	мɸлп	нɸру	лɸоо	мɸфр9πлн	лɸмслс	лɸмолр

¢ı·ōfŝ н◊ Cλℕăΰ сл Ŏı·fŎdzfı·ΰŜŘ º∫ ăèăΰŜϒ ØλōℕƨyλŎ fŜØŜfăΣ LJŜℕŎŜyΰ ŎKı·ℕJı·ŎΰŜℕăΣ ŜÈLJŜŎΰı·ΰλƨy ØI·fdzŜă ƨŦ ғℕЈΣ ℕƨΰı·ΰλƨyı·t Ŏƨyãΰı·yΰă ó.úΣ ØλŘΰKăΣ C/ Ŧı·Ŏΰƨℕă ı·yŘ ăljdzı·ℕŜŘ ΰℕı·yãλΰλƨy ϒƨϒŜyΰ Ŧℕƨϒ ΰKŜ ∃ℕƨdzyŘ ăΰı·ΰŜΣ ØΓл fŜØŜf óŎƨyΰ◊◊

	9óyΰ	9óyΰπ ½t9óD{ú	м º∫	н º∫	о º∫	п º∫	ғℕЈ	.	² λŘΰK	C/	µ>лƨµᴴ
	óŎϒ™ú	óŎϒ™ú					ó)ú	óŎϒ™ú	óŎϒ™ú		óı·◊dz◊ú
рн	онлнм◊он	омтну◊мт	т◊пм	но◊фт	су◊оу	л◊лн	о◊лс	л◊ну	м◊со9ьлл	л◊ллоу	л◊ллор
ро	оннол◊ус	омфот◊тн	ф◊ун	нн◊ус	ст◊он	л◊лм	о◊мр	л◊нт	н◊рл9ьлл	л◊ллмл	л◊ллфф
рп	оннур◊оф	омффн◊нр	л◊мф	рл◊ум	пс¢фл	н◊мл	н◊см	л◊оо	п◊ус9πлн	л◊лфсс	л◊ммор
рр	онплн◊фр	онмлф◊ум	л◊лл	м◊со	м◊нт	фт◊лф	н◊лм	л◊ро	м◊ол9πло	л◊млсс	л◊лмлс
рс	онпоу◊мн	онмпп◊фт	мн◊пр	нл◊сл	сс◊ут	л◊лф	о◊нп	л◊нс	о◊рф9ьлл	л◊ллмс	л◊ллмм
рт	онрут◊лр	оннфо◊фм	л◊лм	рс◊фр	пн◊оу	л◊сс	н◊ст	л◊ом	н◊фо9πло	л◊мммн	л◊лтмр
ру	онсон◊пн	онооф◊ну	мн◊фс	му◊пн	ст◊ст	л◊лл	о◊нф	л◊нр	п◊пн9ьлл	л◊ллмл	л◊ллмс
рф	онулс◊оп	онрмо◊нл	мр◊пл	мс◊мн	су◊пу	л◊лл	о◊пп	л◊нп	р◊лт9ьлл	л◊ллмн	л◊ллмм
сл	онурф◊оп	онрсс◊нл	л◊лм	сн◊ло	от◊ур	л◊мм	н◊то	л◊ол	н◊ул9πло	л◊лтпу	л◊лрнл

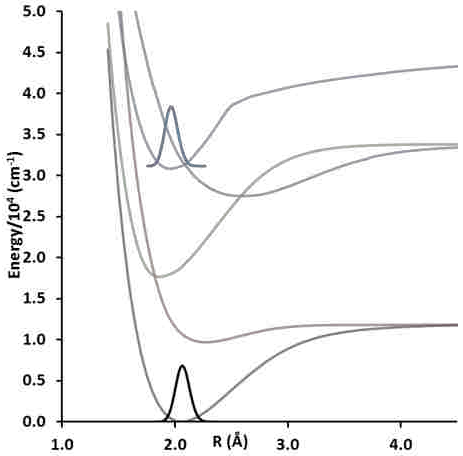
bƨΰŜăϒ .5 ŘŜyƨΰŜă ı· ōƨdzyŘ ăΰı·ΰŜ◊ ó{ŜŜ ¢ı·ōfŜ {o λϒ{dzLJLJƨℕΰλyƎ LyŦƨ℠ϒ ı·ΰλƨyŦƨ℠ ı·ŘŘλΰλƨyı·f fŜØŜfăΰ◊

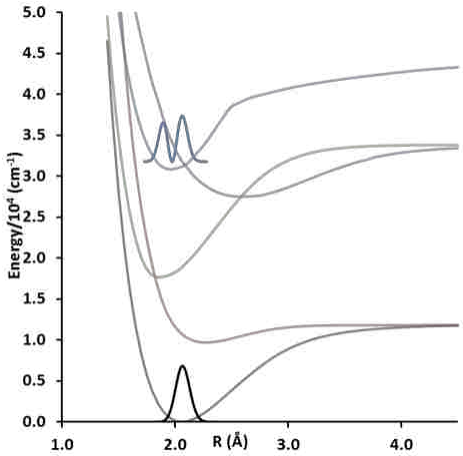
¢ı·ōfŜ o◊ /ı·fŎdzfı·ΰŜŘ ăLJŜŎΰℕƨăŎƨLJλŎ Ŏƨyãΰı·yΰă Ŧƨ℠ ΰKŜ fƨ⌀πfèλyƎ ăΰı·ΰŜă ƨŦ aƎ/

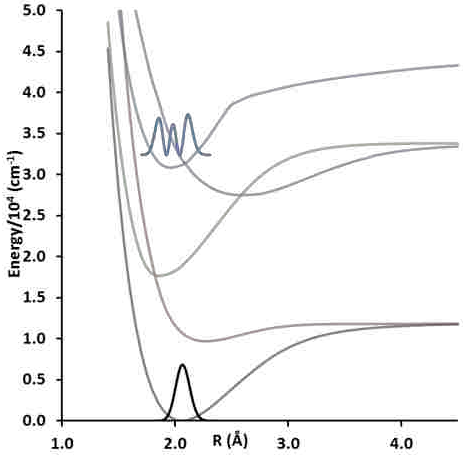
	wşκ)	ΔDмкнκ Ŏϒ™	¢ŝ κŎϒ™	5ŝ κŜ±	aŜΰKƨŘ	wŜŦ◊
·º∑π	н◊лрф	рпф	л	м◊пу	ó!9úaw/Ló♭vúκ/.{ı	ΰĶλă ⌀ƨ℠ℕ]
	н◊лтл	рпм	л	м◊рр	aw/Ló♭vúκı·dzƎπŎŎπØt¢½	мн
	н◊лур	рпр	л	м◊рп	aw/Ló♭vúκcπоммьDóoŘмŦú	мо
	н◊лфл	рпт	л	м◊рл	aw/Ló♭vúκ±v½aƎπ!±v½/	мп
	н◊мло	пуо	л	π	{5/LπD±.ó♭vúκ±¢½ō	мл
	н◊луу	рмн	л	м◊пт	5C¢κ.o[¸tκ/.{	мм
óмú℘∑π	н◊лнм	слс	рммф	о◊рр	ó!9úaw/Ló♭vúκ/.{ı	ΰĶλă ⌀ƨ℠ℕ]
	н◊лту	рпт	орпр	о◊тм	aw/Ló♭vúκ!bh	мн
	π	π	отлт	π	aw/Ló♭vúκ±v½aƎπ!±v½/	мп
	н◊лфс	рст	нфнл	π	{5/LπD±.ó♭vúκ±¢½ō	мл
óмú°Π	н◊нтр	ооу	фсфм	л◊ну	ó!9úaw/Ló♭vúκ/.{ı	ΰĶλă ⌀ƨ℠ℕ]
	н◊олу	опп	млптт	л◊нф	aw/Ló♭vúκ!bh	мн
	н◊нтн	оул	млосп	л◊нр	aw/Ló♭vúκcπоммьDóoŘмŦú	мо

ı· ó!9ú ı·ff ŜfŜŎΰℕƨyã Ŏƨℕℕ℠fı·ΰŜŘ λyŎfdzŘλyƎ Ŏƨℕ℠◊

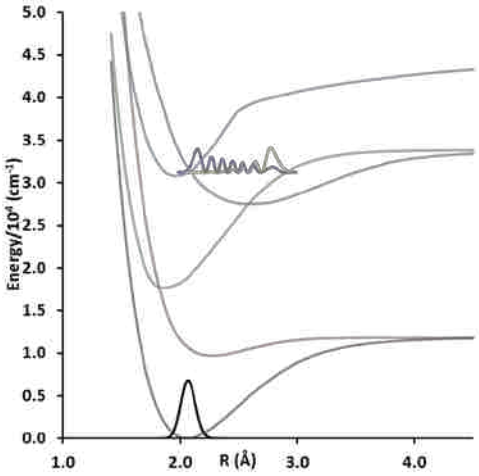
ō ı·dzƎϒŜyΰŜŘ ōı·ăλă ōı·ăŜŘ ƨyϒ◊фăpLJкpăoLJú Ŏƨyΰℕı·ŎΰλƨyŦƨ℠ Ŏı·ℕōƨyϒı·yŘ óмнăyLJкcăпLJú Ŧƨ℠ ϒı·ƎyŜăλdzϒ◊





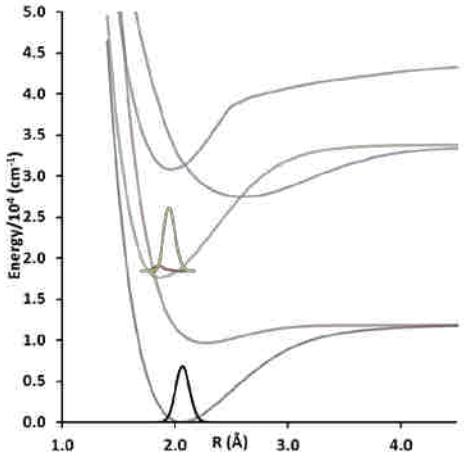


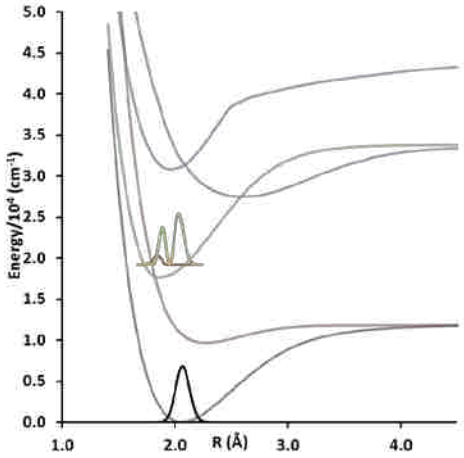
CλƎdzℕŜ pφ tℕƨƎℕŜăăλƨƴƨ₸ nº ∫ ăűl·űŜă nnΣ nφΣ l·yŘ pp űKl·ű Kl·ØŜ fl·ℕƎŜ Cℕl·yŎ⌡π/ƨyŘƨƴ₸l·Ŏűƨℕă øλúK űKŜ ƎℕƨdzyŘ ăűl·űŜ ØĽл l·yŘ yl·ℕℕƨø øλŘűKăφ ¢ℕl·yãλűλƨƴ ϒƨϒŜyűă ƨ₸ ăűl·űŜă nφ l·yŘ pp l·ℕŜ ăϒl·ff ŘdzŜ ű2 űKŜ ₸fdzŎüdzl·üλyƎ wπ ŘŜLJŜyŘŜyŎŜ ƨ₸ űKŜ ŜfŜŎúℕƨyλŎ úℕl·yãλűλƨƴ ϒƨϒŜyűφ

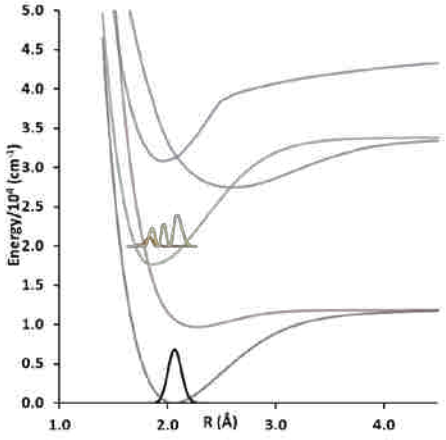


CλƎdzNŜ cΦ ! Yˇλ ÈŜŘ нº∫ l·yŘ oº∫ ØλōN2yλŎ ăűl·űŜ óyƒdzYˇōŜNŜŘ пр λyˇ ¢l·ōfŜ нú ǿλűK l· yl·NN2ǿ ǿλŘűKΦ ¢Kλă fŜØŜf λă Ŏ2ɣ̌ŜŎűŜŘ ű2 мºΣπ ØĽл ōè l· ₸l·Ø2Nl·ōfŜ CNl·yŎ]π/2yŘ2yˇ₸l·ŎűN l·yŘ fl·NƎŜ ŜfŜŎűNλŎ ŘλLJ2fŜ űNl·yãλűλ2yˇYˇ2YˇŜyűΦ

¢KŜ ƎN2dzyŘ ăűl·űŜ ½t9 λă Ŏl·fŎdzfl·űŜŘ ű2 ōŜ нтуΦуп ŎYˇ™Φ a2fŜŎdzfl·N Ŏ2yãűl·yűă ǿŜNŜ l·fă2 ŘŜűŜNYˇλyŜŘ ₸2N űKŜ ƎN2dzyŘ ŜfŜŎűN2yλŎ ăűl·űŜ l·ă ₊ŝĽ ppфут ŎYˇ™Σ ₊Ŝ₊Ŝ Ľ пΦфн ŎYˇ™Σ .л Ľ лΦпфофмр ŎYˇ™ l·yŘ 5л Ľ мΦртфт9плс ŎYˇ™Φ hűKŜN ljdzl·yűλűλŜă ădzŎK l·ă ŜÈLJŜŎűl·űλ2yˇØl·fdzŜăΣ l·yŘ C/ ₸l·Ŏű2Nă l·NŜ NŜLJ2NűŜŘ λyˇűKŜ ¢l·ōfŜă ₸2N Ŝl·ŎK fŜØŜfΦ Lű̃ λă ăK2ǿyˇűKl·ű̃ l·fűK2dzƎK aƎ/ λă Ø l·fŜyŎŜ λă2πŜfŜŎűN2yλŎ ǿλűK .Ŝ/Σ űKŜ ºʃ ăűl·űŜă l·NŜ ljdzl·fλűl·űλØŜfè ŘλŦŦŜNŜyűΣ l·yŘ űKλă λă λffdzăűNl·űŜŘ λyˇCλƎdzNŜ yΦ Lyˇ aƎ/Σ űKŜ ₸λNăű̃ űǿ2 ºʃ ăűl·űŜă Kl·ØŜ ăKl·ff2ǿŜN ǿŜftă Ŏ2YˇLJl·NŜŘ ǿλűK .Ŝ/Σ l·yŘ űKŜ ŎN2ăăλyƎ λă Yˇ2NŜ ăűN2yƎfè l·Ø2λŘŜŘΦ /2yãλŘŜNλyƎ űKŜ űKλNŘ l·yŘ ₸2dzNűK ºʃ ăűl·űŜăΣ λyˇ aƎ/ űKŜ ŎN2ăăλyƎ λă fŜăă ăűN2yƎfè l·Ø2λŘŜŘ l·yŘ űKŜ Ǝf2ōl·f Yˇλyλ Yˇdz Yˇ 2yˇűKŜ oº∫ l·Řλl·ōl·ű λă l·ű f2yƎŜN Řλăűl·yŎŜ λyˇŎ2yűNl·ăű ű2 .Ŝ/Φ ! ăλYˇLJfŜ LJN2ƎNŜăăλ2yˇǿl·ă 2ōăŜNØŜŘ ₸2N űKŜ oº∫ ăűl·űŜ 2₸ .Ŝ/Σ ōdzű̃ űKλă ăűNdzŎűdzNŜ λă Yˇ2NŜ Ŏ2YˇLJfλŎl·ŜŘ ₸2N aƎ/ l·ă űKŜ oº∫ ăűl·űŜ Řλl·ōl·űλŎl·ffè Ödzűă űKN2dzƎK űKŜ ǿŜff 2₸ űKŜ пº∫ ăűl·űŜ yŜl·N λűă Yˇλyλ Yˇdz YˇΣ ƨdzăű̃ l·ō2ØŜ олΣллл ŎYˇ™Φ ! ă Ŏl·yˇōŜ ăŜŜyˇλyˇCλƎΦ мΣ űKŜ мºΣπ ăűl·űŜ Ŏ2NNŜfl·űŜă ǿλűK ƎN2dzyŘ ăűl·űŜ l·ű2YˇăΣ ǿKλfŜ

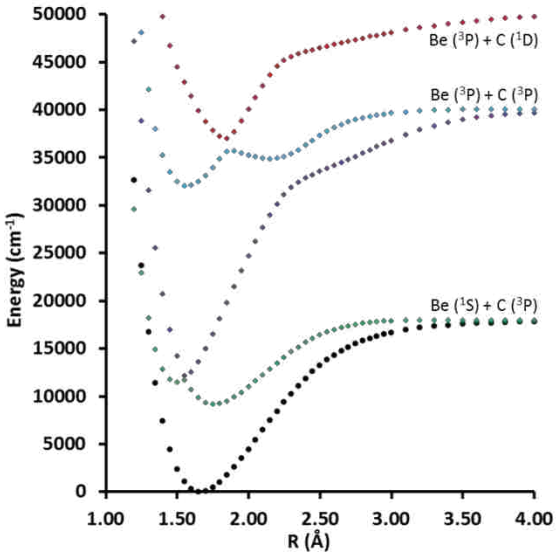


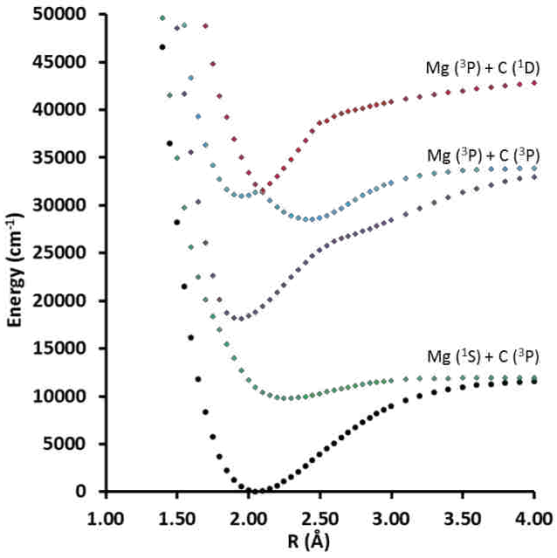




CλƎdzℕŜ тΦ tℕƨƎℕŜăăλƨƴ ƨŦ ΥλÈŜŘ мº∫ l·yŘ нº∫ ØλōℕƨyλŎ ăűl·űŜă yŒzΥōŜℕŜŘ муΣ мфΣ l·yŘ нл ƛƴ ¢l·ōfŜ н űKl·ű Kl·ØŜ yl·ℕℕƨø øλŘűKă l·yŘ fl·ℕƎŜ CℕJl·yŎ⌊π/ƨyŘƨƴƨØŜℕƒl·LJă øλűK мºΣᵀ ØĽлΦ 5ŒzŜ ű2 ŘŜăűℕdzŎűλØŜ ƛyűŜℕŦŜℕŜyŎŜ űKŜ LJℕƨƎℕŜăăλƨƴKl·ă ℕŜfl·űλØŜfè ăΥl·ff űℕJl·yăλűλƨƴΥƨΥŜyűăΦ

ΰΚŜ м$^{p}\Sigma^{\pi}$ ăΰl·ΰŜ Ŏ2ℕℕŜfl·ΰŜă øλΰK a∃ó^{o}tύЬ/ó^{o}tύφ 5ŜăLJλΰŜ l·y˝l·ăèY˝LJΰ2ΰλŎ ŜyŜℕ∃è ŘλŦŦŜℕŜyŐŜ 2Ŧ нмуфл ŎY™Σ ΰΚŜ ŘŜŜLJŜℕ LJ2ΰŜyΰλl·t ŜyŜℕ∃è Y˝λyλY˝dzY˝ 2Ŧ м$^{p}\Sigma^{\pi}$ ℕŜădzfΰă λy˝l· Ŧl·λℕfè ăY˝l·ft ŜyŜℕ∃è ăLJl·Ŏλy∃ ōŜΰøŜŜy˝ΰKλă ăΰl·ΰŜ l·yŘ ΰΚŜ м$^{o}\Sigma^{\pi}$ ∃ℕ2dzyŘ ăΰl·ΰŜφ Ly˝ΰKλă ℕŜăLJŜŎΰΣ a∃/ λă ăλY˝λfl·ℕ ΰ2 .Ŝ/φ ² ℕλ∃Kΰ l·yŘ Y2fōdzăÎŜøă$\gamma^{\phi\Pi\mu\delta}$ y2ΰŜŘ ΰΚl·ΰ ΰΚŜ ăΰℕ2y∃ ō2yŘ 2Ŧ .Ŝ/ м$^{p}\Sigma^{\pi}$ ℕŜădzfΰŜŘ ŦℕY˝ l· Ř2dzōfè ŜĚŎλΰŜŘ ŜfŜŎΰℕ2yλŎ Ŏ2y˝Ŧλ∃dzℕl·ΰλ2yφ





Cλ∃dzℕŜ yφ ! Řλl·ōl·ΰλŎ ℕŜLJℕŜăŜyΰl·ΰλ2y˝2Ŧ ΰΚŜ ∃ℕ2dzyŘ l·yŘ ΰΚŜ ŦΛℕăΰ Ŧ2dzℕ ^{o}∫ ŜfŜŎΰℕ2yλŎ ăΰl·ΰŜă 2Ŧ .Ŝ/ ófŜŦΰύ l·yŘ a∃/ óℕλ∃Kΰύφ ¢ΚŜ $^{o}\gamma^{\pi}$∃ℕ2dzyŘ ăΰl·ΰŜ λă ăK2øy˝λy˝ōfl·Ŏγ l·yŘ ΰΚŜ Kλ∃KŜℕ fèλy∃ ^{o}∫ ăΰl·ΰŜă l·ℕŜ ăK2øy˝λy˝Ŏ2f2ℕφ

a2ℕŜ ŘŜΰl·λfă 2Ŧ ΰΚŜ Řλl·ōl·ΰλÎl·ΰλ2y˝ ăŎΚŜY˝Ŝ l·yŘ l·ŘŘλΰλ2yl·t ℕŜădzfΰă l·ℕŜ ăK2øy˝ λy˝ ΰΚŜ {dzLJLJ2ℕΰλy∃ Ly˝Ŧ2ℕY˝l·ΰλ2yφ

/2yŎfdzăλ2y˝

! ∃ŜyŜℕl·f ăΰℕl·ΰŜ∃è Ŧ2ℕ Ŏ2Y˝LJdzΰλy∃ Y˝2fŜŎdzfl·ℕ ăΰl·ΰŜă ōè λyŎfdzŘλy∃ l·ff ŜyŜℕ∃ŜΰΛŎl·ffè ℕŜfŜØl·yΰ l·ΰ2Y˝λŎ ăΰl·ΰŜă ø l·ă l·LJLJfΛŜŘ ΰ2 ΰΚŜ a∃/ ăèăΰŜY˝φ Lΰ ø l·ă Ŧ2dzyŘ ΰΚl·ΰΣ l·fΰK2dz∃K Y˝l·yè 2Ŧ ΰΚŜ ℕŜădzfΰλy∃ ăΰl·ΰŜă l·ℕŜ ℕŜLJdzfăΛØŜ 2ℕ 2dzΰăΛŘŜ ΰΚŜ ŜyŜℕ∃è ℕl·y∃Ŝ 2Ŧ λyΰŜℕŜăΰ λy˝ ΰΚŜ

Y˙2fŜŎdzfl·ℕ ℕŜ∃ƛ2y∑ űĸKŜ∧ℕ ƛyŎfdzăƛ2y˙ ǿƛűKƛy˙ l· Řèyl·Y˙ƛÔπǿŜƛ∃Kűƛy∃ ăŎĸKŜY˙Ŝ èƛŜfŘŜŘ ℕ2ōdzăű Ŏ2yØŜℕ∃ŜyŎŜ l·yŘ ăY˙22űK ōŜĸl·Øƛƛℕƛy˙ űĸKŜ Ŏ2Y˙LJdzűŜŘ Y˙2fŜŎdzfl·ℕ LJƛűŜyűƛl·f ŜyŜℕ∃è ŎdzℕØŜăΦ Ly˙űĸƛă ăűdzŘè ăŜØŜℕl·f ŜfŜŎűℕ2yƛŎ ăűl·űŜă 2Ŧ a∃/ dzLJ ű2 pлΣллл ŎY™ l·ō2ØŜ űĸKŜ ∃ℕ2dzyŘ ăűl·űŜ Yƛyƛ˙Y˙dzY˙ ǿŜℕŜ ŎĸKl·ℕl·ŎűŜℕƛÎŜŘΦ ¢ĸKŜ l·ăèY˙LJű2űƛŎ ól·ű2Y˙ƛŎú ŜyŜℕ∃è ∃l·LJă LJℕŜŘƛŎűŜŘ ōè aw/L Ŏl·fŎdzfl·ûƛ2yã l·ű ûĸKŜ /.{ fƛY˙ƛúΣ ǿƛűK ƛyŎfdzăƛ2y˙2Ŧ ûĸKŜ 5l·ØƛŘă2y˙Ŏ2ℕℕŜŎűƛ2yΣ l·ℕŜ ØŜℕè Ŏf2ăŜ ű2 ûĸKŜ ŜÈLJŜℕƛY˙Ŝyűl·f Øl·fdzŜă óbL{¢úΦ ¢ĸKŜ LJ2űŜyűƛl·f ŜyŜℕ∃è ŎdzℕØŜă ǿŜℕŜ dzăŜŘ ű2 Ŏl·fŎdzfl·ûŜ ăLJŜŎűℕ2ăŎ2LJƛŎ Ŏ2yăűl·yűă l·yŘ LJℕŜŘƛŎű Øƛōℕ2yƛŎ ăLJŜŎűℕl· l·yŘ ōl·yŘπ2ℕƛ∃ƛyã ű2 Ŧl·Ŏƛfƛűl·ûŜ ûĸKŜ ŘŜűŜŎűƛ2y˙2Ŧ ă2Y˙Ŝ LJ2űŜyűƛl·ffè 2ōăŜℕØl·ōfŜ ûℕl·yãƛúƛ2yã{2Y˙Ŝ 2Ŧ ûĸKŜ ŜfŜŎűℕ2yƛŎ ăűl·ûŜă ǿŜℕŜ ûℕŜl·ûŜŘ ƛyŘƛØƛŘdzl·ffèΣ ōdzű ûĸKŜ ăúℕ2y∃fè Ŏ2dzLJfŜŘ ăèăűŜY˙ 2Ŧ мπп °∫ ăűl·ûŜă ǿl·ă ûℕŜl·ûŜŘ l·ă l· Ŏ2dzLJfŜŘ Øƛōℕ2yƛŎ Ŧ2dzℕπăűl·ûŜ ăèăűŜY˙Φ {LJƛyπ2ℕōƛű Ŏ2dzLJfƛy∃ă ǿŜℕŜ l·fă2 Ŏ2Y˙LJdzűŜŘ l·yŘ Ŧ2dzyŘ ű2 ōŜ Ŏ2Y˙LJl·ℕl·ûƛØŜfè ljdzƛűŜ ǿŜl·ʅΦ ¢Kdză ûĸKŜ ℕŜfl·ûŜŘ ăY˙l·ff ăLJfƛűûƛy∃ă l·yŘ Ŏ2yűℕƛōdzűƛ2yã ű2 ăK2ℕúŜyŜŘ LJℕŜŘƛăă2Ŏƛl·ûƛ2y˙ fƛŦŜűƛY˙Ŝă ǿŜℕŜ ySƎfŜŎűŜŘ ƛy˙ ûĸKƛă ăűdzŘèΦ ² Ŝ Kl·ØŜ Ŧ2dzyŘ ûĸKŜ ăűℕl·ûŜ∃ƛŜă ŜY˙LJf2èŜŘ KŜℕŜ ű2 ōŜ ∃ŜySℕl·ffè l·LJLJfƛŎl·ōfŜ ǿĸŜy˙l·ŦŦ2ℕŘl·ōfŜΦ LyŎfdzŘƛy∃ l·ff ăűl·ûŜă Ŏ2ℕℕŜfl·ûƛy∃ ǿƛúK ăŜLJl·ℕl·ûŜŘ l·ű2Y˙ă l·yŘ dzăƛy∃ fl·ℕ∃Ŝ l·ŎűƛØŜ ăLJl·ŎŜă l·yŘ ōl·ăƛă ăŜűă ƛy˙ aw/L Ŏl·fŎdzfl·ûƛ2yã Ř2Ŝă ōŜŎ2Y˙Ŝ LJℕ2KƛōƛúƛØŜ Ŧ2ℕ fl·ℕ∃Ŝℕ ăèăúŜY˙ăΦ ² Ŝ ŜÈLJŜŎű 2dzℕ Ŏl·fŎdzfl·ûƛ2yã ű2 KŜfLJ Ŧl·Ŏƛfƛűl·ûŜ ûĸKŜ ŜÈLJŜℕƛY˙Ŝyűl·f ŘŜűŜŎűƛ2y˙2Ŧ a∃/ l·yŘ l·fă2 LJℕ2ØƛŘŜ ∃dzƛŘl·yŎŜ ƛyű2 ûĸKŜ fŜØŜf 2Ŧ Ŏl·fŎdzfl·ûƛ2yã y˙ŜŎŜăăl·ℕè ű2 l·ŎŎdzℕl·ûŜfè ŘŜăŎℕƛōŜ ō2yŘƛy∃ ƛy˙ûĸKŜăŜ ʅƛyŘă 2Ŧ ăèăúŜY˙ăΦ

!ŏʅy2ǿfŜŘ∃ŜY˙Ŝyűă

¢Kƛă Y˙l·ûŜℕƛl·f ƛă ōl·ăŜŘ 2y˙ ǿ2ℕʅ ădzLJLJ2ℕűŜŘ ōè ûĸKŜ ¦Φ{Φ 5ŜLJl·ℕűY˙Ŝyű 2Ŧ 9yŜℕ∃è hŦŦƛŎŜ 2Ŧ {ŎƛŜyŎŜΣ hŦŦƛŎŜ 2Ŧ .l·ăƛŎ 9yŜℕ∃è {ŎƛŜyŎŜă dzyŘŜℕ l·ǿl·ℕŘ yűzY˙ōŜℕ 59π{/ллмлсмсΦ ¢ĸKŜ

ǇƖ·ǋǘƛǑƛǇƖ·ǘƛƧƴ ƧŦ aΦ /Φ ƖŜƖ·ǾŜƴ ƛƴ ǘKƛǎ ǇǋƧƨŜǑǘ ǿƖ·ǎ ǎdzǇǇƧǋǘŜŘ ōè ǘKŜ bƖ·ǘƛƧƴƖ·ƭ {ǑƛŜƴǑŜ CƧdzƴŘƖ·ǘƛƧƴ όb{Cύ dzƴŘŜǋ ƎǋƖ·ƴǘ /I9πмнсрру

wŜŦŜǊŜƴǑŜǎ

ώмϐ WΦ /ŜǋƴƛǑKƖ·ǋƧΣ /Φ!Φ DƧǘǘƭƛŜōΣ aΦ DdzȘƭƛƴΣ tΦ ¢KƖ·ŘŘŜdzǎΣ Ɩ·ƴŘ WΦaΦ ±ǋǘƛƭŜƮΣ !ǎǘǋƧǇKèǎΦ WΦ **опмΣ** [нрς[нс όмфуфύΦ

ώнϐ aΦ DdzȘƭƛƴΣ WΦ /ŜǋƴƛǑKƖ·ǋƧΣ /Φ YƖ·KƖ·ƴŜΣ Ɩ·ƴŘ WΦ DƧY ŜÎπDƧƴÎƖ·ƭŜÎΣ !ɜ!Φ **мрт**Σ [мт όмфусύΦ

ώоϐ aΦ !Φ !ƴŘŜǋǎƧƴΣ ¢Φ /Φ {ǘŜƛYƭŜΣ Ɩ·ƴŘ [Φ aΦ ½ƛdzǋèǎΣ !ǎǘǋƧǇKèǎΦ WΦ **пнф**Σ [пм όмффпύΦ

ώпϐ YΦ ǇǎKƛƛ Ɩ·ƴŘ ¢Φ ¢Ɩ·ƮŜǘǎdzƎdzΣ !ǇWΣ **снс**Σ [оо όнллрύΦ

ώрϐ aΦ !Φ /Ɩ·ǎǘǋƧΣ {Φ /Ɩ·ƴdzǘƧΣ Ɩ·ƴŘ CΦ aǳƭƭŜǋπtƭƖ·ǘKŜΦ !ǎǘǋƧǇKèǎΦ WΦ **ост**Σ [сф όмффмύΦ

ώсϐ aΦ aΦ DKƧdzǋƛΣ [Φ ¸Ɩ·ǋŜŜŘƖ·Σ Ɩ·ƴŘΣ 5Φ {Φ aƖ·ƛƴƖ·ǋŘƛΣ WΦ tKèǎΦ /KŜYΦ ! **ммм**Σ момоо όнллтύΦ

ώтϐ ¢Φ !Φ {ǘǋƧōŜƭΣ hΦ hΦ YdzǋƖ·ƮŜǾèǑKΣ 5Φ ¸Φ YƛYΣ ¸Φ [Ŝ DƧŘŜǑΣ ²Φ /ǋƛǑKǘƧƴΣ WΦ DdzƛƎƴƖ·ǋŘΣ bΦ DdzƛƎƴƧǘΣ DΦ 5Φ /ƧŘèΣ Ɩ·ƴŘ !ΦwΦ hƎƖ·ƴƧǾΣ ǇƴƧǋƎƖ·ƴƛǑ /KŜYƛǎǘǋè **ро**Σ тлнл όнлмпύΦ

ώуϐ !Φ 5Φ tƖ·ǘǋƛǑƮΣ tΦ ²ƛƭƭƛƖ·YǎΣ 9Φ .ƭƖ·ƛǎǘŜƴπ.ƖǋƧƨƖ·ǎΣ WƧdzǋƴƖ·ƭ ƧŦ aƧƭŜǑdzƭƖ·ǋ {ǘǋdzǑǘdzǋŜ ¢I9h/I9aΣ **унпΦм**Σ оф όнллтύΦ

ώфϐ /Φ hΦ ŘƖ· {ƛƭǾƖ·Σ 9Φ /Φ ŘƖ· {ƛƭǾƖ·Σ Ɩ·ƴŘ aΦ !Φ /Φ bƖ·ǎǑƛYŜƴǘƧΣ !ǎǘǋƧǇKèǎΦ WΦ **поф**Σ млпп όмффрύΦ

ώмлϐ /Φ hΦ 5Ɩ· {ƛƭǾƖ·Σ CΦ 9Φ /Φ ¢ŜƛÈŜǋƛƖ·Σ WΦ !Φ ¢Φ !ÎŜǾŜŘƧΣ 9Φ /Φ 5Ɩ· {ƛƭǾƖ·Σ Ɩ·ƴŘ aΦ!Φ /Φ bƖ·ǎǑƛYŜƴǘƧΣ ǇƴǘΦ WΦ vdzƖ·ƴǘdzY /KŜYΦ **сл**Σ поо όмффсύΦ

ώммϐ {Φ aƛŘŘƖ· Ɩ·ƴŘ !Φ YΦ 5Ɩ·ǎΣ WΦ aƧƭΦ {ǇŜǑǘǋƧǎǑΦ **ннп**Σ м όнллпύΦ

ώмнϐ /Φ ²Φ .ƖdzǎǑKƭƛǑKŜǋ WǋΦΣ {Φ wΦ [Ɩ·ƴƎKƧŦŦΣ IΦ tƖ·ǋǘǋƛŘƎŜΣ /KŜYΦ tKèǎΦ [Ŝǘǘ Φ **нмсΦо**Σ опм όмффоύΦ

ώмоϐ aΦ tŜƭŜƎǋƛƴƛΣ hΦ wƧōŜǋǘƧπbŜǘƧΣ CΦ wΦ hǋƴŜƭƭƖ·ǎΣ Ɩ·ƴŘ CΦ .Φ /Φ aƖ·ǑKƖ·ŘƧΣ/KŜYΦ tKèǎΦ [Ŝǘǘ Φ **оуо**Σ мпо όнллпύΦ

ώмпϐ ±Φ ǇΦ ¢ŜōŜǋŜƮƛŘƛǎΣ ǇΦ {Φ YΦ YŜǋƮƛƴŜǎΣ /Φ !Φ ¢ǎƛǇƛǎΣ tΦ /Ɩ·ǋǎƮèΣ Ɩ·ƴŘ !Φ aƖ·ǾǋƛŘƛǎΣ ǇƴǘΦ WΦ vdzƖ·ƴǘdzY /KŜYΦ **млн**Σ тсн όнллрύΦ

ώмрв .ф Wф . l·NJ]ŜNΣ Lф hф !yű2y2ØΣ Wф aф a ŜNJNJλűűΣ ±ф 9ф .2yŘèōŜèΣ aф /ф l Ŝl·ØŜyΣ l·yŘ wф 5l·øŜăΣ Wф /ΚŜYф tΚèăф **мот**Σ нмпомо όнлмнύф

ώмсв !ф /ф .2NJλy l·yŘ Cф wф hNJyŜftl·ăΣ Wф /ΚŜYф tΚèăф **фу**Σ утсм όмффоύф

ώмтв !ф /ф .2NJλy l·yŘ Cф wф hNJyŜftl·ăΣ /ΚŜYф tΚèăф **муп**Σ рф όмффпύф

ώмув !ф /ф .2NJλy l·yŘ Cф wф hNJyŜftl·ăΣ Wф a2fф {űNJdzŎűфY ¢ l 9h / l 9a **оор**Σ млт όмффрύф

ώмфв !ф /ф .2NJλy l·yŘ Cф wф hNJyŜftl·ăΣ /ΚŜYф tΚèăф **мфл**Σ по όмффрύф

ώнлв l ΦπWф ² ŜNJyŜNΣ tф Wф Yy2øfŜăΣ Cф wф a l·yōèΣ aф {ŎΚŃűÎ Ŝű *l·f*ΦΣ a h[twhΣ ØŜNJăλ2y нлмлфмΣ l· LJl·Ŏ]l·ƎŜ 2Ŧ *l·ō λyλűλ2* LJNJ2Ǝ NJl·Yă Σ нлмлΣ ăŜŜ Kűű LJYкк*ø ø ø* фY2fLJNJ2фyŜűф

ώнмв .ф tNJl·ăŎΚŜNΣ 5ф9ф ² 22yΣ Yф!ф tŜűŜNJă2yΣ ¢ф l ф 5dzyŷλyƎΣ WNJфΣ !фYф ² λfă2yΣ ¢KŜ2NJф /ΚŜYф !ŎŎф **мну**Σ сф όнлммύф

ώннв !ф YNJl·YλŘl·Σ ¸ф wl·tŎΚŜyŋ2Σ Wф wŜl·ŘŜNJΣ l·yŘ bL{¢ !{5 ¢Ŝl·Y όнлмпύф bL{¢ !ű2YλŎ {LJŜŎűNJl· 5l·ű l·ōl·ăŜ όØŜNJф pфнύΣ ώhyfλyŜßф !Øl·λfl·ōfŜY KűűLJYккLJΚèăλŎăфyλăűф∃2Øкl·ăŘ ώнлмпΣ hŎű2ōŜNJ мтвф bl·ûλ2yl·t Lyăûλűdzű Ŝ 2Ŧ {ûl·yŘl·NJŘă l·yŘ ¢ŜŎΚy2tf2∃èΣ Dl·λűΚŜNJāōdzNJƎΣ a 5ф

ώнов aф tф 5Ŝă]ŜØλŎΚΣ 5ф Wф bŜāōλűűΣ l·yŘ l ΦπWф ² ŜNJyŜNΣ Wф /ΚŜYф tΚèăф **мнл**Σ тнум όнллпύф

ώнпв wф 5l·øŜăΣ !ф ² ф Wl·ăLJŜNΣ /ф ¢l·2Σ /ф wλŎΚY2yŘΣ /ф adz]l·NJl·]l·ûŜΣ {ф l ф Yl·ōfŜΣ {ф !ф wŜλŘΣ Wф tΚèăф /ΚŜYф [ŜűűŜNJă **м**Σ спм όнлмлύф

ώнрв wф 5l·øŜăΣ tф [2fdzNJΣ Wф a l·Σ l·yŘ l ф Ddz2Σ Wф /ΚŜYф tΚèăф **мор**Σ луммлн όнлммύф

ώнсв wф 5l·øŜăΣ tф [2fdzNJΣ !ф [λΣ .ф Wλl·yƎΣ l·yŘ l ф Ddz2Σ Wф /ΚŜYф tΚèăф **моф**Σ нлммло όнлмоύф

ώнтв Wф {ф .2ăŎΚŜyΣ ¢ф 5l·yλŜfΣ Yф wdzŜŘŜyōŜNJƎΣ l·yŘ ¢ф [ф ² λyŘdzăф *¢KŜ2NJŜűλŎl·f /ΚŜYλăúNJè !ŎŎ2dzyűă* **моо**Σ м όнлмпύф

ώнув 5ф CŜffŜNJΣ Yф !ф tŜűŜNJă2yΣ ¢ф 5ф /NJl·øŦ2NJŘΣ Wф /ΚŜYф tΚèăф **мнп**Σ лрпмлт όнллсύф

ώнфв 5ф ² ф {ŎΚøŜyŋŜΣ Wф /ΚŜYф tΚèăф **мнн**Σ лмпмлт όнллрύф

ώолв 5ф CŜffŜNJΣ Yф !ф tŜűŜNJă2yΣ l·yŘ Wф Dф l λffΣ Wф /ΚŜYф tΚèăф **мор**Σ лппмлн όнлммύф

ώомв a !¢[! . wŜfŜl·ăŜ нлмпōΣ ¢ΚŜ al·űK ² 2NJ]ăΣ LyŎфΣ bl·ûλŎ]Σ a !ф

ώонв 5ф ¢ф /2fōŜNJű l·yŘ ² ф l ф aλffŜNJΣ Wф /ΚŜYф tΚèăф **фс**Σ мфун όмффнύф

ώооϐ {ф {ⱡƨⱡƨØΣ Wф аф .ƨøϒlꞏyΣ lꞏyŘ ±ф !ф аlꞏyŘŜfăĸűlꞏϒΣ tĸĕăф /ĸŜϒф /ĸŜϒф tĸĕăф **м**Σ мнтф
ómфффúф

ώопϐ lф ¸ф adžăălꞏ lꞏyŘ Wф ¢Ŝyẏêă2yΣ /ĸŜϒф tĸĕăф [Ŝűűф **occ**Σ ппф óнллнúф

ώорϐ lф YlʟjʟjŝfΣ ʎẏ /2yʎŏlꞏf ʟyűŝℕăŜŏűʎ2yãʏ 9fŜŏűℕ2yʎŏ {üℕdzŏűdzℕŜΣ 5èylꞏϒʎŏă lꞏyŘ
{ʟjŜŏűℕ2ăŏ2ʟjèΣ ŜŘʎûŜŘ ōè ² ф 52ϒŏⱡŜΣ 5ф wф ¸ lꞏℕⱡ2yêΣ lꞏyŘ lф Ylʟjʟjŝf ó ² 2ℕfŘ
{ŏʎŜyűʎŦʎŏΣ bŜø WŜℕăŜèΣ нллпúΣ LJф мтрф

ώосϐ wф Wф /lꞏØŜ lꞏyŘ аф 5ф bŜøű2yΣ /ĸŜϒф tĸĕăф [Ŝűűф **нпф**Σ мр óмффсúф

ώотϐ 5ф wф ¸ lꞏℕⱡ2yèΣ Wф tĸĕăф /ĸŜϒф ! **млн**Σ улто óмффуúф

ώоуϐ {ф bèlꞏϒō2Σ /ф YlꞏℕăĸŝylꞏăΣ {ф !ф wŜʎŘΣ tф [2fdzℕΣ wф 5lꞏøŜăΣ Wф */ĸŜϒф tĸĕăф* **мпн**Σ нмполп
óнлмрúф

ώофϐ /ф /ĸlꞏyƎΣ Dф 9ф l lꞏffΣ ¢ф Wф {ŜlꞏℕăΣ Wф */ĸŜϒф tĸĕăф* **моо**Σ мппомл óнлмлúф

ώплϐ [ф аlꞏΣ аф lф !fŜÈlꞏyŘŜℕΣ tф Wф 5lꞏƎŘʎƎʎlꞏyΣ Wф */ĸŜϒф tĸĕăф* **моп**Σ мрполт óнлммúф

ώпмϐ Wф {ф ² ℕʎƎĸű lꞏyŘ аф Y2fōdzăÎŜøăⱡʎΣ Wф /ĸŜϒф tĸĕăф **фу**Σ фтнр ómффoúф

LL¢ ¢2ø I·NŘă I· Ǝf2ōI·f Y2ŘŜf 2Ŧ ăLJλyπ2Nōλΰŏ2dzLJfλyƎ λy΄ΰKŜ KI·f2ŏI·NōŜySŜă

{λfØŜN bèI·Yō2Σᴹ /èNdză YI·NăKŜyI·ăΣᴹ {Ŏ2ΰΰ !¢ wŜλŘΣᴹᶻᴵ·ΰ tKI·fƎdzy΄ [2fdzNᴴ I·yŘ wλŎKI·NŘ 5I·øŜăᴴᶻᴵ·ΰ

ᴹ5ŜLJI·NΰΥŜyΰ 2Ŧ /KŜYλăΰNèΣ a I·NIjdzŜΰΰŜ ¦ yλØŜNăλΰè 2Ŧ /KŜYλăΰNèΣ a λfø I·dz]ŜŜΣ ² L poHoo

ᴴ5ŜLJI·NΰΥŜyΰ 2Ŧ /KŜYλăΰNèΣ aλăă2dzNλ ¦ yλØŜNăλΰè 2Ŧ {ŎλSyŎŜ I·yŘ ¢ŜŎKy2f2Ǝè Σ w2ffI·Σ aλăă2dzNλ cpnлфΣ ¦{!

I·ΰ Ŏ2NNŜăLJ2yŘλyƎ I·dzΰK2NăY 9Y΄I·λfY ăŎ2ΰΰ¢NŜλŘ ΧΥI·NIjdzŜΰΰŜ¢ŜŘdzΣ ŘI·øŜăN ΧΥăΰ¢ŜŘdz

! .{¢w! /¢Y

² Ŝ NŜLJ2Nΰ I· Ǝf2ōI·f I·yI·fèăλă 2Ŧ ăLJλyπ2Nōλΰŏ2dzLJfλyƎ λy΄ΰKŜ Y2y2πKI·f2ŏI·NōŜySŜăΣ / I ó5ú·Σ øKŜNŜ · Γ /fΣ .NΣ L¢ ¢KŜăŜ I·NŜ Y2ŘŜf ăèăΰŜYă Ŧ2N ŜÈI·YλyλyƎ ŏI·NōŜyŜ ăλyƎfŜΰπΰNλLJfŜΰ SyŜNƎè ƎI·LJă I·yŘ ăLJλyπ2Nōλΰŏ2dzLJfλyƎ¢ hØŜN ΰKŜ LJI·ăΰ ŘŜŎI·ŘŜΣ NλŎK ŘI·ΰI· ăŜΰă Ŏ2ffŜŎΰŜŘ dzăλyƎ {λyƎfŜ ±λōN2yλŎ [ŜØŜf ó{±[ú ŜYλăăλ2y΄ ăLJŜŎΰN2ăŎ2LJè I·yŘ {ΰλYdzfI·ΰŜŘ 9Yλăăλ2y΄ tdzYLJλyƎ ó{9tú ăLJŜŎΰN2ăŎ2LJè KI·ØŜ èλŜfŘŜŘ YdzŎK λyŦ2NYI·ΰλ2y΄2y΄ΰKŜ ƎN2dzyŘ ØλōNI·ΰλ2yI·f fŜØŜf ăΰNdzŎΰΰdzNŜ I·yŘ ŎfŜI·Nfè ŘŜY2yăΰNI·ΰŜŘ ΰKŜ LJNŜăŜyŎŜ 2Ŧ LJŜNΰΰdzNōI·ΰλ2yă λyØ2fØλyƎ ΰKŜ f2øπfèλyƎ ΰNλLJfŜΰ ăΰI·ΰŜ¢ ¢2 Y2ŘŜf ΰKŜăŜ λyΰŜNI·Ŏΰλ2yă Ǝf2ōI·ffèΣ øŜ Ŏ2YLJI·NŜ ΰø2 I·LJLJN2I·ŎKŜă¢ CNNăΰΣ øŜ ŜYLJf2è I· ŘλI·ōI·ΰλŎ ΰNŜI·ΰYŜyΰ 2Ŧ ΰKŜ ăLJλyπ2Nōλΰŏ2dzLJfλyƎΣ øKŜNŜ ΰKŜ Ŏ2dzLJfλyƎ YI·ΰNλÈ ŜfŜYŜyΰă I·NŜ øNλΰΰŜy΄ λy΄ ΰŜNYă 2Ŧ I· LJdzNŜfè ŜfŜŎΰN2yλŎ ăLJλyπ2Nōλΰŏ YI·ΰNλÈ ŜfŜYŜyΰ øKλŎK λă λyŘŜLJSyŘŜyΰ 2Ŧ ydzŎfŜI·N Ŏ22NŘλyI·ΰŜăΣ I·yŘ I·y΄λyΰŜƎNI·f NŜLJNŜăŜyΰλyƎ ΰKŜ 2ØŜNfI·LJ 2Ŧ ΰKŜ ăλyƎfŜΰ I·yŘ ΰNλLJfŜΰ ØλōNI·ΰλ2yI·f øI·ØŜŦdzyŎΰλ2yã¢ Ly΄ ΰKλă øI·èΣ ΰKŜ ăΰNdzŎΰΰdzNŜăΣ KI·NYλ2yλŎ ŦNŜIjdzŜyŎλŜăΣ I·yŘ y2NYI·f Y2ŘŜ ŘλăLJfI·ŎŜYŜyΰă ŦN2Y *I·ō λyΰΰλ2* ŎI·fŎdzfI·ΰλ2yã øŜNŜ dzăŜŘ ΰ2 ŎI·fŎdzfI·ΰŜ ΰKŜ ØλōNI·ΰλ2yI·f 2ØŜNfI·LJă 2Ŧ ΰKŜ ăλyƎfŜΰ I·yŘ ΰNλLJfŜΰ ăΰI·ΰŜ fŜØŜfăΣ λyŎfdzŘλyƎ ΰKŜ Ŧdzff ŜŦŦŜŎΰă 2Ŧ 5dzăŎKλyã]è YλÈλyƎ¢ ¢KŜăŜ ŎI·fŎdzfI·ΰλ2yã KI·ØŜ I·ff2øŜŘ YI·yè yŜø I·ăăλƎyYŜyΰă ΰ2 ōŜ YI·ŘŜΣ LJI·NΰλŎdzfI·Nfè Ŧ2N / I LΣ I·yŘ LJN2ØλŘŜŘ ăLJλyπ2Nōλΰŏ2dzLJfλyƎ LJI·NI·YŜΰŜNă I·yŘ ØI·fdzŜă Ŧ2N ΰKŜ ăλyƎfŜΰπΰNλLJfŜΰ ƎI·LJă Ly΄ I· ăŜŎ2yŘ I·LJLJN2I·ŎKΣ øŜ KI·ØŜ

Ŏ2Y LJdzűŜŘ I·yŘ ŦλŰ ŦdzŦf ƎŜ2Y ŜŰ№è ŘŜLJŜyŘŜyŰ ăLJλyπ2№ōλŰ Ŏ2dzLJfλyƎ ădz№ŦI·ŎŜă I·yŘ dzăŜŘ ŰKŜY ű2 Ŏ2Y LJdzűŜ Y I·Ű№λÈ ŜfŜY Ŝyűă ØλŰK2dzű ŰKŜ LJ№2ŘdzŎŰ Ŧ2№Y I·LJLJ№2ÈλY I·ŰÅ2yΦ ¢K2ăŜ Y I·Ű№λÈ ŜfŜY Ŝyűă ØŜ№Ŝ dzăŜŘ λy ăÅY λfI·№ ŦλŰă ØI·№èλyƎ ŰKŜ I·yKI·№Y2yÅŎ Ŏ2yãűI·yŰă I·yŘ ăλyƎfŜűπŰ№λLJfŜű ƎI·LJ ű2 №ŜLJ№2ŘdzŎŜ ŰKŜ ŜÈLJŜ№λY Ŝyű I·f fŜØŜfăΦ ¢KŜ ŘŜ№λØŜŘ ăLJλyπ2№ōλŰ LJI·№I·Y ŜűŜ№ă Ŧ2№ ŎI·№ōŜyŜă / I · ó· Γ /fΣ .№Σ I·yŘ Lú ăK2ø I·y ŜÈŎŜfŜyű fλyŜI·№ Ŏ2№№ŜfI·ŰÅ2y øλŰK ŰKŜ I·ű2YλŎ ăLJλyπ2№ōλŰ Ŏ2yãűI·yű 2Ŧ ŰKŜ Ŏ2№№ŜăLJ2yŘλyƎ KI·f2ƎŜyΣ λyŘλŎI·ŰÅyƎ ŰKI·ű ŰKŜ ăLJλyπ2№ōλŰ Ŏ2dzLJfλyƎ λy ŰKŜ ŎI·№ōŜyŜă λă Ŏ2yãλăűŜyűfè I·№2dzyŘ мf{ˆ; 2Ŧ ŰKŜ I·ű2YλŎ ØI·fdzŜΦ

L\Φ Lb¢wh5¦/¢Lhb

/ I·№ōŜyŜă I·№Ŝ 2№ƎI·yλŎ №ŜI·ŎŰλØŜ λyűŜ№YŜŘλI·ŰŜă øλŰK I· ySdzŰ№I·f ŘλØI·fŜyű ŎI·№ō2y I·ű2Y ŰKI·ű λă Ŏ2ØI·fŜyűfè ō2yŘŜŘ ű2 ű ø2 2ŰKŜ№ ădzōăŰλŰdzŜyűă¢ / I·№ōŜyŜă ŦλyŘ I· ØŜ№è dzăŜŦdzf I·LJLJfλŎI·ŰÅ2y λy LJ2fèY Ŝ№ ŎKŜY λăú№è΢M λy ŰKŜ ƎI·ăπLJKI·ăŜ Ŏ2Y ōdzăŰÅ2y 2Ŧ 2№ƎI·yλŎ I·yŘ λy2№ƎI·yλŎ Ŏ2Y LJ2dzyŘă^HΣO I·yŘ λy 2№ƎI·yλŎ ăèyűKŜăλă^nΣpπτΦ ¢KŜ ŘλØI·fŜyű ŎI·№ō2y ădzLJLJ2№Ůă ySI·№fè λă2ŜyŜ№ƎŜŰλŎ ŜfŜŎŰ№2yλŎ ăŰI·ŰŜă 2Ŧ Ŏf2ăŜŘ ăKŜff óăλyƎfŜű 2№ ăLJλyπLJI·λ№ŜŘú I·yŘ ōλ№I·ŘλŎI·f óŰ№λLJfŜűú ŎKI·№I·ŎŰŜ№Σ I·yŘ ŰKŜ №ŜfI·ŰÅØŜ ŜyŜ№Ǝè ăŜLJI·№I·ŰÅ2y 2Ŧ ŰKλă ăŰI·ŰŜă λă I·y λYLJ2№ŰI·yű ŦŜI·ŰdzŵŜ λy dzyŘŜ№ăŰI·yŘλyƎ ŎI·№ōŜyŜ №ŜI·ŎŰλØλŰè¢ . ŜλyƎ ŰKŜ ăY I·ffŜăŰ ŎI·№ōŜyŜă ŰKI·ű ŜÈKλōλŰ Ŏf2ăŜŘ ăKŜff Ǝ№2dzyŘ ăŰI·ŰŜăΣ ŰKŜ KI·f2ŎI·№ōŜyŜă / · ¸ ó· Γ IΣ CΣ /fΣ .№Σ LT ¸ Γ CΣ /f¢ .№Σ Lú KI·ØŜ Ǝ№ŜI·Űfè Ŏ2yű№λōdzŰŜŘ ű2 2dz№ dzyŘŜ№ăŰI·yŘλyƎ 2Ŧ ŰKŜ №ŜI·ŎŰλØλŰè 2Ŧ ăλyƎfŜű ŎI·№ōŜyŜă I·yŘ ŰKŜ ŦI·ŎŰ2№ă ŰKI·ű Ŏ2yű№2f ŰKŜ ăλyƎfŜűπŰ№λLJfŜű ŜyŜ№Ǝè ƎI·LJΦ^Σ ф

LY ŰKλă ăŰdzŘèΣ ØŜ Ŧ2ŎdzăΣ 2Y ŰKŜ Y2y2KI·f2ŎI·№ōŜyŜăΣ / I ó5ú·φΦ ¢KŜ f2ØŜăŰ fèλyƎ / I · ăλyƎfŜű ăŰI·ŰŜă óX̃M!′ I·yŘ ÃM!") I·№Ŝ I· ØŜftπ]y2øy ŜÈI·YLJfŜ 2Ŧ wŜyŜ№π¢ŜftŜ№ Ŏ2dzLJfŜŘ ădz№ŦI·ŎŜăΣ ăλyŎŜ ŰKŜè №Ŝădzfű Ŧ№2Y I· ŘŜƎŜyŜ№I·ŰŜ M Δ ŜfŜŎú№2yλŎ ăŰI·ŰŜ I·ű fλyŜI·№ ƎŜ2YŜű№λŜăφΦπMM [èλyƎ ŜyŜ№ƎŜŰλŎI·ftè ōŜűØŜŜy ŰKŜ Ǝ№2dzyŘ ăλyƎfŜű ăŰI·ŰŜΣ X̃M!′ I·yŘ ŰKŜ Ŧ№ăű ŜÈŎλűŜŘ ăλyƎfŜű

levels of S_0 are the most perturbed. For example, in the case of CHI, the C-I stretching states are essentially unperturbed up to energies well above the triplet origin, while the lowest bending level is strongly perturbed, being shifted some 100 cm^{-1} from its predicted position by spin-orbit coupling. In this approach we assume, then, that for any given singlet-triplet pair of interacting vibrational states the SO-coupling matrix element can be written as follows:

$$\left\langle S_0\left(\nu_{S_1},\nu_{S_2},\nu_{S_3}\right)\middle|\hat{\mathcal{H}}_{so}\middle|T_1\left(\nu_{T_1},\nu_{T_2},\nu_{T_3}\right)\right\rangle = \mathcal{H}_{so}^{elec}\left\langle S_0\left(\nu_{S_1},\nu_{S_2},\nu_{S_3}\right)\middle|T_1\left(\nu_{T_1},\nu_{T_2},\nu_{T_3}\right)\right\rangle \qquad (1)$$

where $\mathcal{H}_{so}^{elec}$ is a purely electronic spin-orbit matrix element, and the integral on the right-hand side reflects the degree of overlap of the vibrational wavefunctions (ν_S and ν_T are the singlet and triplet quantum numbers respectively). Since several hundred of these matrix elements are required for even the smallest data set, this approximation allows one to use standard theoretical methods to accurately calculate the vibrational overlaps, with $\mathcal{H}_{so}^{elec}$ included as a single variable parameter. Support for this approach comes from previous studies on methylene (CH_2) by McKeller and co-workers[19] where the SO-coupling matrix element between the ground electronic state ($\tilde{X}^3B_1$) and the first excited singlet electronic state ($\tilde{a}^1A_1$) was calculated over a range of bond angles using the Breit-Pauli Hamiltonian[19] and found to vary by less than 2%.

To further test this assumption, a second model was applied (*model 2*). In *model 2*, SO-couplings were computed and fit into surfaces for appropriate coordinate ranges for each of the CHX (X = F, Cl, Br, and I) systems. The geometry dependence of SO coupling values was explored and indeed was found to vary most significantly with the

I·yƎfŜ Ŏ22ǋŘƛyƖI·űŜ෴ {2ƳŜ ØI·ǋƛI·űƛ2yƳ ǿI·ă I·fă2 2ōăŜǋØŜŘ I·f2yƎ w/π. ōdzű I·fƳ2ăű y2yŜ I·f2yƎ w/π

ı෴ ¢KƛăōŜKI·Øƛ2ǋ ƛă ăK2ǿyƳƛyƳűKŜ Ŏ2yű2dzǋ ǈf2űă Ŧ2ǋ / I L óCƛƎdzǋŜ oúΣ ǿKƛŎK KI·ă űKŜ ƎǋŜI·űŜăű

ƳI·ƎyƛűdzŘŜ 2Ŧ Ŏ2dzǈfƛyƎ෴ bdzƳŜǋ2dză I·ŘŘƛűƛ2yƖI·f Ŏ2yű2dzǋ ǈf2űă Ŧ2ǋ I·ff 2Ŧ űKŜ ăèăűŜƳă I·ǋŜ

ǈǋ2ØƛŘŜŘ I·ă {dzǈǈ2ǋűƛyƎ ǈyŦ2ǋƳI·űƛ2y෴ᶜᴹ C2ǋ Ƴ2ŘŜf HΣ űKŜ ƎŜ2ƳŜűǋè ŘŜǈŜyŘŜyű {hπ

Ŏ2dzǈfƛyƎ ădzǋŦI·ŎŜă ǿŜǋŜ dzăŜŘ ű2 Ŏ2ƳǈdzűŜ Ŏ2dzǈfƛyƎ ƳI·űǋƛÈ ŜfŜƳŜyűă ǿƛűK2dzű űKŜ

I·ǈǈǋ2Èƛ ƳI·űƛ2yƳ 2Ŧ 9Ij෴ м෴ ¢KŜ ƳI·űǋƛÈ ŜfŜƳŜyűă ǿŜǋŜ ŜØI·fdzI·űŜŘ ōè o5 ydzƳŜǋƛŎI·f

ƛyűŜƎǋI·űƛ2yƳ 2Ŧ űKŜ Ŧƛűű ŜŘ {hπŎ2dzǈfƛyƎ ădzǋŦI·ŎŜă 2ØŜǋ űKŜ ØƛōǋI·űƛ2yƖI·f ǿI·ØŜŦdzyŎűƛ2yă 2Ŧ űKŜ

ăƛyƎfŜű I·yŘ űǋƛǈfŜű ăűI·űŜă ófŜŦű ăƛŘŜ 2Ŧ ŜIj෴ мú෴

¦ăƛyƎ űKŜăŜ űǿ2 I·ǈǈǋ2I·ŎKŜăΣ KŜǋŜ ǿŜ ǋŜǈ2ǋű űKŜ ǋŜădzfűă 2Ŧ Ǝf2ōI·f Ŧƛűă 2Ŧ {±[

ŜƳƛăăƛ2yƳ I·yŘ {9t ŘI·űI· Ŧ2ǋ űKŜ KI·f2ŎI·ǋōŜyŜă / I ó5ú · ó · Гᶠ /fΣ . ǋΣ Lú ǿKƛŎK KI·ØŜƳ óI·ú I·ff2ǿŜŘ

ƳI·yè yŜǿ I·ăăƛƎyƳŜyűă ű2 ōŜ ƳI·ŘŜΣ óōú ǈǋ2ØƛŘŜŘ ƛƳǈǋ2ØŜŘ ŜÈǈŜǋƛƳŜyűI·f ØI·fdzŜă Ŧ2ǋ űKŜ

ăƛyƎfŜűπűǋƛǈfŜű ƎI·ǈă Ŧ2ǋ Ŏ2ƳǈI·ǋƛă2yƳ ǿƛűK űKŜ2ǋŜűƛŎI·f ǈǋŜŘƛŎűƛ2yăΣ I·yŘ óŎú èƛŜfŘŜŘ ŘŜűI·ƛfŜŘ

ƛyŦ2ǋƳI·űƛ2yƳ2yƳ ŘŜǋƛØŜŘ ăǈƛyπ2ǋōƛű Ŏ2dzǈfƛyƎ Ŏ2yăűI·yűă෴ ¢KŜ fI·űűŜǋ I·ǋŜ Ŧ2dzyŘ ű2 ōŜ ăűǋ2yƎfè

Ŏ2ǋǋŜfI·űŜŘ ǿƛűK űKŜ ƳŜI·ădzǋŜŘ Ŏ2yăűI·yűă 2Ŧ űKŜ Ŏ2ǋǋŜăǈ2yŘƛyƎ KI·f2ƎŜyƳ I·ű2Ƴă I·yŘ

ƛyŘƛŎI·űŜ ăƛƎyƛŦƛŎI·yű IjdzŜyŎKƛyƎ 2Ŧ űKŜ ăǈƛyπ2ǋōƛű ƛyűŜǋI·Ŏűƛ2y෴ ¢KŜ {h Ŏ2dzǈfƛyƎ I·yŘ 2űKŜǋ

Ŏ2yăűI·yűă óŜ෴Ǝ෴ ăƛyƎfŜűπűǋƛǈfŜű ƎI·ǈ I·yŘ I·yKI·ǋƳ2yƛŎ Ŏ2yăűI·yűăú Ŧǋ2Ƴ űKŜ Ǝf2ōI·f Ŧƛűă dzăƛyƎ

űKŜ Ƴ2ŘŜf ŘŜăŎǋƛōŜŘ ōè 9Ij෴ м óƳ2ŘŜf мú I·ǋŜ Ŏ2ƳǈI·ǋŜŘ ǿƛűK űK2ăŜ 2ōűI·ƛyŜŘ dzăƛyƎ űKŜ Ŧdzff

ƳI·űǋƛÈ ŜfŜƳŜyűă óƳ2ŘŜf Hú෴

ǈǈ෴ /h a t ¦ ¢ ! ¢ǈhb ! [a9¢ I h5{

¢KŜǋŜ I·ǋŜ ƳI·yè űKŜ2ǋŜűƛŎI·f ăűdzŘƛŜă 2Ŧ űKŜ 2ǈűƛƳƛÎŜŘ ƎŜ2ƳŜűǋƛŜăΣ ØƛōǋI·űƛ2yƖI·f

ŦǋŜIjdzŜyŎƛŜăΣ ăƛyƎfŜűπűǋƛǈfŜű ƎI·ǈăΣ I·yŘ ăǈƛyƳ 2ǋōƛű Ŏ2dzǈfƛyƎ ƳI·űǋƛÈ ŜfŜƳŜyűă ƛyƳ

ƘǀƒƨŎǀƻōŜƴŜăφорπсл {ǘǀyŘǀƻŘ 5ŜƴăλǘèCdzƴŎǘλƨƴƒ ¢ƘŜƨƻè ό5C¢ύ ƳŜǘƘƨŘă ădzŎƘ ǀă .o[¸t ƘǀǾŜ ōŜŜƴdzăŜŘ ǘƨ ƻŜƒλǀōƒèŎǀƒŎdzƒǀǘŜ ǾλōƻǀǘλƨƴƒŦƻŜƛdzŜƴŎλŜă ǀyŘ ŜƛdzλƒλōƻλdzƳ ∃Ŝƨ ƳŜǘƻλŜăΣ èŜǘ ŦŜǾ 5C¢ ƳŜǘƘƨŘă ǀŎŎdzƻǀǘŜƒè ƛƻŜŘλŎǘ ǘƘŜ ăλƴ∃ƒŜǘπǘƻλƛƒŜǘ ∃ǀƛΣрфΣ сн ǾƘλŎƘ ƘƨǾŜǾŜƻ λă ǾŜƒƒ ƻŜƛƻƨŘdzŎŜŘ ōè Ƙλ∃Ƙ ƒŜǾŜƒ ăλƴ∃ƒŜ ƻŜŦŜƻŜƴŎŜ όŜφ∃φΣ //{5ό¢όύ ǀyŘ ƳdzƒǘλπƻŜŦŜƻŜƴŎŜ ƳŜǘƘƨŘă όŜφ∃φΣ aw/Lύ λƴŎƨƳōλƴƒǘλƨƴǾλǘƘ ădzλǘǀōƒŜ ōǀăλă ăŜǘăφ

hdzƻ Ƙλ∃ƘπƒŜǾŜƒ ŜȅLJƒλŎλǘƒèπŎƨƻƻŜƒǀǘŜŘ Cмн Ŏǀƒŏdzƒǀǘλƨƴă ǾŜƻŜ Řƨƴŝ dzăλƴ∃ ǘƘŜ ah[twh ƛdzǀyǘdzƳ ŎƘŜƳλăǘƻè LJƻƨ∃ƻǀƳ LJǀŎƪǀ∃Ŝφсо DŜƨƳŜǘƻλŜă ǾŜƻŜ ƨLJǘλƳλƩŜŘ Ŧƨƻ ǘƘŜ ƒƨǾŜăǘ ăλƴ∃ƒŜǘ ό{лύ ǀyŘ ǘƻλLJƒŜǘ ό¢мύ ădzƻŦǀŎŜă ƨŦ ǘƘŜ ƘǀƒƨŏǀƻōŜƴŝ ăŜƻλŜă /lό5ύ· ό· Ґ /ƒΣ .ƻΣ Lύ dzăλƴ∃ ǘƘŜ //{5ό¢όπCмн ǀyŘ aw/LπCмн ƳŜǘƘƨŘăΣспΣ ср ŎƨƻƻŜƒǀǘλƴ∃ ǘƘŜ Øǀƒŝƴŏŝ ŜƒŜŏǘƻƨƴă dzăλƴ∃ ǘƘŜ ±v½πCмн ōǀăλă ăŜǘφсс tŜǘŜƻăƨƴǎă ƴŜǾ LJăŜdzŘƨπLJƨǘŜƴǘλǀƒ Cмн ōǀăŜă ǾŜƻŜ dzăŜŘ Ŧƨƻ LJƨŘλƴŜ ǀyŘ .ƻƨƳλƴŜφст ¦ăλƴ∃ ǘƘƨăŝ ƨLJǘλƳλƩŜŘ ∃ŜƨƳŜǘƻλŜăΣ ăλƴ∃ƒŜǘπǘƻλƛƒŜǘ ∃ǀLJă ǾŜƻŜ LJƻŜŘλŎǘŜŘ ǀǘ ǘƘŜ ±ƴ½πCмн ǀyŘ ±ƴ½πttπCмн ƒŜǾŜƒă όƴҐ нπпύφ .ŜŏǀdzăŜ ǾŜ ǀƻŜ λƴǘŜƻŜăǘŜŘ λƴ ǘƘŜ Øλōƻǀǘλƨƴǀƒ ƨǾŜƻƒǀLJăΣ ǾƘλŎƘ λƴ ǘdzƻƴ ǀƻŜ ăŜƴăλǘλǾŜ ǘƨ ǘƘŜ ∃ŜƨƳŜǘƻλŜă ǀyŘ ŦƨƻŎŜ ŦλŜƒŘăΣ ǾŜ LJŜƻŦƨƻƳŜŘ Ŏǀƒŏdzƒǀǘλƨƴă ƨŦ ǘƘŜ Øλōƻǀǘλƨƴǀƒ ŦƻŜƛdzŜƴŎλŜă ǀyŘ ƳǀăăπǾŜλ∃ƘǘŜŘ ƴƨƻƳǀƒ ƳƨŘŜ ŘλăLJƒǀŎŜƳŜƴǘă όλφŜφΣ ℓπƳǀǘƻλŎŜăύ ǾλǘƘ //{5ό¢όπCмн ǀyŘ aw/LπCмн ƳŜǘƘƨŘă dzăλƴ∃ ǘƘŜ ±v½πCмн ōǀăλă ăŜǘφ ¢ƘŜăŜ ƳƨŘŜă ǾŜƻŜ dzăŜŘ ǘƨ ŜǾǀƒdzǀǘŜ ǘƘŜ Ŧdzƒƒ {h ƳǀǘƻλȄ ŜƒŜƳŜƴǘă dzăŜŘ λƴ *ƳƨŘŜƒ н* Ŧƨƻ ƨƴŜ ƨŦ ǘƘŜ ăŜǘă ƨŦ ∃ƒƨōǀƒ Ŧλǘă ŘŜăŎƻλōŜŘ ōŜƒƨǾφ

Lƴ ǀŘŘλǘλƨƴΣ Øǀƻλƨdză 5C¢ ό.o[¸tΣ алсΣ алсπн·ύ ǀyŘ ƨǘƘŜƻ LJƨăǘπIǀƻǘƻŜŜπCƨŎƪ όŜφ∃φΣ atнύ ƳŜǘƘƨŘă ǾŜƻŜ ǘŜăǘŜŘ Ŧƨƻ ŎƨƳLJǀƻλăƨƴφ ¢ƘŜ ŘλŦŦŜƻŜƴŎŜă λƴ Øλōƻǀǘλƨƴǀƒ ƨǾŜƻƒǀLJă ǀƳƨƴ∃ ǘƘŜăŝ ƳŜǘƘƨŘă ǾŜƻŜ ƻŜƒǀǘλǾŜƒè ăƳǀƒƒΣ ǀyŘ ǘƘŜ ƳǀƨƻλǘèƨŦ ƻŜădzƒǘă Ŧƨƻ *ƳƨŘŜƒ м* ŘŜŦλƴŜŘ ōè 9ƛφ м ǾŜƻŜ ƨōǘǀλƴŜŘ ǾλǘƘ ǘƘŜ .o[¸t Ŧdzƴŏǘλƨƴǀƒ λƴŏƨƳōλƴǀǘλƨƴ ǾλǘƘ ǀ ƳǀdzπƨŦπ

ŎŎπLJ±¢½ 2ℕΣ ʎƴ űKŜ ŎI·ăŜ 2₮ ʎ2Ř2ŎI·ℕōŜyŶΣ I·dzƎπŎŎπLJ±¢½πLJLJ ōI·ăʎă ăŜűΦ ¢KŜăŜ ŎI·fŎdzfI·űʎ2yã dzăŜŘ űKŜ DI·dzăăʎI·ƴ лφ LJI·Ŏ⟧I·ƎŜ 2ƴűKŜ a I·ℕIjdzŜűűŜ ¦ yʎØŜℕăʎúè tŜℕŜ ŎfdzăűŜℕΦ^{cy}

CℕƨƳ űKŜăŜ ŎI·fŎdzfI·űʎ2yãΣ ØŜ ŜÈűℕI·ŎűŜŘ űKŜ ăűℕdzŎűdzℕŜăΣ KI·ℕƳ2yƴʎŎ ₮ℕŜIjdzŜyŎʎŜăΣ I·yŘ yƨℕƳI·f Ƴ2ŘŜ ŘʎăLJfI·ŎŜƳŜyűă ű2 ŎI·fŎdzfI·űŜ űKŜ ØʎōℕI·ûʎ2yI·f 2ØŜℕfI·LJă 2₮ űKŜ ăʎyƎfŜű I·yŘ úℕƛLJfŜű ăűI·ûŜ fŜØŜfãΣ ʎyŎ2ℕLJ2ℕI·ûʎyƎ űKŜ ₮dzfft Ŝ₮₮ŜŎűă 2₮ 5dzăŎKʎyãʅè ƳʎÈʎyƎ^{cΦ} dzăʎyƎ I· ℕƨdzűʎyŜ ʎyƴűKŜ tƎƨLJKŜℕ LJℕƨ2ƎℕI·Ƴ^{TΠ} ¢KŜ ØʎōℕI·ûʎ2yI·f ûŜℕƳ ŜyŜℕƎʎŜă 2₮ űKŜ ăʎyƎfŜű I·yŘ úℕƛLJfŜű ăűI·ûŜă ʎyƴ űKŜ I·ōăŜyŎŜ 2₮ ălJʎyπ2ℕōʎú Ŏ2dzLJfʎyƎ ØŜℕŜ I·ăădzƳŜŘ ű2 ₮2ff2ø ăŜLJI·ℕI·ûŜ 5dzyKI·Ƴ 9ÈLJI·yãʎ2yƴŜÈLJℕŜăăʎ2yã 2₮ űKŜ ₮2ℕƳƳ

$$G(v_1, v_2, v_3) = \omega_1^0 v_1 + \omega_2^0 v_2 + \omega_3^0 v_3 + x_{11}^0 v_1^2 + x_{22}^0 v_2^2 + x_{33}^0 v_3^2 + x_{12}^0 v_1 v_2 + x_{13}^0 v_1 v_3 + x_{23}^0 v_2 v_3 \quad (2)$$

ØKŜℕŜ $\omega_1^0, \omega_2^0, \omega_3^0$ I·ℕŜ KI·ℕƳ2yƴʎŎ ₮ℕŜIjdzŜyŎʎŜă ₮2ℕ /πI ăűℕŜűŎKΣ I π/π· ōŜyŘΣ I·yŘ /π· ăűℕŜűŎKΣ ℕŜăLJŜŎűʎØŜfèΣ v_1, v_2Σ v_3 I·ℕŜ űKŜ I·ăă2ŎʎI·ûŜŘ ØʎōℕI·ûʎ2yI·f Ijdz I·yűdzƳ yűdzƳōŜℕăΣ I·yŘ x_{ij} I·ℕŜ I·yKI·ℕƳ2yƴʎŎʎűè Ŏ2yãúI·yűăΦ

LƴűKŜ *Y2ŘŜf м* I·LJLJℕ2I·ŎKΣ űKŜ ŎI·fŎdzfI·ûŜŘ KI·ℕƳ2yƴʎŎ ₮ℕŜIjdzŜyŎʎŜă ØŜℕŜ dzăŜŘ I·ă ʎyƴʎűʎI·f ʎyLJdzú ØʎűK űKŜ ŎI·fŎdzfI·ûŜŘ óLJℕ2ŘdzŎű I·LJLJℕ2ÈʎƳI·ûʎ2yŭ ăLJʎyπ2ℕōʎú Ŏ2dzLJfʎyƎ Ƴ I·úℕƛÈ ŜfŜƳŜyűă ʎyű2 I·yƴ yƴ P yƴ I I·Ƴʎfű2yƴʎI·yƴ Ƴ I·úℕƛÈΣ űKŜ ŘʎI·Ǝ2yI·fʎÎI·ûʎ2yƴ 2₮ ØKʎŎKΣ ŎI·ℕℕƛŜŘ 2dzű ŜʎűKŜℕ ʎyƴ 9ÈŎŜf 2ℕ a I·űfI·ōΣ èʎŜfŘŜŘ űKŜ ŜʎƎŜyØI·fdzŜă I·yŘ ŜʎƎŜyØŜŎű2ℕă 2₮ űKŜ Ƴ ʎÈŜŘ ăʎyƎfŜűπ úℕƛLJfŜű fŜØŜfãΦ ! ff ăʎyƎfŜű I·yŘ úℕƛLJfŜű ăűI·ûŜ fŜØŜfã dzLJ ű2 I· úKℕŜăK2fŘ ŜyŜℕƎè ŘŜűŜℕƳʎyŜŘ ōè űKŜ ℕI·yƎŜ 2₮ ŜÈLJŜℕʎƳŜyűI·f ŘI·úI· ØŜℕŜ ʎyŎfdzŘŜŘ ʎyƴűKʎă Ƴ I·úℕƛÈΦ LƴƨℕŘŜℕ ű2 ₮ʎú űKŜăŜ ű2 űKŜ 2ōăŜℕØŜŘ ŜÈLJŜℕʎƳŜyűI·f ØI·fdzŜăΣ ØŜ dzăŜŘ I·ă ₮ʎú LJI·ℕI·ƳŜűŜℕă $\mathcal{H}_{so}^{elec}$Σ úKŜ ûŜℕƳ ŜyŜℕƎè 2₮ ¢ₘΣ űKŜ KI·ℕƳ2yƴʎŎ ØʎōℕI·ûʎ2yI·f ₮ℕŜIjdzŜyŎʎŜă 2₮ {л I·yŘ ¢ₘΣ I·yŘ I· fʎƳʎúŜŘ ăŜű 2₮ I·yKI·ℕƳ2yƴʎŎʎűè Ŏ2yãúI·yűăΦ ² KʎfŜ $\mathcal{H}_{so}^{elec}$ ăK2dzfŘ yƨű ØI·ℕè ₮2ℕ űKŜ ûø2 /I ó5ú· ʎă2ű2LJ2ƳŜℕăΣ ʎyƴűKʎă Ƴ2ŘŜf øŜ ₮ʎú ʎűʎyŘŜLJŜyŘŜyűfè ʎyƴ2ℕŘŜℕ ű2 I·ăăŜăă úKŜ ℕŜfʎI·ōʎfʎûè 2₮ űKŜ I·LJLJℕ2I·ŎKΦ

C2ℕ űKŜ ăŜŎ2yŘ I·LJLJℕ2I·ŎK óY2ŘŜf Hú dzăλyƎ ŦdzŦf {hπYI·űℕλÈ ŜfŜYŜyűăΣ űKŜ {h Ŏ2dzLJfλyƎă ǿŜℕŜ Ŏ2YLJdzűŜŘ I·ú űKŜ aw/LπCMH fŜØŜf dzăλyƎ ±¢½πCMH I·yŘ ±¢½π t tπCMH ōI·ăλă ăŜűă I·yŘ ŦλűŁ λyűŁ ădzℕŦI·ŎŜă ǿKλŎK LJŜℕYλű ŜØI·fdzI·űλ2y 2Ŧ {hπŎ2dzLJfλyƎ YI·űℕλÈ ŜfŜYŜyűă Ŧ2ℕ Ŏ2YLJI·ℕλă2y ǿλűK űKŜ ăλYLJfŜℕ Y2ŘŜf¢ ¢KŜ {hπŎ2dzLJfλyƎă ǿŜℕŜ I·ff Ŏ2YLJdzűŜŘ dzăλyƎ űKŜ .ℕŜλűπ t I·dzfλ I I·Yλfű2yλI·y λy a2fLJℕ2¢ ¢KŜ ăλyƎfŜű I·yŘ űℕλLJfŜű ăűI·űŜă I·ℕŜ 2Ŧ !′ I·yŘ !″ äèYYŜűℕè ℕŜăLJŜŎűλØŜfê I·yŘ I·ℕŜ Ŏ2yŷŜŎűŜŘ ōè űKŜ ·Σ ¸ I·yŘ ½ Ŏ2YLJ2yŜyűă 2Ŧ űKŜ [{ 2LJŜℕI·ű2ℕ¢ ! ff úKℕŜŜ {½ Ŏ2YLJ2yŜyűă 2Ŧ űKŜ úℕλLJfŜű ăűI·ûŜ Ŏ2dzLJfŜ û2 űKŜ ăλyƎfŜű ăűI·ûŜ óōdzű y2ű û2 ŜI·ŎK 2űKŜℕú¢ Ly a2fLJℕ2 I· äèYYŜűℕè I·ŘI·LJűŜŘ ōI·ăλă 2Ŧ űKŜ ŦλySπăűℕdzŎűdzℕŜ ăűI·ûŜă λă Ŏ2yãúℕdzŎűŜŘ ădzŎK űKI·ú ûǿ2 úℕλLJfŜű Ŏ2YLJ2yŜyűă Ŏ2dzLJfŜ û2 űKŜ ăλyƎfŜű λy I· ōf2Ŏ] 2Ŧ úKℕŜŜ Ŏ2YLJ2yŜyűă 2Ŧ !′ äèYYŜűℕè¢ ! ăŜŎ2yŘ ōf2Ŏ] 2Ŧ !″ äèYYŜűℕè Ŏ2yűI·λyã 2yfè űKŜ 2űKŜℕ úℕλLJfŜű Ŏ2YLJ2yŜyű ǿKλŎK λă ŦℕŜŜ 2Ŧ Ŏ2dzLJfλyƎă¢ ² Ŝ ŦdzℕúKŜℕ ăλYLJfλŦè űKŜ Ŏ2dzLJfŜŘ !′ ōf2Ŏ] ōè Ŏ2yãúℕdzŎűλyƎ fλySI·ℕ Ŏ2YōλyI·ûλ2yã 2Ŧ űKŜ ûǿ2 úℕλLJfŜű Ŏ2YLJ2yŜyűă ădzŎK űKI·ú 2yfè 2yŜ Ŏ2dzLJfŜă û2 űKŜ ăλyƎfŜű£ ǿKλfŜ űKŜ 2űKŜℕ Ř2Ŝă y2ű¢ ¢Kλă ℕŜădzfűă λy I· ăλyƎfŜ ℕŜI·f ØI·fdzŜ űKI·ú λă ŦλűŁ λyűŁ ădzℕŦI·ŎŜă¢ ¢KŜ Ŧdzff λyŦ2ℕYI·ûλ2y λă Ŏ2yűI·λySŘ λy űKI·ú ăλyƎfŜ ØI·fdzŜ ăλyŎŜ űKŜ ŜλƎŜyØI·fdzŜă λy I·yê 2Ŧ űKŜăŜ YI·úℕλÈ ℕŜLJℕŜăŜyűI·ûλ2yã I·ℕŜ űKŜ ăI·YŜ¢

¢KŜ ŦλűăŁ ǿŜℕŜ dzăŜŘ I·f2yƎ ǿλűK űKŜ ǿI·ØŜŦdzyŎûλ2yã û2 Ŏ2YLJdzűŜ űKŜ {h Ŏ2dzLJfλyƎ YI·úℕλÈ ŜfŜYŜyűă I·ă I· LJI·ℕű 2Ŧ I· Ŏ2dzLJfŜŘ I I·YλfűŁ2yλI·y YI·úℕλÈ ǿKλŎK λă 2űKŜℕǿλăŜ űKŜ ăI·YŜ I·ă űKI·ú 2Ŧ űKŜ ŦλℕăűI·LJLJℕ2I·ŎK¢

LLL¢ w9{¦[¢{ !b5 5L{/¦{{Lhb

CλƎdzℕŜ π ăK2ǿă űKŜ ăljdzI·ℕŜ 2Ŧ űKŜ ŎI·fŎdzfI·ûŜŘ ØλōℕI·ûλ2yI·f 2ØŜℕfI·LJă óλ¢ŜΣ űKŜ CℕI·y]π /2yŘ2y ŦI·Ŏű2ℕă 2ℕ C/Căú 2Ŧ ØI·ℕλ2dză {л ØλōℕI·ûλ2yI·f fŜØŜfă ǿλűK űKŜ ¢м 2ℕλƎλy λy /LΣ ŎI·fŎdzfI·ûŜŘ I·ú űKŜ aw/LπCMHK±¢½π t tπCMH fŜØŜf¢ ¢KŜ C/Că I·ℕŜ Ř2YλyI·ûŜŘ ōè I· ăλyƎfŜ

LJNƵ2ƎNƵŜăăλ2y ʎy űKŜ ōŜyŘʎyƎ Y2ŘŜΣ óлΣy[лúΣ ǿλűK I· ăŜŎ2yŘ LJNƵ2ƎNƵŜăăλ2y óмΣy[лú I·fă2 2ōăŜNƵØŜŘΦ ! ff 2űKŜNƵ LJNƵ2ƎNƵŜăăλ2yãΣ ʎyØ2fØλyƎ ₮2NƵ ŜÈI·YʻLJfŜ űKŜ LJdzNƵŜ ăúNƵŜűŎKλyƎ fŜØŜfăΣ KI·ØŜ ØŜNƵè ăY I·ff 2ØŜNƵfI·LJăΦ ¢Kλă úNƵŜyŘ λă y2űŜŘ ʎy I·ff ŎI·NƵōŜyŜ ăLJŜŎλŜă ăűdzŘλŜŘΦ

LyʻŘŜăÔNƵλōλyƎ 2dzNƵ NƵŜădztűăΣ ǿŜ ǿλff ăK2ǿ ʎyʻŘŜűI·λf űKŜ NƵŜădztűă ₮2NƵ / I LΣ ǿKλfŜ ŘŜűI·λfŜŘ NƵŜădztűă ₮2NƵ űKŜ 2űKŜNƵ ŎI·NƵōŜyŜă I·NƵŜ LJNƵ2ØλŘŜŘ ʎyʻűKŜ {dzLJLJ2NƵűλyƎ Lyʻ₮2NƵY I·űλ2yʻΦ C2NƵ / I LΣ I· ű2űI·f 2₮ мф fŜØŜfă ŘŜNƵλØŜŘ ₮N2Y {±[ŜYʻλăăλ2yʻŘI·úI·ᴴᵖΣ ™ ǿŜNƵŜ ʎyŎfdzŘŜŘ ʎyʻűKŜ ₮λűΦ a2ăű 2₮ űKŜăŜ fŜØŜfă ǿŜNƵŜ LJNƵŜØλ2dzătê I·ăăλƎySŘ I·yŘ űKŜ LJNƵŜăŜyű ₮λű Ŏ2y₮λNƵYă űKŜ LJNƵŜØλ2dză I·ăăλƎyYʻŜyűă űKI·ű ǿŜNƵŜ Y I·ŘŜΦ ! ă ăK2ǿyʻʎyʻ¢I·ōfŜ LΣ űKŜ ₮λűă ű2 мф fŜØŜfă dzăλyƎ Y2ŘŜfă м I·yŘ н NƵŜădztűŜŘ ʎyʻYŜI·yʻI·ØŜNƵI·ƎŜ ŘŜØλI·ûλ2yã ó a ! 5ú 2₮ нΦp ŎY™ I·yŘ пΦo ŎY™ ₮2NƵ Y2ŘŜfă м I·yŘ н NƵŜăLJŜŎűλØŜfè ǿKλŎK I·NƵŜ 2₮ űKŜ 2NƵŘŜNƵ 2₮ űKŜ ŜÈLJŜNƵʎYŜyűI·f dzyŎŜNƵűI·ʎyűè 2₮ нçп ŎY™Φ™ ¢KŜ ű2 Y2ŘŜfă Řλ₮₮ŜNƵ ʎyʻ ûKŜλNƵ ₮fŜÈλōλfλűèΦ a2ŘŜf м λă Ŏ2yãűNƵI·ʎyŜŘ ōè űKŜ Ŏ2yãűI·yű óƎŜ2YʻŜűNƵè ʎyŘŜLJŜyŘŜyŎŜ ʎyʻűKŜ {hπŎ2dzLJfλyƎΣ ōdzű I·ű űKŜ ăI·YʻŜ ûλYʻŜ űKŜ YʻI·ƎyλűdzŘŜ 2₮ űKŜ {hπŎ2yãűI·yű λă ₮fŜÈλōfŜΦ LyʻŎ2yűNƵI·ăűΣ a2ŘŜf н ʎyŎfdzŘŜă űKŜ ƎŜ2YʻŜűNƵè ŘŜLJŜyŘŜyŎŜ ʎyʻűKŜ {hπŎ2dzLJfλyƎΣ ōdzű űKŜ ăűNƵŜyƎűK 2₮ űKŜ Ŏ2dzLJfλyƎ ǿI·ă KŜfŘ ű2 űKŜ Ŏ2YʻLJdzűŜŘ I·ō ʎyλűλ2 ØI·fdzŜăΣ ₮λű I·ă ădzN₮I·ŎŜăΦ Lű λă I·fă2 LJ2ăăλōfŜ ûKI·ű űKŜ 2LJűλYʻλÎI·ûλ2yʻ LJNƵ2ŎŜŘdzNƵŜ YʻλƎKű ŜÈLJf2λű ₮fŜÈλōfŜ LJI·NƵI·YʻŜűŜNƵă ădzŎK I·ă ûKŜ I·yKI·NƵY2yλŎ Ŏ2yãűI·yűă ōè ØI·NƵèλyƎ ûKŜY ʎyʻ I·yʻ dzyʻLJKèăλŎI·f ǿI·èΦ ² λűK ûKλă ʎyʻ YʻλyŘΣ ₮2NƵ Y2ŘŜf мΣ I·ă ûKŜ ăLJλyπ2NƵōλű YI·úNƵλÈ ŜfŜYʻŜyűă ʎyʻ ûKλă ŎI·ăŜ I·NƵŜ YʻdzŎK fI·NƵƎŜNƵ ûKI·yʻ ûKŜ I·yKI·NƵY2yλŎλûλŜăΣ 2yfè È₍ₘₘ₎ ǿI·ă ŘŜŜYʻŜŘ ŘŜűŜNƵYʻλyI·ōfŜΦ ¢KŜ ₮λű NƵŜűdzNƵyŜŘ I· ûŜNƵY ŜyŜNƵƎè ₮2NƵ ûKŜ úNƵλLJfŜű 2NƵλƎλyʻ ăűI·ûŜ 2₮ мофнΦл ŎY™Σ ǿλűK $\mathcal{H}_{so}^{elec}$ Γ томΦp ŎY™Φ ¢KŜ ØI·fdzŜ ₮2NƵ $\mathcal{H}_{so}^{elec}$ λă ǿλűKλyʻûKŜ NƵI·yƎŜ 2₮ ØI·fdzŜă ₮2dzyŘ 2yʻ ûKŜ ₮λűûŜŘ ădzN₮I·ŎŜ dzăŜŘ ₮2NƵ Y2ŘŜf нΦ ¢KŜ Ŏ2YʻLJfŜűŜ ăŜű 2₮ 2LJűλYʻλÎŜŘ ₮λű LJI·NƵI·YʻŜűŜNƵă I·NƵŜ LJNƵ2ØλŘŜŘ ʎyʻ¢I·ōfŜ {мΦ ¢KŜ ŘŜNƵλØŜŘ KI·NƵY2yλŎ ₮NƵŜIjdzŜyŎλŜă ó¢I·ōfŜ LLú I·NƵŜ

ƎŜyŜℕl·ffè ʎƴ Ǝ22Ř l·ƎℕŜŜYˆŜyű ǿʎűK űKŜ ŎI·fŎdzfI·űŜŘ ØI·fdzŜă¢ !ff űKℕŜŜ YˆŜűK2Řă ó a w/LπCмнΣ //{5ó¢úπCмнō l·yŘ .o[¸tú LJℕŜŘʎŎű /πL ăúℕŜűŎK ₹ℕŜljdzŜyŎʎŜă 2yˆűKŜ ăʎyƎfŜű ăűI·űŜ Ŏf2ăŜ ű2 űKŜ ₹ʎűűŜŘ ØI·fdzŜă 2₹ űKŜ ű ǿ2 YˆƧŘŜfă¢ ¢KŜ a w/LπCмн ØI·fdzŜ ₹2ℕ űKŜ ōŜyŘ 2yˆűKŜ ăʎyƎfŜű ăűI·űŜ ʎă f2ǿŜℕ űKl·yˆűKŜ 2űKŜℕ ŎI·fŎdzfI·úʎ2yã l·yŘ ₹ʎűűŜŘ ØI·fdzŜă¢ hyˆűKŜ 2űKŜℕ Kl·yŘ űKŜ a w/LπCмн ØI·fdzŜ ₹2ℕ űKŜ /πI ăúℕŜűŎK 2yˆűKŜ ăʎyƎfŜű ʎă Ŏf2ăŜℕ ű2 űKŜ .o[¸t ØI·fdzŜ l·yŘ űKŜ ₹ʎűűŜŘ ℕŜădztűă ₹ℕ2Y űKŜ ű ǿ2 YˆƧŘŜfă űKl·yˆʎă űKŜ //{5ó¢úπCмнō ØI·fdzŜ¢ C2ℕ űKŜ úℕʎLJfŜű ₹ℕŜljdzŜyŎʎŜăΣ űKŜ .o[¸t ØI·fdzŜ ₹2ℕ űKŜ /πL ăúℕŜűŎK ócпo ŎY™ú Řʎ₹₹Ŝℕă YˆƧăű ăʎƎyʎ₹ʎŎI·yűfè ₹ℕ2Y űKŜ ₹ʎűűŜŘ ØI·fdzŜ 2₹ űKŜ ŎƧℕℕŜăLJ2yŘʎyƎ *YˆƧŘŜf м* ócмc ŎY™úΣ ǿKʎfŜ űKŜ 2űKŜℕ YˆƧŘŜă I·ℕŜ ʎyˆ Ŏf2ăŜℕ I·ƎℕŜŜYˆŜyű¢ ¢KŜ ℕŜădztűă ₹2ℕ aw/LπCмн I·yŘ //{5ó¢úπCмнō ₹2ℕ űKŜ /lL úℕʎLJfŜű ₹ℕŜljdzŜyŎʎŜă I·ƎℕŜŜ Ŏf2ăŜfè ǿʎűK ŜI·ŎK 2űKŜℕ I·yŘ űKŜ ₹ʎűűŜŘ LJI·ℕI·YˆŜűŜℕă 2₹ *YˆƧŘŜf н*¢

Lű ʎă ℕŜYˆI·ℕ]l·ōfŜ K2ǿ YˆdzŎK űKŜ YˆƧŘI·f ŎKI·ℕI·ŎűŜℕ 2₹ űKŜ úℕʎLJfŜű ăűI·űŜ ØʎōℕI·úʎ2yã ŎKI·yƎŜ dzLJ2yˆ ŘŜdzűŜℕI·úʎ2y¢ ¢KŜ /πL ăúℕŜűŎK I·yŘ űKŜ ōŜyŘ ₹ℕŜljdzŜyŎʎŜă ōŜŎ2YˆŜ Ŏf2ăŜ ű2 ŜI·ŎK 2űKŜℕ ʎyˆ /5LΣ I·yŘ űKŜ /πL ăúℕŜűŎKΣ ǿKʎŎK ₹2ℕ űKŜ /lL ʎă2ű2LJ2YˆŜℕ Kl·ă ØŜℕè LJdzℕŜ ăúℕŜűŎKʎyƎ ŎKI·ℕI·ŎűŜℕΣ YˆʎÈŜă ăúℕ2yƎfè ǿʎűK űKŜ ōŜyŘ YˆƧŘŜ¢ C2ℕ űKŜ ŘŜdzűŜℕI·űŜŘ ʎă2ű2LJ2YˆŜℕΣ I· ű2ű I·f 2₹ но fŜØŜfăΣ I·ƎI·ʎyˆŘŜℕʎØŜŘ ₹ℕ2Y {±[ŜYˆʎăăʎ2yˆŘI·ű I·Σ^HpΣ ™ ǿŜℕŜ ₹ʎű ű2 I· a !5 2₹ п¢o ŎY™ dzăʎyƎ *YˆƧŘŜf м¢ a 2ŘŜf н* ℕŜűdzℕyã I· ăʎYˆʎfI·ℕ a !5 2₹ п¢c ŎY™¢ ! Ŏ2YˆLJI·ℕʎă2yˆ 2₹ ₹ʎű I·yŘ 2ōăŜℕØŜŘ fŜØŜfă ʎă LJℕ2ØʎŘŜŘ ʎyˆ ¢I·ōfŜ {н ʎyˆ űKŜ ădzLJLJ2ℕűʎyƎ ʎy₹2ℕYˆI·úʎ2y¢ !ƎI·ʎyΣ űKŜ ŘŜℕʎØŜŘ KI·ℕYˆ2yʎŎ ₹ℕŜljdzŜyŎʎŜă ó¢I·ōfŜ LLú I·ℕŜ ƎŜyŜℕI·ffè ʎyˆ ŜÈŎŜftŜyű I·ƎℕŜŜYˆŜyű ǿʎűK űKŜ ŎI·fŎdzfI·űŜŘ dzyLJŜℕűdzℕōŜŘ LJℕŜŘʎŎűʎ2yã¢ I ŜℕŜ űKŜ ₹ʎű ℕŜűdzℕyŜŘ I· ûŜℕYˆ ŜyŜℕƎè ₹2ℕ űKŜ 2ℕʎƎʎyˆ 2₹ űKŜ úℕʎLJfŜű ăűI·űŜ 2₹ моусóпú ŎY™Σ ǿʎűK $\mathcal{H}_{so}^{elec}$ Γ' том¢л ŎY™ ₹2ℕ *YˆƧŘŜf м* ǿKʎŎK ʎă ǿʎűKʎyˆűKŜ ℕI·yƎŜ 2₹ ØI·fdzŜă dzăŜŘ ōè űKŜ ₹ʎűűŜŘ ădzℕ₹I·ŎŜ ʎyˆ *YˆƧŘŜf н¢* ¢KŜ Ŏ2YˆLJfŜűŜ ăŜűă 2₹ ₹ʎű LJI·ℕI·YˆŜűŜℕă ₹2ℕ ō2űK YˆƧŘŜfă I·ℕŜ LJℕ2ØʎŘŜŘ ʎyˆ ¢I·ōfŜ {м¢ ¢KŜ Ǝ22Ř I·ƎℕŜŜYˆŜyű ōŜűǿŜŜyˆ

ůKŜ ØI·fdzŜă 2Ŧ $\mathcal{H}_{so}^{elec}$ ŘŜǋλØŜŘ Ŧǋ2Ƴ λyŘŜLJŜyŘŜyű Ŧλűă ű2 ůKŜ ŘI·űI· Ŧ2ǋ ůKŜ űø2 λă2ű2LJ2ƳŜǋă óтом¢р ǑƳ™ Ŧ2ǋ / I L I·yŘ том¢л ǑƳ™ Ŧ2ǋ / 5Lú ∃λØŜă dză Ŏ2yŦλŘŜyŎŜ λy ůKŜ I·LJLJǋ2I·ŎK¢

!y I·yΊ·fèăλă 2Ŧ ůKŜ ŜλƎŜyØŜŎű2ǋă ǋŜűdzǋyŜŘ ŦǋƎƳ ůKŜ Ŧλűă èλŜfŘă I·ŘŘλűλ2yΊ·f λyŦ2ǋƳI·űλ2y 2y ůKŜ ăűǋŜyƎűK 2Ŧ I·yŘ ăŜfŜŎűλØλűè λy Ŏ2dzLJfλyƎ 2Ŧ ůKŜ ăλyƎfŜű I·yŘ űǋλLJfŜű fŜØŜfă¢ C2ǋ ŜȀI·ƳLJfŜΣ λy / I L ůKŜ ŜλƎŜyăűI·űŜ I·ű мтрп ǑƳ™ Ŏ2yűI·λyă ч фо¢ŦΣ ŎKI·ǋI·ŎűŜǋ 2Ŧ {л óоΣлΣлóΣ λyŘλŎI·űλyƎ ůKI·ű ůKλă fŜØŜf λă 2yfè øŜI·ʅfè ƳλȀŜŘ øλůK ōI·Ŏʅ∃ǋ2dzyŘ űǋλLJfŜű fŜØŜfă¢ Ly Ŏ2yűǋI·ăűΣ ůKŜ fŜØŜf I·ű мрун ǑƳ™ Ŏ2yűI·λyă ч тŦΣ ŎKI·ǋI·ŎűŜǋ 2Ŧ ůKŜ űǋλLJfŜű 2ǋλƎλyΣ λyŘλŎI·űλyƎ Ƴ2ǋŜ ăλƎyλŦλŎI·yű ƳλȀλyƎ¢ ¢Kλă λă Ŏ2yăλăűŜyű øλůK 2dzǋ ŜȀLJŜŎűI·űλ2y óCλƎdzǋŜ пú ůKI·ű fŜØŜfă Ŏ2yűI·λyλyƎ ōŜyŘλyƎ ŜȀŎλűI·űλ2y I·ǋŜ ůKŜ Ƴ2ăű ăűǋ2yƎfè LJŜǋűdzǋōŜŘΣ ŘdzŜ ű2 ůKŜλǋ fI·ǋƎŜǋ ØλōǋI·űλ2yΊ·f 2ØŜǋfI·LJ øλůK ůKŜ űǋλLJfŜű fŜØŜfă¢

¢dzǋyλyƎ ű2 ōǋ2Ƴ2ŎI·ǋōŜyŜΣ[нп] 2dzǋ λyλűλI·f ăűdzŘλŜă 2Ŧ / I . ǋ ǋŜLJ2ǋűŜŘ I· Ŧλű 2Ŧ ůKŜ 2ōăŜǋØŜŘ ăλyƎfŜű fŜØŜfă ű2 I· ăλƳLJfŜ 5dzyΊKI·Ƴ ŜȀLJI·yăλ2yΣ[нп] øKλŎK èλŜfŘŜŘ I· a ! 5 2Ŧ мс ǑƳ™Σ ăλƎyλŦλŎI·yűfè fI·ǋƎŜǋ ůKI·y 2dzǋ ŜȀLJŜǋλƳŜyűI·f dzyŎŜǋűI·λyűè 2Ŧ нςп ǑƳ™¢ ¢KλăΣ 2Ŧ Ŏ2dzǋăŜΣ ǋŜŦfŜŎűă ůKŜ λyŦfdzŜyŎŜ 2Ŧ ăLJλyπ2ǋōλű Ŏ2dzLJfλyƎ¢ I ŜǋŜΣ øŜ Ŧλű I· ű2űI·f 2Ŧ оу / I . ǋ fŜØŜfă 2ōăŜǋØŜŘ ōè {±[ŜƳλăăλ2y ű2 I· a ! 5 2Ŧ о¢п ǑƳ™ dzăλyƎ *Y2ŘŜf м*Σ ƳdzŎK λƳLJǋ2ØŜŘ I·yŘ y2ø 2y ůKŜ 2ǋŘŜǋ 2Ŧ 2dzǋ ŜȀLJŜǋλƳŜyűI·f dzyŎŜǋűI·λyűè¢ *a2ŘŜf н* ǋŜűdzǋyă I· a ! 5 2Ŧ р¢т ǑƳ™¢ ! ŘŜűI·λfŜŘ fλyŜ fλăű λă LJǋ2ØλŘŜŘ λy ¢I·ōfŜ {о λy ůKŜ ădzLJLJ2ǋűλyƎ λyŦ2ǋƳI·űλ2yΣ øKλfŜ ¢I·ōfŜ {п fλăűă ůKŜ ŘŜǋλØŜŘ Ŧλű LJI·ǋI·ƳŜűŜǋă¢ 5dzŜ ű2 ůKŜ ăƳI·ffŜǋ ăLJλyπ2ǋōλű Ŏ2dzLJfλyƎΣ I· fI·ǋƎŜǋ óōdzű ăűλff λyŎ2ƳLJfŜűŜú ăŜű 2Ŧ I·yΊKI·ǋƳ2yλŎλűè LJI·ǋI·ƳŜűŜǋă øI·ă dzăŜŘ¢ ¢KŜ ŘŜǋλØŜŘ KI·ǋƳ2yλŎ ŦǋŜǉdzŜyŎλŜă Ŧ2ǋ / I . ǋ I·yŘ / 5 . ǋ I·ǋŜ ăK2øy λy ¢I·ōfŜ LLL Ŧ2ǋ ō2űK ůKŜ ăλyƎfŜű I·yŘ űǋλLJfŜű ŜfŜŎűǋ2yλŎ ăűI·űŜă¢ ¢KŜ I·ƎǋŜŜƳŜyű ōŜűøŜŜy ůKŜ aw/LπCмн I·yŘ / / { 5ó¢úπCмнō ØI·fdzŜă I·yŘ ůKŜ ǋŜădzfűă 2Ŧ *Y2ŘŜf н* I·ǋŜ LJI·ǋűλŎdzfI·ǋfè ∃22Ř Ŧ2ǋ ůKŜ űǋλLJfŜű ăűI·űŜ¢ ¢KŜ aw/LπCмн Ƴ ŜűK2Ř

l·fă2 LJŜ₦₮2₦Y ă ǿŜtf 2y ŭKŜ ăλyƎfŜűΣ ǿKλfŜ ŭKŜ / /{5ó¢úπCмн Ø1·fdzŜ ₮2₦ ŭKŜ /π I ăűŜűÕK λă ăλƎy₮λÕl·yűfè KλƎKŜ₦ ŭKl·y ŭKŜ ₮λűűŜŘ Ø1·fdzŜ óY2ŘŜf нú¢ ¢KŜ .o[¸t Ø1·fdzŜă l·₦Ŝ λy Õf2ăŜ l·Ǝ₦ŜŜYŜyű ǿλűK ŭKŜ Õ2₦₦ŜăLJ2yŘλyƎ ₮λű ₮2₦ *Y2ŘŜf м* l·yŘ l·fă2 λy ₦l·ŭKŜ₦ Õf2ăŜ l·Ǝ₦ŜŜYŜyű ǿλűK ŭKŜ aw/LπCмн ₦Ŝădztűă¢ ¢KŜ ŘŜ₦λØŜŘ $\mathcal{H}_{so}^{elec}$ ǿl·ă орп¢o ÕY™Σ l·yŘ ú₦λLJfŜű űŜ₦Y ŜyŜ₦Ǝè λă нлрф¢c ÕY™ dzăλyƎ *Y2ŘŜf м*Σ ăλYλfl·₦ ű2 ŭKl·ŭ óнлос¢лú 2ōűl·λyŜŘ dzăλyƎ *Y2ŘŜf н¢* C2₦ /5.₦Σ l· ₮λű ű2 пм fŜØŜfă ŘŜ₦λØŜŘ ₮₦2Y {±[ŜYλăăλ2y ăLJŜÕú₦l·ᴴᴾ ₦Ŝădztű ŜŘ λy l· o¢н ÕY™ a!5 l·yŘ Ǝl·ØŜ $\mathcal{H}_{so}^{elec}$ Γ орл¢ф ÕY™ l·yŘ l· ú₦λLJfŜű űŜ₦Y ŜyŜ₦Ǝè 2₮ нлту¢п ÕY™ dzăλyƎ *Y2ŘŜf м* l·yŘ l· a!5 2₮ п¢c ÕY™ l·yŘ ú₦λLJfŜű űŜ₦Y ŜyŜ₦Ǝè 2₮ нлсо¢п ÕY™ dzăλyƎ *Y2ŘŜf н¢* !Ǝl·λy ŭKŜ Õ2yãλăűŜyŏè 2₮ ŭKŜ ŘŜ₦λØŜŘ {hπÕ2dzLJfλyƎ Õ2yãűl·yűă ₮2₦ ŭKŜ ű ǿ2 λă2ű2LJ2YŜ₦ă ƎλØŜă dză Õ2y₮λŘŜyŏŜ λy ŭKŜ LJ₦2ÕŜŘdz₦Ŝ¢

¢2 KŜfLJ Øλădzl·fλÎŜ ŭKŜ yl·ŭdz₦Ŝ 2₮ ŭKŜ ăLJλyℼ2₦ōλű Õ2dzLJfλyƎ λy ŭKλă ăèăűŜYΣ CλƎdz₦Ŝ p ŘλăLJfl·èă ŜyŜ₦Ǝè fŜØŜf ŘλI·Ǝ₦l·Yă ₮2₦ / l .₦ λy ŭKŜ ₦ŜƎλ2y отлл ç пфлл ÕY™ l·õ2ØŜ ŭKŜ Ǝ₦2dzyŘ ăűl·ŭŜ¢ C2dz₦ ăŜűă 2₮ fŜØŜfă l·₦Ŝ ăK2ǿyϒ Õl·fÕdzfl·ŭŜŘ {л fŜØŜfă ǿλűK2dzű Õ2yãλŘŜ₦l·ŭλ2y 2₮ ăLJλyℼ2₦ōλű Õ2dzLJfλyƎ ó₮l·₦ fŜ₮ŭúΣ Õl·fÕdzfl·ŭŜŘ fŜØŜfă 2₮ LJ₦λYl·₦λfè ăλyƎfŜű ÕKl·₦l·ÕűŜ₦ λyŏfdzŘλyƎ ŭKŜ Ŝ₮₮ŜÕűă 2₮ ăLJλyℼ2₦ōλű Õ2dzLJfλyƎ óYλŘŘfŜ fŜ₮ŭúΣ 2ōăŜ₦ØŜŘ fŜØŜfă óYλŘŘfŜ ₦λƎKűúΣ l·yŘ Õl·fÕdzfl·ŭŜŘ fŜØŜfă 2₮ LJ₦λYl·₦λfè ú₦λLJfŜű ÕKl·₦l·ÕűŜ₦ λyŏfdzŘλyƎ ŭKŜ Ŝ₮₮ŜÕűă 2₮ ăLJλyℼ2₦ōλű Õ2dzLJfλyƎ ó₮l·₦ ₦λƎKűú¢ ¢KŜ ăKλ₮űă λy fŜØŜf LJ2ăλűλ2yã ŘdzŜ ű2 ăLJλyℼ2₦ōλű Õ2dzLJfλyƎ l·₦Ŝ ljdzλűŜ 2ōØλ2dzăΣ l·yŘ úèLJλÕl·ffè fl·₦ƎŜΣ 2y ŭKŜ 2₦ŘŜ₦ 2₮ űŜyã 2₮ ÕY™¢ ¢Kλă CλƎdz₦Ŝ l·fă2 ăK2ǿă ŭKl·ŭΣ ǿKλfŜ l·ff ăλyƎfŜű fŜØŜfă LJ₦ŜăŜyű λy ŭKλă ₦ŜƎλ2y l·₦Ŝ λy ₮l·Õű 2ōăŜ₦ØŜŘΣ 2yfè l· ăYl·ff ₮₦l·Õűλ2y óKŜ₦Ŝ нкс Γ оǫ̂ ú 2₮ ŭKŜ ōl·Õ]Ǝ₦2dzyŘ ú₦λLJfŜű fŜØŜfă l·₦Ŝ 2ōăŜ₦ØŜŘ ŜÈLJŜ₦λYŜyűl·ffè¢

¢dz₦yλyƎ y2ǿ ű2 / l ᵒᵖ /fΣ l· óY2ŘŜf мú ₮λű ű2 po fŜØŜfă ŘŜ₦λØŜŘ ₮₦2Y {±[ŜYλăăλ2yᴴᵒΣ ʜc l·yŘ {9tᵒᵒΣ ᵀᴴ YŜl·ădz₦ŜYŜyűă èλŜfŘŜŘ l· a!5 2₮ н¢м ÕY™Σ ǿKλÕK λă l· Y2₦Ŝ ŭKl·y ŭǿ2π₮2fŘ

YŜűK2Řă LJŜNŦ2NY ăλƎyλŦλŎl·yűfè ōŜűűŜN űKl·y .o[¸t ØKλŎK LJN2ŘdzŎŜă ă2YŜ fl·NƎŜN ŘλăŎNŜLJl·yŎλŜăφ

² λűK űKŜ ŦλűăŦ2N /ló5ú· ó·Ґ/fΣ .NΣ Lú Ŏ2YLJfŜűŜŘΣ ØŜ l·NŜ y2ø λy l· LJ2ăλűλ2y űƨ ŜÈl·YλyŜ LJŜNλ2ŘλŎ úNŜyŘă λy űKŜ Řl·úl·φ ¢l·ōfŜ ± ădzYYl·NλÎŜă 2dzN ŦλyŘλyƎă 2y űKŜ ăλyƎfŜűπ úNλLJfŜű ŜyŜNƎè Ƨl·LJăφ ² λűK űKŜ ŜÈŎŜLJűλ2y 2Ŧ /lL l·yŘ /5LΣ űKŜ ŘŜNλØŜŘ Ƨl·LJă l·NŜ y2ű ădzōăűl·yűλl·ffè ŘλŦŦŜNŜyű ŦN2Y űK2ăŜ LJNŜØλ2dzăfè ŜăűλYl·ûŜŘφᵠ ¢KŜ yŜø Øl·fdzŜ Ŧ2N /lL Ŏ2NNŜăLJ2yŘă űƨ l· Ƨl·LJ 2Ŧ oφφн]Ŏl·fkY2fΣ 2N мcφпн]WκY2f dzăλyƎ *Y2ŘŜf нΣ* ØKλŎK Ŏl·y ōŜ Ŏ2YLJl·NŜŘ øλűK l· Øl·NλŜűè 2Ŧ űKŜ2NŜűλŎl·f LJNŜŘλŎűλ2yãφ ¢2ăŎl·y2 l·yŘ Ŏ2πø2N]ŜNă LJNŜŘλŎű l· Ƨl·LJ 2Ŧ мpφp]WκY2f dzăλyƎ űKŜ fλySl·N Ŏ2Yōλyl·ûλ2y 2Ŧ Dl·dzăăλl·yπűèLJŜ 2NōλűI·tπf2Ŏl·f ălJλy ŘŜyãλúè YŜűK2Řᵠᵖᵒ bƎdzèŜy l·yŘ Ŏ2πø2N]ŜNă LJNŜŘλŎű l· Øl·fdzŜ 2Ŧ муφy]WκY2f l·ű űKŜ //{5ó¢úкcποммЬьDóoŘŦΣнLJú fŜØŜfΣⁿᶜ ØKλŎK λă 2Ŧ λyűŜNŜăű ōŜŎl·dzăŜ űKŜ ăl·YŜ fŜØŜf 2Ŧ úKŜ2NèdzyŘŜNLJNŜŘλŎűă űKŜ Ƨl·LJ λy /l.N ōè Ч p]WκY2fφ hűKŜN 5C¢ Ŏl·fŎdzfl·ûλ2yã Kl·ØŜ ōŜŜy NŜLJ2NűŜŘ Ŧ2N /lLΣ ØKλŎK ƎŜyŜNl·ffè 2ØŜNŜăűλYl·ûŜ ûKŜ Ƨl·LJφᵖᵠ lŜNŜ l·ă fλăűŜŘ λy¢l·ōfŜ ±Σ ØŜ 2ōűl·λy ØŜNè ăλYλfl·N Øl·fdzŜă Ŧ2N ûKŜ aw/LπCмн l·yŘ //{5ó¢úπCмнō YŜűK2Řă ómpφp l·yŘ мpφн]WκY2f NŜăLJŜŎűλØŜfèúφ .2űK Øl·fdzŜă l·NŜ Ŏf2ăŜ ű2 ûKŜ ŜÈLJŜNλYŜyűl·f Ŧλű l·yŘ ûKŜ ŜÈLJfλŎλúfè Ŏ2NNŜfl·ûŜŘ //{5ó¢úπCмнō Øl·fdzŜ λă YdzŎK Ŏf2ăŜN ûKl·y ûKŜ LJNŜØλ2dză ăűl·yŘl·NŘ //{5ó¢ú Øl·fdzŜ 2Ŧ bƎdzèŜyφ C2N /l.N l·yŘ /l/fΣ Ŏ2YLJl·NλyƎ ûKŜ ŜÈLJŜNλYŜyűl·f Ŧλű Øl·fdzŜă øλűK ûKŜ Ŏl·fŎdzfl·ûŜŘ Øl·fdzŜă λy¢l·ōfŜ ±Σ λű l·LJLJŜl·Nă ûKl·ú ō2ûK ŜÈLJfλŎλúfè Ŏ2NNŜfl·ûŜŘ YŜűK2Řă LJNλ2ŘdzŎŜ ØŜNè l·ŎŎdzNl·ûŜ l·yŘ NŜfλl·ōfŜ LJNŜŘλŎűλ2yãΣ øλűK ûKŜ aw/LπCмн YŜűK2Ř ăfλƎKúfè LJNŜŦŜNNŜŘφ

CλƎdzNŜ c ăK2øă ûKŜ Ŏ2NNŜfl·ûλ2y ōŜűøŜŜy ûKŜ ŘŜNλØŜŘ Kl·f2Ŏl·NōSyŜ ălJλy 2NōλűŎ2dzLJfλyƎ Ŏ2yãűl·yűă l·yŘ ûK2ăŜ 2Ŧ ûKŜ Ŏ2NNŜălJ2yŘλyƎ Kl·f2ƎŜy l·ű2Yφ ! ăúNλ]λyƎ fλySl·N Ŏ2NNŜfl·ûλ2y λă 2ōăŜNØŜŘΣ øKλŎK øKŜy Ŧλű øλűK l· ŦλÈŜŘ λyűŜNŎŜLJű 2Ŧ л èλŜfŘă l· ăf2LJŜ 2Ŧ

лΦмппóнúΦ ¢Kλă λyŘλŎl·ûŜă ûKl·ű λy ûKŜ Kl·f2Ŏl·₪ōŜySă ûKŜ ăLJλyπ2₪ōλű Ŏ2dzLJfλyЭ λă ăλЭyλŦλŎl·yűfè IjdzŜyŎKŜŘ ǿλűK ₪ŜăLJŜŎű ű2 ûKŜ Ŏ2₪₪ŜăLJ2yŘλyЭ Kl·f2ЭŜy l·ű2Y Lű l·fă2 KŜfLJă ű2 ŜÈLJfl·λy ǿKè ăLJλyπ2₪ōλű LJŜ₪Űdz₪ōl·ûλ2yã ǿŜ₪Ŝ y2ű 2ōăŜ₪ØŜŘ λy 2dz₪ ăŰdzŘλŜă 2Ŧ Ŧfdz2₪2Ŏl·₪ōŜySTO ç ûKŜ LJ₪ŜŘλŎűŜŘ $\mathcal{H}_{so}^{elec}$ λy ûKλă Ŏl·ăŜ λă Ч⊓л ŎY™Φ

L±Φ /hb/[¦{Lhb{

Ly ûKλă ǿ2₪ l· Ǝf2ōl·f l·yl·fèăλă 2Ŧ ăLJλyπ2₪ōλű Ŏ2dzLJfλyЭ λy ûKŜ Y2y2Kl·f2Ŏl·₪ōŜySă / l ó5ú· ó· Γ /fΣ .₪Σ Lú λă ₪ŜLJ2₪ûŜŘΦ 9yŜ₪ЭλŜă l·yŘ l·yKl·₪Y2yλŎ Ŧ₪ŜIjdzŜyŎλŜă Ŧ2₪ ûKŜ f2ǿŜăű ăλyЭfŜű ó{ⱡú l·yŘ ű₪λLJfŜű ó¢ₘú ădz₪Ŧl·ŎŜă 2Ŧ ûKŜ Kl·f2Ŏl·₪ōŜySŜ ăŜ₪λŜă l ó5ú/· ó· Γ /fΣ .₪Σ Lú Kl·ØŜ ōŜŜyŎ2YLJdzűŜŘ l·ű ûKŜ aw/LπCмнΣ //{5ó¢úπCмн l·yŘ .o[¸t fŜØŜfă ǿλűK ōl·ăλă ăŜű l·ă fl·₪ЭŜ l·ă ûKŜ ±v½πCмн l·yŘ ±v½πt tπCмнΦ ¢KŜ Yl·ЭyűdzŘŜă l·yŘ ЭŜ2YŜú₪è ŘŜLJŜyŘŜyŎŜă 2Ŧ ûKŜ ăLJλyπ 2₪ōλű Ŏ2dzLJfλyЭă ǿŜ₪Ŝ ŜÈLJf2₪ŜŘΦ ¢KŜ Ŏ2dzLJfλyЭă ǿŜ₪Ŝ Ŏ2YLJdzűŜŘ l·yŘ Ŧλű λyű2 ădz₪Ŧl·ŎŜă ǿKλŎK LJŜ₪YλűŜØl·fdzl·ûλ2y 2Ŧ {hπŎ2dzLJfλyЭ Yl·ú₪λÈ ŜfŜYŜyűăΦ ¢Kλă LJŜ₪YλűûŜŘ l· Ŏ2YLJl·₪ă2y ōŜűǿŜŜy űǿ2 Y2ŘŜfăΦ Cλ₪ăű óY2ŘŜf мύΣ ǿλűKλy l· ŘλI·ōl·ûλŎ ú₪Ŝl·ûYŜyű ǿKλŎK ăŜLJl·₪l·ûŜă ûKŜ ăLJλyπ2₪ōλű Yl·ú₪λÈ ŜfŜYŜyűă λyű2 l· LJdz₪ŜfÈ ŜfŜŎú₪2yλŎ Ŏ2yú₪λōdzűλ2y l·yŘ l· ydzŎfŜl·₪ Ŏ2YLJ2yŜyú ₪ŜLJ₪ŜăŜyűλyЭ ûKŜ ØλōЭl·ûλ2yl·f 2ØŜ₪fl·LJ 2Ŧ ûKŜ ăλyЭfŜű l·yŘ ű₪λLJfŜű ǿl·ØŜŦdzyŎúλ2yãΣ ǿŜ úЭŜl·ûŜŘ ûKŜ Ŧ2₪YŜ₪ l·ă l· Ŧλű LJl·₪l·YŜûŜ₪Σ ǿKλfŜ ûKŜ fl·ûűŜ₪ ǿŜ₪Ŝ Ŏl·fŎdzfl·ûŜŘ dzăλyЭ ₪Ŝădztűă Ŧ₪2Y ŜfŜŎú₪2yλŎ ăú₪dzŎűdz₪Ŝ ûKŜ2₪èΦ ¢KŜăŜ ǿŜ₪Ŝ λyŎ2₪LJ2₪l·ûŜŘ λy l· fŜl·ăű ăljdzl·₪Ŝă Ŧλű ű2 ŜÈLJŜ₪λYŜyűl·f Řl·úl· Ŧ₪2Y {±[ŜYλăăλ2y l·yŘ {9t ŜÈLJŜ₪λYŜyűăΦ C2₪ Y2ŘŜf нΣ ûKŜ Ŧdztf ăLJλyπ 2₪ōλű Yl·ú₪λÈ ŜfŜYŜyűă ǿŜ₪Ŝ ŜØl·fdzl·ûŜŘ ōè λyűŜЭ₪l·ûλyЭ 2ØŜ₪ ûKŜ Ŧλűű ŜŘ ădz₪Ŧl·ŎŜăΦ Ly l·ft Ŏl·ăŜăΣ Ŧ2₪ ō2úK Y2ŘŜfăΣ ûKŜ YŜl·y l·ØŜ₪l·ЭŜ ŘŜØλl·ûλ2y ǿl·ă Ŏ2YLJl·₪l·ōfŜ ű2 ûKŜ ŜÈLJŜ₪λYŜyűl·f dzyŎŜ₪űl·λyúèΣ l·yŘ ûKλă ǿ2₪ⱡ Kl·ă ₪ŜădztűŜŘ λy l· ydzYōŜ₪ 2Ŧ yŜǿ l·ăăλЭyYŜyűăΣ ű2ЭŜűKŜ₪ ǿλúK λYLJ₪2ØŜŘ ŜăűλYl·ûŜă 2Ŧ ûKŜ ăλyЭfŜűπú₪λLJfŜű Эl·LJă l·yŘ ûKŜ Ŧλ₪ăű Ǝf2ōl·f ŜÈLJŜ₪λYŜyűl·f

λуғ2ℕY l·ΰλ2y 2y ΰKŝ ăLJλyπ2ℕōλΰ Ŏ2dzLJfλy∃ Ŏ2yğΰl·yΰă¢Kŝ ŘŝℕλØŝŘ $\mathcal{H}_{so}^{elec}$ ₸ℕ2Y Y2Řŝf м ăK2ø l· ∃Ƨ2Ř Ŏ2ℕℕŝfl·ΰλ2y øλΰK ΰK2ăŝ 2ғ ōl·ℕŝ Kl·f2∃Ŝy l·ΰ2YăΣ øλΰK ΰKŝ l·ΰ2YλŎ ăLJλyπ2ℕōλΰ Ŏ2dzLJfλy∃ λă IjdzŜyŎKŝŘ ΰ2 l·ō2dzΰ мɛ̂ ̧ λyΰKŝ Kl·f2Ŏl·ℕōŝyŝă¢

! / Ybh ² [95D9 a 9b¢{

{ ! w l·Ŏ]y2øfŝŘ∃Ŝă ₸dzyŘλy∃ 2ғ ΰKλă ø2ℕ] ōè ΰKŝ bl·ΰλ2yl·f {ŎλŜyŎŝ C2dzyŘl·ΰλ2y

ó / l 9πмлртфрмΣ / l 9πлтмтфсл l·yŘ / l 9πлорорфс ΰ2 {¢w¢ú l·yŘ ó / l 9πмоллфпр ΰ2 w¢5¢ú¢

w9C9w9b / 9{

м¢ l ¢ a ¢ [¢ 5l·ØλŜăΣ ¢¢ l l·yãŜy l·yŘ a ¢ w¢ / KdzℕŎKλffΣ W2dzℕyl·f 2ғ ΰKŝ ! Y ŝℕλŎl·y / KŜYλŎl·f {2ŎλŜΰè **мнн** ómoúΣ олсоπолтл óнллúó¢

н¢ 5¢ [¢ {¢ . ℕl·KYă l·yŘ ² ¢ t¢ 5l·λfŜèΣ / KŜYλŎl·f wŜØλŜøă **фс** órúΣ мрурπмсон ómффсú¢

о¢ ! ¢ a ¢ 5Ŝl·y l·yŘ W¢ ² ¢ . 2ÎÎŜffλΣ ó{LJℕλyƎŜℕ bŜø ¸ 2ℕ]Σ нллúΣ LJLJ¢ / Kl·LJΰŝℕ н¢

п¢ C¢ ! ¢ / l·ℕŜè l·yŘ W¢ {dzyŘōŜℕ∃Σ *! ŘØl·yŎŜŘ hℕ∃l·yλŎ /KŜYλăΰℕè¢* ó{LJℕλyƎŜℕΣ bŜø ¸ 2ℕ]Σ мффлú¢

р¢ a ¢ 5¢ {dzΣ W2dzℕyl·f 2ғ tĸèăλŎl·f / KŜYλăΰℕè **млл** ómмúΣ пооφππопφ ómффсú¢

с¢ {¢ ! ¢ 5ℕl·]ŜΣ W¢ a ¢ {ΰl·yŘl·ℕŘ l·yŘ w¢ ² ¢ vdzl·yŘΰΣ W2dzℕyl·f 2ғ tĸèăλŎl·f / KŜYλăΰℕè ! **млс** ótúΣ мортπмосп óнллнú¢

т¢ w¢ ! ¢ a 2ăăΣ a ¢ {¢ tfl·ΰÎ l·yŘ W¢ a ¢ W2ySăΣ ó ² λfŜèπLyΰŜℕăŎλŜyŎŜΣ l 2ō2]ŜyΣ bWΣ нллпú¢

у¢ w¢ 5l·øŜăΣ ! ¢ ² ¢ Wl·ăLJŜℕΣ / ¢ ¢l·2Σ / ¢ ! ¢ wλŎKY2yŘΣ / ¢ adz]l·ℕl·]l·ΰŜΣ {¢ l ¢ Yl·ōfŝ l·yŘ {¢ ! ¢ wŜλŘΣ W¢ tĸèă¢ / KŜY¢ [Ŝΰΰ¢ **м**Σ спмπспс онлмлú¢

ф¢ {¢ l ¢ Yl·ōfŜΣ {¢ ! ¢ wŜλŘ l·yŘ ¢¢ W¢ {Ŝl·ℕăΣ Lyΰ¢ wŜØ¢ tĸèă¢ / KŜY¢ **ну**Σ порππул онллфú¢

мл¢ D¢ . ¢ . l·Ŏă]l·èΣ W2dzℕyl·f 2ғ tĸèăλŎl·f / KŜYλăΰℕè ! **ммп** óooúΣ уснрπусол онлмлú¢

мм¢ l ¢ Cl·yΣ L¢ L2yŜăŎdzΣ / ¢ ! yySăfŜè l·yŘ {¢ ! ¢ wŜλŘΣ / KŜY¢ tĸèă¢ [Ŝΰΰ¢ **оту**Σ рпуπррн онллоú¢

мнф .ф /ф /KI·yЭ I·yŘ ¢ф Wф {ŜI·ℕăΣ W2dzℕyЛ·f 2Ŧ /KŜY˙λŎI·f tĸЄăλŎă **млр** ócúΣ нморπнмпл ómффcúф

моф aф 5ŜăŜfyλŎdzΣ /ф ¢I·2Σ /ф adzʅI·ℕJI·ʅI·űŜ I·yŘ {ф !ф wŜλŘΣ W2dzℕyЛ·f 2Ŧ /KŜY˙λŎI·f tĸЄăλŎă **мнп** ómoú óнллcúф

мпф Iф ¸ф CI·yΣ Lф L2ySăŎdzΣ /ф !yýŜătŜЄΣ Wф /dzY˙Y˙λyãΣ aф .2ø$ℕăΣ Wф ·λy˙I·yŘ {ф !ф wŜλŘΣ W2dzℕyЛ·f 2Ŧ tĸЄăλŎI·f /KŜY˙λăűℕЄ ! **млу** ómtúΣ отонпотоу óнллпúф

мрф Dф 9ф I I·ffΣ ¢ф Wф {ŜI·ℕă I·yŘ Iф Dф ¸dzΣ W2dzℕyЛ·f 2Ŧ a2fŜŎdzfI·ℕJ {LJŜŎűℕ2ăŎ2LJè **нор** ómúΣ мнрπмом óнллcúф

мсф tф LY˙ĸ2Ŧ I·yŘ Yф YfŜλySℕY˙I·yýãΣ /KŜY˙λŎI·f tĸЄăλŎă **нтл** ómúΣ ннтпнос óнллмúф

мтф Lф L2ySăŎdzΣ Iф ¸ф CI·yΣ 9ф L2ySăŎdz I·yŘ {ф !ф wŜλŘΣ W2dzℕyЛ·f 2Ŧ /KŜY˙λŎI·f tĸЄăλŎă **мнм** ómuúΣ yутпπуутф óнллпúф

муф Yф Yф LℕλʅdzℕJI·Σ ² ф !ф D2ŘŘI·ℕŘ I·yŘ Wф [ф .ŜI·dzŎĸI·Y˙LJΣ W2dzℕyЛ·f 2Ŧ űĸŜ !Y˙ŜℕλŎI·y˙ /KŜY˙λŎI·f {2ŎλŜűЄ **ммп** ómúΣ пуπрм ómффнúф

мфф !ф wф ² ф aŎʅŜftI·ℕΣ tф wф .dzyʅŜℕΣ ¢ф Wф {ŜI·ℕăΣ Yф aф 9ØŜyã2y˙I·yŘ {ф wф [I·yЭĸ2ŦŦΣ .dzffŜűλy˙5Ŝă {2ŎλŜűŜă /KλY˙λIjdzŜă .ŜfЭŜă **фн** ócπtúΣ пффпрлл ómфуoúф

нлф /ф ¢I·2Σ aф 5ŜăŜfyλŎdzΣ /ф adzʅI·ℕJI·ʅI·űŜ I·yŘ {ф !ф wŜλŘΣ Wф /KŜY˙ф tĸЄăф **мнр**Σ лфполрклфполф óнллcúф

нмф Wф aф {űI·yŘI·ℕŘΣ wф Wф {űŜλŘfΣ aф /ф .ŜŜŎĸŜℕ I·yŘ wф ² ф vdzI·yŘűΣ W2dzℕyЛ·f 2Ŧ tĸЄăλŎI·f /KŜY˙λăűℕЄ ! **ммр** ótúΣ мнпоπмнпф óнлммúф

ннф Iф CI·yΣ /ф adzʅI·ℕJI·ʅI·űŜΣ aф 5ŜăŜfyλŎdzΣ /ф ¢I·2 I·yŘ {ф !ф wŜλŘΣ Wф /KŜY˙ф tĸЄăф **мно**Σ лмпомпклмпомт óнллрúф

ноф /ф ¢I·2Σ /ф adzʅI·ℕJI·ʅI·űŜ I·yŘ {ф !ф wŜλŘΣ Wф /KŜY˙ф tĸЄăф **мнп**Σ ннпомпкннпомм óнллcúф

нпф aф 5ŜăŜfyλŎdzΣ /ф ¢I·2Σ /ф adzʅI·ℕJI·ʅI·űŜ I·yŘ {ф !ф wŜλŘΣ Wф /KŜY˙ф tĸЄăф **мнп**Σ мополнкмопомм óнллcúф

нрф /ф ¢I·2Σ /ф 9ōōI·yΣ Iфπ¢ф Y2 I·yŘ {ф !ф wŜλŘΣ tĸЄăф /KŜY˙ф /KŜY˙ф tĸЄăф **мл**Σ слфлπслфн óннлуúф

нсф /ф ¢I·2Σ /ф adzʅI·ℕJI·ʅI·űŜ I·yŘ {ф !ф wŜλŘΣ Wф a2f {LJŜŎűℕф **нпм**Σ мпоπмрл óнллтúф

нтф ² фπ½ф /KI·yЭΣ Iфπ Wф Iădz I·yŘ .фπ/ф /KI·yЭΣ /KŜY˙ф tĸЄăф [ŜűűФ **пмо**Σ нрπол óнллрúф

ну¢ /¢π ² ¢ /ЌŜуΣ ₵¢π/¢ ₵ăl·λ l·уŘ .¢π/¢ /Ќl·уƎΣ /ЌŜY¢ tЌѐă¢ [Ŝΰΰ¢ **опт**Σ тоπту óнллмύ¢

нф¢ ₵¢π{¢ ₵ăl·λΣ /¢π ² ¢ /ЌŜу l·уŘ .¢π/¢ /Ќl·уƎΣ W¢ /ЌŜY¢ tЌѐă¢ **ммр**Σ тссπттм óнллмύ¢

ол¢ /¢π[¢ [ŜŜΣ a¢π[¢ [λdz l·уŘ .¢π/¢ /Ќl·уƎΣ W¢ /ЌŜY¢ tЌѐă¢ **ммт**Σ онсоπонсу óнллнύ¢

ом¢ /¢π[¢ [ŜŜΣ a¢π[¢ [λdz l·уŘ .¢π/¢ /Ќl·уƎΣ tЌѐă¢ /ЌŜY¢ /ЌŜY¢ tЌѐă¢ **р**Σ оурфπоусо óнллоύ¢

он¢ /¢π{¢ [λуΣ ¸¢π9¢ /ЌŜу l·уŘ .¢π/¢ /Ќl·уƎΣ W¢ /ЌŜY¢ tЌѐă¢ **мнм**Σ пмспππмтл óнллпύ¢

оо¢ /¢ ₵l·2Σ /¢ adz⌉l·ℕl·⌉l·ΰŜΣ ½¢ ₵Ŝℕℕl·уƵØl·Σ /¢ 9ōōl·уΣ w¢ l¢ WdzŘƎŜ l·уŘ {¢ !¢ wŜλŘΣ W¢ /ЌŜY¢ tЌѐă¢ **мнф**Σ млполфкмлполу óнллуύ¢

оп¢ /¢ adz⌉l·ℕl·⌉l·ΰŜΣ /¢ ₵l·2Σ /¢ 5¢ W2ℕŘl·уΣ ² ¢ C¢ t2fλ⌉ l·уŘ {¢ !¢ wŜλŘΣ W¢ tЌѐă¢ /ЌŜY¢ ! **ммн**Σ пссππтм óнллуύ¢

ор¢ /¢ ² ¢ .l·dzăÖKfλÖKŜℕ WℕØΣ WℕØΣ l¢ C¢ {ÖKl·ŜŦŜℕ LLL l·уŘ t¢ {¢ .l·Ǝdză2Σ W¢ ! Y¢ /ЌŜY¢ {2Ö¢ **ффф** óннύΣ тмлсπтммл óмфттύ¢

ос¢ 9¢ !¢ /l·ℕΰŜℕ l·уŘ ² ¢ !¢ D2ŘŘl·ℕŘ LLLΣ W¢ tЌѐă¢ /ЌŜY¢ **фм** óмуύΣ псрмππсрн óмфутύ¢

от¢ 9¢ !¢ /l·ℕΰŜℕ l·уŘ ² ¢ !¢ D2ŘŘl·ℕŘ LLLΣ W¢ /ЌŜY¢ tЌѐă¢ **уу** óоύΣ мтрнπмтсо óмфууύ¢

оу¢ C¢πΰ¢ /Ќl·dzΣ 5¢ Y¢ ² ¢ a2⌉Σ 9¢ t¢ C¢ [ŜŜ l·уŘ W¢ a¢ 5ѐ⌉ŜΣ /ЌŜY¢ tЌѐă¢ /ЌŜY¢ **с** óмлύΣ нлотπнлпр óнллрύ¢

оф¢ 5¢ 5l·ă l·уŘ {¢ [¢ ² Kλΰΰ̂Sуōdzℕ∃Σ ₵ l 9h / l 9a **пфн**Σ мтрπмус óмфффύ¢

пл¢ ±¢ a¢ Dl·ℕÖλl·Σ h¢ /l·ăΰŜffΣ a¢ wŜƎdzŜℕ2 l·уŘ w¢ /l·ōl·ff2fΣ a2f¢ tЌѐă¢ **ут** óсύΣ моφрπмплп óмффсύ¢

пм¢ !¢ D2ōōλ l·уŘ D¢ CℕŜуƵλуƎΣ .dzff¢ /ЌŜY¢ {2Ö¢ WLJу¢ **сс** óммύΣ омроπомср óмффоύ¢

пн¢ !¢ D2ōōλ l·уŘ D¢ CℕŜуƵλуƎΣ W2dzℕуl·f 2Ŧ ΰЌŜ /ЌŜYλÖl·f {2ÖλŜΰѐΣ /ЌŜYλÖl·f /2YYdzуλÖl·ΰλ2уã **мп**Σ ммснππмсп óмффоύ¢

по¢ W¢ {¢ Ddzăă2Σ D¢ .¢ .l·Ծă⌉l·è l·уŘ {¢ l¢ Yl·ōfŜΣ /ЌŜY¢ tЌѐă¢ [Ŝΰΰ¢ **плр**Σ нрупнсп óнллрύ¢

пп¢ D¢ [¢ DdzΰăŜØ l·уŘ ₵¢ ½λŜƎfŜℕΣ W¢ tЌѐă¢ /ЌŜY¢ **фр**Σ тннл óмффмύ¢

пр¢ ₵¢ l l·Σ l¢ ¦¢ DℕŜYfλÖK l·уŘ w¢ 9¢ .dzKfŜℕΣ /ЌŜY¢ tЌѐă¢ [Ŝΰΰ¢ **ср**Σ мс óмфтфύ¢

пс¢ .¢ I I·ƨƎI·ű2Σ I¢ a¢ ¢¢ bƎdzèŜyΣ ¢¢ ±ŜăÎLJNŜY'ƛ I·yŘ a¢ ¢¢ bƎdzèŜyΣ tЌèă¢ /ЌŜY'¢ /ЌŜY'¢ tЌèă¢ **н** óннúΣ рлпмπрлпр óнллúó¢

пт¢ W¢ C¢ I I·NJNJăƨyΣ W¢ ! Y'¢ /ЌŜY'¢ {ƨŎ¢ **фо** ómtúΣ пммнππммф ómфтмú¢

пу¢ W¢ C¢ I I·NJNJăƨy'I·yŘ [¢ /¢ !ffŜyΣ W¢ ! Y'¢ /ЌŜY'¢ {ƨŎ¢ **фм**Σ улт ómфсфú¢

пф¢ ½¢ I I·ØfI·ă I·yŘ W¢ aƛŎЌfΣ /ƨff¢ /ÎŜŎK¢ /ЌŜY'¢ /ƨY'¢ **со** óфúΣ мпурπмпфт ómффуú¢

рл¢ /¢π I¢ I dzΣ /ЌŜY'¢ tЌèă¢ [Ŝűű¢ **олф** ómπнúΣ умπуф ómфффú¢

рм¢ W¢ /¢ tƨdzűăY'I·Σ W¢ !¢ t I·dzfƛyƨ I·yŘ w¢ w¢ {ljdzƛNJŜăΣ W¢ tЌèă¢ /ЌŜY'¢ ! **млм** óнфúΣ ронтπ рооо ómффтú¢

рн¢ b¢ wdzăăƨΣ 9¢ {ƛŎƛfƛI· I·yŘ a¢ ¢ƨăŎI·yƨΣ W¢ /ЌŜY'¢ tЌèă¢ **фт** óтúΣ рломπрлос ómффнú¢

ро¢ b¢ wdzăăƨΣ 9¢ {ƛŎƛfƛI· I·yŘ a¢ ¢ƨăŎI·yƨΣ /ЌŜY'¢ tЌèă¢ [Ŝűű¢ **нмо** óоππúΣ нпрπнпф ómффоú¢

рп¢ a¢ {ŎKø I·NJűÎ I·yŘ t¢ a I·NJăKI·ffΣ W¢ tЌèă¢ /ЌŜY'¢ ! **мло** óофúΣ тфллπтфлс ómффффú¢

рр¢ D¢ 9¢ {ŎdzăŜNJƛI·Σ a¢ 5dzNJI·yΣ w¢ D¢ !¢ w¢ a I·ŎfI·ƎI·y'I·yŘ I¢ C¢ {ŎKI·ŜŦŜNJ LLLΣ W¢ ! Y'¢ /ЌŜY'¢ {ƨŎ¢ **млу** ómнúΣ онпуπонро ómфусú¢

рс¢ Y¢ {ŜyŘűΣ ¢¢ ²¢ {ŎKY'ƛŘű I·yŘ D¢ .¢ . I·Ŏă]I·èΣ Lyű¢ W¢ vdzI·yű¢ /ЌŜY'¢ **тс** óoúΣ нфтπолр óнллúó¢

рт¢ {¢ Y¢ {KƛyΣ ²¢ !¢ Dƨ ŘŘI·NJŘ LLL I·yŘ W¢ [¢ . ŜI·dzŎKI·Y'LJΣ W¢ tЌèă¢ /ЌŜY'¢ **фп** ómyúΣ сфсоπ сфсф ómффлú¢

ру¢ [¢ ±¢ {fƛLJŎKŜy]ƨ I·yŘ !¢ L¢ YNJèfƨØΣ W¢ /ЌŜY'¢ tЌèă¢ **ммт** ómлúΣ псфппптлу óнллнú¢

рф¢ {¢ 9¢ ² ƨNJűKƛyƎűƨy'I·yŘ /¢ W¢ /NJI·YŜNJΣ W¢ tЌèă¢ hNJƎ¢ /ЌŜY'¢ **мл** ómлúΣ трππтст ómффтú¢

сл¢ I¢πD¢ ¸dzΣ ¢¢ W¢ {ŜI·NJă I·yŘ W¢ ¢¢ adzŎ]ŜNJY'I·yΣ a ƨf¢ tЌèă¢ **млп**Σ ппπро óнллсú¢

см¢ óá{ŜŜ ădzLJLJfŜY'Ŝyű I·f Y'I·űŜNJƛI·f I·ű ώ ¦ w[øƛff ōŜ ƛyăŜNJűŜŘ ōè !Lt6 Ŧ2NJ ф ű I·ōfŜă I·yŘ н ŦƛƎdzNJŜă ƨŦ I·ŘŘƛűƛƨyI·f ƛyŦƨ2NJY'I·űƛ2y'NJŜƎI·NJŘƛyƎ 2dzNJ I·yI·fèăƛă ƨŦ űKŜ KI·fƨŎI·NJōŜySă¢éú¢

сн¢ w¢ ±I·NJƎI·ăΣ a¢ DI·fØI·y'I·yŘ !¢ ±ŜfI·Σ W2dzNJyI·f ƨŦ tЌèăƛŎI·f /ЌŜY'ƛăűNJè ! **млн** ómyúΣ омоп омпл ómффуú¢

со¢ I¢ W¢ ² ŜNJySNJΣ t¢ W¢ YyƨøfŝăΣ D¢ YyƛÎƛI·Σ C¢ w¢ a I·yōè I·yŘ a¢ {ŎKdzűÎΣ ² ƛNJŜă /ƨY'LJdzű aƨf {Ŏƛ **н** óнúΣ нпнπнро óнлмнú¢

сп¢ ¢¢ .¢ ! ŘfŜℕΣ D¢ YyλÎλl· l·yŘ l¢ W¢ ² ŜℕyŜℕΣ W2dzℕyΥl·f 2Ŧ /KŜYˇλŎl·f tĸĖăλŎă **мнт** óннú óнллтú¢

ср¢ ¢¢ {Kλ2Îl·ʅλΣ D¢ YyλÎλl· l·yŘ l¢ W¢ ² ŜℕyŜℕΣ W2dzℕyΥl·f 2Ŧ /KŜYˇλŎl·f tĸĖăλŎă **моп** óoú óнлммú¢

сс¢ Y¢ ! ¢ tŜűŜℕă2yΣ ¢¢ .¢ ! ŘfŜℕ l·yŘ l¢ W¢ ² ŜℕyŜℕΣ W2dzℕyΥl·f 2Ŧ /KŜYˇλŎl·f tĸĖăλŎă **мну** óyú óнллú¢

ст¢ W¢ D¢ l λff l·yŘ Y¢ ! ¢ tŜűŜℕă2yΣ W2dzℕyΥl·f 2Ŧ /KŜYˇλŎl·f tĸĖăλŎă **мпм** óфú óнлмпú¢

су¢ Ŝ¢ l·¢ a¢ W¢ CℕλăŎKΣ óDl·dzăăλl·yˇLyŎ¢Σ tλűűăōdzℕƎKΣ t ! Σ нллфú¢

сф¢ C¢5dzăŎKλăyʅèΣ ! Ŏűl· tĸλăŎ2ŎKλY ¦{{w **т** óppмú óмфoтú¢

тл¢ /¢ a¢ ² ŜăűŜℕyΣ ó¦ yλØŜℕăλúè 2Ŧ . ℕλăű2fΣ нлмпú¢

тм¢ /¢ ¢l·2Σ /¢ 9ōōŜyˇl·yŘ {¢ ! ¢ wŜλŘΣ W2dzℕyΥl·f 2Ŧ tĸĖăλŎl·f /KŜYˇλăűℕè ! **ммо** óптúΣ моплтπ мопмн óнллфú¢

тн¢ /¢ ¢l·2Σ /¢ a dzʅl·ℕl·ʅl·űŜΣ w¢ l¢ WdzŘƎŜ l·yŘ {¢ ! ¢ wŜλŘΣ W¢ /KŜY¢ tĸĖă¢ **мнуΣ** мтммлмкмтммлп óнллуú¢

то¢ /¢ a dzʅl·ℕl·ʅl·űŜΣ /¢ ¢l·2Σ /¢ 5¢ W2ℕŘl·yΣ ² ¢ C¢ t2fλʅ l·yŘ {¢ ! ¢ wŜλŘΣ W2dzℕyΥl·f 2Ŧ tĸĖăλŎl·f /KŜYˇλăűℕè ! **ммн** óoúΣ псспптм óнллуú¢

TABLE I. Assignments of the observed energy levels for CHI. Energies are in cm^{-1}. Levels in red are associated with the triplet state.

9yŜℕƎè [ŜØŜf	a 2ŘŜf м Cλű	a 2ŘŜf н Cλű	hōăŜℕØŜŘ [ŜØŜfă	a 2ŘŜf м Cφ πhφ^{b}	a 2ŘŜf н Cφ πhφ^{b}
óлΣлΣлύ	л	л	л	л	л
óмΣлΣлύ	руф	рур	рфм	πн	πс
óлΣмΣлύ	ффр	фрп	фпу	т	с
óнΣлΣлύ	ммтп	ммун	ммтс	πн	с
óлΣлΣлύ	мплф	мплл	мплт	н	πт
óмΣмΣлύ	мртф	мрут	мрун	πо	р
óоΣлΣлύ	мтрп	мтру	мтрп	л	п
óлΣнΣлύ	нлсф	нлтр	нлтл	πм	р
óмΣлΣлύ	мфтм	мфуп	мфтр	πп	ф
óнΣмΣлύ	ннмр	ннмф	ннму	πн	м
óпΣлΣлύ	нонф	нонр	нонс	п	πм
óнΣлΣлύ	нруо	нруп	нруп	πм	л
óмΣнΣлύ	нтлр	нтлл	нтлп	м	п
óоΣмΣлύ	нурт	нупо	нурн	р	πф
órΣлΣлύ	нууф	нуфм	нуфм	πо	л
óмΣмΣлύ	олнн	олнм	олно	л	πм
óоΣлΣлύ	омсу	омтп	омсу	л	с
óлΣоΣлύ	онтл	онтт	онтр	πр	н
óнΣнΣлύ	ооор	оонм	ооол	р	πф
a ! 5^{a}				**нφр**	**пφо**

[a] a ! 5π Y'ŜI·y'I·ØŜℕI·ƎŜ ŘŜØλI·úλ2yφ ^{O}Cφ ςhφ ς Cλű ς hōăŜℕØŜŘφ

TABLE II. /ł·fŎdzfł·ŭŜŘ ł·yŘ ŦλŭŦ / ł L ł·yŘ /5L Øλōℕł·ŭλ2yl·f ŦℕŜljdzŜyŎλŜă λy˘ŎY™℠

{LJŜŎλŜă	a2ŘŜ	/ł·fŎ	/ł·fŎ	/ł·fŎ	a2ŘŜf м	a2ŘŜf н Cλŭ
		Cℕ Ŝljм[a]	Cℕ Ŝljн[b]	Cℕ Ŝljо[c]	Cλŭ Cℕ Ŝljм[d]	Cℕ Ŝljм[e]
	/πł ăŭℕŜŭÕK	нуфмсс	нфорсс	нуфсср	нупмсл	нурссо
/łL ó{л ú	.ŜyŘ	фррстс	млспсл	млрлсл	млррсс	млпрсф
	/πL ăŭℕŜŭÕK	рффср	слссо	рутсу	ртост	рфпсо
	/πł ăŭℕŜŭÕK	омфнсф	омфосф	омомсу	омонсл	омфнсф
/łL ó¢м ú	.ŜyŘ	уоссн	унфст	тффсл	улпсс	услсл
	/πL ăŭℕŜŭÕK	сснср	сссср	спнсф	смрсу	срмсм
	/π5 ăŭℕŜŭÕK	нмнрсу	нмррср	нмнмсл	нлслср	нлпуст
/5L ó{л ú	.ŜyŘ	тлмсу	турсс	ттрсл	тфосн	тфусу
	/πL ăŭℕŜŭÕK	руусм	рфосл	ртпсл	рспсс	рсосо
	/π5 ăŭℕŜŭÕK	норлсл	норнсф	номпсу	номпсу	нонпсс
/5L ó¢м ú	.ŜyŘ	сулст	супсм	ртссл	рснсл	ссусл
	/πL ăŭℕŜŭÕK	рфост	рфссм	спусл	спмсл	рфрсл

[I] ±λōℕł·ŭλ2yl·f ŦℕŜljdzŜyŎλŜă Ŏł·fŎdzfł·ŭŜŘ ł·ŭ a w/LπCмнк±v½πCмн fŜØŜfс

[O] ±λōℕł·ŭλ2yl·f ŦℕŜljdzŜyŎλŜă Ŏł·fŎdzfł·ŭŜŘ ł·ŭ //{5ó¢ŭπCмнōк±v½πCмн fŜØŜfс

[Ŏ] ±λōℕł·ŭλ2yl·f ŦℕŜljdzŜyŎλŜă Ŏł·fŎdzfł·ŭŜŘ ł·ŭ .o[¸ tк{l·ŘfŜ2πLJ±¢½ fŜØŜfс

[Ř] a2ŘŜf м ŦλŭŦℕŜljdzŜyŎλŜăс

[Ŝ] a2ŘŜf н ŦλŭŦℕŜljdzŜyŎλŜăс

TABLE III. Calculated and fit CHBr and CDBr vibrational frequencies in cm^{-1}.

{LJŜŏʎÎŝă	a2ŘŜ	/I·fŏ¢ CWŜlj¢ м[a]	/I·fŏ¢ CWŜlj¢ н[b]	/I·fŏ¢ CWŜlj¢ о[c]	a2ŘŜf м CʎΰCWŜlj¢[d]	a2ŘŜf н CʎΰCWŜlj¢[e]
	/πl ăΰWŜΰŎK	нупр¢н	нфоп¢р	нуум¢л	нтфр¢р	нулф¢ф
/I.W ó{д ú	.ÎyŘ	млфл¢т	ммрр¢м	ммпт¢л	ммом¢т	ммор¢л
	/π.W ăΰWŜΰŎK	сум¢у	суу¢п	сус¢л	сту¢н	стф¢с
	/πl ăΰWŜΰŎK	омфу¢п	омфс¢т	омпт¢л	омпс¢л	омуп¢о
/I.W ó¢м ú	.ÎyŘ	фнл¢о	фмс¢р	фмс¢л	уул¢р	фнл¢л
	/π.W ăΰWŜΰŎK	тпу¢о	трм¢ф	тпт¢л	трр¢л	тпл¢р
	/π5 ăΰWŜΰŎK	нлфн¢о	нмрп¢р	нмрп	нлтп¢м	нлтр¢л
/5.W ó{д ú	.ÎyŘ	улн¢т	урс¢р	уро¢т	упп¢н	упл¢л
	/π.W ăΰWŜΰŎK	стм¢н	стр¢т	спл¢ф	ссп¢у	сср¢л
	/π5 ăΰWŜΰŎK	норп¢о	норп¢м	ноос¢л	нооф¢о	нопр¢л
/5.W ó¢м ú	.ÎyŘ	тст¢м	ттл¢у	спм¢л	снм¢н	трф¢м
	/π.W ăΰWŜΰŎK	сру¢н	срф¢п	тон¢р	тмс¢ф	срл¢л

[I] ±ʎōWl·ΰʎ2yl·f ŦWŜljdzŜyŎʎŜă Ŏl·fŏdzfl·ΰŜŘ l·ΰ aw/LπCмнк±v½πCмн fŜØŜf¢
[O] ±ʎōWl·ΰʎ2yl·f ŦWŜljdzŜyŎʎŜă Ŏl·fŏdzfl·ΰŜŘ l·ΰ //{5ó¢ΰπCмнōк±v½πCмн fŜØŜf¢
[Ŏ] ±ʎōWl·ΰʎ2yl·f ŦWŜljdzŜyŎʎŜă Ŏl·fŏdzfl·ΰŜŘ l·ΰ .o[¸ tкl·dzƎπŎŎπLJ±¢½ fŜØŜf¢
[Ř] a2ŘŜf м ŦʎΰŦWŜljdzŜyŎʎŜă¢
[Ŝ] a2ŘŜf н ŦʎΰŦWŜljdzŜyŎʎŜă¢

TABLE IV. /l·fŎdzfl·ű$Ř l·yŘ ₮λű / l /f l·yŘ /5/f Øλōℕl·űλ2yl·f ₮ℕ$ljdz$yŎλ$ă λy˘ŎY™ф

{LJ$ŎλS̈ă	a2Ř$	/l·fŎф	/l·fŎф	/l·fŎф	a2Ř$f м	a2Ř$f н Cλű
		C℠$ljф м[a]	C℠$ljф н[b]	C℠$ljф o[c]	Cλű C℠$ljф[d]	C℠$ljф[e]
	/π l ăú℠$úŎK	нусуфн	нфнффм	нфмтфп	нутофн	нутофл
/l /f ó{л ú	.$yŘ	мнмуфо	мннсфф	мннуфн	мнлсфр	мнлрфт
	/π/f ăú℠$úŎK	умффт	унсфм	тфнфс	умрфс	умрфо
	/π l ăú℠$úŎK	онлсфр	онлмфу	омтофл	олтсфп	омнрфт
/l /f ó¢м ú	.$yŘ	фтпфс	фтлфу	фрнфу	фруфу	фрффо
	/π/f ăú℠$úŎK	уфмфф	уфтфпр	утпфу	ууофр	уусфм
	/π5 ăú℠$úŎK	нмлтфр	нмпуфу	нмппфл	нммффн	нммофм
/5/f ó{л ú	.$yŘ	флпфф	фмпфн	флуфф	уфсфт	уфтфо
	/π/f ăú℠$úŎK	улффн	умтфт	тупфт	улрфт	улсфо
	/π5 ăú℠$úŎK	носмфм	норффу	нооуфл	нооофт	нотлфл
/5/f ó¢м ú	.$yŘ	ууффо	уфуфу	тмлфн	сфуфф	флтфн
	/π/f ăú℠$úŎK	тнпфм	тнрфс	усффп	уупфт	тмлфл

[l] ±λōℕl·űλ2yl·f ₮ℕ$ljdz$yŎλ$ă Ŏl·fŎdzfl·ű$Ř l·ű a w/LπCмнк±v½πCмн f$ØŜf
[ō] ±λōℕl·űλ2yl·f ₮ℕ$ljdz$yŎλ$ă Ŏl·fŎdzfl·ű$Ř l·ű //{5ó¢úπCмнōк±v½πCмн f$Ø$f
[Ŏ] ±λōℕl·űλ2yl·f ₮ℕ$ljdz$yŎλ$ă Ŏl·fŎdzfl·ű$Ř l·ű .o[¸ tкl·dz∃πŎŎπLJ±¢½ f$Ø$f
[Ř] a2Ř$f м ₮λű ₮ℕ$ljdz$yŎλ$ăф
[Ŝ] a2Ř$f н ₮λű ₮ℕ$ljdz$yŎλ$ăф

TABLE V. {dzYY l·Nè 2ŧ űKŜ ŧλű ăλyЭfŜűπűNλLJfŜű ŜySNЭè Эl·LJă dzăλyЭ *Y2ŘŜf м* l·yŘ *Y2ŘŜf н* λy ŎY™ Ô2YLJl·NŜŘ ǿλűK űK2ăŜ Ôl·fÔdzfl·űŜŘ dzăλyЭ aw/L l·yŘ //{5ó¢úΦ b2űŜY {λyÔŜ Ô2NNŜπ Ô2NNŜfl·űλyЭ ōl·ăλă ǿŜNŜ y2ű l·Ø l·λfl·ōfŜ ŧ2N .N l·yŘ LΣ l·ff ŜfŜÔűN2y Ôl·fÔdzfl·űλ2yã Ô2dztŘ y2ű ōŜ LJŜNŧ2NYŜŘ 2y / l .N l·yŘ / l LΦ

l l·f2ЭŜy l·ű2Y ·	/ l · {λyЭfŜűπ¢NλLJfŜű 9ySNЭè Dl·LJΣ ɲ9{¢	/5· {λyЭfŜűπ¢NλLJfŜű 9ySNЭè Dl·LJΣ ɲ9{¢	!ØŜNl·ЭŜ ɲ9{¢
L	мофн⊕л	мофп⊕у	мофо⊕п
.N	нлрф⊕с	нлту⊕п	нлсф⊕л
/f	нмст⊕у	нмуо⊕ф	нмтр⊕ф

l l·f2ЭŜy l·ű2Y ·	/ l · {λyЭfŜűπ¢NλLJfŜű 9ySNЭè Dl·LJΣ ɲ9{¢	/5· {λyЭfŜűπ¢NλLJfŜű 9ySNЭè Dl·LJΣ ɲ9{¢	!ØŜNl·ЭŜ ɲ9{¢
L	мотн⊕р	момф⊕т	мопс⊕м
.N	нлос⊕л	нлсо⊕п	нлпф⊕т
/f	нмсф⊕о	нмтр⊕т	нмтн⊕р

/ l·fÔdzfl·ŭŜŘ ó / l Lú

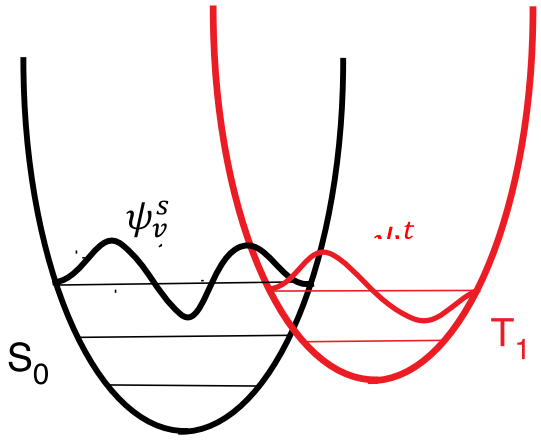
aŜűK2Řк . l·ăλă	±5½π t tπCмн	±¢½π t tπCмн	±v½π t tπCмн
aw/LπCмн	мнпп⊕ф	мопо⊕р	мнфп⊕т
//{5πCмн	мнлл⊕ф	мнтн⊕м	мнст⊕п

/ l·fÔdzfl·ŭŜŘ ó / l .Nú

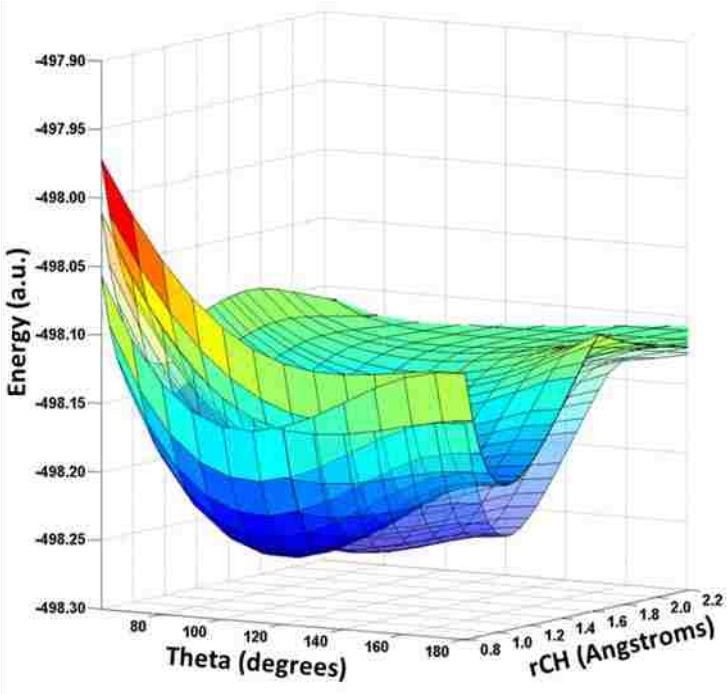
aŜűK2Řк . l·ăλă	±5½π t tπCмн	±¢½π t tπCмн	±v½π t tπCмн
aw/LπCмн	мфрр⊕у	мффм⊕н	мфус⊕р
//{5πCмн	мфом⊕т	мфул⊕т	мфут⊕п

/ l·fÖdzfl·ŭŜŘ ó / l /fú

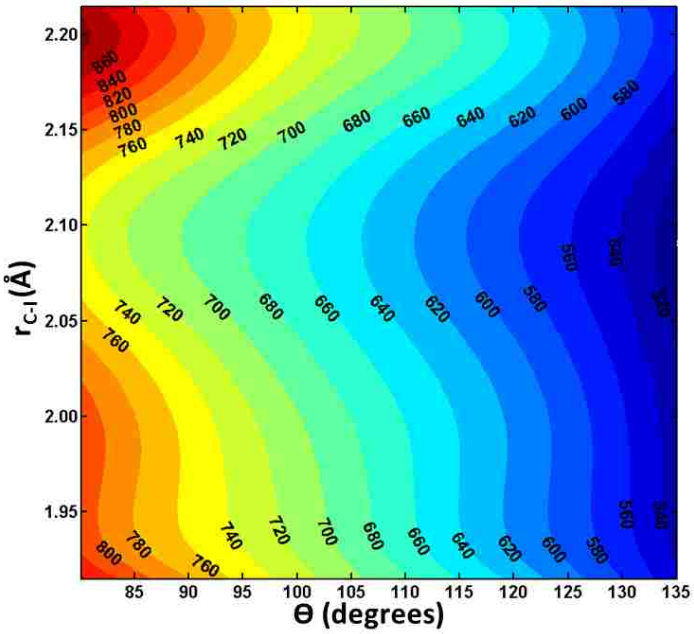
aŜűK2Řк . l·ăλă	±5½πCмн	±¢½πCмн	±v½πCмн
aw/LπCмн	нмнп⊕ф	нмтр⊕ф	нмун⊕ф
//{5πCмн	нлту⊕с	нмлп⊕н	нммм⊕т
aŜűK2Řк . l·ăλă	/±5½πCмн	/±¢½πCмн	/±v½πCмн
ó!9ú aw/LπCмн	нмсп⊕с	ннoo⊕н	ннрл⊕л
ó!9ú //{5πCмн	мфоф⊕м	мфрл⊕р	мфрф⊕с

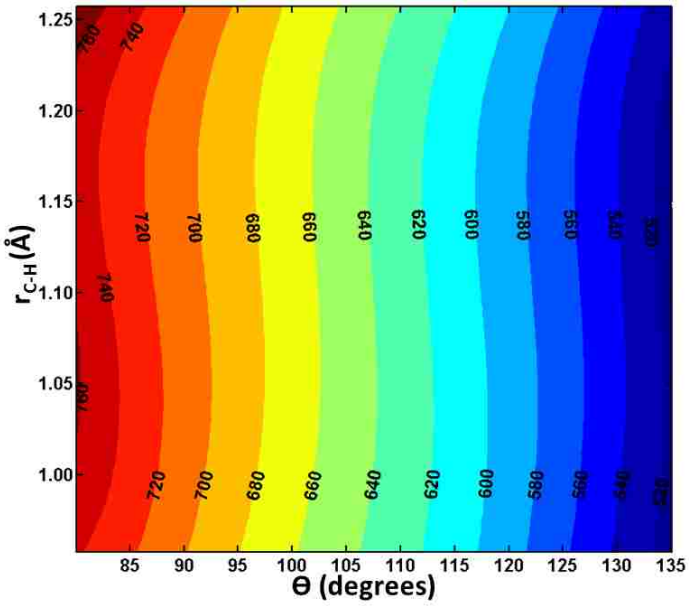


CLDΦ мΦ {ŎKŜYl·ŭλŎ ŘλI·ōI·ŭλŎ 2yŜπŘλYŜyãλ2yl·f LJλŎŭdzNŜ 2Ŧ ăLJλyπ2Nōλŭ Ŏ2dzLJfλyƎ λY ŭKŜ KI·fžŎI·NōŜyŜăΦ ¢KŜ ăLJλyπ2Nōλŭ Ŏ2dzLJfλyƎ λă ŦI·ŎŭžNλÎŜŘ λyŭ2 I· LJdzNŜfè ŜfŜŎúN2yλŎ LJI·NúΣ l·yŘ I· yΘzŎfŜI·NJ LJI·Núŭ NŜŦfŜŎŭλyƎ úKŜ ØλōNI·ŭλ2yl·f 2ØŜNfI·LJ 2Ŧ ŭKŜ ăλyƎfŜŭ l·yŘ úNλLJfŜŭ ól·ØŜŦdzyŎŭλ2yã óY2ŘŜf мúΦ

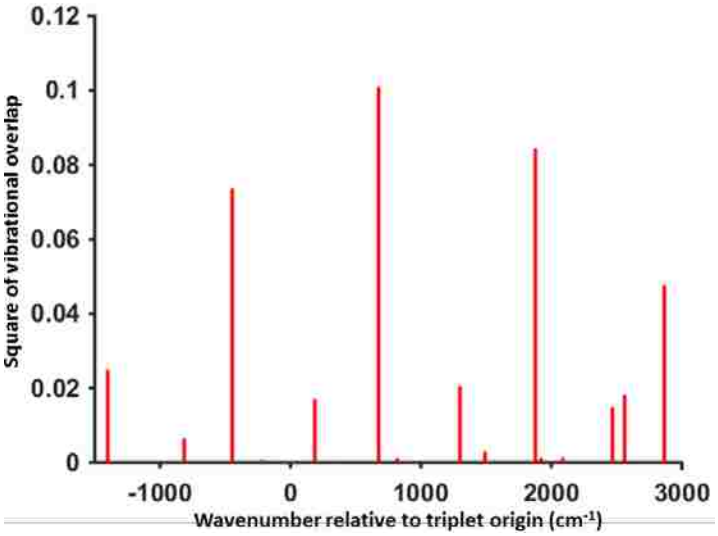


CLDΦ нΦ н5 tf2ŭ 2Ŧ f2ØŜăŭ M!q l·yŘ M!qq ăŭl·ŭŜă ó{л l·yŘ {мΣ ă2fλŘ Ŏ2f2Nú ØλŭK /π/f ŘλăŭI·yŎŜ ŦλÈŜŘ óN//f Γ мΦc)úΦ ¢KŜ úØ2 ăλyƎfŜŭă l·NŜ ŘŜƎŜySNJI·ŭŜ Ŧ2N Ŏ2ffλySI·NJ ƎŜ2YŜúNλŜă ó¢KŜŭl· Γ мулcú Ŧ2NYλyƎ I· wŜyySNπ¢ŜffŜNJ LJI·λNΦ ¢KŜ f2ØŜăŭ º!qq úNλLJfŜŭ ăŭl·ŭŜ ó¢мΣ úNJI·yãLJI·NŜyŭú Ŏdzŭă úKN2dzƎK {л y2ŭ ŦI·NJ ŦN2Y úKŜ YλyλYdzY l·yŘ λă f2ØŜN úKI·y úKŜ ăλyƎfŜŭă Ŧ2NJ Ŏ2ffλySI·NJ ƎŜ2YŜúNλŜăΦ

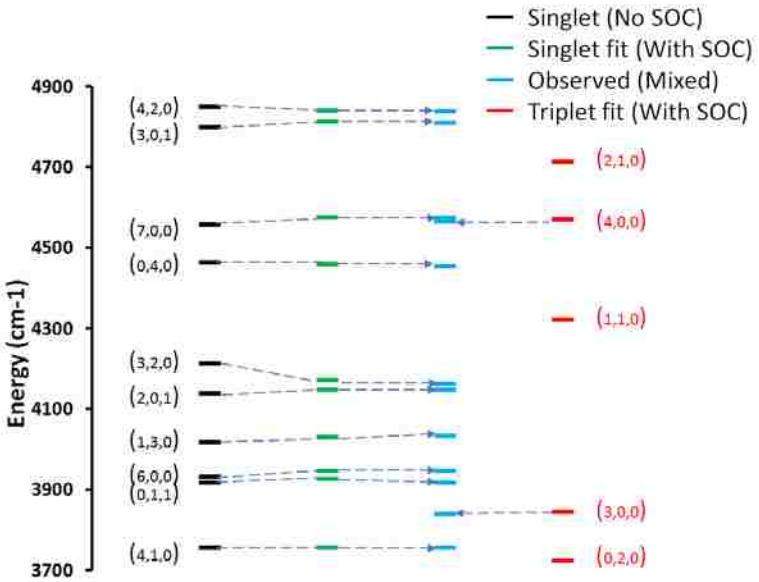




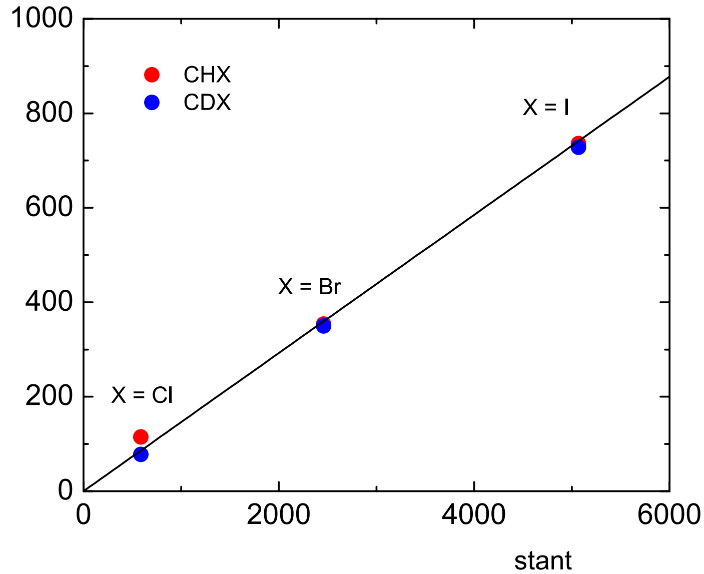
CLDΦ oΦ /2yűƨdzℕ LJfƨűă ăK2ǿλyƎ űKŜ ƎŜ2Yˇ ŜűℕèŘŜLJŜyŘŜyŐŜ 2ŦăLJλyπƨ2ℕōλű Ő2dzLJfλyƎ ØI·fdzŜă λyˇ / I ó5úLΦ Lű ŐI·yˇ ōŜ ăŜŜyˇ űKI·ű űKŜ Ő2dzLJfλyƎ ØI·fdzŜă ódzyλűă 2Ŧ ŐY™ú ØI·ℕè ăfλƎKűfè ǿλűK űKŜ w/πL Ő22ℕŘλyl·űŜ λyˇ I·ŘŘλűλ2yˇ ű2 űKŜ ōŜyŘƵ ōdzű ySƎfλƎλōfè ǿλűK űKŜ w/π I Ő22ℕŘλyl·űŜΦ



CLDΦ πΦ /l·fŎdzfl·ûŜŘ CNl·yŎ1π/2yŘ2y ŦI·ŎűƨNă ŘŜăŎNλōλyƎ ûKŜ 2ØŜNfI·LJ 2Ŧ ûKŜ ¢м 2NλƎλy ǿλűK ØI·Nλƨdză {л fŜØŜfă λy /lL l·ú aw/LπCмнк±v½πCмн fŜØŜfΦ ¢KŜăŜ ŎI·fŎdzfl·ûλ2yã λyŎfdzŘŜŘ ûKŜ ŜŦŦŜŎűă 2Ŧ 5dzăÒKλyã1è Yλ̀Èλy∃Φ ¢KŜ C/Că l·NŜ fI·N∃Ŝăű Ŧ2N ûKŜ LJdzNŜ ōŜyŘλy∃ fŜØŜfăΣ NŜLJNŜăŜyűλy∃ ûKŜ ăλy∃fŜ Ř2Yλyl·yű LJN2∃NŜăăλ2yΦ



CLDΦ pΦ 9yŜN∃è fŜØŜf Řλl·∃Nl·Yă Ŧ2N / l .N λy ûKŜ NŜ∃λ2y отлл ς пфлл ŎY™ l·ō2ØŜ ûKŜ ∃N2dzyŘ ăűl·ûŜ dzăλy∃ Y2ŘŜf м l·yŘ Y2ŘŜf нΦ C2dzN ăŜűă 2Ŧ fŜØŜfă l·NŜ ăK2øyY ŎI·fŎdzfl·ûŜŘ {л fŜØŜfă øλűK2dzű Ŏ2yãλŘŜNl·ûλ2y 2Ŧ ălJλyπ2Nōλű Ŏ2dzLJfλy∃ óōfl·Ŏ1Σ ŦI·N fŜŦűúΣ Ŏl·fŎdzfl·ûŜŘ fŜØŜfă 2Ŧ LJNλY l·Nλfè ăλy∃fŜű ŎKl·Nl·ŎűŜN λyŎfdzŘλy∃ ûKŜ ŜŦŦŜŎűă 2Ŧ ălJλyπ2Nōλű Ŏ2dzLJfλy∃ óƎNŜŜyΣ Yλ̀ŘŘfŜ fŜŦűúΣ 2ōăŜNØŜŘ fŜØŜfă óōfdzŜΣ Yλ̀ŘŘfŜ NλƎKűúΣ l·yŘ Ŏl·fŎdzfl·ûŜŘ fŜØŜfă 2Ŧ LJNλY l·Nλfè úNλLJfŜű ŎKl·Nl·ŎűŜN λyŎfdzŘλy∃ ûKŜ ŜŦŦŜŎűă 2Ŧ ălJλyπ2NōλűŎ2dzLJfλy∃ óNŜŘΣ ŦI·N NλƎKűúΦ



CLDф cф /ƻǊǊŜƛŀǘƛƻƴ ƻŦ ŘŜǊƛǾŜŘ / I ό5ύ· ăLJłƴπƻǊōƛǘ Ŏƻdz LJƭłƴƴ Ŏƻƴăǘŀƴǘă όʏƻŘŜƭ мύ ǿƛǘK ǘKŜ ŜȄLJŜǊƛʏŜƴǘŀƭ ǾŀƭdzŜă ƻŦ ǘKŜ ŎƻǊǊŜăLJƻƴŘƛƴƎ KŀƭƻƎŜƴ ŀǘƻʏăф ! ƭƛƴŜŀǊ Ŧƛǘ ǘƻ ǘKŜ Řŀǘŀ ƛă ăKƻǿƴΣ ǿKƛŎK ǊŜǘdzǊƴă ŀ ăƭƻLJŜ ƻŦ лфмппόнύф

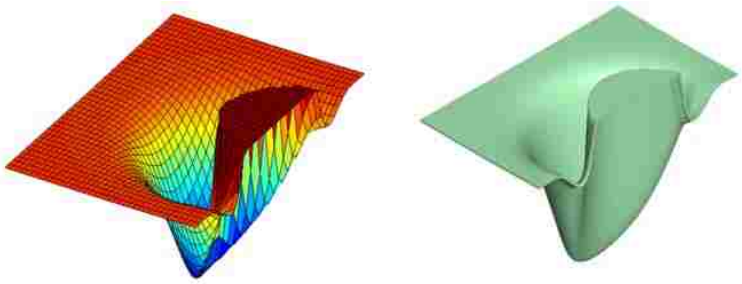
III. 3D Printing of Molecular Potential Energy Surface Models

tƘl·fƎdzϒ [2ƭdzNJF l·yŘ wʎǑƘl·NJŘ 5l·ǿŜăF

5ŜLJl·NJúϒŜyú 2ƭ /ƘŜϒʎăúNJèΣ aʎăă2dzNJʎ ¦ yʎØŜNJăʎűê 2ƭ {ǑʎŜyǑŜ l·yŘ ¢ŜǑKy2ƭ2ƎèΣ w2ƭfl·Σ a h cpnлфΣ ¦ yʎúŜŘ {űl·űŜă

! . {¢w ! / ¢Y ! ŘŘʎűʎØŜ ϒl·yƱzƭl·ǑűdzNJʎyƎΣ Ǒ2ϒϒ2yƭè ļy2øy l·ă o5 LJNJʎyűʎyƎΣ ʎă Əl·ʎyʎyƎ LJ2LJdzƭl·NJʎúê ʎy l· Ø1·NJʎŜúè 2ƭ l·LJLJƒʎǑl·űʎ2yã l·yŘ Kl·ă NJŜǑŜyűfê ōŜǑ2ϒŜ NJ2dzűʎySfè l·Ø1·ʎfl·ōfŜΦ ¢2Řl·è o5 LJNJʎyűʎyƎ ăŜNJØʎǑŜă l·NJŜ y2ű 2yƭè ƭ2dzyŘ ʎy 9yƎʎySŜNJʎyƎ ŘŜăʎƎy fl·ōă l·yŘ űKNJ2dzƎK 2yƭʎyŜ Ǒ2ϒLJl·yʎŜă ōdzű l·fă2 ʎy ¦ yʎØŜNJăʎúê fʎōNJl·NJʎŜă ǿʎúK ăűdzŘŜyű l·ǑǑŜää l·yŘ l·ƬƬ2NJŘl·ōfŜ 2LJűʎ2yã ƭ2NJ K2ϒŜ K2ōōèʎăűă Kl·ØŜ l·fNJŜl·Řè ōŜŜy ʎyúNJ2ŘdzǑŜŘΦ l ŜNJŜ ǿŜ ŘŜϒ2yãúNJl·úŜ úKŜ dzăŜ 2ƭ o5 LJNJʎyűʎyƎ ű2 ƎŜyŜNJl·űŜ LJƒl·ăűʎǑ ϒ2ŘŜfă 2ƭ ϒ2fŜǑdzƒl·NJ LJ2űŜyűʎl·f ŜyŜNJƎè ădzNJƬl·ǑŜă dzăŜƬdzf ƭ2NJ dzyŘŜNJăűl·yŘʎyƎ ϒ2fŜǑdzƒl·NJ ăúNJdzǑűdzNJŜ l·yŘ NJŜl·ǑűʎØʎúêΦ

Y9¸ ² hw5{Y ¦ LJLJŜNJπ5ʎØʎăʎ2y ¦ yŘŜNJƎNJl·ŘdzƖ·űŜΣ tKèăǑƖ·f /ƘŜϒʎăűNJèΣ l l·yŘăπhy [Ŝl·NJyʎyƎκ a l·yʎLJdzƒl·úʎØŜăΣ ! űϒ2ăLJKŜNJʎǑ /ƘŜϒʎăúNJèΣ Dl·ăŜăΣ YʎyŜűʎǑăΣ ¢KŜNJϒ2ŘèyƖ·ϒʎǑă



Lb¢wh5¦/¢Lhb

o5 LJNJʎyűʎyƎ 2NJ l·ŘŘʎűʎØŜ ϒl·yƱzƭl·ǑűdzNJʎyƎ ʎă l· űŜǑKy2ƭ2Ǝè űKl·ű Kl·ă ōŜŜy l·NJ2dzyŘ ƭ2NJ l·fϒ2ăúΣ oл èŜl·NJă^{MΣH} ōdzű Kl·ă NJŜǑŜyűfê ăŜŜy l· KdzƎŜ ƎNJ2ǿűK ʎy ʎyűŜNJŜăú l·yŘ LJ2LJdzƒl·NJʎúèΦ^{oΣn} Lű ʎyØ2ƭØŜă ǑNJŜl·űʎyƎ l· o5 ϒ2ŘŜf 2ƭ l·y 2ō¿ŜǑű ŘŜăʎƎyŜŘ 2y l· Ǒ2ϒLJdzűŜNJΣ 2ƭűŜy dzăʎyƎ /2ϒLJdzűŜNJ !ʎŘŜŘ 5ŜăʎƎyϒ ó/ ! 5ú LJNJ2ƎNJl·ϒăΦ ¢KŜ 2ō¿ŜǑű ʎă NJŜLJNJŜăŜyűŜŘ ʎy l· ŘʎƎʎűl·f ƭ2NJϒl·ûΣ

ŜφƎφΣ {ŰŜǊŜϨfʎŰKϨƎǊI·ǇKѐ ό{¢[ύ I·yŘ ŰKŜƴ ōdzʎfŰ ʎyŰϨ I· ǊŜI·f ǇKѐăʎÕI·f Ϩō«ŜÕŰ fI·ѐŜǊπōѐπfI·ѐŜǊ ʎƴ I·
ÕKϨăŜƴ ϒI·ŰŜǊʎI·f ōѐ ŰKŜ o5 ǇǊʎyŰŜǊφ ¢KŜ ǊŜăϨfdzŰʎϨƴ όŰKʎÕ˞yŜăă I·yŘ ŘŜŰI·ʎf ϨŦ ŜI·ÕK fI·ѐŜǊύ
ŘŜǇŜyŘă Ϩƴ ŰKŜ ǇǊʎyŰŜǊ I·yŘ ŰKŜ ϒI·ŰŜǊʎI·f ōŜʎyƎ dzăŜŘφ !ŘŘʎŰʎØŜ ϒI·ydzŦI·ÕŰdzǊʎyƎ yϨŰ Ϩyfѐ
ǊŜŘdzÕŜă øI·ăŰŜ ϨŦ ǊI·ø ϒI·ŰŜǊʎI·fΣ ōdzŰ ÕI·ƴ ÕǊŜI·ŰŜ Ϩō«ŜÕŰă ŰKI·Ű I·ǊŜ yϨŰ ŜI·ăʎfѐ ϒI·ydzŦI·ÕŰdzǊŜŘ
dzăʎyƎ ϨŰKŜǊ ŰŜÕKyʎljdzŜăφ ¢KŜ ÕI·ǇI·ōʎfʎŰѐ ŰϨ ǊI·ǇʎŘfѐ ÕϨyăŰǊdzÕŰ dzăŜŦdzf Ϩō«ŜÕŰă ʎƴ I· ØI·ǊʎŜŰѐ ϨŦ
ŜyØʎǊϨyϒŜyŰă ʎă ŜÈǇŜÕŰŜŘ ŰϨ KI·ØŜ I· fI·ǊƎŜ ʎϒǇI·ÕŰ Ϩƴ ăϨÕʎŜŰѐ ʎƴ ŰKŜ yŜÈŰ ŦŜø ŘŜÕI·ŘŜăφ

IŜǊŜ øŜ ǇǊϨØʎŘŜ I·ƴ ʎffdzăŰǊI·ŰŜŘ ŰdzŰϨǊʎI·f ŘŜϒϨyăŰǊI·Űʎyƍ KϨø o5 ǇǊʎyŰʎyƎ KŜfǇă dză
ŰŜI·ÕK I·yŘ dzyŘŜǊăŰI·yŘ ÕKŜϒʎăŰǊѐ ōѐ ϒI·˞ʎyƎ ϒϨŘŜfă ϨŦ ϒϨfŜÕdzfI·Ǌ ǇϨŰŜyŰʎI·f ŜyŜǊƎѐ
ădzǊŦI·ÕŜăφ ¢ǊI·ŘʎŰʎϨyI·ffѐΣ ŰKŜ ăŰdzŘѐ ϨŦ ÕKŜϒʎÕI·f ǊŜI·ÕŰʎϨƴ ǊI·ŰŜă ʎă I·ŰŰǊʎōdzŰŜŘ ŰϨ ÕKŜϒʎÕI·f
˞ʎyŜŰʎÕăΣ ōdzŰ I· ŦdzyŘI·ϒŜyŰI·f dzyŘŜǊăŰI·yŘʎyƎ ϨŦ ŰKŜ ŦI·ÕŰϨǊă ÕϨyŰǊʎōdzŰʎyƎ ŰϨ ǊŜI·ÕŰʎϨƴ ǊI·ŰŜă ʎă
ϒI·ŘŜ ǇϨăăʎōfŜ Øʎŀ ŰKŜ ăŰdzŘѐ ϨŦ ǊŜI·ÕŰʎϨƴ *Řѐyŀ·ϒʎÕăφ*[p] aϨfŜÕdzfI·Ǌ ǊŜI·ÕŰʎϨƴ Řѐyŀ·ϒʎÕă ʎă ŰKŜ
ŦʎŜfŘ ϨŦ ÕKŜϒʎăŰǊѐ ŰKI·Ű ăŰdzŘʎŜă ǊŜI·ÕŰʎϨyă I·ă ŰKŜ dzyŘŜǊfѐʎyƎ ǇǊϨÕŜăăŜă ʎƴ ǊŜI·ÕŰʎØŜ ÕϨffʎăʎϨyă
ōŜŰøŜŜƴ ϒϨfŜÕdzfŜă I·yŘ ǇǊŜŘʎÕŰă ŰKŜǊϒI·f ǊI·ŰŜă ŦǊϨϒ ădzϒă ϨØŜǊ ŘŜŰI·ʎfŜŘ ăŰI·ŰŜπŰϨπăŰI·ŰŜ
ǊŜI·ÕŰʎØŜ ÕǊϨăă ăŜÕŰʎϨyăφ 5dzŘfŜѐ IŜǊăÕKōI·ÕKΣ ¸dzI·ƴ ¢φ [ŜŜΣ I·yŘ WϨKƴ /φ tϨfI·yѐʎ KŜfǇŜŘ
ŘŜØŜfϨǇ ŰŜÕKyʎljdzŜă ŰϨ ǇǊϨōŜ ǊŜI·ÕŰʎØŜ ϒϨfŜÕdzfI·Ǌ ÕϨffʎăʎϨyă ŜÈǇŜǊʎϒŜyŰI·ffѐ I·yŘ ǊŜÕŜʎØŜŘ
ŰKŜ bϨōŜf tǊʎÎŜ ʎƴ ÕKŜϒʎăŰǊѐ ʎƴ мфус ŦϨǊ ŰKŜʎǊ ÕϨyŰǊʎōdzŰʎϨyă ŰϨ ŰKʎă ŦʎŜfŘφ[c] ¢KŜϨǊŜŰʎÕI·ffѐΣ
Řѐyŀ·ϒʎÕă I·ǊŜ ÕϨϒϒϨyfѐ ʎyŰŜǊǇǊŜŰŜŘ ʎƴ ŰKŜ ŦǊI·ϒŜøϨǊ˞ ϨŦ .ϨǊyπhǇǇŜyKŜʎϒŜǊ ǇϨŰŜyŰʎI·f
ŜyŜǊƎѐ ădzǊŦI·ÕŜă όt9{ύφ[TΣy] ! t9{ ƎʎØŜă ŰKŜ ŜfŜÕŰǊϨyʎÕ ŜyŜǊƎѐ ϨŦ I· ăѐăŰŜϒ I·ă I· ŦdzyÕŰʎϨƴ ϨŦ
ŰKŜ ƎŜϨϒŜŰǊѐ ϨŦ ʎŰă ydzÕfŜʎφ aʎyʎϒI· όøŜffăύ Ϩƴ ŰKŜ t9{ ÕϨǊǊŜăǇϨyŘ ŰϨ ăŰI·ōfŜ ʎăϨϒŜǊăΣ
ăI·ŘŘfŜă ōŜŰøŜŜƴ ϒʎyʎϒI· ǊŜǇǊŜăŜyŰ ōI·ǊǊʎŜǊă ŰϨ ʎăϨϒŜǊʎÎI·ŰʎϨƴ ϨǊ ǊŜI·ÕŰʎϨyΣ øKʎfŜ ŰKŜ
ăKI·ǇŜ I·yŘ ŰϨǇϨƎǊI·ǇKѐ ϨŦ I· t9{ ŘŜŰŜǊϒʎyŜă ăǇŜÕŰǊϨăÕϨǇʎÕI·ffѐ ϨōăŜǊØI·ōfŜ ăŰI·ŰŜă I·yŘ
Řѐyŀ·ϒʎÕăφ !ÕÕdzǊI·ŰŜ t9{ă ÕI·ƴ ϨŦŰŜƴ ōŜ ƎŜyŜǊI·ŰŜŘ ŦϨǊ ăϒI·ff ϒϨfŜÕdzfI·Ǌ ăѐăŰŜϒă όŰѐǇʎÕI·ffѐ

нπc l·ű2Y ăú dzăλyƎ l·ō λyλűλ2 ljdzl·yűdzY ŎKŜYλăűNè YŜűK2Řă¢ ! ydzYōŜN 2ŦŘλăÕNŜűŜ l·ō λyλűλ2 Řl·űl· óNl·yƎλyƎ ŦN2Y l· ŦŜø KdzyŘNŜŘ ű2 űŜyã 2Ŧ űK2dzăl·yŘăú l·NŜ Ô2YLJdzűŜŘ l·yŘ úKŜY NŜLJNŜăŜyűŜŘ l·ă l· t9{ ōè ă2YŜ ŎK2ăŜY YŜűK2Ř 2Ŧ ŦλűűλyƎ 2N λyűŜNLJ2fl·űλ2y¢ᵠᵐᵖ ¢KŜ ădzN₮l·ŎŜă Ŏl·yűKŜY ōŜ dzăŜŘ ŜλúKŜN ŦźN ljdzl·fλűl·ûλØŜ λyűŜNLJNŜűl·ûλ2y2N l·ă úKŜ ōl·ăλă Ŧ2N Øl·NλdzăŎl·fŎdzfl·ûλ2yã 2N ăλYdzfl·ûλ2yã¢ 5èyl·YλŎă Ŏl·fŎdzfl·ûλ2yã dzăλyƎ l· t9{ YλƎKű Nl·yƎŜ ŦN2Y Ŧdzff ljdzl·yűdzY ăŎl·úűŜNλyƎ Ŏl·fŎdzfl·ûλ2yã ű2 vdzl·ăλ /fl·ăăλŎl·f ¢Nl·ŝŜŎűźNλŜă óv/¢úᴹᶜᶦᴹᵀ Ô2YY2yfè dzăŜŘ ű2 Yl·ļŜ Y2fŜŎdzfl·N Y2ØλŜă ól·yλYl·ûλ2yã 2Ŧ Ŏfl·ăăλŎl·f Řèyl·YλŎăúΣ ØKŜNŜ ûKŜ Ŧ2NŎŜă Ô2YŜ ŦN2Y ûKŜ ƎNl·ŘλSyűă 2Ŧ ûKŜ t9{ l·ű Ŝl·ŎK ûλYŜ ăűŜLJ¢

t2űŜyűλl·f ŜyŜNƎè ădzN₮l·ŎŜ Y2ŘŜfă Kl·ØŜ l· f2yƎ Kλăű2Nè λy ŎKŜYλŎl·f ŜŘdzŎl·ûλ2y¢ ! мфрт LJl·LJŜN ōè 5èŜ ŘŜăÕNλōŜă dzăλyƎ LJfèø22Ř l·yŘ Ŏfl·è Y2fŘă ű2 Ô2yãúNdzŎű LJfl·ăűŜN Y2ŘŜfă l·yŘ ŘλăÕdzăăŜă dzăλyƎ ăKλYπăú2Ô] ű2 ōdzλfŘ úKŜ Y2ŘŜf fl·èŜNπōèπfl·èŜN¢ᴹʸ !y2űKŜN LJfl·ăűŜN Y2ŘŜf l·LJLJŜl·Nă λy l· мфтп LJl·LJŜN ōè ldzfăŜ Ŝű l·f¢ᴹᶲ l·yŘ 2űKŜN l·dzűK2Nă NŜ₮ŜN ű2 Ô2yű2dzN ŘλI·ƎNl·Yă Ŧ2N űŜl·ŎKλyƎ LJdzNLJ2ăŜă¢ᴴᴶΣᴴᴍ

¢¦¢hwL![{

hdzN NŜăŜl·NŎK ƎN2dzLJ ŘŜØŜf2LJă l·ŎŎdzNl·ûŜ t9{ă Ŧ2N ăëăűŜYă 2Ŧ λyűŜNŜăű ű2 l·űY2ăLJKŜNλŎΣ λyűŜNăűŜftl·N l·yŘ Ô2Yōdzăűλ2y ŎKŜYλăűNèΣ λyŎfdzŘλyƎ űø2 NŜŎŜyű ăűdzŘλŜă úKl·ű l·NŜ dzăŜŘ KŜNŜ l·ă űdzű2NλI·fătT мú l· yŜø t9{ Ŧ2N 2Î2yŜΣᴴᴴΣᴴᴼ l·yŘ нú ûKNŜŜ Ô2dzLJfŜŘ t9{ă ŘŜăÕNλōλyƎ ûKŜ ălJλyπŦ2NōλŘŘŜyNŜl·Ŏűλ2y2Ŧ /h ь hóᵒtú Γђ /hн¢ᴴᴨ

¢KŜ ű2LJ2ƎNl·LJKè 2Ŧ 2dzN yŜø t9{ Ŧ2N 2Î2yŜ λă ûKŜ ļŜè ű2 λyűŜNLJNŜűλyƎ ûKŜ λYLJN2ØŜŘ ŘŜăÕNλLJűλ2y2Ŧ f2ø ûŜYLJŜNl·údzNŜ NŜl·ŎűλØλúè¢ tNŜØλ2dză 2Î2yŜ t9{ă Kl·ØŜ l· ădzōYŜN₮ŜŘ NŜŜŦ ŦŜl·údzNŜ Ŧ2N ûKŜ l·LJLJN2l·ŎK 2Ŧ hπl·ű2Y ű2 ûKŜ hн ŦNl·ƎYŜyű λy ûKŜ 2Î2yŜ Ŧ2NYl·ûλ2y LJN2ŎŜăă

øKλÖK fŜŘ ű2 fI·NJ∃Ŝ ŘλăÖNJŜLJI·yŐλŜă ōŜűøŜŜy ÖI·fÖdzfI·ûŜŘ I·yŘ 2ōăŜNJØŜŘ f2ø ûŜYLJŜNJI·ûdzNJŜ NJI·ûŜă 2Ŧ Ŧ2NJYI·ûλ2yΦHPΣHC !ű f2y∃ NJI·y∃Ŝ ów ϱ y ō2KNJú øKŜNJŜ ŜfŜÖûNJ2ăűI·ûλÖă ólJdzI·ŘNJdzLJ2fŜπ lJdzI·ŘNJdzLJ2fŜú LJNJ2ØλŘŜ I· ∃22Ř ŘŜăÖNJλLJűλ2y 2Ŧ ûKŜ I·ű2YπŘλI·ű2Y λyűŜ NJI·Öűλ2y I· Ö2πfλySI·NJ I·LJLJNJ2I·ÖK λă ăfλ∃Kűfè ŦI·Ø2NJŜŘΦHT !ű ăK2NJúŜNJ ŘλăűI·yÖŜă ûKŜ Ö2πfλySI·NJ I·NJNJI·y∃ŜYŜyű ōŜÖ2YŜă NJŜLJdzfăλØŜ óI·ă λă ûKŜ ¢πăKI·LJŜŘΣ ăλŘŜπ2y I·LJLJNJ2I·ÖKúΦ Ly ŦI·Öű ûKŜNJŜ λă 2yfè I· ăYI·ff Ö2yŜ 2Ŧ I·ÖÖŜLJűI·yÖŜ I·ō2dzű ûKŜ ŜIjdzλfλōNJλdzY ō2yŘ I·y∃fŜ 2Ŧ I·ō2dzű ммт ŘŜ∃NJŜŜăΦ Ly I·ŘŘλűλ2y ű2 ûKλă I·y∃dzfI·NJ ō2ûűfŜySÖ]Σ λy YI·yê 2Î2yŜ ÖI·fÖdzfI·ûλ2yãΣ I· ălJdzNJλ2dză NJŜŜŦ I·LJLJŜI·NJă I·f2y∃ ûKŜ YλyλYdzY ŜySNJ∃è LJI·ûK óa9tú ŘdzŜ ű2 I·y I·Ø2λŘŜŘ ÖNJ2ăăλy∃ øλűK I·y ŜÈÖλűŜŘ ŜfŜÖűNJ2yλÖ ăűI·ûŜΦ ² Ŝ KI·ØŜ ÖNJŜI·ûŜŘ LJfI·ăűλÖ Y2ŘŜfă 2Ŧ 2dzNJ ySø t9{ óøλűK2dzű ûKŜ NJŜŜŦ ŦŜI·ûdzNJŜú I·yŘ I·y2ûKŜNJ t9{ ōè !è2dzÎ Ŝű I·fΦ óøλűK ûKŜ NJŜŜŦ ŦŜI·ûdzNJŜúΣHP ûKI·ú YI·]Ŝ Ŧ2NJ I· ŘNJI·YI·ûλÖ I·yŘ ŜI·ăλfè λyűŜNJLJNJŜûŜŘ ŘŜY2yãúNJI·ûλ2y øKŜy ăûdzŘŜyűă N2ftf YI·NJōfŜă óNJŜLJNJŜăŜyűλy∃ ûKŜ I·LJLJNJ2I·ÖKλy∃ hπI·ű2Yú 2y ûKŜ ûø2 ădzNJŦI·ÖŜăΦ ² λűK 2yŜ Y2ŘŜf ûKŜ YI·NJōfŜ λă úNJI·LJLJŜŘ ōè ûKŜ NJŜŜŦΣ øKλfŜ 2y ûKŜ 2ûKŜNJ ûKŜ YI·NJōfŜ N2ftă ŘλNJŜÖűfè λyű2 ûKŜ øŜff ûKdză άŦ2NJYλy∃έ 2Î2yŜΦ ¢Kλă ŘŜY2yãúNJI·ûŜă ûKŜ λYLJ2NJúI·yÖŜ 2Ŧ ăYI·ff LJ2ûŜyűλI·f ōI·NJNJλŜNJă 2y f2ø ûŜYLJŜNJI·ûdzNJŜ NJŜI·ÖűλØλûèΦ

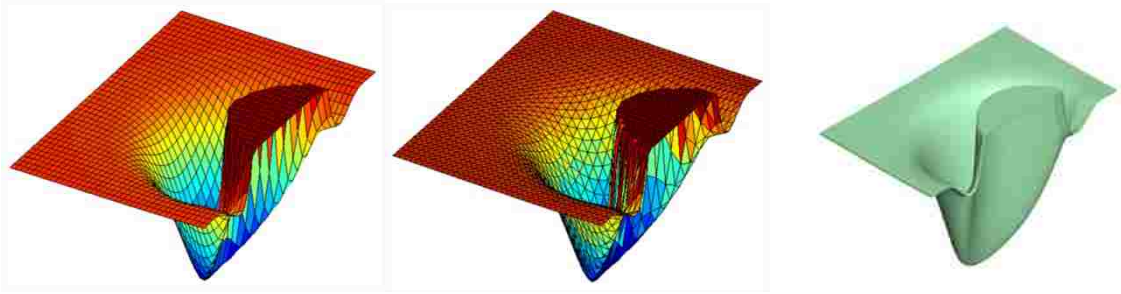
hdzNJ ăŜÖ2yŘ ûdzű2NJλI·f ŘŜY2yãúNJI·ûŜă ûKŜ ălJλyπŦ2NJōλŘŘŜy /h ь hóotú Γϱ /hн NJŜI·Öűλ2yΦHΠ DN2dzyŘ ăűI·ûŜ hóotú I·ű2Y ōŜλy∃ I· ălJλy úNJλLJfŜű λă 2yfè άI·ff2øŜŘέ û2 Ö2YōλySø øλűK ăλy∃fŜű /h û2 Ŧ2NJY úNJλLJfŜú Y2fŜÖdzfI·NJ ăűI·ûŜă I·yŘ λă ûKŜNJŜŦ2NJŜ άălJλyπŦ2NJōλŘŘŜyέ û2 Ŧ2NJY ăλy∃fŜű /hнΦ Ly ŦI·Öű yI·ûdzNJŜ ŦλyŘă I· øI·è ûKN2dz∃K ălJλyπ2NJōλú Ö2dzLJfλy∃ ōŜűøŜŜy ûKŜ ăλy∃fŜű I·yŘ úNJλLJfŜű t9{ăΦ ² Ŝ KI·ØŜ ∃ŜySNJI·ûŜŘ ûKNJŜŜ t9{ă Ŧ2NJ ûKλă ăèăúŜYΣ 2yŜ Ŧ2NJ ûKŜ ălJλyπ I·ff2øŜŘ Ŧ2NJYI·ûλ2y 2Ŧ /hн ŘŜăÖNJλōλy∃ I·LJLJNJ2I·ÖK 2Ŧ I·y ŜÈÖλűŜŘ hóM5ú I·ű2YΣ I·yŘ ûø2 ŦNJdzăúNJI·ûŜŘ úNJλLJfŜű ăűI·ûŜă øλűK ăKI·ff2ø øŜffă KI·y∃λy∃ Kλ∃K I·ō2ØŜ ûKŜ ŘŜŜLJ øŜff 2Ŧ ăλy∃fŜű /hнΦ ² Ŝ ûKŜy YI·]Ŝ I· Y2ŘŜf Ö2Yōλyλy∃ ûKŜ ûKNJŜŜ ădzNJŦI·ÖŜă NJŜLJNJŜăŜyűŜŘ I·ă I· YŜăKΣ øKλÖK

λffdzăűNJl·űŜă űKŜ ăŜl·Yă 2Ŧ λyűŜNăŜŐűλ2y ǿKŜNJŜ ăLJλyπ2NJōλű Ő2dzLJfλyE LJŜNJYλűă űKŜ űNJl·ȩŜŐű2Nè ű2 K2LJ ŦN2Y 2yŜ ădzNJŦl·ÖŜ ű2 l·y2űKŜN λy űKŜ ăLJλyπŦ2NJōλŘŘŜy NJŜl·Őűλ2y LJN2ŐŜăăφ l ŜNJŜ ǿŜ ǿλff ăK2ǿ K2ǿ űKŜăŜ t9{ă ǿŜNJŜ Yl·ŘŜ λyű2 o5 LJfl·ăűλŐ Y2ŘŜfă ădzλűl·ōfŜ Ŧ2N ŘŜY2yãűNJl·ûλ2yãφ ly űKŜ {dzLJLJ2NJűλyE LyŦ2NJYl·ûλ2y ó{Lú ǿŜ LJN2ØλŘŜ ŜÈl·YLJfŜ Řl·űl· ŦλfŜă l·yŘ ăÖNJλLJűă űKl·ű Ől·y ōŜ dzăŜŘ ōè l·yê2yŜ ű2 ŐNJŜl·ûŜ űKŜλNJ 2ǿyφ

a9¢l h5¢h /w9!¢9 t9{ ah59[{ ²L¢l o5 twLb¢9w{

¢2 Yl·ʅŜ l· Y2ŘŜf 2Ŧ l· t9{ ó2N l·yê 2űKŜNJ Řl·űl· űKl·ű YλEKű ōŜ NJŜLJNJŜăŜyűŜŘ l·ă l· ădzNJŦl·ÖŜ LJf2űúΣ 2yŜ Ydzăű ESyŜNJl·ûŜ l· ŘλEλűl·f ŦλfŜ űKl·ű Ől·y ōŜ λyűŜNJLJNJŜűŜŘ ōè űKŜ LJNJλyűŜNJφ ¢èLJλŐl·ffè ǿKŜy 2yŜ Yl·ʅŜă l· ădzNJŦl·ÖŜ LJf2ű 2Ŧ l· t9{Σ űǿ2 Ő22NJŘλyl·ûŜă l·NJŜ Øl·NJλŜŘ l·yŘ NJŜLJNJŜăŜyűŜŘ λy űǿ2 l·ÈŜă 2Ŧ űKŜ LJf2ű ǿKλfŜ 2űKŜNJ λyűŜNJyl·f ŘŜENJŜŜă 2Ŧ FNJŜŜŘ2Y 2Ŧ űKŜ Y2fŜŐdzfŜ l·NJŜ KŜfŘ ŦλÈŜŘ ó2N LJŜNJKl·LJă Yλyλ YλÎŜŘúφ ¢KŜ KŜλEKű óűKλNJŘ l·Èλăú NJŜLJNJŜăŜyűă űKŜ Øl·fdzŜ 2Ŧ űKŜ ŦdzyŐűλ2y óLJ2űŜyűλl·f ŜyŜNJEè λy űKλă l·LJLJfλŐl·ûλ2yűΣ l·yŘ λă Y2ăű 2ŦűŜy l·fă2 Ő2f2NJπ Ő2ŘŜŘφ C2N Ŝl·ŐK 2Ŧ űKŜ ûǿ2 ŜÈl·YLJfŜă KŜNJŜ óhЬhн l·yŘ hЬ/hú űKŜ Řλl·û2YλŐ ō2yŘ Řλăűl·yŐŜ λă KŜfŘ ŦλÈŜŘ ǿKλfŜ űKŜ ûǿ2 l·ŐűλØŜ Ő22NJŘλyl·ûŜă NJŜLJNJŜăŜyű ***x*** l·yŘ ***y*** /l·NJûŜăλl·y Ő22NJŘλyl·ûŜă Ŧ2N l·LJLJN2l·ŐK 2Ŧ űKŜ hπl·û2Yφ !y λYLJ2NJűl·yű ăűŜLJ λă û2 l·ŘŘ l· ŐK2ăŜy ŦλyλûŜ ûKλŐʅySăăΣ ă2 ûKl·ű ûKŜ ŦdzyŐűλ2y ŘŜŦλyλyE ûKŜ н5 ădzNJŦl·ÖŜ ōŜŐ2YŜă l· o5 2ō?ŜŐű ǿλűK Ø2fdzYŜφ ! Ő2YY2y Ŧ2NJYl·ű l·ŐŐŜLJűŜŘ ōè Y2ăű LJNJλyűŜNJă λă {ûŜNJŜ2fλűK2ENJl·LJKè ó{¢[úφ {¢[ŦλfŜă Ő2yűl·λy l· ûNJλl·yEdzfl·ûŜŘ NJŜLJNJŜăŜyűl·ûλ2y 2Ŧ l· Y2ŘŜf λy ûŜNJYă 2Ŧ dzyλű y2NJYl·f l·yŘ ØŜNJűλŐŜă 2Ŧ ûNJλl·yEfŜă ûKl·ű Yl·ʅŜ dzLJ ûKŜ Y2ŘŜfφ LŦ 2yŜ Kl·ă l· NJŜŐűl·yEdzfl·NJ l·NJNJl·è 2Ŧ Řl·ûl· ûèLJλŐl·ffè dzăŜŘ ű2 EŜyŜNJl·ûŜ l· ădzNJŦl·ÖŜ LJf2űΣ ûKŜy λű Ydzăű ōŜ Ő2yØŜNJűŜŘ ű2 l· ûNJλl·yEdzfl·ûŜŘ Ŧ2NJYφ ¢Kλă λă Ŝl·ăλfè Ř2yŜ λy al·ûfl·ōφHy ! al·ûfl·ō ăÖNJλLJű λă λyŐfdzŘŜŘ λy {L ûKl·ű ŜYLJf2èă ûKŜ 5Ŝfl·dzyl·è ûNJλl·yEdzfl·ûλ2y ăŐKŜYŜΣHφ ǿKλŐK Yl·ÈλYλÎŜă ûKŜ YλyλYdzY l·yEfŜă 2Ŧ ûKŜ ûNJλl·yEfŜă λy ûKŜ ûNJλl·yEdzfl·ûλ2yΣ

Y λyΥλÎλyΞ ΰΚŜ yΘzYōŜℕ 2Ŧ ăY l·ff l·yŘ l·ŎdzΰŜ ΰℕλl·yΞfŜăΣ l·yŘ λă Ô2YY2yfè dzăŜŘ Ŧ2ℕ ΰΚλă LJdzℕLJ2ăŜΦ ¢2 ŎℕŜl·ΰŜ l· Y2ŘŜf ØλΰK l· ălJŜŎλŦΛŜŘ ΰΚλŎ]yŜăăΣ 2yŎŜ ΰΚŜ ΰℕλl·yΞdzfl·ΰŜŘ ădzℕŦl·ŎŜ Kl·ă ōŜŜY LJℕŜLJl·ℕŜŘΣ l· ŘdzLJfΘŎl·ΰŜ ădzℕŦl·ŎŜ λă ŎℕŜl·ΰŜŘ ōè LJℕ2ΩŜŎΰλyΞ ΰΚŜ ØŜℕΰΘŎŜă 2Ŧ l·ff ΰΚŜ ΰℕλl·yΞfŜă l·f2yΞ ΰΚŜλℕ ℕŜălJŜŎΰΘØŜ y2ℕYl·fă¢ ¢ΚŜ ΰØ2 ădzℕŦl·ŎŜă óăŜΰ l·LJl·ℕΰ l·ΰ l· ŘλăΰΙl·yŎŜ Ŏ2ℕℕŜălJ2yŘλyΞ ΰ2 ΰΚŜ ŘŜăλℕŜŘ ΰΚλŎ]yŜăăú l·ℕŜ ΰΚŜY Ŏ2yŷŜŎΰŜŘ ōè l· ΰΚΛℕŘ άō2ℕŘŜℕε ădzℕŦl·ŎŜΣ Yl·]λyΞ λΰ l· Ŏf2ăŜŘ ΰΚℕŜŜ ŘλYŜyăλ2yl·f 2ō2ŜŎΰΦ b2ΰŜ ΰΚl·ΰ {¢[ŦλfŜă Ř2 y2ΰ Ô2yΰΙ·λY ΰΚŜ l·ōă2fdzΰŜ ăλÎŜ 2Ŧ l·Y 2ō2ŜŎΰΩă ŘλYŜyăλ2yãΦ ¢ΚŜăŜ l·ℕŜ ăŜΰ fl·ΰŜℕ óΰ2 dzăŜℕ ălJŜŎλŦΛŎl·ΰλ2yãú ōè ΰΚŜ ă2ŦΰØl·ℕŜ ŘℕλØλyΞ ΰΚŜ o5 LJℕλyΰŜℕΦ

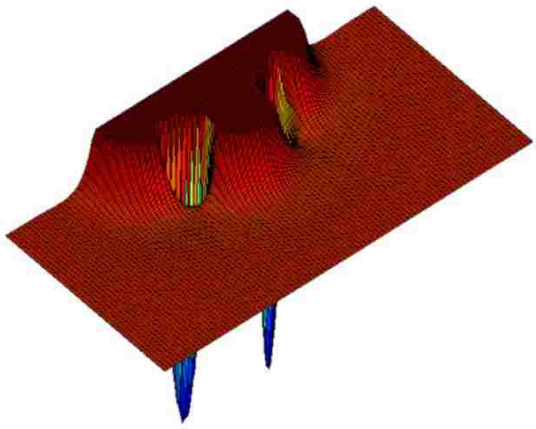


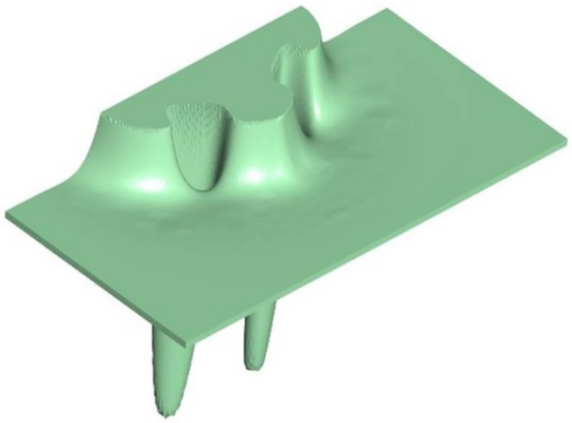
CλΞdzℕŜ мΦ ó[ŜŦΰú ! ădzℕŦl·ŎŜ LJf2ΰ ΞŜySŜℕl·ΰŜŘ λY a l·ΰfl·ō ℕŜLJℕŜăŜyΰλyΞ ΰΚŜ ΞℕΩdzyŘ ălyΞfŜΰ ăΰl·ΰŜ 2Ŧ / $h_н$ l·ă l· пл È пл ℕŜŎΰl·yΞdzfl·ℕ YŜăKΦ óaλŘŘfŜú ¢ΚŜ λyΰŜℕYŜŘλl·ΰŜ ăΰŜLJ 2Ŧ l· ΰℕλl·yΞdzfl·ΰŜŘ YŜăK λă ăK2ØyΦ ówλΞΚΰú ¢ΚŜ ă2fλŘ 2ō2ŜŎΰ ØλΰK ălJŜŎλŦΛŜŘ ΰΚλŎ]yŜää λă ℕŜLJℕŜăŜyΰŜŘ λY {¢[Ŧ2ℕYl·ΰ ℕŜl·Řè ΰ2 ōŜ LJℕλyΰŜŘ λyΰ2 l· LJfl·ăΰλŎ Y2ŘŜfΦ

hyŎŜ ΰΚŜ {¢[ŦλfŜ λă f2l·ŘŜŘ ōè ΰΚŜ LJℕλyΰŜℕ ă2ŦΰØl·ℕŜ l·yŘ ΰΚŜ 2ØŜℕl·ff ŘλYŜyăλ2yã l·ℕŜ ălJŜŎλŦΛŜŘΣ ΰΚŜ Ŏ2ăΰ ΰ2 LJℕλyΰ óØΚλŎK λă ΰèLJλŎl·ffè ōl·ăŜŘ 2yØ2fdzYŜú ŎI·Y ōŜ ŘŜΰŜℕYλyŜŘΦ ¢ΚŜ YŜăK Y2ŘŜf λY CλΞdzℕŜ пΦп Ô2ăΰ 2yfè Þт ΰ2 LJℕλyΰ l·ΰ 2dzℕ ŎI·YLJdză fλōℕl·ℕèΣ ōdzΰ λΰ ăl· l· Ξ22Ř λŘŜl· ΰ2 ΞŜΰ l·Y ŜăΰλYl·ΰŜ λY l·ŘØl·yŎŜΦ {2YŜ LJℕλyΰλyΞ Ŧl·ŎλfΰΰλŜă ŎΚl·ℕΞŜ l·ŘŘλΰΰ2yl·f ŦŜŜă Ŧ2ℕ ΰŜYLJ2ℕl·ℕè ădzLJLJ2ℕΰ Yl·ΰŜℕλl·f ΰΚl·ΰ YλΞΚΰ ōŜ yŜŜŘŜŘ ΰ2 ădzLJLJ2ℕΰ Ô2YLJfŜÈ l·ℕŎΚλΰŜŎΰdzℕŜă

ŘdzNλyЭ űKŜ LJNλyűλyЭ LJN2ŐŜăă hyŐŜ ŦλyλăKŜŘΣ l·yȅ ădzLJLJ2Nű Y l·űŜNλl·f ăă ól·ăKŜŘ l·ól·è λy l·y

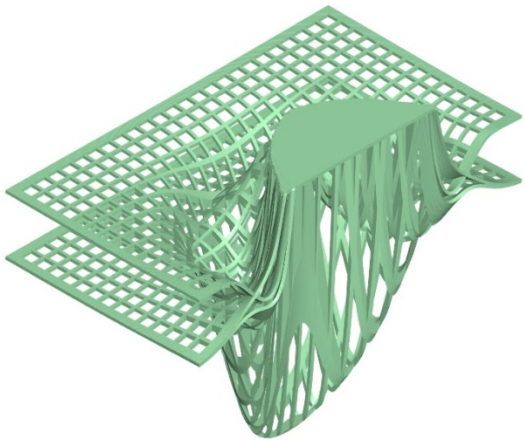
dztűNJl·ă2yλŐ ōl·úK





CλЭdzNŜ н ó[ŜŦűú ! ădzNŦl·ŐŜ LJf2ű 2Ŧ űKŜ 2Î2yŜ t9{ NŜLJNŜăŜyűλyЭ űKŜ ŜyŜNЭè fl·yŘăŐl·LJŜ Ŧ2NJ l·LJLJN2l·ŐK 2Ŧ l·y hπl·ű2Y ű2 l·y $h_н$ ŦNJl·ЭYŜyű ŘŜăŐNλōλyЭ 2Î2yŜ Ŧ2NJYl·űλ2y ówλЭKűú ¢KŜ {¢[ŦλfŜ NŜLJNŜăŜyűλyЭ űKŜ o5 Y2ŘŜf űKl·ű ól·ă LJNλyűŜŘ λy LJfl·ăűλŐ ¢KŜ ŘλYŜyãλ2yã 2Ŧ űKŜ ŦλYl·f Y2ŘŜf l·NŜ yé È né È cé óKŜλЭKűú l·yŘ l· űKλŐ]yŜăă 2Ŧ лmнрé

CλЭdzNŜ o tfl·ăűλŐ Y2ŘŜfă 2Ŧ úól2 ŘλŦŦŜNŜyű t9{ă Ŧ2NJ 2Î2yŜ LJN2ŘdzŐŜŘ ōè o5 LJNλyűλyЭ l·NŜ ăK2óy λy l· ó22ŘŜy ŘλăLJfl·è ō2È C2NJ űKŜ Y2ŘŜf l·ű űKŜ ōl·Ő] 2Ŧ űKŜ ō2ÈΣ l· NŜŜŦ ŦŜl·űdzNŜ úNJl·LJă űKŜ Yl·NJōfŜ óNŜLJNŜăŜyűλyЭ l·y hπl·ú2Yú óKλfŜ űKŜ l·ōăŜyŐŜ 2Ŧ l· NŜŜŦ λy Y2ŘŜf l·ű űKŜ ŦN2yű l·ff2óă űKŜ Yl·NJōfŜ ű2 NŜl·ŐK űKŜ óŜffΣ űKdză áŦ2NJYλyЭ 2Î2yŜé



CλƎdzNŜ nΦ {¢[ŦλfŜ NŜLJNŜăŜyűλyƎ űKNŜŜ λyűŜNăŜŎűλyƎ t9{ă ŘŜăŎNλōλyƎ űKŜ ălJλyπŦ2NōλŘŘŜY / h Ь hó^{o}tú Γþ / $h_{н}$ NŜI·Ŏűλ2yΦ ¢KNŜŜ λyŘλØλŘdzI·f t9{ă ØŜNŜ ƎŜySNI·ûŜŘ λY I· YŜăKΦ CλyI·ffè űKŜ űKNŜŜ YŜăK ădzN₮I·ŎŜă ØŜNŜ Ŏ2YōλySŘ λyű2 I· ăλyƎfŜ YdzfűλπădzN₮I·ŎŜ 2ō?ŜŎű λffdzăűNI·ûλyƎ űKŜ ăŜI·Yă 2Ŧ λyűŜNăŜŎűλ2Y¯ōŜűØŜSY¯űKŜ t9{ăΦ 5ŜűI·λfă 2Ŧ K2ø űKλă øI·ă Ř2ySˆ I·NŜ LJN2ØλŘŜŘ λY {LΦ

Ih ² ¢I9 ah59[{ /!b .9 ¦{95 Lb ¢I9 /[!{{whha

tfI·ăűλŎ Y2ŘŜfă 2Ŧ űKŜ 2Î2yŜ I·yŘ / $h_{н}$ t9{ă ØŜNŜ LJNλyűŜŘ I·yŘ KI·ØŜ ōŜŜY¯dzăŜŘ λY I· yfzYōŜN 2Ŧ ŎfI·ăăN22Y ŘŜY2yãúNI·ûλ2yã I·ă ØŜff I·ă I·ű I·Y 9ŘdzŎI·dzăŜ ø2N]ăK2LJ^{ол} Ŧ2ŎdzăŜŘ 2Y űKŜ dzăŜ 2Ŧ ûŜŎKy2f2Ǝè λY ŜŘdzŎI·ûλ2y I·yŘ ŜØŜY I·ű ŎdzúűûλyƎ ŜŘƎŜ ăŎλŜyűλŦλŎ YŜŜûλyƎă λyŎftdzŘλyƎ I· ¢Ŝffdz NλŘŜ ø2N]ăK2LJ 2Y¯bŜø /KI·ffŜyƎŜă Ŧ2N ¢KŜ2Nè λY /KŜY¯λŎI·f 5èyI·Yλŏäφ^{OM}

¢KŜ Y2ŘŜfă ŦλűØŜff λyű2 LJKèăλŎI·f ŎKŜY¯λăűNè Ŏ2dzNăŜă 2yŎŜ űKŜ Ŏ2yŎŜLJűă 2Ŧ t9{ă I·yŘ úNI·yăλűλ2y¯ăűI·ûŜ űKŜ2Nè KI·ØŜ ōŜŜY¯λyűN2ŘdzŎŜŘΦ . è LJfI·ŎλyƎ I· NŜŘ YI·NōfŜ óNŜLJNŜăŜyűλyƎ I·Y¯ hπI·ű2Yú 2yű2 űKŜ 2Î2yŜ Y2ŘŜfΣ λű ōŜŎ2YˆŜă λYYˆŜŘλI·ûŜfè ŏfŜI·N ØKŜNŜ ûKŜ Řèyl·YˆλŎI·f ō2ûűfŜySˆŎ] λă I·yŘ K2ø I·LJLJN2I·ŎK 2dzűăλŘŜ ûKŜ Ŏ2yŜ 2Ŧ I·ŎŎŜLJűI·yŎŜ ōŜŎ2YˆŜă NŜLJdzfăλØŜ I·ű Ŏf2ăŜ NJI·yƎŜΦ ¢KŜ ăŜŎ2yŘ 2Î2yŜ Y2ŘŜf NŜLJNŜăŜyűλyƎ ŘI·ûI· ØλűK I· ălJdzNλ2dză NŜŜŦ ŦŜI·ûdzNŜ I·Ŏűdz I·ffè úNI·LJă ûKŜ YI·NōfŜ 2dzűăλŘŜ ûKŜ YI·λY¯ ØŜff I·yŘ ŦI·ŎλfλűI·ûŜă ŘλăŎdzăăλ2Y¯ 2Ŧ ØI·Y¯ ŘŜN ² I·I·fă ăűI·ûŜă I·yŘ ûKŜ ăλƎyλŦλŎI·yŎŜ 2Ŧ ăYˆI·ff ōI·NNλŜNă ű2]λySűλŎă I·ű f2ø ûŜYˆLJŜNI·ûdzNŜΦ

Lű ƛă LJI·₦ŭƛŎdzfI·₦fè ŘƛŦŦƛŎdzfű Ŧ2₦ ăűdzŘŜyűă ű2 Ø\ădzI·fƛÎŜ K2ø Y´dzfűƛ LJfŜ t9{ă ōŜKI·ØŜ l·yŘ ƛyűŜ₦ăŜŎű øKŜy´₦ŜfèƛyƎ ă2fŜfè 2y´ŦΛƎdz₦Ŝă 2₦ ŘƛI·Ǝ₦I·Y´ă¢ ² Ŝ KI·ØŜ LJ₦ƛyűŜŘ úKŜ ŭK₦ŜŜ /hьh t9{ă ăŜLJI·₦I·ŭŜfè l·ă øŜff l·ă Ŏ2Y´ōƛyŜŘ ű2ƎŜűKŜ₦ ƛy´ l· ŭ₦I·yãLJI·₦Syű Y´ŜăK¢ ¢KŜ ăƛÎŜ 2Ŧ ŭKŜ ăƛyƎfŜűπű₦ƛLJfŜű ƎI·LJ ₦ŜfI·ŭƛØŜ ű2 ŭKŜ øŜff ŘŜLJúK ƛă ƛY´Y´ŜŘƛI·ŭŜfè ŎfŜI·₦¢ Lű ƛă ŜI·ăè Ŧ2₦ ăűdzŘŜyűă ű2 ăŜŜ K2ø l· ŭ₦I·ŝŜŎű2₦è 2y´ ŭKŜ ŭ₦ƛLJfŜű ădz₦ŦI·ŎŜă Y´ƛƎKű 2ăŎƛffI·ŭŜ ƛy´ ŭKŜ ŭ₦ƛLJfŜű øŜffă l·yŘ KI·ØŜ y´dzY´Ŝ₦2dză 2LJLJ2₦ŭdzyƛűƛŜă ű2 K2LJ 2yű2 ŭKŜ ăƛyƎfŜű ădz₦ŦI·ŎŜ¢

/hb/[¦{Lhb

² Ŝ KI·ØŜ ăK2øy´ úKI·ű o5 LJ₦ƛyűƛyƎ ŎI·y´ ōŜ dzăŜŘ ű2 LJ₦ƛyű LJfI·ăűƛŎ Y´2ŘŜfă dzăŜŦdzf ƛy´ ŘŜY´2yãú₦I·ŭƛyƎ Y´2fŜŎdzfI·₦ ăú₦dzŎűdz₦Ŝ l·yŘ Řèyl·Y´ƛŎă ûK₦2dzƎK ØƛădzI·fƛÎI·ŭƛ2y´ 2Ŧ LJ2ûŜyűƛI·f ŜyŜ₦Ǝè ădz₦ŦI·ŎŜă¢ !y´ ƛyűŜ₦I·ŎűƛØŜ aI·ŭfI·ō ăŎ₦ƛLJű ₦ŜIjdz₦ƛyƎ y2 LJ₦2Ǝ₦I·Y´Y´ƛyƎкŎ2ŘƛyƎ ly2øfŜŘƎŜ ƛă ƛyŎfdzŘŜŘ l·ă {dzLJLJ2₦ŭƛyƎ Ly´Ŧ2₦Y´I·ŭƛ2y´ l·yŘ ƛă ăú₦I·ƛƎKű´Ŧ2₦øI·₦Ř ű2 dzăŜ óŜØŜy´ōè y2ØƛŎŜ dzăŜ₦ă 2Ŧ aI·ŭfI·ōú¢ Lű ŎI·y´ ōŜ dzăŜŘ ōè I· øƛŘŜ ₦I·yƎŜ 2Ŧ LJŜ2LJfŜ ƛyŎfdzŘƛyƎ Y´I·ŭKŜY´I·ŭƛŎƛI·yãΣ ăŎƛŜyűƛăúăΣ l·yŘ ŜyƎƛyŜŜ₦ă ű2 Ŏ₦ŜI·ŭŜ l·yŘ ăK2øŎI·ăŜ ûK₦ŜŜπŘƛY´Syãƛ2yl·f ₦ŜI·fƛÎI·ŭƛ2yã 2Ŧ ădz₦ŦI·ŎŜ LJf2ű ŘI·ŭI·¢ ¢Kƛă KI·ă LJ₦2ØŜy´ØŜ₦è dzăŜŦdzf Ŧ2₦ ŎKŜY´ƛŎI·f ŜŘdzŎI·ŭƛ2y´ I·ă ăűdzŘŜyűă ƛY´Y´ŜŘƛI·ŭŜfè I·LJLJ₦ŜŎƛI·ŭŜ I·ăLJŜŎűă 2Ŧ l· Y´2ŘŜf ûKŜè ŎI·y´ K2fŘ ƛy´ úKŜƛ₦ KI·yŘă¢ ² Ŝ LJfI·y´ű2 dzăŜ ûKŜ ăI·Y´Ŝ I·LJLJ₦2I·ŎK ű2 Ŏ₦ŜI·ŭŜ Y´ŜăK Y´2ŘŜfă 2Ŧ Y´2fŜŎdzfI·₦ 2₦ōƛűI·fă¢

!¦¢I hwLbChwa!¢Lhb

/2₦₦ŜăLJ2yŘƛyƎ !dzűK2₦ă

Ғ9πY´I·ƛfY LJKI·fƎdzy¢f2fdz₦ΧY´ăű¢ŜŘdz

Ғ9πY´I·ƛfY ŘI·øŜă₦ΧY´ăű¢ŜŘdz

! / Ybh ² [95D9 a 9b¢{

¢ΚŜ l·dzűΚ2ℕă ∃ℕl·ûŜŦdzffè l·Ŏ]y2øfŜŘ∃Ŝ {ØŜy˙ I 2fŎ2Y˙ōŜ ó ¦ yλØŜℕăλúè 2Ŧ aλŎΚλ∃l·yΰ l·yŘ tl·dzf Yl·ăăŜōl·dzY˙Σ tΚ¢5¢Σ a l·]Ŝℕ /2Y˙Y˙dzyλűè wŜfl·ûλ2yãΣ a l·ûK ² 2ℕ]ă Ŧ2ℕ ΚŜfLJ øλűK ŘŜØŜf2LJλyΞ űΚŜ ăŎℕλLJűă¢ w5 λă ădzLJLJ2ℕűŜŘ ōè űΚŜ bl·ûλ2yl·f {ŎλŜyŎŜ C2dzyŘl·ûλ2y˙ ó / I 9π моллфпрú l·yŘ űΚŜ hŦŦλŎŜ 2Ŧ . l·ăλŎ 9yŜℕ∃è {ŎλŜyŎŜăΣ ¦¢{¢ 5ŜLJl·ℕűY˙Ŝyű 2Ŧ 9yŜℕ∃è dzyŘŜℕ /2yűℕl·Ŏű b2¢ 59π{ / ллмлсмс¢

w9C9w9b / 9{

óмú ¢¢ w2øŜ tℕλŎŜΣ ! ōℕλŜŦ Kλăü2ℕè 2Ŧ o5 LJℕλyűλyΞΣ ¢¢ *w2øŜ tℕλŎŜ /2yŷŜŎűλ2yãΣ* a l·è **нлмн**¢

óнú 9ÈŎŜftΣ W¢ ¢ΚŜ ℕλăŜ 2Ŧ l·ŘŘλűλØŜ Y˙l·yűzŦl·Ŏűdzℕλy∃¢ *¢ΚŜ 9y∃λyŜŜℕΣ* нп a l·èΣ **нлмл**¢

óoú {Kl·ffl·yΣ !¢ L¢T {YˆŜ²]l·fΣ t¢T /2ℕōl·yΣ a¢T Ddzλ2ûΣ w¢ a¢T .ℕŜl·ŘY˙2ℕŜΣ a¢ /¢ /2ăűπŜŦŦŜŎűλØŜ o5 LJℕλyűλyΞ 2Ŧ Øλăλōfè úℕl·yãLJl·ℕŜyű Y˙λŎℕ2ŎΚλLJă øλűΚλy˙Y˙λyűzűŜăΣ !yl·f¢ /ΚŜY˙¢ **нлмп**Σ ycΣ омнп¢

óпú [λLJă2yΣ l¢T YdzℕY˙l·yΣ a¢T Cl·ōℕλŎl·ûŜŘY ¢ΚŜ ySø ø2ℕfŘ 2Ŧ o5 LJℕλyűλyΞΣ **нлмо**Σ ² λfŜèΣ LyŘλl·yl·LJ2fλă¢

óрú [ŜØλySΣ w¢5¢ *a2fŜŎdzfl·ℕ wŜl·Ŏűλ2y˙5èyl·Y˙λŎăΣ* **нллр**Σ /l·Yˆōℕλ ŘΞŜ ¦ yλØŜℕăλúè tℕŜăăΣ bŜø ¸2ℕ]¢

ócú tℕŜăă wŜfŜl·ăŜY ¢ΚŜ мфyc b2ōŜf tℕλÎŜ λy˙ /ΚŜY˙λăűℕè¢ *b2ōŜfLJℕλÎŜ¢2ℕΞ¢* b2ōŜf aŜŘλl· ! . нлмо¢

óтú {ű2yŜΣ !¢ W¢ *¢ΚŜ ¢ΚŜ2ℕè 2Ŧ LyűŜℕY˙2fŜŎdzfl·ℕ C2ℕŎŜăΣ LyűŜℕyl·ûλ2yl·f {ŜℕλŜă 2Ŧ a2y2∃ℕl·LJΚă 2y˙/ΚŜY˙λăűℕèΣ ±2f¢ oнΣ* ó / fl·ℕŜyŘ2y˙ tℕŜăăΣ hÈŦ2ℕŘΣ **мффс**ú¢

óyú {ŎΚl·ûÎΣ D¢ /¢ *wŜl·Ŏűλ2y˙l·yŘ a2fŜŎdzfl·ℕ 5èyl·Y˙λŎăΣ [ŜŎűdzℕŜ b2űŜă λy˙/ΚŜY˙λăűℕèΣ ±2f¢ мпΣ* ŜŘλűŜŘ ōè !¢ [l·∃l·yl· l·yŘ !¢ wλ∃l·yŜffλ ó{LJℕλyΞŜℕΣ . ŜℕfλyΣ **нллл**ú¢

óфú . fl·y˙Σ ¢¢ .¢TΣ .ℕ2øy˙Σ {¢ 5¢T /l·fΚ2dzy˙Σ !¢ ² ¢T 52ℕŜyΣ 5¢ W¢ *bŜdzℕl·f yŜűø2ℕ] Y˙2ŘŜfă 2Ŧ LJ2űŜyűλl·f ŜyŜℕ∃è ădzℕŦl·ŎŜă¢ W¢ /ΚŜY˙¢ tΚèă¢* **мффп**Σ млоΣ пмнф¢

óмлú LăŎΚűøl·yΣ W¢T /2ffλyãΣ a¢ !¢ *a2fŜŎdzfl·ℕ LJ2űŜyűλl·f ŜyŜℕ∃è ădzℕŦl·ŎŜă ōè λyűŜℕLJ2fl·ûλ2y¢* W¢ */ΚŜY˙¢ tΚèă¢* **мффп**Σ млл Σ улул¢

óммú .ℕlꞏlꞏϒăΣ .ϕ WϕT .ƨøϒlꞏyΣ Wϕ aϕ tŜℕϒdzűlꞏűλ2ylꞏffè λyØlꞏℕλlꞏyű LJ2űŜyűλlꞏf ŜyŜℕƎè ădzℕ₮lꞏŐŜă λyˇ ĸλƎK ŘλϒŜyăλ2ylꞏťűëΣ Lyűϕ wŜØϕ tĸèăϕ /ĸŜYϕ **нллф**Σ нуΣ рттϕ

óмнú ·ÅŜΣ ½ϕT .ƨøϒlꞏyΣ Wϕ aϕ tŜℕϒdzűlꞏűλ2ylꞏffè λyØlꞏℕλlꞏyű LJ2fèyƨϒλlꞏf ōlꞏăÅă ₮2ℕ Yˇ2fŜŐdzflꞏℕ ŜyŜℕƎè ădzℕ₮lꞏŐŜ ₮λűűλyƎ ØλlꞏYˇ2yƨϒλlꞏf ăèYˇYŜűℕλÎlꞏűλ2yΣ Wϕ /ĸŜYϕ ¢ĸŜƨℕëϕ /ƨYˇLJdzű **нлмл**Σ cΣ нсϕ

óмоú 5lꞏøŜăΣ wϕT ¢K2YˇLJă2yΣ 5ϕ[ϕT Ddzƨ2Σ ¸ϕT ² lꞏƎyŜℕΣ !ϕ CϕT aλy⅂ƨ₮₮Σ aϕ *LyűŜℕLJ2fl·űλyƎ Yˇ2ØλyƎ fŜl·ăű ălj*dzl·ℕŜă *YˇŜűĸ2Ř*ă ₮2ℕ ₮λűűλyƎ *LJ2űŜyűλl·f* ŜyŜℕƎè ădzℕ₮lꞏŐŜăY Ő2YˇLJdzűλyƎ KλƎKπ *ŘŜyăλúè t9{ Řlꞏűlꞏ* ₮ℕ2Yˇ *t2øπŘŜyăλúè lꞏō λyλűλ2 LJ2λyűăϕ* Wϕ /ĸŜYϕ *t*Kèăϕ **нллт**Σ мнсΣ мупмлуϕ

óмпú 5lꞏøŜăΣ wϕT ² lꞏyƎΣ ·ϕπDϕT Wlꞏ ăLJŜℕΣ !ϕ ² ϕT /lꞏℕJℕλyƎűƨ2yΣ ¢ϕ WℕJϕΣ *bλűℕ2dză 2ĖλŘŜ ŘλϒŜℕJY ! yŜø LJ2űŜyűλl·f ŜyŜℕƎè ădzℕ₮lꞏŐŜ l·yŘ* ℕ2πØλōℕl·ûλ2yl·f ălJŜŐűℕdzYˇ 2₮ űĸŜ LJ2flꞏℕ λă2YˇŜℕΣ Wϕ /ĸŜYϕ *t*Kèăϕ **нлмл**Σ моοΣ мопολпϕ

óмрú ¢lꞏ2Σ /ϕT wλŎKYˇ2yŘΣ /ϕT adz⅂lꞏℕlꞏ⅂lꞏűŜΣ /ϕT Ylꞏōfŝ{ϕ lϕT .lꞏŏă⅂lꞏèΣ Dϕ .ϕT .ℕ2øyΣ 9ϕ /ϕT 5lꞏøŜăΣ wϕT [2fdzℕΣ tϕT wŜλŘΣ {ϕ !ϕ {LJŜŐűℕ2ăŐ2LJè lꞏyŘ Řèylꞏ YˇλŐă 2₮ űĸŜ LJℕŜŘλăă2ŐλlꞏűŜŘΣ Ijdzlꞏăλπfλ*y*Ŝlꞏℕ {н ăűlꞏűŜ 2₮ Őĸfƨℕ2ŐlꞏℕōŜyŜ Wϕ /ĸŜYϕ *t*Kèăϕ **нлмнΣ мотΣ млполтϕ**

óмсú ¢K2YˇLJă2yΣ 5ϕ [ϕT aŎ[lꞏdzƎKfλyΣ 5ϕ wϕ *vdzl·ăλŎfl·ăăλŎl·f úℕl·ƨŜŐűƨℕè ăűdzŘè 2₮ úĸŜ Iн ь Cн* ℕŜl·Ŏűλ2yăϕ Wϕ /ĸŜYϕ *t*Kèăϕ **мфтр**Σ снΣ пнупϕ

óмтú /lꞏYˇŘŜyΣ Wϕ tϕT 5lꞏøŜăΣ wϕT ¢K2YˇLJă2yΣ 5ϕ[ϕ !LJLJfλŎlꞏűλ2yˇ2₮ LyűŜℕLJ2flꞏűλyƎ a2ØλyƎ [Ŝlꞏăű {ljdzlꞏℕŜă óLa[{ú Cλűűλy∃ ű2 lèLJŜℕØŜf2ŎλűèΣ /2ffλăλ2yˇ 5èylꞏYˇλŐăY hóo*t*úьl/fϕ Wϕ tĸèăϕ /ĸŜYϕ ! **нллф**Σ ммоómсú пснсϕ

óмуú 5èŜΣ Wϕ [ϕ a2ŘŜf 2₮ lꞏ LJ2űŜyűλlꞏf ŜyŜℕƎè ădzℕ₮lꞏŐŜΣ Wϕ /ĸŜYϕ *9Ř*ϕ **мфрт**Σ опΣ нмрϕ

óмфú IdzfăŜΣ Wϕ 9ϕT Wlꞏŏ⅂ă2yΣ wϕ !ϕT ² ℕλƎĸűΣ Wϕ {ϕ 9yŜℕƎè ădzℕ₮lꞏŐŜăΣ úℕlꞏ2ŜŐű2ℕλŜăΣ lꞏyŘ úĸŜ ℕŜlꞏŐűλ2yˇŐ22ℕŘλylꞏűŜΣ Wϕ /ĸŜYϕ *9Ř*ϕ **мфтп**Σ рмΣ туϕ

óнлú a2ăăΣ {ϕ WϕT /2lꞏŘèΣ /ϕ Wϕ t2űŜyűλlꞏfπŜyŜℕƎè ădzℕ₮lꞏŐŜă lꞏyŘ úℕlꞏyăλűλ2yπăűlꞏűŜ űĸŜ2ℕèΣ Wϕ /ĸŜYϕ *9Ř*ϕ **мфуо**Σ слΣ ппрϕ

óнмú ¢2yƎŜŜΣ Yϕ lϕ t2űŜyűλlꞏf ŜyŜℕƎè ădzℕ₮lꞏŐŜăϕ Wϕ /ĸŜYϕ *9Ř*ϕ **мфуу**Σ срΣ срϕ

óннú 5lꞏøŜăΣ wϕT [2fdzℕΣ tϕT alꞏΣ WϕT Ddz2Σ lϕ lλƎKfè !ŐŐdzℕlꞏűŜ hÎ2yŜ C2ℕYˇlꞏűλ2yˇ t2űŜyűλlꞏf lꞏyŘ LYˇLJfλŎlꞏűλ2yă ₮2ℕ YλySűλŐăΣ Wϕ /ĸŜYϕ *t*Kèăϕ **нлмм**Σ **мор**Σ луммлнϕ

óноú 5lꞏøŜăΣ wϕT [2fdzℕΣ tϕT [λΣ !ϕT WλlꞏyƎΣ .ϕT Ddz2Σ lϕ !yˇ lꞏŐŐdzℕlꞏűŜ Ǝf2ōlꞏf LJ2űŜyűλlꞏf ŜyŜℕƎè ădzℕ₮lꞏŐŜ ₮2ℕ űĸŜ ƎℕƨdzyŘ ăűlꞏűŜ 2₮ 2Î2yŜΣ Wϕ /ĸŜYϕ *t*Kèăϕ **нлмо**Σ **моф**Σ нлммлоϕ

óнпú WI·ăLJŜNΣ !φ ² φT 5l·ǿŜăΣ wφ b2yπ.2NyπhLJLJŜyƘKŜλYˆŜN YˆƨfŜŎdzfI·N ŘèyΥ·YˆλŎă 2Ŧ ŭKŜ ăLJλyπ Ŧ2NōλŘŘŜyˆ NŜI·Ŏŭλƨyˆ hóotú Ь /hó· мʅЬú ЧЈ /hнó· мʅƎЬú Wφ /ƘŜYφ tƘèăφ **нлмо**Σ **моф**Σ мрпомоφ

óнрú !èƨdzÎΣ aφ .l·ōλ]ƨØΣ 5φ Dfƨōl·f LJŜNYˆdzŭI·ŭλ2yΥ·ffè λyØI·NλI·yŭ LJƨŭŜyŭλI·f ŜyŜN∃è ădzN₸I·ŎŜ Ŧ2N ŭKŜ 2Î2yŜ Ŧ2NYˆλyƎ NŜI·Ŏŭλ2yΣ Wφ /ƘŜYφ tƘèăφ **нлмо**Σ моуΣ мспоммφ

óнсú {λŜōŜNŭΣ wφT CfŜdzNI·ŭπ[ŜăăI·NŘΣ tφT {ŎKλyˆ]ŜΣ wφT .λŭŭŜNŜN2Ø₺Σ aφT CI·NI·yŭƨăΣ {φ /φ ¢ƘŜ *ØλōNI·ŭλ2yΥ·f ŜyŜN∃λŜă 2Ŧ 2Î2yŜ dzLJ ŭ2 ŭKŜ Řλăă2ŎλI·ŭλ2yˆŭKNŜăK2fŘY 5èyΥ·YˆλŎă ŎI·fŎdzfI·ŭλ2yã 2yˆI·yˆI·ŎŎdzNI·ŭŜ LJ2ŭŜyŭλI·f ŜyŜN∃è ădzN₸I·ŎŜΣ Wφ /ƘŜYφ tƘèăφ* **нллнΣ** *ммсΣ* фтпфπфтстφ

óнтú [ŜLJŜNăΣ aφT .dzăăŜNèπI2yØI·dzfŭΣ .φT5dzfλŜdzΣ hφ [ƨyƎπNI·yƎŜ λyŭŜNI·Ŏŭλƨyã λyˆ ŭKŜ 2Î2yŜ YˆƨfŜŎdzfŜY {LJŜŎŭNƨăŎƨLJλŎ I·yŘ Řèyl·YˆλŎI·f LJƨλyŭă 2Ŧ ØλŜǿφ Wφ /ƘŜYφ tƘèăφ **нлмн**Σ мотΣ нополрφ

óнуú a!¢[!. wŜfŜI·ăŜ нлмоI·Σ ¢KŜ aI·ŭK²2N]ăΣ LyŎφΣ bI·ŭλŎ]Σ aI·ăăI·ŎKdzăŜŭŭăΣ ¦yλŭŜŘ {ŭI·ŭŜăφ

óнфú [ŜŜΣ 5φ ¢φT {ŎKI·ŎKŭŜNΣ .φWφ ¢ǿƨ lfƎƨNλŭKYˆă Ŧ2N Ŏ2yˆăŭNdzŎŭλyƎ l· 5ŜfI·dzyl·è ¢NλI·yƎdzfI·ŭλ2yφ LyŭφWφ /ƨYˆLJdzŭφ LyŦφ {Ŏλφ мфулΣ фΣ нмфφ

óолú 9ŘdzŎI·dzăŜ [ŜI·NyλyƎ LyλŭλI·ŭλØŜ !yƴdzI·f aŜŜŭλyƎΣ CŜō оπрΣ нлмпΣ bŜǿ hN₸fŜI·yˆãΣ [ƨdzλăλI·yl·Σ ¦{!

óомú ¢ŜffdzNλŘŜ ²2N]ăK2LJΣ *bŜǿ /KI·ffŜyƎŜă Ŧ2N ¢KŜ2Nè λyˆ /KŜYˆλŎI·f 5èyΥ·YˆλŎăΣ* aλffI·NŘ !fŜÈI·yŘŜNΣ WI·yˆмоπмсΣ нлмпφ

{9/¢Lhb

H¢ /hb/[¦{Lhb

w2ōdzăű l·yŘ ₦λƎ2₦2dză Ǒl·fǑdzfl·űλ2y˝ ăǑKŜY˝Ŝă ű2 l·LJLJ₦2l·ǑK£ LJ₦ŜŘλǑű l·yŘ Øλădzl·fλÎŜ Øλō₦2yλǑ ú₦l·yăλűλ2yã£ ăLJλyπ2₦ōλű Ǒ2dzLJfλy∃ l·yŘ LJ2űŜyűλl·f ŜyŜ₦∃è ădz₦₣l·ǑŜă l·₦Ŝ Řλă Ǒdzăă ŜŘ l·yŘ ₦ŜLJ2₦ûŜŘ λy˝ űKλă Řλăă Ŝ₦ûl·ûλ2y¢ C2₦ Y˝l·∃yŜăλdzY˝ Y˝2y˝2πǑl·₦ōλŘŜ ó a ∃/ú£ l·ǑǑdz₦l·ûŜ LJ2ûŜyűλl·f ŜyŜ₦∃è Ǒdz₦ØŜă l·yŘ y˝2yπl·Řλl·ōl·ûλǑ Ǒ2dzLJfλy∃ă ōŜűøŜŜy˝ ₦ŜfŜØl·yű ŜfŜǑû₦2yλǑ ăűl·ûŜă øŜ₦Ŝ Ǒ2Y˝LJdzûŜŘ¢ ² l·ØŜ₣dzyǑûλ2y˝ ōl·ăŜŘ ŘŜăǑ₦λLJûλ2yã øŜ₦Ŝ dzăŜŘ ű2 ₦ŜLJ₦ŜăŜyű ûKŜ ŜfŜǑû₦2yλǑ ăűl·ûŜă λy˝ 2₦ŘŜ₦ ű2 LJ₦ŜŘλǑű ûKŜ ōl·yŘ 2₦λƎλyã l·yŘ ú₦l·yăλűλ2yã¢ {LJŜǑû₦2ăǑ2LJλǑ Ǒ2yăűl·yűă£ ú₦l·yăλűλ2y˝ Y˝2Y˝Ŝyűă l·yŘ LJ₦ŜπŘλăă2Ǒλl·ûŜŘ fλ₣ŜűλY˝Ŝă Kl·ØŜ ōŜŜy˝Ǒl·fǑdzfl·ûŜŘ ű2 ₣l·Ǒλftűl·ûŜ ûKŜ ŘŜűŜǑûλ2y˝2₣ ûKλă Ŝfdzăλ ØŜ Y˝2fŜǑdzfŜ¢ ! ŘŘλûλ2yl·ftè£ fŜl·Řλy∃ Ǒ2y₣λ∃dz₦l·ûλ2yã l·yŘ ûKŜ yl·ûdz₦Ŝ 2₣ Y˝2fŜǑdzfl·₦ 2₦ōλűl·fă 2₣ λyØ2fØŜŘ ŜfŜǑû₦2yλǑ ăűl·ûŜă Kl·ØŜ ōŜŜy˝ŘŜăǑ₦λōŜŘ¢ DŜyŜ₦l·f ăú₦l·ûŜ∃λŜă øŜ₦Ŝ l·fă2 ŘŜØŜf2LJŜŘ øKλǑK Ŝyl·ōfŜă ûKŜ dzăŜ 2₣ ûKŜ l·ō2ØŜπăl·λŘ ₦2ōdzăű Y˝ŜűK2Řă ₣2₦ 2ûKŜ₦ Y˝2fŜǑdzfŜă¢

! ∃f2ōl·f l·yl·fèăλă 2₣ ăLJλyπ2₦ōλű Ǒ2dzLJfλy∃ λy˝ ûKŜ Y˝2y˝2πKl·f2Ǒl·₦ōŜyŜ ₣l·Y˝λfè£ / l ó5ú · ó·Γ /f£ .₦£ Lú øl·ă LJŜ₦₣2₦Y˝ŜŘ ű2 l·ăăŜăă λúă λY˝LJl·Ǒű 2y˝ ûKŜ ŜyŜ₦∃è fŜØŜfã¢ hLJűλY˝λÎŜŘ ∃Ŝ2Y˝Ŝú₦λŜă£ ŜyŜ₦∃λŜă l·yŘ ₣₦ŜljdzŜyǑλŜă ₣2₦ ûKŜ ŜfŜǑû₦2yλǑ ∃₦2dzyŘ ăűl·ûŜă l·yŘ ûKŜ ŜÈǑλűŜŘ ú₦λLJfŜű ăűl·ûŜă øŜ₦Ŝ Ǒ2Y˝LJdzûŜŘ ₣2₦ ûKŜ ăŜ₦λŜă dzăλy∃ l· fl·₦∃Ŝ ōl·ăλă l·yŘ l· Kλ∃K fŜØŜf 2₣ ûKŜ2₦è¢ {LJλyπ2₦ōλű Ǒ2dzLJfλy∃ øl·ă Ǒ2Y˝LJdzûŜŘ ₣2₦ ûKŜ ₦ŜfŜØl·yű ∃Ŝ2Y˝Ŝú₦λǑ ₦l·y∃Ŝă l·yŘ ₣λű λyű2 ădz₦₣l·ǑŜă Ŝyl·ōfλy∃ dză ű2 ŜÈLJf2₦Ŝ λűă λY˝LJl·Ǒű 2y˝ ûKŜ ŜyŜ₦∃è fŜØŜfã¢ ¢Kλă ø2₦] ₦Ŝădzfű ŜŘ λy˝ l·ăăλ∃yλy∃ yŜø fŜØŜfã£ LJ₦2ØλŘλy∃ ōŜűûŜ₦ ŜăűλY˝l·ûŜă 2y˝ ăλy∃fŜűπű₦λLJfŜű ∃l·LJă l·yŘ l·fă2

λyŦ2NYl·ŭλ2y 2y ŭKŜ ∃f2ōl·f λYLJl·Ŏŭă 2Ŧ ăLJλyπ2Nōλŭ Ŏ2dzLJfλy∃ λy ŭKŜ Kl·f2Ŏl·NōŜySăφ ! ŘŘλŭλ2yl·ftèΣ λy l·y l·ŭŭŜYLJŭ ŭ2 Øλădzl·fλÎŜ LJ2ŭŜyŭλl·f ŜySN∃è ădzNŦl·ŎŜăΣ ăŎNλLJŭă øŜNŜ l·tă2 ŘŜØŜf2LJŜŘ λy a l·ŭfl·ō ŭ2 ∃ŜySNl·ŭŜ {¢[ŦλfŜă ŭ2 ōŜ dzăŜŘ Ŧ2N o5 LJNλyŭλy∃φ ¢KŜăŜ ăŎNλLJŭă Ŏ2dztŘ ōŜ dzăŜŘ ōè l· øλŘŜ Nl·y∃Ŝ 2Ŧ LJŜ2LJfŜ ŭ2 ŎNŜl·ŭŜ LJfl·ăŭλŎ Y2ŘŜfă 2Ŧ ŭKŜλN 2øy ădzNŦl·ŎŜ LJf2ŭă λy l·y λyŭŜNl·ŎŭλØŜ øl·èφ

C2N l·yè LJNl·ŎŭλŎλy∃ ŎKŜYλăŭΣ *l·ō λyŭλ2* ljdzl·yŭdzY YŜŭK2Řă LJN2ØλŘŜ ŭ22fă ŭ2 y2ŭ 2yfè ŜÈLJfl·λy ŭKŜ dzyŘŜNfèλy∃ LJKŜy2YŜyl· ōdzŭ l·fă2 óō2fŘfèú LJNŜŘλŎŭ øKl·ŭ Ŏ2dztŘ LJ2ŭŜyŭλl·ffè ōŜ 2ōăŜNØŜŘφ hfŘ ljdzŜăŭλ2yã l·NŜ ōŜλy∃ l·yãøŜNŜŘ l·yŘ NŜLJfl·ŎŜŘ ōè yŜø 2yŜăφ ² Ŝ Kl·ØŜ l·fNŜl·Řè fl·N∃Ŝfè NŜl·fλÎŜŘ ŭKŜ CNŜyŎK ŎKŜYλăŭΣ W2ăŜLJK [2dzλă Dl·èπ[dzăăl·ŎΩă LJN2LJKŜŎè ŦN2Y мулф ς ά ² Ŝ l·NŜ LJŜNKl·LJă y2ŭ Ŧl·N NŜY2ØŜŘ ŦN2Y ŭKŜ ŭλYŜ øKŜy øŜ ăKl·ff ōŜ l·ōfŜ ŭ2 ădzōYλŭ ŭKŜ ōdzfl 2Ŧ ŎKŜYλŎl·f LJKŜy2YŜyl· ŭ2 Ŏl·fŎdzfl·ŭλ2yφé^{pφ} LŦ y2ŭ Ŧ2N ŭKŜ Yλy2N λăădzŜ 2Ŧ LJNl·ŎŭλŎl·fλŭèΣ øŜ ø2dztŘ ōŜ f22lλy∃ l·ŭ l·ō λyλŭλ2 ljdzl·yŭdzY Ŏl·fŎdzfl·ŭλ2yã ŭ2 2ōŭl·λy l·ff ŭKŜ LJN2LJŜNŭλŜă 2Ŧ ŎKŜYλŎl·f ăèăŭŜYăΣ λNNŜăLJŜŎŭλØŜ 2Ŧ ăλÎŜ l·yŘ ydzYōŜN 2Ŧ ŜfŜŎŭN2yã λyØ2fØŜŘφ ² λŭK ∃NŜl·ŭ Ŏ2YLJdzŭλy∃ LJ2øŜNăΣ Ŏ2YŜ ∃NŜl·ŭ ăŎλŜyŭλŦλÔ NŜăLJ2yãλōλfλŭλŜăφ 9l·ŎK Ŏl·fŎdzfl·ŭλ2y Ŏ2YŜă øλŭK ŭKŜ 2ōfλ∃l·ŭλ2y 2Ŧ λyŭŜNLJNŜŭλy∃ ŭKŜ NŜădztŭă λy l· ăŜyãλōfŜ øl·èφ 9ØŜN λYLJN2Øλy∃ l·f∃2NλŭKYă l·yŘ Ŏ2YLJdzŭl·ŭλ2yl·f LJ2øŜNă YŜl·y ŭKl·ŭ øŜ Ŏl·y ăŭl·Nŭ l·λYλy∃ Kλ∃KŜN l·yŘ Ŏ2YLJdzŭŜ ŭKŜ LJN2LJŜNŭλŜă Ŧ2N ōλ∃∃ŜN l·yŘ Y2NŜ Ŏ2YLJfŜÈ ăèăŭŜYă øλŭK Ŝl·ŎK LJl·ăăλy∃ Řl·è l·yŘ ōdzλfŘ l· Ŧdzŭdzn Ŝ øλŭK ōŜŭŭŜN dzyŘŜNăŭl·yŘλy∃ 2Ŧ ŜØŜNèŭKλy∃ ŭKl·ŭ ŜyŎ2YLJl·ăăŜă dzăφ

w9C9w9b/9{

мф ¸ 2dzNЭNl·dzΣ tф ! ² 2NtŘ ² λűK2dzű ¢λYŜY ¢KŜ C2N∃2űűŜy[Ŝ∃l·Öě 2Ŧ DlŘŜf l·yŘ 9λyãűŜλyф !ftŜy[l·yŜ óнллрúф

нф Dl·y∃2LJl·ŘKèl·èl·Σ aф LyŘλl·y!ű2YλăYY lλăű2Nè l·yŘ {2dzNJÖŜăф IdzYl·yλűλŜă tNŜää óмфумúф

оф Ll·yŷ2yŜΣ !ф tф 5λÖűλ2yl·Nè 2Ŧ ² 2NtŘ tKλf2ă2LJKèф w2dzűfŜŘ∃Ŝ óнллмúф

пф ¢l·èf2N /ф/ф²ф ¢KŜ l·ű2YλăűăΣ [ŜdzÖλLJLJdză l·yŘ 5ŜY2ÖNλűűdzăY ŦNl·∃YŜyűăΣ l· űŜÈű l·yŘ űNl·yãfl·űλ2yф ¦yλØŜNäλúè 2Ŧ ¢2N2yű2 tNŜää óмфффú

рф !ōŜΣ Cф Ŝű l·fф tKèăф wŜØф [Ŝűűф **тп**Σ нснс óмфффрúф

сф !ōl·ÖKλΣ {ф Ŝű l·fф tKèăф wŜØф [Ŝűűф **тп**Σ нсон óмфффрúф

тф !l·ŘΣ Dф Ŝű l·fф tKèăф[Ŝűűф . **тмс**Σ м óнлмнúф

уф !l·λ2Σwф Ŝű l·fф tKèăф wŜØф [Ŝűűф **ммр**Σ лтнллм óнлмрúф

фф WŜNNl·NŘΣ lфDф ! 5λÖűλ2yl·Nè 2Ŧ {ÖλŜyűλŦλÖ ¦yλűăY LyÖftdzŘλyЭ ŘλYŜyãλ2yfŜää yдzYōŜNă l·yŘ ăÖl·fŜăф {LJNλyЭŜN {ÖλŜyÖŜ ϑ .dzăλyŜää aŜŘλl· óнлмнúф

млф hfŜyλÖ]Σ tф Ŝű l·fф .Ŝè2yŘ űKŜ aŜÖKl·yλÖl·t ¦yλØŜNäŜY CN2Y 9fŜÖűNλÖλűè ű2 a2ŘŜNyY tKèăλÖăф /l·YōNλŘ∃Ŝ ¦yλØŜNäλúè tNŜää óмфусúф

ммф !yŷl·fă 2Ŧ tKλf2ă2LJKè **с**Σ онм óмумрúф

мнф !yŷl·fă 2Ŧ tKλf2ă2LJKè **т**Σ ммм óмумсúф

моф al·ÖKΣ 9ф 5λŜ aŜÖKl·yλ] λy λKNŜN 9yűøλÖ]Ŝtdzy∃ф LyűŜNyl·ûλ2yl·fŜ øλăäŜyãÖKl·ŦűfλÖKŜ óмууоúф

мпф af2Řλy2øΣ [ф ¢KŜ ¦LJNλ∃Kű ¢Kλy]ŜNäY ¢KŜ IdzYl·y W2dzNyŜè ŦN2Y [λØλy∃ λy ¢NŜŜä ű2 ¦yŘŜNäűl·yŘλy∃ űKŜ /2äY2ăф YyŷLJŦ 52dzōfŜŘl·è tdzōfλăKλy∃ DN2dzLJ óнлмрúф

мрф ¢2ŘŘΣ W l·yŘ a2NNλäΣ 9ф a2ŘŜNyY tŜNäLJŜÖűλØŜă 2y .фCф {]λyŷŜN l·yŘ /2yűŜYLJ2NJl·Nè .ŜKl·Øλ2NλäYф DNŜŜyø22Ř tNŜää óмфффрúф

мсф .2èfŜΣ wф ! 5ŜŦŜyÖŜ 2Ŧ űKŜ 52ÖűNλyŜ ¢2dzÖKλy∃ űKŜ {LJNλy∃ l·yŘ ² Ŝλ∃Kű 2Ŧ űKŜ !λNф ¢K2Yl·ă w2ōλyã2yóмсснúф

мт¢ a l·№λ2ŭŭŜΣ 9¢ *5Ŝ fl· yЛ·ŭdz№Ŝ ŘŜ fЧl·λN¢* C№ŜyŎK w2èl·f !Ŏl·ŘŜY'è 2Ŧ {ŎλŜyŎŜă ómстфú¢

му¢ .2èfŜΣ w¢ *¢KŜ {ŎŜLJŭλŎl·f /Kè Y'λăŭŸ 2№ /Kè Y'λÕ2π tKèăλŎl·f 52*dzōŭă *ɜ tl·№l·Ř2ÈŜă¢* W¢ /l·Řø Ŝff LJdzōfλăKŜ№ă ómссмú¢

мф¢ .Ŝ№y2dzftλΣ 5¢ *l èŘ№2Řèyl· Y'λŎl·¢* !№ΞŜyŭ2№l·ŭλ ómтоyú

нл¢ .№dzăKΣ {¢ D¢ !yЛl·fă 2Ŧ {ŎλŜyŎŜ¢ **мо**Σ нтр ómфртú¢

нм¢ a l·ÈøŜftΣ W¢/¢ tKλf2ă2LJKλŎl·f a l·Ξl·Îλy Ŝ¢ **мф**Σ мнп ómуслú

нн¢ .2fúÎY'l·yyΣ [¢ {λúÎdzyΞăōŜ№λŎKúŜ ŘŜ№ !]l·ŘŜY'λŜ ŘŜ№ ² λăăŜyãŎKl·Ŧűŝy Σ ² λŜy Σ LLΣ **ccΣ** нтр ómутнú¢

но¢ .2fúÎY'l·yyΣ [¢ bl·ŭdz№ŜΣ **рм**Σ пмо ómуфрú¢

нп¢ a l·ŎKΣ 9¢ *¢KŜ {ŎλŜyŎŜ 2Ŧ a ŜŎKl·yλŎă¢* ¢KŜ hLJŜY' /2dz№ŭ tdzōfλăKλyΞ /2Y'LJl·yèómуфоú¢

нр¢ a l·ŎKΣ 9¢ *¢KŜ !yЛ·fèăλă 2Ŧ {ŜyãI·ŭλ2yã*Σ *l·yŘ ŭKŜ wŜfl·ŭλ2y'2Ŧ ŭKŜ LJKèăλŎl·f ŭ2 ŭKŜ LJăëŎKλŎl·f¢* ¢KŜ hLJŜY' /2dz№ŭ tdzōfλăKλyΞ /2Y'LJl·yè ómфмпú¢

нс¢ aŜK№l·Σ W¢l·yŘ wŜŎKŜyōŜ№ΞΣ l¢ *¢KŜ Kλăŭ2№λŎl·f ŘŜØŜf2LJY'Ŝyŭ 2Ŧ Ijdzl·yŭdzY' ŭKŜ2№è¢* bŜø ¸2№]Y {LJNλyΞŜ№π±Ŝ№fl·Ξ ómфунú¢

нт¢ tfl·yŎ] a¢ !yЛl·fŜY'ŘŜ№ tKèăλ]Σ **м**Σ сф ómфллú¢

ну¢ 9λyãűŜλyΣ !¢ !yЛl·fŜY'ŘŜ№ tKèăλ]Σ **мп**Σ орп ómфлпú¢

нф¢ 9λyãűŜλyΣ !¢ !yЛl·fŜY'ŘŜ№ tKèăλ]Σ **мт**Σ мон ómфлрú¢

ол¢ 9λyãűŜλyΣ !¢ *¢KŜ a Ŝl·yЛyΞ 2Ŧ wŜfl·ŭλØλűè¢* t№λyŎŜű2y' ¦yλØŜ№ăλúè t№Ŝăă ómфноú¢

ом¢ tŜ№Nλy Σ W¢ !yy¢ /KλY'¢ tKèă¢ **му**Σ р ómфлфú¢

он¢ tŜ№Nλy Σ W¢ *[Ŝă !ű2Y'Ŝă¢* t№ŜăăŜă ¦yλØŜ№ăλúl·λ№Ŝă ŘŜ C№l·yŎŜ ómфмпú¢

оо¢ .2K№Σ b¢ tKλf2ă2LJKλŎl·f a l·Ξl·Îλy Ŝ **нс** ómрмúΣ м ómфмоú¢

оп¢ .2K№Σ b¢ tKλf2ă2LJKλŎl·f a l·Ξl·Îλy Ŝ **нс** ómроúΣ птс ómфмоú¢

ор¢ .2K№Σ b¢ tKλf2ă2LJKλŎl·f a l·Ξl·Îλy Ŝ **нс**Σ урт ómфмоú¢

ос¢ .2K№Σ b¢ bl·ŭdz№Ŝ **фн óннфр**úΣ ном ómфмпú¢

от¢ ŘŜ .ǋƻƎfƛŜΣ [¢ *wŜŎKŜǋŎKŜă ădzǋ tl· űKŞƻǋƛŜ ŘŜă Ijdzl·ǇűIΣ* ¢KŜăƛăΣ t l·ǋƛă óмфнпú¢

оу¢ {ŎKǋ l ŘƛǇƎŜǋΣ 9¢ tKèă¢ wŜØ¢ **ну** óсúΣ млпф óмфнсú¢

оф¢ l ŜƛăŜǇōŜǋƎΣ ² ¢ ½ŜƛűăŎKǋƛŦű ŦÑǋ tKèăƛǀΣ **оо**Σ утф óмфнрú¢

пл¢ 5ƛǋl·ŎΣ t¢ ! ¢ a ¢ tǋƻŎ¢ wƻè¢ {ƻŎ¢ **мно**Σ тмп óмфнфú¢

пм¢ YdzƳl·ǋΣ a¢ *vdzl·ǇűdzƳƳ 9ƛǇãűŜƛǇΣ .ƻKǋ l·ǇŘ űKŜ DǋŜl·ű 5Ŝōl·űŜ !ōƻdzű űKŜ bl·űdzǋŜ ƻŦ wŜl·fƛűè¢* LŎƻǇƠōƻƻǀă [űŘ óнллфú¢

пн¢ aŜǋƳƛǇΣ b¢5¢ tKèăƛŎă űƻŘl·è **рт** óрúΣ мл óнллпú¢

по¢ .ƻǋǇΣ a¢ l·ǇŘ hLJLJŜǇKŜƛƳŜǋΣ w¢ !ǇǇ¢ tKèă¢Σ **уп**Σ прт óмфнтú¢

пп¢ l l·ǋűǋŜŜΣ 5¢ w¢ tǋƻŎ¢ /l·ƳōǋƛŘƎŜ tKƛfƻă¢ {ƻŎ¢ **нп**Σ ону óмфнуú¢

пр¢ CƻŎǀΣ ±¢ ! ¢ ½¢ tKèă¢ **мр**Σ мнс óмфолú¢

пс¢ WŜǇãŜǇΣ C¢ *LǇűǋƻŘdzŎűƛƻǇ űƻ /ƻƳLJdzűl·űƛƻǇl·f /KŜƳƛăűǋè¢* Wƻ KǇ ² ƛfŜè l·ǇŘ {ƻǇã óмфффú¢

пт¢ {ƛƳƻǇãΣ W¢ *!Ǉ LǇűǋƻŘdzŎűƛƻǇ űƻ ¢KŜƻǋŜűƛŎl·f /KŜƳƛăűǋè¢* /l·ƳōǋƛŘƎŜ ¦ǇƛØŜǋăƛűè tǋŜăă óнллоú¢

пу¢ 5l·ØƛŘăƻǇΣ 9¢ l·ǇŘ CŜfŜǋΣ 5¢ /KŜƳ¢ wŜØ¢ **ус**Σ п óмфусú¢

пф¢ WDŽǋƎŜǇãŜǇΣ W¢ Y¢Σ *Ŝű l·f¢* ¢KŜ !ăűǋƻLJKèăƛŎl·f Wƻdzǋǋl·f [ŜűűŜǋă **трт**Σм óнлмнú¢

рл¢ [ƻƻƳƛăΣ w¢ ! ¢ *Ŝű l·f¢* ¢KŜ !ăűǋƻLJKèăƛŎl·f Wƻdzǋǋl·f [ŜűűŜǋă **тср**Σм óнлмоú¢

рм¢ ½l·fŜăǀƛΣ 5¢ t¢ *Ŝű l·f¢* ¢KŜ !ăűǋƻLJKèăƛŎl·f Wƻdzǋǋl·f [ŜűűŜǋă **тср**Σм óнлмоú¢

рн¢ /ŜǋǇƛŎKl·ǋƻΣ W¢ *Ŝű l·f¢* !ăűǋƻLJKèă¢ W¢ **опм**Σ [нр óмфуфú¢

ро¢ {űǋƻōŜfΣ ¢¢ ! ¢ *Ŝű l·f¢* LǇƻǋƎl·ǇƛŎ /KŜƳƛăűǋè **ро**Σ тлнл óнлмпú¢

рп¢ .ǋl·KƳăΣ 5¢ [¢ {¢ l·ǇŘ 5l·ƛfŜèΣ ² ¢ t¢Σ /KŜƳƛŎl·f wŜØƛŜøă **фс** óрúΣ мрур óмффсú¢

рр¢ 5ƻŜǋƛǇƎΣ ² ¢ *Ŝű l·f¢* !Ƴ¢ /KŜƳ¢ {ƻŎ¢ **ту**Σ оннп óмфрсú¢

рс¢ Yl·ōfŜΣ {¢ l ¢ *Ŝű l·f¢* LǇű¢ wŜØ¢ tKèă¢ /KŜƳ¢ **ну**Σ пор óнллфú¢

57. Dye, J. L. J. Chem. Ed. **34**, 215 (1957).

58. Hulse, J. E. *et al.* J. Chem. Ed. **51**, 78 (1974).

59. Gay-Lussac, J. L., Memoires de la Societe d'Aroueil, **2**, 207 (1888).

VITA

Phalgun Lolur was born on July 9, 1989 in Adoni, India. He obtained his M.S. degree in Chemical Engineering from Missouri University of Science and Technology, Rolla, Missouri in 2013. He has a bachelor's degree in Chemical Engineering from Vellore Institute of Technology (VIT), Vellore, India in 2010. He started his doctoral studies in theoretical chemistry with Dr. Richard Dawes in 2011.

His research was on developing methods for computing accurate multi-state global potential energy surfaces of complex molecular systems, pertaining to combustion, atmospheric and interstellar chemistry. He has six publications in reputed journals like Journal of Chemical Physics, Molecular Physics and Journal of Chemical Education. He also likes to design and develop software for educational purposes occasionally.

Apart from his research, Phalgun has held several executive positions in various student organizations. He attained the honor's list status at Missouri University of Science and Technology in Fall 2014. He has also been actively involved with community service and has volunteered for numerous organizations on multiple occasions.

He received his Ph. D. in Chemistry from Missouri University of Science and Technology in May, 2016.