



μÂve {Y{ |ËÂ¿ ½Z¼ËY€} Y• ,ì¿Y μ{ •ZÆ] •Z³•Á• w€œ Ëu Á  
Ä]Z"» ÉY Ä,ì¿Y Á d^Ë€œ] %Âm Á \Àm É ÄìuÁ• Ä|ÀËY Ä- |Á  
{•Z‡ Ê» ,ËZ¼f» cZ«Â, zÄ] €ËZpœœY Ê•

ÉZì¿{ •Z^e•Y {ZÆ¿ ®ÄË{Zf,§YZÉzÄ•..Ê]{ •ÁM(œË |ËZ< Á z‡ Á  
dÀ»œÄ•{ Ê] cZ¼u• Z] Ä- •ÁZfœ³ ÄË€œ¿ •Y Ä•Z¼< ¾ì» •,½  
•ÁZfœ³ ÄË€œ¿ d•Z‡• d‡Z¼< ÉÁ• Šìâ€¿ÄÄ•Yzœ¿, dçay ÄÄ |ËZ] €³ Ä  
Á É{|ÿ ÉZÄ ¶ì,ve •Y i•Z§ ,Ä{Z‡ Ê^•Z« •{ |ìez‡Y Á ½ZËÄnœ¿Y  
ÉZÄ •Y,§Y ¹€¿ %•Ä»M Á Ê§€ » ,ÁÄ|ÄÄÉÄè¿{|ÄZ]¼Ë» •Y [YÄ-nÄ|Ë  
½ZÆm Á ½Y€ËY žËZÀ• •Z^yY Á Ê¼Ä¼Æ»Ä§ZdY« Äyì¿Ä‡¼ÄZÉÄËu  
Á ¹€fv» ½Z³|Ä¿YÄyYÄ¿ Ä{ZyÄÄ¼ÄZ]NœËYÄZbœ³ |Ë|m •Z§ [Y~m  
Äœì¼Ä Á òìÄ-™Zv• ÊeM ÉZÄ \_Zq •{ Y• ZÄ |¬¿ ¾ËY òì¿M €] ,  
|ÄZ<ò¿Ä] Ê» Ä€yÊË]ZÄ ...YÄ‡Á ¹Z¼e {ÄnÄ¿ZÉ],ÊYÄÄv» €¾Z» cÄÄ  
•Y |<Z] Ê» •ÁZfœÄ|¿Y•Z‡ÁY¼Z³fÄYyÄyìÄ< Ä{Z» ÑËZz¼ËfÄÄ< %  
{Ä} òìÄYÄy d§€œìâœ¿ ÊZ]YÄe ËËZÄcÄy«ÄÄ¿Ä¿¿Äfì¾ÄÄÄ• Ä-

i•Z§ ½Är¼Ä !,fz» ¶ËÓ{ Ä] ÄaÉÊ¿Ë ÄËÄœ¿ ¾YÉ€ËË¿ÉYÄÄfÄ¿Z  
-ËY€< {Äy ©Zìf<Y Z] {Á•Ä•Y|Ë|m ½ZËÄnœ¿Y{ °Ë•YÁ|ì»Y ,|¿•Y  
d‡ZÆ¿M d‡|] •ÁZfœ³ ÉZÄ•Äzœ¿|ËyZœ¿ÉÄy€]

d‡Z» É|À»€ÄÄ ÉZf°Ë ÄÄv• Ê³|¿•

{Á• ÄÄv• •Y Á |¿YÄy {Äy Ä¼¤¿ Ê^- €Ä

d‡Zn] Äf‡Äìâ ÄÄv•

ÄZÉ|¿•Zb^] ¹{€» Ä- Ä¼¤¿ ½M ¹€y

É•Á•Ä¿¾ì»•M |ì<Z] |Ä,]€‡

$\dot{E} \in \dot{A}Z] \in f^{-}\{\pm Z] \ddot{A} \ddot{Z} \cup Z \cdot \ddot{A} \wedge uZ \cdot \rangle \text{ t} \dot{v} \cdot e$

Ê° · Z † ½ Z ~ , † ¾ OE Ë M

| È Â ¿ € f { Z }

• Y É • Y | ¬ » Ä - Ä Ì Ì ^ — Ä Z • Z f { μ Â α OE » € Ê E · Á { É Z Á Ê § Y € ³ Ä

È m { Ä } ¾ Ì ¼ Ä € — Z y Ä Ä Z ' OE ¿ Ä ° Ä Ì ½ Ä Ä Á • Ä Ä • É Z Ä Ä Y • Á Ê È Y Z f † Y • Ä Ê Æ Z f †

Ä Z ' OE ¿ Y { μ Ä ¼ OE » — Ê § - c Ä Z Ä Z E E È Y Z Ä Ä Ä Ä € f OE } | Ä Z ' OE ¿ μ Z † • Y { † Ä Z ¿ Z †

d † Z Ä ½ Z Ä Z € OE ¿ Y { Z Ä ¼ Ä ¶ » Z < Y Ä Ä Z Z ¼ ¿ μ Z Ä S • Ê - Ä » | < Ä f Ä f E Y - € } Ø

Ä q È Ä ] È ñ Ä · Z † | Ä Ê Ä ¾ Ä · ^ e Ä Z ' OE ¿ Y { Ê ¼ Y d X Ì Ä | Ä Ä Ä ] μ Z Z † • ½ Z È Z a Ä ] ½

. | Ä Ê » È ] Ê • Y • Ä — Ä { € - d - € < É € f { Z Z † • { Z Ø , Y Ä } ¶

μ Ä α OE » , È € Z f Ä Z ' OE Z OE Ä Y Ä Z < OE Z Z

€ œ Ê · Ä Ì Y { d ä € OE É Z † Ä ] Ê Ä ^ Y ¿ € œ ¿ Ä Y | ¿ { € - Y | Ì a L Z Z † • Y Z É { Z f Y d Ä Z

Ä { Ä } Ä m { Ä } Ê Z f { È } È Z Y Ä Z † • Y Y c Z ¿ Ä , n » É Z " Y Y • Y Ê ³ | Ä È Z ¼ ¿ Ä ] ° Ä

. Ä q Ä OE ¿ É Z Ä € - Ä - ½ Ä e € œ ¿ Ä ] ° È | Ä » Ä • • M ½ Ä < Y € ] Ä • ½

É Ä È ¶ OE » Ä Ê » Ä Ä Z Z OE • M | Ä f Ä Z OE ° € œ ¿ Ä ] ° Ì Ê » Ä ^ u Z • » È , • Y d ¼ ^ «

Ä Z Ä Ä n OE ¿ Y { ¿ Z Ä e OE Z Y S m Ä Ä Z Y { { Ä m Ä Ä . | È { € - [ Z z f ¿ Y † È • | e É Y € ] Ä • , È

Ä OE ] ¶ u Ä Z Y € | « Ä Y Ä Ä ° Z Z Ä f < d • Z y

. Ä q È m • Z Ê ¿ Ä Z Ä Z ' OE ¿ Y { c Ä Z " e ½ Ä e € œ ¿ Ä ] ° f ^ ¿ Ä e Ê ¼ ¿ ° f Ä Y { Z Ä Ä ] È Ä e Ô ° Ä » Ä Ì

1 € Ä È Y É Z

¶ ¼ v f È € Ä OE • Z OE S Z Ä Ä À OE Ä Y Ä Ä , Ä M ¿ Ä y

Ä • ½ Ä OE f Ä Ä Ä OE ½ Ä OE Ä Y q Y È Y f ¿ Ä » | ¿ Ä < ¾ Ì ] © € § , | È { Ä Z ' OE Y € Y E É È Z OE ¿ Y {

½ Ä q { È ³ € ] % • Ä € a Ä % • Ä Ì Ä M Ä ] ¿ Ä y S , » Z Y Ä Ä € . Ä Ì q Z n ¿ Ä Y Ä

½ { 1 È Z Ä Ä ] Ä ] Ä • 1 È Ä Ä Z ¼ Ä Ä Y • Ä ½ Z f ^ } { Ç • Ä { Ä e € œ ¿ d È € j - Y Ä - ° ¿ Ä | Ì » Ä f ^ • Y Ä €

Ä f OE É Z Ä Ä n OE » Y d Y • È Ä Z ' OE ¿ Y { É Z " § Ä c Z ¿ Z ° » Y Ä ; Ì Ä

d † Y ½ Y Z OE ¿ Y Z Ä • Y € Z OE Ä Ì È

. | È € È » [ Z z f @ Ì ° Z • Ä È Z Ä » | Z { Ä ] € ³ Y { Z f † Y

. { Z f † Y È q È ¼ , Y t ~ :

É Z È ] Ä È Z Ä È ¼ Ä Z ] ¶ M È € Ä q € Ä • • Y Ä • ¾ Ä ] d ^ ^ Z y È € d " Ä • Y | ¬ » È Ä Z ' OE Y

¿ È » • Z Ä < •

É Z Ä ' OE ¿ Y { | È Z † Y Ä ¾ Ì • Ä X Z † € Ä

. Ę ∈ [Z z f] ∩ ℤ • Y ∈ q

{ Ę † Ä ¼ f } ∩ Z « Y Ä

. Ä (Ä Z Ä Ä) • Ä e q ¼ Ä Ä f e Z - i - v e Ä

1 ∈ œ ∩ Ä ] Š f † Y • - Š • Z \ j q (Ä Ä) ∈ j • f ∈ q ∩

° Ä † Ä ] Ä m Ä e a z y e q • ∈ § Ę Ä Ä | < Z Ę m ∩ Z » •

Ä 1 † • Ä Ä † Ę } Ä Ä ¼ q • P e μ Z ^ ∩ z y e • ∈ § ½ Ä

É Ä • Ä Ä f † z Ä Ä { P z e j Ę } ∈ # « 1 Ä ∩ Ä Ä v e f < y Ä Ę Ę

É f ^ y i Ä Ä • { c ∩ } ∩ z Ę Ä • { i - v e z - z i } y - f z •

Ä f Ä m Ä i Ä f f † Ö a ° d ^

. Ä { Ä q c Y | » Z m [Z z f ∩

Ä Z ' / Ę / ∩ X / (Ä Z ∩ § e Z ] • É Ä ° d † Ä { ¼ » Š f

d P ? Ä ' f / ^ y / - Ä f / < y q d ∈ † / • Ę { Z f † Y d Ä •

. Ä q É • Ä » M q z z ] • { ½ Ä e ∈ œ ∩ ¼ z } [ Ä Y Ä • Ę ¼ Ä ] | Ä É • q Ö Y Ä Ä ¼ Ä Ę Ę | e

° Ä • Z Ä Ä • Ę ¼ • { Ä • ¼ z e y ° Ę z e e Ä | < ' Ä Y

Ä d É † Ä Ä Ä É ∈ q • Ä • Ę • Ę » d Ä • • Ä Ä Ä Ä [ Ä y

É Ę Ä • Ä • y e | / ∩ • y e z Ä Ä m Ä { Ä ¼ Ä q e Ä e d Ä p

. | i ' i » É q i Ä : Ę e Ä Ę Ä e ∩ Ä z Ę Ä z ] ∈ ¾ y

Ä d / é y z e Ä z z Ä † Ä ° e Ä Ä | ∩ | < { i y Ä y Ä Ä z ¼ • M q j »

∈ - z / y Ä / ] Ä Ę e j Ä z { m q z e j Ä ¼ } Ę Ä e z y ∈

d ^ i j • Ä ¼ f » Ä Ä Ę z z d i , ] z Ę y z ] y Ä ½ Ä q Ä Ä ° ∩ y

¾ • Ä X / ^ » z / z Ä z ' f / † { ½ y Ä Ä / Ä • Ę • Ä ¼ z

. Ę ∈ • z z Ä z d n Ä • Ä e { z f

- / y Ä ∩ d e ¼ e q / ] z « Ä / < [ X ∈ y Ä z z m y ½ Ä z n ∩ z y • z

É / ¼ , y Ä d ½ x ∩ y / z / e y , † Ä ¼ § d y Ä • Ö Ä e z z

Ä ] Ę Ä y Ę Ä e

{ Ä }

Ä Ę Ę ∈ Ę » • z • Ä e Ä » μ y ∈ Ä Ä Ä Ä z z » < Ä f †

. Ä Ę | z z ] Ä q Ä • Ä ] { • Ä » • { ½ Ä e ∈ œ ∩

. c | »

É y Ä / ¼ z • Ä z m Ä » z ∩ z y • y i Ä • Ä Ä Ä ¾ y 1 ∈ œ ∩ Ä ]

° Ä É » Ę ° e Ę z v ¼ »

Z / m Ę Ę z { » É ¼ Ä • Ä e ∩ Ä z y % É Ę » d v e j Ä Ę

• { Ä Ä » É • z ] É ¼ • y i ¾ Š e z • Ä z Ä Ä n œ ∩ y { Ä d † y Ä { z f § y

1 Ä , y μ { z ^ e z » y Ä

Ê / f « Á Á Ä fz / † 0 Z kÁfÁ Åz ZÄÖL Z z f † Y Ä . Ä / ÊÄny • ZÉZÄZ ' CE ŷ Y { • YÉ a ¼ f § Å e e 0 Å  
 c Y € / ¼ Ê / ÅÉ ] A ÅÉ k Á Y Ì Á ] ½ Å Ö { Å € ¼ ŷ d ] Á ŷ ° Å . Êq Z Á Ä n CE ŷ Y {  
 . Ä f † • ] q. Åz Å e Éöe ŷ d \$ Å c | < Ä ] Z Á Ä n CE ŷ Y {  
 Ä € ¼ f / S ] ½ { € / ³ € ] Á ½ | / ] % o € f ^ ³ Á • ½ Ä  
 È / • € Y • ÉZ P / Å / • ÉÄ / ¼ Å Z ] | ¼ ] Á ÅÅ ] Ä y Ó Ä DE [ ZÄy ¼ f / S • V / Å Z Ä m ÉÄ | Ä • ÉY € < { É' € ] S Y ÄÉy Å  
 • Ä / " u È • ŷ Z Ä É Z Ä ] Ì Å Ö ¾ f | ¾ Å Ä ] Ä É Å Z " « • Z Ä n CE É Á • µ Z † Ä Ä É ] y È Á ÷ ^ ½ | ŷ Å Z ] +  
 ] Z ÉÉÉ ~ y Á = ÅÉ » Ä t v • e ÉÄ n CE ŷ Y { ÉÄ É ~ e [ ÉÉ † Ä ] Ä { ÉÄ ] Á  
 . ] É € [ Z z f ŷ YÉ ] Å • Y € q { Z f  
 . ] if ^ Ä µ Z ^ e Å \$ ¶ Å ] YÉ ] i Å Ö Á Ä n CE Z N f { Y ° Å Å Ö † Å ] € • v Ä » ¶  
 ° ŷ È É Ä Y • Y ¶ ÅÉ » É Z É ] y { É Z ' Ö Á Y { Ä ¶ 1 2 Z f † Å É ] É ( Z ) • Á •  
 ¶ | < { Á | v » % o | ] Å ^ Ö ÉY { Z f É y Y ¼ • ÉÄ Å É t m Ä ¼ | € Z Ä ŷ Ä ] {  
 . ] Ä É » µ Z ^ ŷ { ° Å € Å • • Ä f . Ä f † • ¶ ^ ] Ä  
 Z / ] É • Z / † Ä Ä Z f / » Y É É Ä É Å Z Y Z q ° Å • Á € » Y Ä , ] Ä € f Å ] µ É Z Z re ÅÉ É { r ] Z • ŷ ¾  
 Z b É Z † . Ä É € Y • z ~ - » Ä b Á ½ { Y { ... { ½ Ä  
 . ] É Y { d † Á { Á • 1 É | Ä † • Å CE ¶ / j ³ Y € / < É É ¶ V / Å Å • Y Ç • Á { ½ É q - † ŷ É é  
 Z É f Á É Å ¼ Z M ] Á' j Y Z b Z Y Ä • Y { Á • % o ] Å y m Z É ŷ Å ^  
 . Ä « Ö Y { ¶ É Y { ° b é f Á z i Á • È Z Å Ä † a  
 Ä • Y | ŷ ¶ € u Z ŷ Ä , † • Z ] . Ä É Ä ~ q Z Ä Ä n CE ŷ Y { Z Z 1 4  
 . ] f ^ ÅÉ - † Á » ¶ Å Y ¶ • ÉY ŷ ŷ ÉÄ Ö É S ¾ Å q Ä É Z Á • { Y € ] Á € Ä Y  
 ° ŷ É ñ • Z M » a < Z Y , Ä < Z ] ¶ Å • Y ] É Z ] Á ŷ É ^ † • É ¼ Z Ä n / OÉ ŷ Y { ½ Z M É y Å É « Ä » { Z f †  
 . ] ŷ É » ° Å • Z † . ] Ä É » Ä œ u Ö  
 c | < Ä / ] É Š. Å - É Z M ] Q É ] y i Ä « € Ä Z ( ) É [ Z  
 ° f ŷ ŷ | , ] Ä ŷ Ä { Z É É Z f { Z É É • Å t - Z Å  
 . ] É Y { d † Å Ö ° ,

.|É•Ây c €³ψ¿• Âe ÓZu ZÉ/]. Á/ °Z/ < ZÉ³ eY ÁÉZ³Áÿy°ÈÈ † d£Y€§ cZ

°À•Y € « € ] È/ætierr ÈZ³Áÿ Áe

°f < É³¿, ]ÉÉZ ÁÁ••M ½ Âq Ä¿

. Ä - ½Z eÓÿ È¿•ÄediZZ < .|Ä]É»Èq ½ Âe •Z

.|f ^ ÂÉ“Y • É³ÁÉ• •Y • | - q

•Zn < €Äa] d † Z Ä¿ Ä ½ ÄÄp ÄZÉÄÄn »

. Ä¿°ZÉ† | À Äè» < Ä | Èq | ¿ •

. Ä¿ Ä y ÄÉ» | ° Ä { Zf † Y

Ä¿°ZÉ† | À ÄE » | • ÄÉ | É³ | Ä¿ | •

Ä¿ ¹ Z È. Á - ÈZ ÄÄZ • { Y € Ä¿ Ä¿

.|f ^ Ä € < ¶ ÄY

.|f ^ Ä c € § Z ^ » ¶

Ä¿ ÈY ÁÓY € ¿ { ½ Z f < É³ • Ä¿

km ± km Ä • M c | e € § Z é Á

È | ¿ Äÿ ... È¿ ZÉZ Ae È½ | Äe Äe Z¼ < { Zf † Y ž « Y Á • {

.|i ÄÉ» [ Z Z f ¿ Y € ° † Ä † Y

Ä / ] Á É Ä Z // j Ä » ÈY È / ¼ , Y | z § / É » | ... • {

i Y Ä € « È - ~

.|ÉÉ» • Z • fy È ÉZ ÄÄ | Z §

ÉZ - re Ä • M

. ½ Ä p ¿ • © É fe Y ] ¾

Ä { ÄÄ ] € Y Ée, z | f È h q ¿ • © É f AE ] ¾

d ° ° ¿ Z » Ä Èq { ZÉ Z V Ä { Ä }

. Ä { Ä } | Ä¿ v ¿ ÄÄ , Á { ÉZ ÉZ / a¿ ¾

.... • { ° Ä |

, | / Ä • Ä / • e d CE AE ] Ä e È Ä • ] ½ Ä¿ Ä Ä Z ¼ ACE | q

€e • • Y Z ] ½ Ä q | ] • Y { ZÉÄ { t - Z f • CE @ le Z Z - Y » Á

. Ä Ä ~ q ½ Ä ff CE

{ Ä } ¹ Z Y

Ä Ä € È | Ä , ... € f / † Y ½ Ä | / ÉZ Ä É Ä Ä É Z p Y Ä †

. | » Ä Y ½ Ä É † | Ä q • Y

d ^ Ä É { Z » | ¿ •

¥ Â W • Ê, Z Z Y Á € < € f

{ Â } ° Ê Ô Á m L É Z É Z Á V Á Y Á Á Z ' O E

Ï À ¶ » Á Z Á, 1/4 Æ Y { Z Z f Y.

. Æ Á Ê ÿ Z v f » Y \ <

Ê > < % Z

Ä Ì O E Á ° Ê » Ê Á y Ê • 1/4 1/8 Z f Á € Á { € ¥ M Ä, d

1/2 Ê ° § 1 Ê Á | ÿ • Á e Ä 1/4 Á

. Ê | Ê ÿ Ä y ... { Ê Ê § O E ÿ Y { Ä •

Ê Y Á y Ê Y | y

1 { Ê » Ê • Z } µ Z ^ e Á Ê ÿ Ä Á •

É ] • Y ' E Z ^ Z Á È 1/4 Á µ { • { d ^ v »

Ê Ä È ° O E Y

Ä / Ê • / » 1/2 Á / f Ä É Á ) ¶ Ä 1/4 Á Y » ° Ä 1/2 e | Ä q { Z f

3/4 f < Y { d † Á {

| ' ]

Ä n O E f Ä E ] 3/4

Y | y Ä Z Á O E Z Ä

Ä Ä » Ê ÿ | ÿ • [ Ä y Ê Á Ä. Z Ä y Ä y Ä

Ä ° » E Ä Ê Ê 1/4 E ]

d ^ ÿ ÿ \ ÿ Y Z ÿ Ä Á M

. ¥ € U E 3/4 M

1/2 Z É Y € ] Y | y Ê f Ä Á » • 3/4

1/2 Á f § | < Z ] Á Ä f < Y { Ê » Ê Á • ° Ä Z ] Ä f < É Z Á Á • M

s Y Ê f 3/4 ] | y

• Y Ê ] | ð 1/4 Á Y 1/2 Z » f Ä U ] 1/4 Ä | É Z f Ä Á • M { Á Ä < Z ] µ Á ¬ » 1 | Ê | ÿ Ä • ] Z Á Z » Ä Z Á y • Z » E

Ê ~ ' ÿ Ä q { Z Á É Á •

Š Z † M | É Á M Ä, 1/4 É f Á ° Á Ä

° ÿ Ä Ä 1/4 » Ê, ÿ 1/2 Ä Ê | M y { Y • Y { € Á • 1/2 Á f f « Á Ä ° Ä Ê Y • Y { Z f † Y

° Ê Á y É Á Z f O E

Z 1/4 ÿ Á É • Á Ê Á y Á 3/4 ÿ Z ÿ M Y € 1/2 O E Z k M Ê Z Ä E ÿ • { Á

¶ • § Ê f Ä Z Ä E ]

| Ä f < Y { • Á " u Ä É U Z • » Y • { Ä -

€ Ä < É Y € ] 1/4 Ê Z a



Ê° · Z † ½ Z~ , † ¾ Ö È M

É { Â n † · Z | } Ê Ë Â ´

. Ä f † , | ÿ Ê y . . . Ê , ÿ ¼ ¼ ´ » Ê » © € § ž ¼ m Ê « Z ] ÿ Z Ä È Ä » » € Å

· Y € f ¼ Æ » Á € f Æ ] ½ | ÿ Ä y ... · { Ä Ä ÿ } É Ä e ¾ Z ] ½ Ä y

€ Ä Ä e Ä Z ´ f » { € § € Ä É Y € ] \ , ~ » ¾ É Y Ä - Š f Ä ½ | ÿ Ä y ... { Z E ·

Ô j » Ä - Ä | ] ž ÿ Ö e | , f z » Ê , ÿ y É È Z Ä ... Ä · Ä { É Ä e Ä Ä f | ] É

Ê e Y Á , m Á Ê È Z ] Z f - Ä y { Ä f K Y Ä Z » d ¼ u · · | - q , [ Z z f ÿ y Ä u z

¾ Ê ∈ ¼ d ¼ Ä » Z Ä Ä ° ] Ä · Z ~ » Ä ] · Á ∈ < | È Z ´ É ÿ Z » , Ä f · Ä Ä ¼ Æ »

½ Ä Ö Ä y Z Ä Ä | ] ž ÿ Ö e Á · d ^ Ä ° Æ » ½ Ä Ö É Y É Y € ] Ä · Ä Ä Z Z » f È Ó ¶ Ä Ä È

... · { ° ÿ Ä f ] Ä ° , Ä Ä y ' È Y € Ä { Z † c · Ä · ] Ä | ] a s Ä

° ÿ Ä · ~ ´ ] Ê f , - € f { [ Z Ä m Z ] { € § 1 € e É Ä e Ä · Ê † | Ä Æ » c Z | " Z È ·

° ÿ Ä f ] | < h Y Z ] ¾ È Y Á Ä ° Ä Z ~ » Ä ∈ « ½ Ä f h » z e · Y Ä · Y Ä · Y

Z ] Á · Z † · { Ê " ] Ä Ö ] { Z ÿ ] ½ Ä e € ö ÿ Ä ] ½ Ö Y | È Z ' 1 € | ] ° Ä É | Ä y Ä ∈ ¼ d

¾ » Š Ä ÿ È · Ä , Ä < Z ] Ä f < Y { É € f ¼ - d ¼ u · Ä d < Y { € ] È { Z f † Y Ä u z · »

, È ∈ ^ e Ä Z ´ Ö ÿ y { Ä e · Ä · z ] , 1 { € ° ÿ y | a É { Z f † y ¾ Ä q

| < · Y Ä e Ê ] Ä y Ä ^ e € f Z Ä Ä e Ä ~ q  
 . | È · Z ÿ ]

h Y Z ] ¾ È Y Á ° ÿ , ] o f ^ ÿ Ä e c Ó Z ÿ † Á Ê " Z È · € f Ö ÿ ] ž « Ä » ½ Ä y Š f † y ·

€ f ¼ - ... € f † y Z ] | È ] € ¼ Z ÿ q È ] Ä y È Ä Ä e · È <

Ê f « Ä Z » y { Y { [ Y Ä m È f f Ö e ] É Ó y Z Ä Ä Ö y ] Z ] Á

Ê fu É € f ¼ - É Ó y Ä † Z Ä ÿ - È , · Z - - † Ä { Z ÿ ] È · Ä ^ « 1 | Y · y È < Z ÿ Ê ÿ y € ´ ÿ

Ä Ö ÿ ] » Ä { Y { [ Y Ä m d † · { € f Ö ÿ ] c Z Y Ö - y · z ] ½ Ä e È Ä s y € ¾ Ä ÿ ]

c Ô ÿ · v e ° f ^ Ä , È ∈ ^ e m € Æ f » · { É { Ä n † Z

· Ä ° Ä - · { 1 | ÿ Ä · ~ ¾ É | † Š Z f † Ä e Ä } † Ä Z

| Ä f · Ä · È | ÿ Ä y . . . Ê · Ä ~ f † Z Ä ¼ Z Ä e {  
 . d Y Z † ½ Ä r ¼ Ä É | l e Z † y Z ] , È ∈ ^ e Ä Z ´ Ö ÿ ÿ

¾ l e Ó [ Z · f y y É y € ] € Ä y | u Ê † Z Ä < · Z ° ÿ y · Ä È † | Ä Æ » Ä f < · Ä , È ∈ y Ä Ä Z

Ä ] € e du y · Ä € e { Ä · Ê » Ä { , | Ö ÿ ] Ä | ÿ Ä y · È ^ e Ä Z ´ Ö ÿ ÿ y · f † | ÿ Ä Z ] » Ä

Š f ÿ « y Ä 1 { € ° ÿ » Ä · Z ~ » Z ] È f » Z Z Ä Z » ¼ Ä Ä { Z f † y Ä Ä , m ½ | ] É

z e 1 { € ° ÿ » · Z - 1 · | a Ä ÿ Ä y Ä · Y { Ä e È È Z ¼ Ä Ä y · È , 1 · v e ½ y · Ä { · y ¾ » ½ |

° ÿ È }

ÉZÂÂnœ¿Y{ μZ » ½ÁY d`ì¿ ½|¿ ÂyÄ...Z~ {ZËÿZm|<Y&ÁÀi»Y{YÄœÀ ¼¼ÁY ∈ A  
 {Á|v» Á• ½Â{Ây ZÁ Ã|ÿZ« É€‡ œÉ€Œ Œ- ŠT^Af<X{É•ÁfÁZaÉËY•Á•  
 ½|ì¼ÆŒ,É³|¿••{ °Á Á ...•{ •{ °Á dÉÁŒÁÃ|,»Äf¾Á¿ ∈Äœ»ZÄ€] |Ä{œ¿Z~•  
 Á °ìÀ°] |ËZ] Y•Z°ìqÉÁn°ËZœ-ÄY•Z°ìq¿ œËËZ- d<Y{ Ä»Y{Y Ä .Z~»,1  
 Ã|À] •Y ∈fÆ] ,¹Ô- €ì»Y °ìÀ°¿ %Á»Y€Œ Á• Y|y ÄY• ¾ËY Áe °Á Äœ  
 °œq,|Ë|À^» μ{ Á |ìÀìÀ,ËË»œŒ-Á |Ë•Y~`]  
 .d<~³ Á d<Y~³ |ËZ] {Á• ZË ∈Ë{ Ä-,|Ë•Z^» μ{ Á |Ë•Y.|Ë¿¿ì¿Y•Á{

Ä] °f^¿Áe Ä .Z~» ÃÀì< ¾ËY Z] +  
 Êf Ä• ÃZ´œ¿Y{ ÉÁe Šfì «YÁ É.Á  
 cZÿÄ"Ä» ¾ËY Ä- ½|ì» dì¼ÁY ÄW  
 ¾ËY ≠Ôy Ä³Y ½Áq ,|Äf^Á Ê"Y• ½Áœì³|¿••Y Z»{M ∈j^Y'ìóÁÁ, É€fœ  
 {Y{ |ÀÁYÄy ∈ììœe ÉÁv¿ Ä] Ä¿Äœì³|¿•,Ä<Z] \,~»

.|Ë•dì{ZËŒÄÄÄœ

.|Ë€< |ìfŒ•½ÁË]•Ä~q

¾]€-|ì^-Á¿Ä» žË•Áe Ê‡•€] Z] Ä~]  
 ½Á|] %œ€Ë~a €] ÊÄ^» Ä¿,ì» Äìÿœf-Y €œ‡ €Ë•ÄZ•œ¿ËŒœZPZÄ•  
 ½Z]M Äe ÓÁ¼ » |<•Y Y€] Ä- É€f- {Z°Á|ÄZ|f¿•Y•ËfZÄy•ZÓZÄ»Ä½ÖY Z  
 Ê^- %œ€Ë~a Ä] ¶ËZ» Ä³Y †b‡ Á ¾fË€ZÁ ÄÀì-»Y|ÄeÁ,|ŒfYÁÊÄZÄ<Z- Ä  
 •Á€< |<•Y | ] μZ‡ €Æ» •Y Á ½|ì» ¹Zn{Y•M°¿œX€ü^μZZ-f¿YÄË,ÊÄœÄì¿€  
 Äœì» Ê» dì.Z Œ ¶z¿zœ»Y-Èu»μZ-f¿Äœe,ì¿  
 d‡Y Ä|< ÄfŒ€Ë~a ÄÀì»• ¾ËY •{ ,

.|ìfŒ€¿ ½Y€ËY •Yq¶ì•ve Ä»Y{Y ÉY€] Y€

½ÓY Ze °Á ŠeÔ°œ» Ê»Z¼e Z] Á ¹•Y{ d‡Á{ Á• •Áœ- ¾ËY ¾»  
 Á,m ¾fœ¾€Œ,œœ]•Á^» °Á Äf•YZ‡ÄÄÄÄYŒÄ»Ä¼Ä .d‡Y Ä|< |Ë€e ½  
 Ä- ½YÄÄÿ €Á Ä] Á• Ê^- |ËZ^¿Á ,Äœ] p‡•|ËZZ»{¾YŒZ» d‡ZœœËÄ¼  
 Ä•YÄ¼Ä ,Ä€ì» Ä- °Á Ê^-€Á Á d^ËÄ'ÊfËœËÖZ¿-Ë-||ËY½ZZ] Äœ¿ìM‡d-Ê  
 °Ë•Y{ Ê¿YÁY€Œ ½Y•Z- d Ä• Á aŒÁ°||ËZZ‡Y-Z¿ìY•Äœ¿Œ]fœZÄì•Á€Zœ  
 •Áœ- Êf Ä• Á Ê¼,ÿ ½Z^ìfœa Ä•YÄ°ÄÄ |d‡YÄ|Ä]Y|Äœ‡¶ÄËY{É•{€Ä,ÿ  
 Á ½Á¼fyZ‡ ½Ä¼Ä Ä]e Y€ÄfM Änìf¿ Á °ìÁ{ ¹Zn¿Y •Á  
 Y• Ê¿Y€'¿ ÁÉ,ìœf¿Z¼ÄÄ d‡ËY °ì  
 |Ä^-» ≠€-

.ÄìqË€Z,]Ë€ÄZ´œœŒŒ{

.|ì‡dì-ŒÄÄœË»Ä~q

{Z» Á • | a dËZ«Ej~Y ZÅÂnOE¿Y{ |Ë€‹ Âe d‡ZÅ  
ž«Â» Ä] Á d«Á€‡ Á• |ËZf‡Y ÉZÅ  
Ê“Y• Á•ZÅÂnOE¿Y{ ,d~€u ¼ËY µZ

.|ì¿Á•É•iÂ~Áq½Âff£Z€§Y ½•Y|ì»

Ä.Z~» kY€zf‡Y ÉY€] |Ë|m cZÿÂ“Â» ÉÁ• •Z~ Z^Z£

.|ìf^Æ.Z^eÂ§

Ê‹Z^¿ É•Âf~Y€e Ê.Á Ê‹Z] -€e Äœì» Ä´»

.|ìf^Š,Á.Y,ì§,¼Ê~Z‡Â» ,%••Á

%••Á Ä•€ÿ {•YÁ Ä~ °f§€³ É|m ò¼•e Ê.Á ,¹Á|°rìÄ Ä¿Z~‡Zf»  
°œ]

.ZÄnOEÄ‡Y½Äff§€€yM

.|f§€ZË~Ä»qÁÉËY•€Ä§Y

•{ c€ì£ |ËZ]Z»½ÄZÄE³ZnÂe ,d^¼»Á Ä{Á} ¼ËY ½€  
Ä´Ë{ ,òìÀ~ •Z~ Á ò¿Äz] ...•{ c€ì£ Z] °ì¿Äf] Z» Ä³Y Ä¿Z] ½•{€³  
¶u {Ây Ä] {Ây Ä´Ë{ ÉY,ìq Ê,ìy Á Ä .Z~» ÄÄv¿ ,Ä•YCHEMKIN STANJAN  
Ô^« Ä~dÊËZ¿Äf] Ä°ÀËY ÊÀ Ê °Á ½{Ä] c€ì£ Z] Äœì»

Ä´]YÄm ,¼f‹Y~³ Ä¿Äœ´Ë{ ÉY,Zq]Ê,ìy Á Ä¿Äœf«Á ,Ä¿Äœ¿Äm Z» €  
,¼À~ ¶¼ve Á• Z» d§€œìá ¼¿Äfì¼¿ ZÄ•Äœ~{•Ä,M} {ÄÄœì½]¿Ä•Z]  
Á ÄZeÄ~ d‡Y,½Zf~€§] |ËÊ,ìy Z» ½{€ÉY,e] d«-Á |ì¿Á] Á |Ë€ì´] Ä¿Äœ¿  
|ËZ] {Á|v» ¼Ä¶v» dZ]¿Z€ËYaÊ¿¿¿•Y€°e |Ë] Ä»Y{Y |ËZ] Ê~  
¼f§ZË ÉY€] Ê³|ËZÄZéÄ~ Y••€§|vY Z¿

ÉY Ä€~•Zz¿œ.Zq Ê³|¿• {€ËYÄ€ZÄ]Ê´¿Y{ÄZm  
ZÆ] °- ÉZÄ,ìq ¥€• |ËZ^¿ Y• Ê¿¿ÿ• Ä•Z^°Ë Á Ä°Ë d•€§{Ä]½Äf«Äœ»  
Ê» Z» •Y Y•fZÄEÊ ZÄ€¿qÄZÆÄ]€- ÉZÄ,ìq  
Z» •Y YÊ¼ZÄEÄM |ÄYÄ€- É•Ä,¶€ì¥€• ¼ÄœËËY• Ä³É¿Än‡t.Z• ...|ÄÆ» 1€  
{€ì´] |Äf^Ä Äf‹• ¼¿¿ZÄ¶¶

.Äì¿Äfì³ÊË•¼Ë€f¼Æ»

# Ã Z® Æ { • Á Z f œ ³

° È € ì ³ Y € § Ä, ÿ Á Z y e { Z È €

- • Á Z f œ ³ Ä, n » ¹ • Z Z E p Ä Æ • Z Á y < d' » € f v † { Y

| È € y Á ç ì, ^ e • { © Z ì f < Y Á Ä « Ô ÿ Z ] Ä - ° À - È ç Y { • | « Á € ° œ e | Ä f † Ä Y Ä  
| ç Y Ä { Z Æ ç Z » € †

| ç Y Ä { Ä ¼ ç ½ M Ä È Z œ Ä Ä È f e É Ä Z " ÿ Y | « Ä Y d † Y É Y Ä • Z ¼ < ¾ ì • Á Y , | < Z ] È  
« Ä » | È | m É Z Ä Ä » Z ç € ] Ä W Y • Y Á È, ^ « É Z " ÿ Y Ä Y • Ä » Y { Y • { ° ì ç Y Ä f ]  
Y • € ° œ e Ä Ä, n Z Z † Y Z œ È Z Ä, n ¾ ì Ä ] Z † Ä ¹ € f v » € ] { € † , † ¼ < ¾ ì » Y ... | Ä Æ »  
| ç Y Ä { Ä ] Z » Ä Y • ; Y € q Z Ä ½ M É

µ Ä X ^ » € È | » Á ½ Y € ] { É Y • Ä < € œ ç © Z " e Y Z ] Ä • Z ¼ < ¾ È Y • { ¾ Ä Z È Z Ä Y  
Á { Ä < Ä { Y { € ì ì œ ¼ • Ä Z Ä œ € œ ç Ä Ä f Ä, n » ¹ Z ç , ½ M Ä Z Ä - Z z » Z ç Y Ä f Ä, n »  
È • Y ¾ ì ] c Z v " • { Y | e Z ] Ä, n » , \ . Z ~ » ¾ È Y • Y ¶ » Z - É Y Ä ÿ Ä ¼ n » Ä W Y  
€ ] \ . Z ~ » , d † Y Ž z œ ç » • Ä • Ä Ä ] Ä ~ ç Z { Ä Ä | :  
| ç Y Ä | < É | Ä ] Ä f † { , Ä | < Ä { Y { • Z • f y Y Z

¶ ° < Ä ] Y • Ä, n » ¹ € f v » Ä È È € v e d X ì Ä %  
• Y Y • È § Z - Ä € Æ ] , È, ÿ ½ Z ³ | Ä ç Y Ä y Z e  
Á c Y € œ ç , € ì ^ » ¾ È Y • { ® < ½ Ä ] | \ . Z ç €  
| Ä Y Ä y Z » Ä ] Ä, n » ¾ È Y { € ^ œ ì a • { Y •  
{ € -

¹ € ] È » ½ Z È Z a Ä ] È ç Z Æ " • Y Ä • Y  
¾ - Y Ä ³ Ä Z } M Ä

d † Y ² Ä † € È • È È Z  
¾ - Á • Ä € È • Y • Z  
d È Ä • • M ¹ Z m d ^  
¾ - Ä ^ † Y • Z È • {

•Âbì,ÿ ¾ì^»

²Àì.€f‡Y É Ä

Ä»|¬»

Y•ÃµËY ÄÉZÀ|ÄËÄËSÂì‡ÓÂ»€§ ²Àì.€f‡Y •ÂeÂ» Á Äy€q •Y \zfÀ»  
{€ì.Âe ¾ìÀq°ìÁYÂy huZ^» ¾ËY ÄËËeÄÄ]ÁŠd}Y

dyY{€

²Àì.€f‡Y Äy€

,¼ìm {Ây •{Y€] ÉZ°¼Á ²Àì.€f‡Y

•ÂeÂ» Ä] ¹Â‡€» •Â‡ ½Á€] ¹€³ Y

.|< ²Àì.€f‡

|<Z} s€< ¾ËY Ä] ÄÄËÄpÂ€] ÄËËY€§Y

°nu ŠÁZ⁻ •Zœ§ ŠËY,§Y

•Zœ§ ŠËY,§Y Z] d]Z

°nu ŠËY,§Y Á •Zœ§ ŠÁZ⁻

•Zœ§ ŠÁZ⁻ Z] d]Zi

µÄÄYZu •{ Ä⁻ d‡Y ¹µÄÄY€qìÄ€fÄy€

{€°,¼ÿ ¾ì] ÊœuZ§ cÁZ⁻e Äf^•Y ,c

a^— ÄµÄYZu•Y{ µÄÄY€q •Y Ä,•Zu

d‡Y ÄœuÖY{¶]Z

Äf§€³ €œ¿ µÄÄY€q f‡Y•u ÉY€] Ä⁻ ÊeZì“€§

•Y |ÀÄËZ^ÿ

d‡YµÄËZ³ ,¶»Zÿ µZì‡

d‡Y €⁻• •ÂeÂ» ½Á•{ µZì‡ d⁻€u -Z°~•Y

d‡Y [ZË•Z] Ä{•Z]

d‡Y €⁻• Z»€³ Êœ¿Z‡• cZ§ÔeY

°Ë•Y|¿ Z»{ d§Y Z»{ °Á |ÀËY€§ Á{ •{

d‡Y Ê‡ÂÀì‡ €ì£ °nu cY€ììæe

°ìÄ»€œ¿ ¥€• -Z°~•Y •Y ÊÀ Ë d‡Y €⁻• Ê°ì¿Z°» cZ§ÔeY

d‡Y €⁻• |ÀËY€§ µÄ— •{ Ä{€» °nu

•Zf§• ,ÓZ] -ËY€< ½{Ä] ...€f‡{ ¶]Z« €ì£ ¶ì•{ Ä] Ä⁻ d‡Y Ê ì^—

{Ä] |ÁYÄµÄÄYZZp§• Z] •ÂeÂ»

€ì´¼œq •Zì^] Äy€qYÊËZÄÊ§ÖqYZ¶»YÄÿ€¿

|§€< ¾Ë] d‡Y

[ ] ²Àì.€f‡YÄy€qY{Ä¼¿

Z » €³ µZ-f¿Y •  
regenerator [ZË•Z] cZ§  
•ZOE§ d§Y Á ¶ »ZY  
Ã{€» °nu

Z'ÂÂê`IÊ±ÂÀì± Á |f¼ »

•{ |« |ÃMÃyZu{Á|u •{ ¶- Ã{Z} d  
|ËµÃMÃy€q €] Yè Pp»ÊÂËÿY¼Ë¼

[ ] pseudo ®ì€ZËy{Á¼¿

½Z¼Á {€- Ä^ËZZÄy €qËÄ}Ë•Z•Y{Ä¼Y••{  
dì «YÄeÄMÄy€q É•ÂÌXÊ» Äq•ZÔ» Ä- •Ä—  
d±€ÖË,¿

[ ] ²Äì€fêY YÁ ÄY€q¼¿

ÄËZa €ZÄÉ€qÉqìÉ«YÁ Z] Äy€q •Zf§•  
d±€Ë• s€«Ä] Ä- |¿|«{

[ ] ²Äì€fÄÄÉZÄy€q ÄZ•Z]Y{Á¼¿

²Äì€fÄÄÉZÄy€qÁ|m

### ÄrzË•Ze

€Ë•Á Ä- ²Äì•€f±YµZ€]Y{ |€f€-} Ä- ½ZÀq  
°Á Z]ÉZÄÄz||f» cY•Zn"¿Y ¶ì•{ Ä] {Ä} |Ä,eZ°±Y d«Á  
•Y|]Y €f¼- cY€~y Z] É•ÄeÄ» ²Äì•€f±Y ,¼ìm {Äy •{Y€] É€°§  
YÄÄeÄ» ½M€Ä}•Ä• ¼ÄÄ ZY •Äe{Ä}¼¼ËY Y|f]Y •{  
½Z°»Y ®ì»ZÀË{Ä»€€«•ÄfêY€Öì.a Z]  
|Ë{€³ °ÄY€§ ½fÁ•|ìÁ Á òì,Ä ½Är¼Ä ZÄ•Z³ €ÉZ±•Y Ä{Z"ftY  
Zrëgenerato [ZË•Z] •Y Ä{Z"ftY •{Y€] Ä{ ¾ËY Ê•Y •Y|]Y d±Y k•Zy •Z  
Ê°ì»ZÀZÄÄ€•{É•Z]cöádmíY,ËYZe]Ä¿Ä-Y d€ÖË,ÄZ]§•²Öì€fÄÄÉZÄy€q ¶- •  
w• °nu ŠËY,§Y{ÄÄŠÄZZ]ÄÄZy€§ Äy€  
{Ä}  
pseudo Äy€q µZ]ÄÄÉYË,®ìZÄÄÉYÄÉ§ Z]  
Y• ÊÿY|]Y •ÄeÄ» •Y {Äy s€Z±Ä{ •{Y€] Ä{ ¾ËY  
Z»Z³ s€— ½Y Ä] Ä•Ä€»Y Ä- d«Y{ dÄZ^« Êu€— Ä] Ä- Ä{Ä¼¿ ÉËZ¼¿

É ¼ Á | < Z } É • Y { € ] Ä ∈ Ä ] Z Ä Ä » ¼ É | Ä • Y • É { c ∈ Z f ] s ∈ — i Ä ] 1 Ä • Ä e Ä e Ä É Ä ³  
 Á | ¿ { € — Ê Ë Z ¼ ¿ Á • Y • ½ Z ρ Z Ê Z Ä e Ä Ä  
 ¶ » Z ÿ μ Z i † • Y Ä — , { Ä y • Ä e Ä Z † • Y {  
 Á | Ä — ¶ | i ä w d † Y Ä e Ä ] É ¶ Ä ∈ V Ä ] e Ó Z ] •  
 ¶ ° < , d § € » • Y ∈ « Ä Z Ä Ä f v Z Ä ¶ Z e

[ ] ½ Ä Ê Y Y • Ä e Ä » <

[ ] ² Ä ì • € f † Y • Ä e Ä » ¾ ì • Ä Y

[ ] ² Ä ì • € f † Y Ä Ä É Z e i f v Z Ä Ä e Ä e »

. Z " ¼ MY Ä Ä ÿ dve Ä ¿ Z ³ Y | m • | Ä Y i † Ä { Z ] ² Ä ì • € f † Y • Ä e Ä » ¾ ì • Ä  
 Rider ½ Y Ä ] Ä — | Ê { € Z † Y e ¶ | Y • Ê Y • — † Ä e  
 ¶ ° < { Ä Ê » Ä f e n g i n e [ ] • Z Ö § dve ² Ä ¶ • € f † Y • Ä e  
 ² Ä ì • € Z Ä e Ä » 1 Ä { Ê ¿ Z Z e Ä e Ä m ½ Y e † } {  
 Ä ¼ Ê Ä Z e ½ M Ä , ¼ m • Y | Ä f § Z Ê Z Ä e Z ¿ Ä e | † Ê Z Ä • ² Ä ì • € f † Y É Ä e Ä » • Z ¶ Z ¾ ì • Ä  
 © Ä § É Z Ä { € Z Ä e { Ê Ä { Z • Ä † Y Ä ] Ê » Z ö e v Z e e » Y Ä | v f » c Ó Z Ê Y • Ä Ö — • {





Z » Z<sup>3</sup>

|¿ Ä\* ¶ • f » 1, ì¿ Z° » • Y - € f œ » c Ä [ « ¿ ® È Ä ] Ê Ë Z n ] Z m Á  
 € ] Y € ] ¼ È | Ä q Ê Ë Z n ] Z m ½ Ä f ^ ì a ° nu Z » Z<sup>3</sup> • Ä ¿ • { d † Y € ^ } Ä ] 1 • Ó  
 ¼ È € f ¼ ^ É Y 0 0 ( Ä Z » Ä Z<sup>3</sup> s € § - c • | « ½ Ä f ^ ì a ° nu  
 Y • ¼ ì È Z a É Z » { ¥ Ô f y Y Z ] ¼ È | Ä q Ê Ë Z n ] Z m « Z » Y Ä { Ä } • Ä e Ä »  
 | ¿ Ä \* ¶ • Y {

Á Ä { Ä } Ä ì ^ ¿ Z ° . M • Ä ¿ Ä ] Š È Y • M <sup>TM</sup> Z v . • Y ² Ä ì . € f † Y • Ä e Ä » • Ä ¿ ¼ È Y  
 ½ Ä f ^ ì a Ä q Ê Ë Z n ] Z m { € † Á 1 € ^ • | Ä , ì † Ä { É Y • Y {

É Y • Ä È Z M • Ä e Ä ° »

Z f ]

Á { € Ä Ä ^ Ä { Ä } È , • Y Ä œ ^ v » ® È È  
 d ¼ ^ « Á { Ä } Y • • | Ä , ì † Á | ¿ • Y { • Y  
 ® ì ^ » Á • 1, ì¿ Z° » | Ä Ä Z Z<sup>3</sup> » - e <sup>TM</sup> Z € † Á  
 • Ä ¿ • ¼ È Y ¼ » Y Ä e ¼ È € f œ ì ] | ì µ Ä p È Y  
 ½ Y , ì » ¶ « Y | u • { Ä { € » ¶ É Z ° } Z Ä ] e Ä  
 ¼ ì Ä r ¼ Ä { • Y { È ] Ä f Ä { • Z ] Y Ä } ¼ È Y  
 , ì¿ È € f Ä œ ^ v » Ä ® È • { ½ Ä f ^ ì a Á { ½  
 Á É • Z ° ¿ Y Ä Z • Ä ² e Ä » € ¼ È Y s € - • Z » ¶ ° œ

Z » Z<sup>3</sup> • Ä ì e Z ¼ € - ¶ °

{ € ° , ¼ Y

• { ¶ » Z Y µ Z ì † µ Á Y Ä Ä Ä ³ e Ä ] • { Ä Ä Ä d † Y Ä Y } e ° ½ Ä Y Z ¶ • Z ü Ä » • { È • Z ¼ f u Y È  
 1 € ^ { • Y { • Ä e Ä » È f † Y Ä y • { { € ° , ¼ Y • È È Ö Z ] Ä d y ] Z È È } • | Ä ½ Ä f ^ Ä œ ^ ¶ y Y  
 † b † Ä È » Ê Ë Z n ] Z m ½ Ä f ^ ì a d ^ - € u Á ° nu Š È Y , § Y h Y Z ] Á Ä | ¿ ¶ ° ¿ | Ä Y È y  
 É f € ¿ Y • Y É • Y | ^ » , • | Ä , ì † Á { ¼ ì } - ] Y • µ Z ¿ Z ^ • Y • ~ ^ 3 Z ] ¶ » Z Y µ Z ì †  
 Ä ] { Ä • Ä Z } { Y { µ Z ¿ Z ^ • { { Ä m Ä » [ Z È • Z ] Ä } Y • { Ä y È È Z » € ^  
 • ~ ^ 3 Z ] d œ ^ ³ • Z È Ä Ä y e É Z } { ¶ « Y | u Ä ] { € † • | Ä , ì †  
 Ä ] Ä f ^ ] , | Ä È M € § • Y € ° e Á 1 € ^ • | Ä , ì † Ä ] ½ | ì † • • Y ¶ ^ « [ Z È • Z ] • Y  
 • Z ì ¿ Á Ä ì † • { Ä y Ä ì • Á Y É Z } ½ [ Z È p È Y , ¿ Ä ] µ Z ì † É Z » { [ Z È • Z ]  
 [ Z È • Z ] | Ä È » Š Ä Z { Y • { | n » Š È Z » € ^ d Ä È m É f € ¿ Y ¥ € • Ä ]  
 µ Z ì † { | n » Š È Z » € ^ Ä , ì † Á Ä ] ² Ä ì . € f † Y • Ä e Ä » ½ Z » | ¿ Y • Š È Y , § Y h Y Z ]  
 • { Š È Z » € ^ Á 1 € ^ ¶ Ä œ ^ { Ä f ^ Ä ] Ä Ä • Ä Ä y  
 • { Ä { Z ^ É Z } Ä » d ¿ Y { È Z Ä È Ä d e ^ v » ¼ È Y  
 ¼ ì u ¶ » Z Y µ Z ì † • Z œ § d § Y h Y Z ] Ä n ì f g ¼ ¶ Ä ì Ä Z Ä » Ä Z ; z f z » - ] Y ¿ Z ¶ ° Z ^  
 ¼ Ä È ] È Z ] [ Z È • Z ] È u Y Ä È - [ Z È • Z ] h i f Y • { ^ 3 , { • Y Z ¿ ® ì ^ » Á • ` q

⑧É YÉZ]µ M, fz 1, i Z ° n u • Z OEYŠ [ Ä ZÉ » ¶ °   
 Z f|] » YÁ • Ä e Ä »

{ • Y { É { Z É • Ä , • Z Š É • Ä X e c Z ^ † Z v »  
• { É É Z » €³ Á É ° i z Z ° » c Z Š Ö e Y • {  
¥ Ö f y Y Á { € ] Ó Z ] Y • É ° i z Z ° » ½ Z »  
ž z Z » Á d < Y { Ä ' z d ] Z i { € - • Z - ¾ i u •  
Á { € † Ä œ " v » É Z » { Š E Y , § v Š Ö n d Y z  
½ Z » | z Y • µ Ä É Ä | Ä | Ä | » V » Á { É Z » { d ^ ^ ¾ i Š Ä Z Ö Ö Ä d ¾ ¾ E • Y { • Ä y € ] É E Y , ^ ]  
d < Y µ Ä É • Ä X e c Z ^ † Z v » ! • z c Ä Z ⑧ É { É z | Ä , i † Š E Y • M • Ä z Ä ] Ä f

c Y Á • Ä e Ä » { € - µ Ä É • Z Š É ¼ ¶ ° <

• { Ä - ⑧ i e Z ] Z É { M ² Ä i • € f Y Ä ¾ Ä É Z ¼ Ä Ä y i € q q z z † Ä f » z É Z » { ¥ Ö f y Y Á ¾ i É z  
c Z - € u ½ { Ä ] É † Ä Ä i † ½ Ä r ¼ Ä É , » Y Ä Y | µ z t O F Y i » Ä ¾ i i e } » Ä e z | y » Š Ä † É Z ¾ É  
d i « Y Ä É Ö f , j É • Ä X e c Z ¾ Ä † Z Z Ä Ä Ä i É Z » { d e | z Ä Ä ] É • Ä X e T M Z v Ä - • Y † Y Ä €  
É † Ä Ä i † d - € u ¾ f Š €³ € œ z É { Ä Z ] Ä i • Z v • Ä e z † z v » ½ Z Ä e y e M • Ä e n i f z • { Á Ä { Ä  
{ € - ° - ¾ Z M j o y t Y Á • d ^ m Ä € Ä e ] ½ É Ä v < Y z Ä f » Ä , | Ä É Z ] Z M • Z É Á Z - • M • Ä z • Y  
• { É | i , - Š - z c Z ~ « † Ä m Á Y É Z E Ä } » Ä d | y z † ¾ d É - z a d † Ä É Ä » Ö Ö Ä y Y • Z ] E f e i  
¶ » Y Ä Y Ä , • Y m • Ä e Ä É • Ä X ¼ Y c Z É Š v Y Ä | z • Y { É { Z É • É { € ] • Z - d

[ z z f z Y Á Z Ä • | Ä , i † É z Á • { É z • ² Ä † É Ó Z ] d « { Ä • Z ] ¾ É Y • { ° Ä e »  
Ó Z ] É Z » { É y { € † Z Ä Z v } Y Á • Á c Z ~ « † Ä m t i v •  
Ä É Z Ä É³ Z É d i Š Y € z É Ä | z y » • É | Y É ] Ä -  
Y • ² Ä i • € f † Y É Ä Ä e Ä Ä Y { Ä Z ] , ¼ Y Y { € ] ¹ Z z † » Á ¹ Ä i f i •  
½ Ä r ¼ Ä É • i Y É Ä Ä e Ä - • X ^ É Z - » Z • Ä e † Ä ½ Ä z { É  
• ° i É Ä n ] Ä € Ä e ] € É • ¶ ° <

Y € Ä • Z ^ z | Ä Z < Y • É † Ä ^ v » • Z O E Š  
É ' f ^ ] Ä œ " v » Á { ] É Z » Ä • Ö f y Y ¼ Ä Z ¼  
Ä ] | Ä Ä Z - € ¶ µ Y Ä Ä e Ä » { € ] , Ä f Y ] Y Ä , i z  
Ä O E Ä f ^ b Ä Z Y e € ¼ É v Ä É Z Ö | j Y z • Š Ä Z -  
Ä Ä e • ½ É € Ä M E ä Y z z † Y • Z O E Š ¼ Ö É ¾ i Ä  
É f š Z É f • { † Y Z Ä e Ä Š Ä Ä ] Ä { € z e z » i z | u  
Ä Ä Y • Ä Ä ] , É z z † • Ä 1 ° ² Ä É e f t e Ä •  
½ Z » | z Y • µ Ä É • Ä | Ä | Ä | » V » Á { É Z » { d ^ ^ ¾ i Š Ä Z Ö Ö Ä d ¾ ¾ E • Y { • Ä y € ] É E Y , ^ ]  
d < Y µ Ä É • Ä X e c Z ^ † Z v » ! • z c Ä Z ⑧ É { É z | Ä , i † Š E Y • M • Ä z Ä ] Ä f  
• { Y • É f Š Z É i • i z M P e Ä e Z j » | É Z ] € ]  
d † Y { Ä Ä e Ä z Ä z Ä E } • Y z Ä } • Ä  
| i • Ä e É € f O E i ] ½ Y Ä e € ' E { ¹ , i z Z °  
| Ä É »

É Z » { ¥ Ö f y Y • Ä z Ä † Ä ] { € - Z Ä e É z  
€ ] Ä ° i ^ - e - † Ä f » É Z » { ¥ Ö f y Y Á z  
Ä - d † Y € - { € ] i } • Ö i i e Ä œ " v » Á {  
Ä œ " v » Á { É Z » { d ^ ^ z Ä ] c | < Ä ] É  
Z » { ¥ Ö Z Y Ä e Ä } É z Ä e z M • Ä n i f z • { Á  
€ f O E i ] ¾ i É Z a | Z É z Ä ] z É ^ Ä z • M •  
¥ Ö f y Y • Ä z Ä † Ä ] { € - Z Z • Ä Z Ä } z Y z

• { Ä - ⑧ i e Z ] Z É { M ² Ä i • € f Y Ä ¾ Ä É Z ¼ Ä Ä y i € q q z z † Ä f » z É Z » { ¥ Ö f y Y Á ¾ i É z  
c Z - € u ½ { Ä ] É † Ä Ä i † ½ Ä r ¼ Ä É , » Y Ä Y | µ z t O F Y i » Ä ¾ i i e } » Ä e z | y » Š Ä † É Z ¾ É  
d i « Y Ä É Ö f , j É • Ä X e c Z ¾ Ä † Z Z Ä Ä Ä i É Z » { d e | z Ä Ä ] É • Ä X e T M Z v Ä - • Y † Y Ä €  
É † Ä Ä i † d - € u ¾ f Š €³ € œ z É { Ä Z ] Ä i • Z v • Ä e z † z v » ½ Z Ä e y e M • Ä e n i f z • { Á Ä { Ä  
{ € - ° - ¾ Z M j o y t Y Á • d ^ m Ä € Ä e ] ½ É Ä v < Y z Ä f » Ä , | Ä É Z ] Z M • Z É Á Z - • M • Ä z • Y  
• { É | i , - Š - z c Z ~ « † Ä m Á Y É Z E Ä } » Ä d | y z † ¾ d É - z a d † Ä É Ä » Ö Ö Ä y Y • Z ] E f e i  
¶ » Y Ä Y Ä , • Y m • Ä e Ä É • Ä X ¼ Y c Z É Š v Y Ä | z • Y { É { Z É • É { € ] • Z - d

[ z z f z Y Á Z Ä • | Ä , i † É z Á • { É z • ² Ä † É Ó Z ] d « { Ä • Z ] ¾ É Y • { ° Ä e »  
Ó Z ] É Z » { É y { € † Z Ä Z v } Y Á • Á c Z ~ « † Ä m t i v •  
Ä É Z Ä É³ Z É d i Š Y € z É Ä | z y » • É | Y É ] Ä -  
Y • ² Ä i • € f † Y É Ä Ä e Ä Ä Y { Ä Z ] , ¼ Y Y { € ] ¹ Z z † » Á ¹ Ä i f i •  
½ Ä r ¼ Ä É • i Y É Ä Ä e Ä - • X ^ É Z - » Z • Ä e † Ä ½ Ä z { É  
• ° i É Ä n ] Ä € Ä e ] € É • ¶ ° <

: ž ] Z À »

[ ]- G.T.Reader, C.hooper. Stirlingengines. Spon publication

[ ]- D.G. Thombare ,S.K. Verma. Technological development in the Stirling cycle engines.Renewable and Sustainable Energy Reviews. .

[ ]- Caleb C. Lloyd.A low temperature differential stirling engine for power generation.A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Engineering. .

[ ]- IskanderTlili, Youssef Timoumi, Sassi Ben Nasrallah.Anlysis and design consideration of mean temperature differential Stirling engine for solar application.Renewable Energy. .

[ ]- + .DUDEXOXW & dÕQDU ( 2]WXUN + 6 Yucesu.Torque and power characteristics of a helium charged Stirling engine with aver controlled displacer driving mechanism. Renewable Energy. .

[ ]- +DOLW .DUDEXOXW +XVH\LQ6HUGDU<XFHVX &DQ &ÕQDU FatihAksoy An experimental study on the development of a b-typeStirling engine for low and moderate temperature heat sources. Applied Energy. .

[ ]- HalitKarabulut,huseyinserdaryucesu.Manufacturing and Testing of a VType StirlingEngine.Turk J Engin Environ Sci. .

[ ]- Youssef Timoumi, IskanderTlili, Sassi Ben Nasrallah. Performance optimization of Stirling engines. Renewable Enrgy. .

[ ]- Ana C.M. Ferreira, Manuel L. Nunes, Luís A. S. B. Martins andSenhorinha F.C.F. Teixeira. Proceedings of ECOS - the international conference on Efficiency, Cost, Optimization Simulation and Environmental Impact of energy systems Jun - , , Perugia, Italy.

[ ]Ê ,yY{ ©Y€fuY •ÂeÂ» ÄZ]ÉZÄP»€f‡Y ( 2]WXUN + 6

µZì‡ 1€m ²Àì.€€M€]•ÂeÂ»ÄY-Ä½Z 1

•{ •ÂeÂ» Ä] µZì‡ kÁ€y Á {Á•Á Á {ÁmÁ Z] É ,yY{ ©M€fluY|ÁÂeÂ»• |{

•~³ •{ dyÂ‡ ÁmYÄ•Y ÂY ¼ ÂÊ ÉZÄZg ÂÄ

d‡Y

Ê » Y Â « | ð · Z ì Æ »

f Â ì " Ê € f ÿ Z †

Ê , - ½ Z ¼ f y Z †

` ¼ a

, d † Y Ä { Y { ½ Z Ö { , Ä ½ Z Ä " Ê € f ÿ Z † a ∈ Ä Y • Ê € f ÿ Z † a » Ä f " 3 Ê Ä Z ' f † { Ä ] ` ¼ a  
 - d † Y ∈ Ê • Ê , - Š z ] Ä Z † Ä » Y Â ^ Y ½ M Z ì † Y Ä Ä - Á ~ y Y Ê m •  
 Ä ] Ê Š Ê Y , § Y ` ¼ a • Y Ê f Ä € Y ì f Y Ä a µ  
 - € v » d " < Z Ä ¼ a ∈ - ½ Ä Ê Y - ÿ Ä ] Ä Y p z ì ð Ê Ä e Y  
 • Y • Ä M { Š y ∈ Z Ä Ä Y a Ä ] Ä - € v » É Á ∈ Ä d y Z Ä f Ä Ê € É Z Ä a , ¼ m , f y » • Y Ä ÿ  
 Ä - € v » É Á Ä » 1 Z ì Y 1 Z ÿ Ä ] • Ä v » ® È ] • Ê € É Y • Y { 1 Y Ä Y Ä | Ä Z Ä Ä f Ä 3 ∈ ]  
 Z Ê Á Ê Ä ì ] • Ä e , • Ä e Ä » Á € f ÿ Ê Ä ® Ê • Y Ä Z Ä a § € ì » Z Ä p e Ä € f ÿ Y Z ] Ä • Z y Ä  
 | < Z ] Ê , Ê { • Ä e Ä » ® È Ä Z Ä a ¾ Ê € Ê { € ] • Z - € Ä ì Ê ÿ Z ð , Y €  
 ° Ê Y Ê € a

∴ ; Z Ä ∈ a

µ Z ì † , { Ä y Ê ÿ Y • Ä { d - € u Z ] Z Ä Ä a | < \ • ÿ - € v » d ñ < É Á • p ; Ä ì ∈ Ê ÿ Z † a  
 , Ä Ä Ä { Ä { , Ä Ä Ä { Z Ä Ä a | Ä M d Y Ä u Y Ä Z Y •  
 É Y ∈ ] Z Ä ÿ M • Y ® Ê € Ä Á { | f » É Z Ä { € ] • Z Ä Z ] Ä Y Z { ' • Z ] Ä ¼ ì } ...  
 Ä ] É { Ä • Ä µ Z ì † Ä » Ä f y Z † » Ä Ê u Y ∈ - Ê • Z y | • Z - »  
 d † Y ∈ i Ä » Ä € a • Ä ÿ ¾ ì e • Ä ¼ a  
 c Y ∈ - « { Ä Ä q [ Z e € a k • Z y ≠ € - Ä ] Ä  
 : ñ ; Ä f † Ä a ½ Z Ö f Y ∈ † ` ¼ a Ä Ä Z Z ] • { d Ä € € ] É y  
 T E Z E œ d ] Z i Ê • Ä ÿ ∈ ] Ä ~ ] Y • a ^ - Z  
 k Ä € y ¾ Ä Z Ä Ä - Ê ÿ Ä , u Ä œ Z Ä » ¾ Ê Y É Y • Y { Ä ~ - ÿ Ä ] Ê Z Ä Z h y Z ð » Ä Š Ê Y ,  
 • { Y • Z Ä e v Ä , ¼ m • Y ` { Ä » Ê ¼ a Y • Y É Y Z ì † Ä { Ä Ê »  
 { Ê Ê € }

Ê Y Z Ä ì " Ê € f ÿ Z † ` ¼ a ® È • Y ® ì e Z ¼ < Ê Ê Z ¼ ÿ

Ê Y Z < f Â ì " Ê € f ÿ Z † ` ¼ a ® È • Y ®

$\frac{1}{2} Z \ddot{E} \in m \cdot \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \in \text{p} \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \cdot Y \hat{A} \ddot{I}$

$\downarrow \ddot{I} \ddot{A} \ddot{x} \circ \hat{\text{I}} \wedge \neg e \in \ddot{E} \cdot \ddot{A} \ddot{f} \ddot{I} \{ \ddot{A} \ddot{I} \ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \} \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E}$

$:\quad \circ \quad ; \ddot{E} \ddot{Y} \ddot{Z} \frac{1}{2} \ddot{Z} \ddot{E} \ddot{I} \ddot{E} \in \text{p} \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \ddot{I}$

$\frac{1}{4} \ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \in a \{ \cdot Y \hat{A} \in \text{p} v. \} \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \cdot \hat{A} \ddot{I} \frac{3}{4}$

$\ddot{E} \ddot{Y} \in ] \ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \frac{3}{4} \ddot{I} \ddot{E} \ddot{Y} \cdot \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \ddot{I} \cdot Y \ddot{d} \ddot{I} \langle \in ]$   
 $\ddot{A} \ddot{E} \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \langle \quad | \ddot{I} \hat{A} \cdot \hat{E} \ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \cdot \ddot{A} \ddot{I} \ddot{O} \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E} \ddot{Z} \ddot{A}$

$:\quad \circ \quad ; \ddot{E} \cdot \hat{A} v \gg \frac{1}{2} \ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \in \text{p} \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \ddot{I}$

$\frac{1}{4} \ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \in a \{ \cdot Y \hat{A} \in \text{p} v \} \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \cdot \hat{A} \ddot{I} \frac{3}{4}$

$\ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \frac{3}{4} \{ \ddot{I} \ddot{E} \ddot{Y} \} \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \ddot{I} \cdot Y \ddot{d} \ddot{I} \langle \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{E} \cdot Y \hat{A}$   
 $| \ddot{I} \cdot Y \{ \{ \in ] \cdot Z \ddot{I} \ddot{E} \ddot{I} \ddot{E} \} \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \ddot{I} \frac{3}{4}$

$- , f z \gg \frac{1}{2} \ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \in \text{p} \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \ddot{I} \frac{3}{4} \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E} \ddot{Y} \frac{1}{4} \ddot{I}$

$\ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \in \{ a Y | e \} \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E} \ddot{Y} \cdot \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \ddot{I} \frac{3}{4} a$

$\hat{A} \{ \ddot{A} \} - \in v \gg \ddot{d} \ddot{I} \langle \hat{E} \ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \in \text{p} | \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E} \ddot{Y} \cdot Y \{ \ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \in \text{p} \}$   
 $\downarrow \ddot{I} \ddot{A} \ddot{x} \circ \hat{\text{I}} \wedge \neg \hat{A} , \hat{E} \in \gg | \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E} \ddot{Y} \cdot \hat{A} \ddot{I}$

$- \hat{E} \ddot{X} , u \in \gg \ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \in \text{p}$

$\in \text{p} \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E} \ddot{Y} \cdot Y \{ \ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \in \text{p} \}$   
 $| \langle \ddot{Z} \rangle \in \text{p} \ddot{I} \{ \cdot \hat{A} \gg \hat{E} \sim \ddot{I} \hat{A} \ddot{f} \gg \ddot{Z} \ddot{E} \circ \neg | \hat{A} \hat{E} m \hat{A} \in y \cdot Z \ddot{I} \ddot{E} \cdot Y \hat{A} \neg \hat{E} \{ \cdot Y \hat{A} \gg \hat{E} \ddot{Y} \in ]$   
 $| \ddot{I} \ddot{A} \ddot{x} \circ \hat{\text{I}} \wedge \neg \hat{A} \{ \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E} \ddot{Y} \}$

$- \hat{E} \hat{A} Y , u \in \gg \ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \in \text{p}$

$\hat{A} \ddot{f} \hat{I} ] \hat{A} \neg | \hat{A} \ddot{f} \hat{I} \hat{A} - \in v \gg \ddot{d} \ddot{I} \langle \hat{E} \ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \in \text{p} | \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E} \ddot{Y} \cdot Y \{ \ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \in \text{p} \}$   
 $| \hat{A} \langle \ddot{Z} \rangle \hat{A} \ddot{f} \langle Y \{ - \in v \gg \ddot{d} \ddot{I} \langle \hat{E} \hat{A} \cdot \{ \hat{A} \in \text{p} \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \ddot{I} \cdot \hat{A} \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E} \ddot{Y} \cdot Y \{$

$\frac{1}{4} a \circ \hat{E} \hat{A} \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E} \ddot{Y} \cdot \mu \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \ddot{I} \frac{3}{4} \hat{E} \{ \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \ddot{I} \cdot \hat{A} \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E} \ddot{Y} \cdot \mu \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \ddot{I} \frac{3}{4} \hat{E}$   
 $\ddot{d} \ddot{I} \langle \circ \hat{E} \hat{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \in \text{p} \frac{1}{4} \hat{A} \hat{A} \circ \hat{E} \ddot{Y} \{ \hat{A} \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E} \ddot{Y} \} \circ \hat{E} \hat{A} \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E} \ddot{Y} \cdot \mu \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \ddot{I} \frac{3}{4} \hat{E}$   
 $\hat{E} \ddot{Y} \in ] \{ \in \neg \cdot \in \text{p} \frac{1}{2} \ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \in \text{p} \cdot \hat{A} \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E} \ddot{Y} \cdot \hat{A} \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E} \ddot{Y} \cdot \mu \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \ddot{I} \frac{3}{4} \hat{E}$

$Y \cdot \hat{A} | \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E} \ddot{Y} \cdot \hat{A} \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E} \ddot{Y} \cdot \mu \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \ddot{I} \frac{3}{4} \hat{E}$   
 $\ddot{d} \ddot{I} \langle \in \text{p} \frac{3}{4} \{ \hat{E} \hat{A} Y , u \in \gg \hat{A} \{ \frac{1}{4} a \circ \hat{E} \hat{E} \mu \ddot{Z} \ddot{I} \ddot{A} \ddot{V} \ddot{I} \frac{3}{4} \hat{E} \gg \ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \in \text{p} \cdot Y \ddot{d} \ddot{I} \langle \cdot \hat{A} v \gg \hat{A} \}$   
 $| \ddot{I} \hat{A} \cdot \hat{E} \gg \cdot Z \ddot{I} \ddot{E} \ddot{E} \ddot{Y} \{ \ddot{Z} \ddot{A} \ddot{I} \ddot{E} \in \text{p} \}$

\ÈZ » Á ZÈY,»

½ Z » | ¿

ÄÀÈ,Á Á d¼ì« , ½ ZÈY Z¼ ÈY { É Z ÈÄY}, ½ ZÈY ∈ m % Z OE f £ Y d \$ È Z¼ » Z Y È Z Á f •  
 ½ Á |] ½ ZÈY ∈ m ž ~ « Z ] ½ { € - • Z - , È , È Á W è « ½ Z È È m Á È y Y } È Z È m Z Á Q Y ( Z È È  
 Ä • Z < È Z È Ä ] d ^ ^ ¿ ½ M ® q Á - Z f ^ ^ ¿ Š Z Á Y Ä n i Ä È ( ¼ a t u M | ¿ É f ∈ ¿ Y ≠ Ô e  
 { € - | ¿ È » ½ Z » | ¿

Ä { Z " f † Y [ M Z Ä ] , È Z È } { Ó Z ] ½ È » | ¿ Y • ž È ∈ † d \$ Y • Á M d † |] ½ È Á Z Á Y } È • Y ½ Z  
 Z Á ¼ a ¼ È Y \ È Z » ½ Ä ] ¿ Z f È X Z , ¿ Á k , • c Ó Z i † É Y ∈ ] ½ { Ä ^ ¿  
 | À È } L <sup>0%</sup>  
 - ` q m p ` c b

Á ` ¼ a È Á n u Q È , Ä ] } Z m g [ Z Z i † È Á Z - q  
 d † Y ` ¼ a ¾ f y Y | ¿ Y • Z - Ä ] È Y ∈  
 { € } • Z -

È e • Y ∈ u , - Y ∈ » , È • • Á Z OE - Z , Z Á Z È Y È ¿ Z † • [ M Ä ° ^ ^ • {  
 Á 1 ∈ ³ [ M µ Z - Á ¿ È È Z È m Z È Á Z Z † Á ∈ i ¿ L <sup>0%</sup> È Z Á • c F g E : c F g ;  
 | ¿ ∈ i ³ È » • Y ∈ € † Ä { Z " f † Y } • Ä %

d † Y ½ M • Ye È m Á Y È Ä ] Z È ( Á M Á • q  
 • Z " e • Y ® È Ä ] d ^ ¿ µ Z Z i † d Y Z i † Y •  
 d † Z Á

ž ] Z Ä »

- [www.centrifugalpump.blogfa.com](http://www.centrifugalpump.blogfa.com)
- [www.aryask.com](http://www.aryask.com)
- [www.dalaho.net](http://www.dalaho.net)
- [www.noandishan.com](http://www.noandishan.com)
- [www.newdesign.ir](http://www.newdesign.ir)

È Y Z Ä i " È ∈ f ¿ Z ¼ ° ¼ a ® È

Ä ] | ¿ Y Ä e È » , ½ Ä i † Z f È Á Z - Ä | È | a { • Ä » • { € f OE i ] c Z Y Ô - Y \ ^ - É Y ∈ ]  
 | ¿ Ä - Ä m Y ∈ » Ä , n » ¾ i ¼ Ä • Y µ Á Y Ä • Z ¼ <







É ] M © € ] ã Z³ Á Y € f ½ Z † Ä m ÿ a É Z ÷ \ i Z ] © ÷ Z z ] • Á e  
• Z z ] • Á e € É ¥ € É • Z ] • Á e † Z Á É { € † Y  
© € ] • Á e Y Á É ] á ^ a Á • { z ¼ m z ã Z³ Á Y € f • {  
• Á † k • Z y | À É É ] € Á Y € É Z³ Á Y € f ¥ € †  
É Á Z É Á ] { • Á y Á É ] á Q E Á • z ¼ m { Á É Á Z " f † Y  
Y • z É Z » [ M d † Y • É Z É Z Á Á ] • É É É [ Z  
, ì z ¾ ì ] • Á e { Á É » Á ] ð Á € q • Á e Á ¾ ì ð • Á e q  
Z Á Z³ Á Y € f É, ½ Z É Á É | À ^ † É | Á É ©  
{ Á É » © € ] Á ì Á Á • Á e Y € ì f Š y € q A } ^ É Á É Z É Z³ Á Y € f ¾ É { Á É } Z Á É ì Y É  
• { | À É É • Y € « € † É | ° É • Z À ^ É Z³ Á Y € f  
• Y É Z Á ] • Á b • Z § É Y € ] É Z Á Z É Á €  
É Z Á ] • Á É Z § É Á É Á Z " É É Y | É Z Á Y Á †  
Á Z " f † Y É É Á Á É Á É Á Á Z³ Á Y € f • Z Z³ É Z É  
É Z Á Z³ Á Y € f, d y Á † É | Á ì » Á É Y € É Á | Á É »  
| ì • Á e É Z Á Z³ Á Y € f ð Á É É É f É f € ì  
½ Z » | z Y • É Y • Y { Z Á Z³ Á Y € f É É É Á É  
| À É » É • Z z ] Á Z Á Z³ Á Y € f É É f

É © Z³ Á Y € f É Z É Y , »  
{ • Y | z d ^ É • - ì v » É³ { Á • M  
{ • Y | z Á Y Á , †  
| À É » Á É • Á e É Z Á { • Y | z Z Á Y É É Z } c • Á • • {  
| À À ^ • Z ^ , ì z Á µ z É e É Z , » • Y , É Z Z ] ½ Y f Á Y É É É Z Á Y € q  
{ • Y { É É Ó Z } • Á É Z » c | « Á É Y É f É Z Á Z ~ ì Y ì É É Z »  
d † Y ¾ ì É Z Á Z³ Á Y € f É É É Á Á | • É Y € f ^ 3 { Á | v Á • Z É É Z Á Z } { É Y Z Á ì Z R e  
| Á É ¾ € ì Z Á Z³ Á Y € f } ½ Z » • d ( ~ 3 Z } Á Z " f † Y É Y É Z Á Z³ Á Y € f | Á f • Á { • Á y É É Z  
• Z Z Á Z³ Á Y € f ì d ^ ì z É Z Á Z³ Á Y € f { • Á » † Á † É Á Y { Z Á Y Á É É • Y É { Á É Z Á Y Á † Á † µ Z É  
d † Y € f ¾ ^ Á y € q • { É Z † Z Á É ] Á É É ] € Á Y € q • É Z } \  
| Á É » ¾ ì » P e Y • [ € † Á É • • Á Z O E ^ É Y € ] • Z { É É Á Á » f † Y É q Á Z É Á Á É É Á e • Y  
| Á É » É É ì ¾ ì É É Á É Á É É Á É • Y  
{ € ^ { Z n É Y \ † Z Á » É É É É É É Z » § { Á - | Á Y É É É { | f É Z • Á Á É É É É Á Y € q  
• Y | Á É É É » Z

É ] M © € ] ã Z³ Á Y € f \ É Z » ½ M É É É Z » Z » É Z ] É É Z  
d † Y { Z É Á Z³ Á Y € f } Á Á Z † Á É e [ É ] É Á [ Z É Á Z ] » Z » É Z ] É É Z  
Á É É ° O E Z Á Z³ Á Y € f | ì • Á ] É M É Z Á Z³ Á Y € f {  
{ Á Á Y | Á Y Á y Á É Z³ | Á • Z O E Z } Z É Z É É ² € ³ c  
d † Y { Z É • É , ì y | † d y Z † É Y € ] • Z ì z { • Á » ½ Z » • c | »  
{ € » [ M € É • É Z Á É » É Z Á Z³ Á Y € f , ì z } • Z Á Y € q Á É e [ É ] É Z Z ] • Á É É Y € q  
| É É • ì † Z Z » y É É Z Á Z • É É Z Á Z É Á É ì z





Ä - { € Ä Z Ä Y z } ½ Ä Z e Ä ] • Ä Z E E Z Ä » • Y  
 ¾ Ä Ä ^ z 1 E Ö Ö ( Z Ä ] • Ä Z ½ { • Ä M Ä { Ö d Y € ]  
 Ä • { € d Ä i z ¾ Z Ä ] É Z Ö Ä Y € Z ] | Z Ä ] Z Ä e  
 • Z ½ i Y , € Ä Z Ä ] • Ä Z Ä Y M Ä Z ] » - • Z i Y ,  
 [ M Ö ¼ n Ä - Y € q i » • Y Ö ¾ • É Z Ä Ö Ä Z »  
 Ö Ä i E d , Y Ä ¾ Ä Ä Ä Ä Y Ä n u 1 € i h • Z ] € f Ö E  
 ½ Z m ¾ • Ä e Ä Ö • Ä Z Z Ä Ä e , Ä Z Z - f z Y  
 € Y | u l • Ä e l » ½ Z ] Ä » Ö M E Ä • Ä Ä Ö Z {  
 | Ä E » • Z c Y i Ä Ä ,

k Y Ä z Y • Ä Z E E Y i • Ä e Ö Y Y ] Ä Y e Ä z •  
 Ä € q - f Ä » Ö Ä z Ä e K Z Ä Ä Y Z Ä » Z Z " f z Y  
 , Y Ä Ä Ä e Y ¾ Z ] Ä E » Y Ä Ä m Y Ä Ä Ä e € E Ä ¾  
 • Y Ö Ä Z { e z ¾ E { Z Z } E M { % { Ä e ¾ Ä Ä e  
 • { z € } ¾ Z Z Ä • Z Ä z d Y Y Ö ¼ f » Ä • , m Ö f € z Y  
 Ö Ä Ä • Y i { t ~ z Ö E - z Ä e - f 0 z ¼ k Y Ä » Z , o f ^  
 a ^ - Ö ] • Ä M Ä Y • ½ M » Ä z Y i • Ä Ä Ö Z  
 ¾ • E { E Z Ä € u Ö Z Ö f Ö e • Y Ä e » Ö Y • Ä <  
 | z ¾ z P Y • Ö f Z z ½ z Ö Ä Z ½ e Y { • Ä z Z j a q  
 • Ä Z " f z Ä ] z Ö E E Z i S Z Ä e Ä Ä Ä m Ä e z Y  
 Ä ¼ Y Z Ä » ½ Ä Ä Ä e Ä e Ä • ¾ E Y Ä • y - m É Ä e  
 € - Ä z ½ z ¼ • M u Y Ä e ¼ z € Ä Z € f z Y É f € z Y  
 ¾ Ö Y E Z Ä M z Y d Z E E Z | » M Ä d S •  
 | Ä i e ^ \ z Z Ä » • Ä e Ä »

z ] Z Ä »

½ Ä i z » Ä e Y É • Ä Z w s . a t o i c c z m i - v e , - € »  
 ½ Y € E Y É f Ä •  
 www.isee.ir ü

Ä Z " f z Y © € Ä Ä i Ä • Ä Z z f E z z z Y Ä e q » E  
 { € -

Y | • Ä € z ½ Ä ] Ö E M i Ö E Ö E Ö M f » Ö Ä E a  
 • , m i Ö Ä E E Y i • Ä e Ä e f ä z ¾ E ¾ | Ä { € ³ m  
 d Ä Y Ä S € ¾ Ä • Z z Ä Y Ä - d z z a ¼ Y • {  
 Ä Ä • Z S • { Ö e ¾ Y Ä • { , Ö f € Ä E Z Ä ] • Ä e  
 | Ä E » • Z i , ' z Y Ö ] € E [ Ä Ä Ä u z z Ö Y Ä »  
 ½ z ¼ • Ä ' Ö z Y { - ½ z ¾ z Ä Ä Ä e z u z u  
 ¾ i e Y Ä z Ä e d a t Y | » Ä i z • Ä e E Ö Ä e z Y  
 • { { Ö Ä M S y Ä q Y Ö E { E z 1 z E ] E z Ä ] • Ä e  
 Ä [ Y Ä Ä ^ ] Y Ä Ö { E z Ä ] • Ä e Ö y z Ä ] • Ä Z  
 c Ö Ä v i e Ä • Ä • Ä { z z ¼ Y z Y Ä Ä Ä e Ä Ä  
 Ä i E Y i • Ä Ä Ä Y Ä » Y { Y - { Ä y ° W Z Ä Ö Ä m  
 | z • Y { €

| Ä E » Ä Z " f z Y • Z " e Ö E { e z z e Ä e Ä Y i Ä • Ä e ¼  
 E ] z M w E q d z Y • E Ä f • Y i z Ö Ä e ¾ z » Y  
 c z Ä z Y » Ö { Ä Ä M E Ö E E z z E M • Ä Y E Ä Ä z Ä z , Ö  
 É z Ä z E Ä » ] Ä E ¼ Ä Z " f z Y [ M e ¾ z Ä ¾ f S z  
 z Ä Ä | Ä E M Ä Ä Ä » Ä • Ä m e z Y e z Y - S Y  
 € f ½ Y , z E E z Ä z • z z Ä e Ä m i ¼ Ä E i z  
 { Ä S € ¾ Ä i z | » Ä •





ÉZÄÉÄMÉ·Ä — ÄÉÄ{Ä} `¼ a ÄÉZ·f·ZÜY €zf†É" — ÉmÁ€y ZÈ È,·Y Š°Ä· aÉ  
 /·|Ä,† ÉZÄÄ»ÄÉY|ÄÉ·½ZÄì¼—Y Y· `¼a |ÄÈ»-€·  
 ¾ìÄq·{ |ÉZ^¿ ,|ÄÈZ¼¿ ¾ì»Pe Y· ·Zì¿ {·Ä» |Ä Ä É}{|¿·{Z« É¿Äf  
 Ä] ½ZÈ€ZÄ·¾Ä]¿èì³ ·Y€« Ä{Z"†Y {·Ä» ÉeZ^†Pe  
 ÉY€] ¹Ä,YM·ÄÄ»ÄÉ¿Z]€" d-€u ®È ,€f,ì§ ÉÄ†  
 {·Y{ c€ÈZα» μM Ä|ÉY,½Äì†YÉf[MS·®È{ÄmÄ» a, » cY·  
 Ä] Y· [M È¼WY{ %o{€³ Á ½ZÈ€m ,É·YÄ» `¼a kÁ· ®È Z] ÈeZ^†Pe  
 Y· ½Z°»Y ¾ÉY ÄÄ» ZÈ¼¹Ä{É·MaÄ|ÉY Äv¿ {ÄÈ»¹€³ [M |<Z] ¹·  
 [M %oZÉa,Y È°È †ÉÁ€† Z·É·ÄY€¹Z·ÄÄ Ä-  
 `¼a Ä{·Y Ä{Z"†Y Z] ¾ìÄr¼Ä ,|]ZÈÄ»Y{Y Ä"«Ä ½Ä||.€·É{`¼a,†Ä  
 {Ä¼¿ Äì,ze dY Z¾·É·Z·q^¿†}[M€†-  
 [M ¶- Ä- |<Z]ÉY[M·Ä|Ä{Ä%o{€³ `¼a dì§€>  
 ®È ·{ Y· €f,ì§ ®È Ä Ä{Y{ %o{€³ dY Z† dœÄ c|» ¥€> Y· €zf†Y  
 ·{ É{Zÿ ½ZÈ€m c|< €]Y€] |Äa Ze ·ZÆq μ{Z » È¿ZÈ€m c|< Z] ½Z»·  
 |ÉZÄk wash ÈÈÄ< †a ,€f,ì§

Äì"·e `¼a |ÄÄ¾ìZve» Ä

€ì^» ·{ ·Zœ§ d§Y Ä- d^¿Y{ |ÉZ] ,of^†·Zœ§ d§Y €] Ä^,£ ÉY€]  
 d§Y Ä- dÄÉ»ÉZÄZ·- €zf†Y [M ½Äì†ÓÄ-€ì€zf†(½Äì†ÓÄ†ÄPa  
 ,ÉÄ< ÉZÄ€f,ì§ ½Är¼Ä ÈeYÄ{Y -†Äe ,of^†·{ Ä|< {ZnÉY È,·Y  
 ·Y ·É¿È» ¶ì¼ve of^†ÉZ|ÄÉÄ·YZÄ€ì³Ä»  
 Ä{Z"†Y{ÄÈ}ì§†·Ä¿ ;Zœ§ d§YY³ÄÈ€fœè||ÄZ]ÈÈÄ¼Ä} ·ZÉg¼ÉÈ€ €zf†Y ®  
 ÈÄ< ÉZÄ€f,ì§ È·Ä·Z]œ§ d§Yzf†Y Äì"·e ·{ Ä|< €zf†Y Äì"·e [M ½Äì†  
 €f» cÄ§ Ze ®ìeZ¼eZÈ{ ÉZÄœ§Z,è§ ·{ Ä €f»  
 ·{ ,ì¿ Èe·Y·Zœ§ÄÈSÄ{S€³ €œ¿ ·{ Ä^†Zv» ·{ È·Ä°m Äì"·e [M ½Äì†  
 ·Zœ§ d§Y ÖÓÄZÉ»ÉYÉ]¿·Z† d-€< ±Ä·ZeZ- €·ÈÄ] of^†ŠÈZ»€³ [M  
 ·{ €È·YZ] €]Y€] É{Ä|u d§Y ·Y ,cZ^†Ze Èœ-Ä·Ä· Ä^<·{  
 μÄ³È·e ,]fY€f» Ä- dÄÉ»Ä¼ÉYf†Ä] €f» È·Ä°mÉZÄ¼a  
 of^†Z§·Y Ä Ä{€È{€{ Y··{Èœ- Ä·Ä· €ì^»  
 ÉuY€- ·{ È^†ZÄÄ»{Äÿ†Zv» Y· Èœ-Ä·Ä· Ä^<·{  
 |<Z] μÄ¼ » ÈÄf] ÄÈZa ÉÄ· Ä |Ä{Z]ÈÈÈ€]·YÈ·  
 €ì^» ·{ Ä|< Ä{€] ·Z- Ä] cYÄ{Y Ä cœZ··ÄY€zf†M®ÈÈ{d¿¿(¾Ä¼Z]u ÄeY  
 €] Èœ-Ä·Ä· of^†·{ ·Zœ§ d§Y ÉY€] Y· Ä§Z"Y ·Z]{€³¿·ÈœZÄ†Ä·[M

• Zì¿ É { Z È Á Ä Å Z Þ Z É V Å E ] Ä Æ » µ Z ¼ Ý Y  
f Y € f » ¼ É Á Ê ] € ne % Á • ® È - † Â e •  
{ • Á M € ] Y • È Ö - V È Æ : • Z Ö § Å d § E Y €  
c Ó M € ì < Á c Ó Z • e Y • { d § Y ¾ f § € ¾  
| < È }

È À < € ¶, ¶ §

È ° È € f ° • Y Á - € V È Z ] Z ¼ ¶ ° <

{ È È » ¹ Z n ¿ Y % Á † Ä † È Æ ] Z ì ¼ ì < Ä ì " • e

È ¿ • € , -

€ z f † Y [ M ½ Ä ì †

Š " À ] L Å • Á Z » ½ Ä » Y € ì a - ì v » O Á Z V Z € É Z Z Á Å € z † Â e

, • Z ^ £ Á { € ³ ¶ » Z Á È È { Þ Y » Á È z Á T M [ M

¹ € ½ • Y

Ä ] Y Ä Å • Y Ä È € d † Z Å { È € ì, È È Z ì ¼ ì < |

¶ ì • { Ä ] Ä - d † Y € z f † Y È È Z Å ¾ §, Ä ì, © € Y Á ½ Ä r É Z Á Å € Ö M ¶ » { Z Á È » ½ • Y € ³ Z

½ { • Ä ] Z Z Á • Z È È • Á Y € « Ä { Z " f † Y { • Á » € ì Z Á È È Z Å f ¾ Z Þ • Á a , Ä » , É Z Á S M •

d † Y Ä ì † • c Z ^ i Y Ä ] È È Z ì • Z ì ¿ Ä { • Z » ¾ È Y Y ½ { € ] ¾ Ä ] È Y

{ • Y { \ † Z Á » f Z b È Ä

° È • Y { Ä ì " • e • Ä

È Z Á

È ° ì ¿ Z ° » Ä ì

È È Z ì ¼ ì < Ä ì

www.waterandfire.ir

Ä ½ É Á Y • | Ä f ^ Á \ † Z Á » € Z f € Y Ä { È È

www.irandama.com ½ Y € È Y c Z ^ ì † Z e ½ Z † | Ä, È » µ Z e • Á a

{ € È | Ä ] È È • Z - Á ® ì ¼ e Z È { Ä Ä

€ ì < Ä • Y n € Ä | Ä ; È Z ¾ f y Z † c Z ^ ì † Z e Á c Y ] € ne d † Z Á € r Z È Y • È È À < É Z Á € f

• Z ^ È Y • Z Ö È Z Y - Z ^ Ä Y ¶ ì ° Ö e ¾ Ö Z È { Ö Á § • Y Ä - | Ä f ^

È ] È ¿, Y Ä f † Y È ^ È € - e ¶ ° < Z ] Ž • Z y

| È Y € È Y {



É{Z]M ¾ì^u ®»Y•

.d^ìq oÂ « Ä]

oÂ « Ä]€

ÉÄÄÊ•{ ½{Â¼¿ Äf^] Á •Z] Z] ½ZË€m ¾Ë(ÓÁ©dËY €†Y\$ËyËËZ»e†ZËYŠ†Á ©ÄÄ}€“  
 ¾ì]•Âe €]•ÂM•ÉZÄf¾ZË€m c|< ½|< {ZË• Á °- ½Âr¾ÄÄÊ  
 Z¾]•Ä¾Ä¾É³{Zf\$Y •Z- •Y ZË•É•Y}¿Y ÄY. |ËM {ÂmÁ Ä] µZì† Ê¿  
 fZb¾Ä¾É•ZÄÄ€ì¿ ž~« ZË ©ÄÄ¿Ë|a ¾Ä»Y ÄÄÄ. µÄ— •®ËÉ•Zœ\$¿  
 Ä•Ä• -y •{ d†•{Z¿ É€ì³YÄÄ ZË Á YÄÄ Äì,ze |ÄË»Ä¿¿ Ê°ì•Á•  
 Á €~« ŠÄZ- ZËmŠËËY»\$Y{ÄË¿¾m€ì¿e½ZÄ€Ä

ZÄ¾a •{ oÂ « Ä]€“

©€] Ê¿ZÄËËZ¾~ÉÉÄÊaYÄÄÄ» ©€] ž~« ž«Â» •{  
 `¼a Ä¿YÄ€a Ä|ÄÄ{ ½Y•Á{ Ä-€v» ÉÄ€ì¿ , `¼a Ê¿ZÄ³Z¿ ½{€- %oÂ»Zy Z  
 €ììe Ê¿ZÄ³Z¿ •Ä~] µZì†(¿ZË€mžËË€† ¶ì•{¾ì¼Ä Ä] ,  
 ¶Ë|^e `¼a ÊmÁ€y •{ Š°» Ä] †ZËË d•Zu •Y ®ìfÄì† Éf€¿Y Ä  
 `¼a ÊmÁ€y Ä•Ä• {Y|f»Y •{ É{ÄË» É•Zœ\$ kYÄ»Y ,€ììe ¾ËY •{ ,  
 |ÄË» dœ³€] [M ž^Ä» ž¿Z»{Ä¿(ŠÄy€] €iY •{ kYÄ»Y ¾ËY Ä  
 •{Ê¼¼Ë,-Z» Ê]{ Á Ä{€- 'Äÿ `¼a •{ Y• µZì† ½ZË€m dÄm Êfœ³€] kÄ»  
 Äì•ÁY Šy€q †°ÿ |dÄm½•ZË€m`¼a •Y †°ÿ dÄm  
 Ê]M ¾ì]•Âe |Ä¿Z¾Ä|ÄË»aŠËËZeÄ] cÄ€(É{Äy} Ä  
 |ËË¾¼¾ÿ

oÂÄ]€“ cY€iY

½ZÄ³Z¿ µZì† dÿ€† Êf,ÿ €Ä Ä] ,¶Ë  
 c•|« cZ« ÄËËË(ÄZ¾Ä Ä] ÄÉZÄÄ•É{ÄZœ  
 É•Z- •Zœ\$ €ÄËËÄ¾ËËÄ¿ÉÄ» Ä¾ÉZÄÊ  
 •{ É{ZËZÄ¿½|¿]Mm(Ä»mÄ |ÄÉZ¼¿ |ì.  
 cÓZu ¾Ä€eÄÄ{ Ê¿YÄY€\$ cZ»|• hÿZ  
 Ä¿Ä³ ¾ËËY Ä•Y^ cÓZ•ÄeYÄÄ`ZÄ Äf†Äa  
 Ä|ÄZœYÄËËË\Ë€ze \rZÄ-Ê]M{ Ä- g  
 •Zœ\$ dVÉZ¾ZË€]mY• É{ZË• c{ÄËy Ä  
 |ÄËZ¾¼ve

oÂ « Ä]ÄÄ-Ä{ZnËY

ZÄ€ME¾ËËË•Ä• |,fz» ¶ËÓ{ Ä] Ä|  
 •Yc¿Zÿÿ  
 [M •Ä~y •{ µ€fÄ- ÉZÄ€ì¿ Z] ½ZË€m

{ZË{•YËËW ZÂ nÁ Á Ä] °Á \¼a c•Zf‡Y ½Z» • { oÂ « Ä]€“ Ä|Ë|a  
•Y €f¼~ ½M •Y Ê<Z¿{cË€ÄZÄ.» ÄZ OEÏ °OE» Ê Á  
,¼a É•Y|¿Y<ËY• Éx|¼Y% ÁoÄy ÄZ€ÄÄ  
Šy€q €iY €] •ZOEÏ Z] €]Y€] É•ZOEÏ kÁ » žÉ€‡ ½ZË€m {ZnÉY Ä Á  
Êf•Zu •{ oÂ « Ä]€“ •ZOEÏ Z] €]Y€] É•ZOEÏ kÁ » žÉ€‡ ½ZË€m {ZnÉY Ä Á  
€i<¼f<Y~Z]•X} Ä|Ë|a ZËÉY |<Z] Äf^] €i< Á  
{Y{ ŠÄZ~ Y• Ä|< {Zp É MÄ É Š Z¼Ya•É OEÏ €Y  
½Äf‡ ½|< Y{Ä} Ä]Épa •Y [M ½Äf‡ ½|<  
•ZOEÏ Éf«Á ,|u •Y Š] ŠOE~ €iY •{ Ä  
Ä]ZOE» Ä|Ë|a ŠÄZ~ %ËM (Ä m ÄÉ»Ä]€iz^e •ZOEÏ ©Ë{,  
Z|ÄÉ» Y|ia Ä»Y{dY €u Ä{ÄÄ» c•Ä• Ä] Ä c  
Ä|Ë|a Z] Ä]ZOE» d| «Ä» •Zz} ÄÉ•ÄfÉZÉY»€] ÉmÄfÉd{É» ¼Éx ½M Ä] [M  
Ä] ÉZnÄM Á Y|•Á€‡ Z]l¿€€] cYÄ< •ÄÄÄÄÄf«10Y{|ÉZÄÄf‡ YÄ nÄ f[00³ t° Ä» ž  
|ÄYÄyZÄ|Ä¼ ÄÄZ,z]ÄÉZÄ|Ä¿Z» ,°Ä•iÄ• LY,¼nÄy d¼ZÄÄ] Ä•Z]Ä{ ÄfŠZË ŠÉY,ŠY  
°É•Y{ Ä]ZÄ^Ä¼ÉÄY •{ {ÄY{|n» Ä|Ä|ka Ä]ÉY Ä•YÄ Ä]€“ É¼€]Ä  
•Ä^ÿ ÁÄ•ZÄ] ÉZÄY d¼^« •{ Ä|< €i~ne cY€~ ¼hÉY€iY É•Y|~» ,ÄÄÉ» •Y€Z  
{•Äy€]f€Y©Z~ cYÄ]€¼ÉY c•ÁZn» •{ ÓZ] dÿ€‡ Z] •Zz] {Ä» ¼i] •Y -Z°

c•Â• •{ Á Ä | <ž ÈZn» È Y Ä 6 ž È i Z È ] e È È } ž È  
® È { , ÿ d Y € † Z ] Ä È Á p i ° Z È Y [ M { Ä ] Ä È i n  
€ ] É © Ä S Z É Á € È Æ ÿ , € i ~ ¾ i . Á Y Ä ] ½ M {  
{ { € ³ Ä . Ä . Ä ð ^ € n Ä » d † Ä È » p Z È È Y Ä •

o Â « Ê ] M Ä ] € 'É Z % Á É € i ³ Ä , m

Ä | È | a ¾ È Y ¥ ~ u Ê fu Z È Ä » È Z % Ä † € « Š Ä Z - Ä ] | Ä ÿ Y Ä e  
| Ä Ä - ® ¼ - [ € z »

• Ä e Ô ³ • ® È µ Z • e Y Z Š Ä Z Z ^ i † Z e Ä ] [ M • Z O E §  
€ f f » d Y Z Ä Z Ä µ Á Y | m • Y É • Z i ^ ] , µ Z i † d Y € † Š Ä Z -  
| Ä Ä { Z Ä Ä Z È Z È È Z Ä È e

Ó Z ] É Z Ä • Z O E § Z Ä Ä Ä d Y , Ä Z { Z Z † Y È È o Â « Ä ] € " ½ | » M { Ä m Á Ä ] Á Ä . Ä  
Z Ä . Ä y t i v • µ € f Ä -

É Z Ä f ÿ Y Á Y | M € < É Ä € È È , f z Ä ÿ Ä È Ä ] È È Y Ä Ä Ä ö " y » \ ÿ ÿ • { Ä - d † Y ½ Ä i † Z f È Ä  
| Ä • Y € « Ê ] Z È • • Y { • Ä » { Ä m Ä » • Z O E § † « Y l u , Ä € i - Y | u € ö ÿ • Y • Y • µ Z Z f ÿ Y -  
Ä r ÿ Z Ä Ä w | Ä » • Ä ^ Y { M ½ M • Y E Z Ä ^ È Y -  
Z Ä y Z r Ä — ½ { € - Ä Z Ä | Ä Ä Ä | i - € Z | Ä • Z u } ÿ Ä < € i ~ - e Z Ä • Z z ]

• Z ^ ^ Ä Y - É U Z Ä È ¾ È Ä Ä j Y ð - È Ä É Z Ä — ½ { € Á • Z - z ] Ä È Z Ä È † M ½ Z ° » Y È c | Ä » w • ½ Ä i † Z  
Ä { • Y { { Ä m Á o f ^ i †

ž ] Z Ä »

.http://en.wikipedia.org/wiki/Water\_hammer  
. www.siouxchief.com

É€ˆˆÿ Z¼ì¿

• Z z ] ¾ì ] •

ZÄeay É•Â^ÿ ½ ZË€m Ä]€ZÄpY€ ‡ Á • Z O E S É Y

• Z z ] ¾ì ] •

¥ Ô fy Y Á ° - ½ ZË€m ZÄ] ] {Ä³ÄË YÊ f d Z U É Y Z E I ]

|Àf^Á \‡ZÄ » | < Z ] ± • , ] Claude Burdin - ‡ Â e • Z ] ¾ì • Á Y É

É Ä » Ä ] É ¿ Z ¿ Ä Æ m d Á • Ä ] µ Z Ä ° { ] » M

É O E À - Z Ä ] • É Ä € d " ½ Y Ä Ä { Z ‡ ½ Z Ä • | Ä q f d Y €³ € ‡ Z E

• Y É Ä ¿ Ä Ä e ] Z Ä Ä Ä Y É Ä e Ä » Z E Z Ä ¿ Ä Z »

© Z " e Y k • Z y • { µ Z Ì ‡ Z Ä p • Ä • S ¿ € Ì ¿ € Y • Y É O E Z ]

µ Z Ì ‡ É f € ¿ Y • Y Ä € y | ¶ y Y { € m S } É S Z Ä Á

| Ä Ä { • Y

É O E ^ À m É f € Ä € a Ä ] Y É { Ä Ä Y É Z ‡ Ä e w € q Ä ] É { Á • Á • Y ¶ ^ «

ž « Y { Ä É } c • Ä • w € q • { É f € Ä É } ¶ Ä | e ¶ Ä ] ^ Ä - Á | ¿ • Y { Ä € a É { Y | ¾ d ] Á Ä Ä { Z } €

¥ Ô y Á • { Ä { Ä ] ¶ • Á É - € v f » ° Z Ä ] Z Ä € µ • Z ¾ Ä É O E Ä » Y { Ä Ä € q Ä Ä µ Z ] ¿ ¶ • f » É , • Y :

¾ ¼ q % Z a [ M , ® | Ä É » • { € % Á Z ¾ Ä É Y € u ¾ Ä Ä Ä Ä » Ä Ä { Z " f ‡ Y ½ M ½ { Ä } - € v f »

{ € É » • Y € « Ä { Z " f ‡ Y { • Ä » { € ] Á¹ Z ¿ Y • [ Z y € Ä » Ä Z É { Ä ] e [ Z

| ¿ Ä \* ò Ì ^ - e Ä f ‡ { Á { Ä Ä ] É Ä e

É Ä ] € " Z Ä ] • Ä € • Y

| À q Z E ® E • Y Ä { Z " f Z Ä ] Z Ä Ä Z Ì % E Y

• Y { Y • M d m c { Ä É » ¶ Ä | † • ‡ É O E ^ À m É

½ Y • Á { h Y Z ] Á Ä { Ä € a { Ä Ä Ä } € ] z o v €

Z ] • Z³ Á Ä { Ä ] € Z Ä ] • Ä e Z » { É Ä » w € q

¾ ¼ q % Z a ¶ [ M

ZÄeay É•Â^ÿ ½ ZË€m É O E À Z Ä ] • Ä e ‡ Á | Ä É » { • Ä y € ] Ä € a { Ä É » Z » Z É Ä Z Z Ä ] • Á

¥ Ô fy Y Á { Z E • ½ Z E Z Ä ] • Ä e Ä - € f Y Z € Ì É Y € ] { Ä É » • Z³ d - € u d Ä m • { d - €

|Àf^Á \‡ZÄ » | < Z ] ° - • Z " e • Y

É Z Ä ] • Ä e ‡ Ä e Ä | < | Ì • Ä ½ Y Ä Ä Ä Ä e d d Z u • {

É O E À Z Ä ] • Ä e € É • Ä ] € Y Z Ä ] • Ä e € f O E ] É O E À - Y Á

| ¿ • É » | ½ Z E € m Ä ] Y • µ Z Ì ‡ ¶ -

d Y € ‡ É ‡ | Ä Z Ä ] » Ä e » Á Y Ä ; z O E É Z Ä ¼ m • Y

d ‡ Z Ä Ä „ É Á

É Y Ä € ] • Ä e Ä f S Z # ° % € ] É Z ¼ ¿

É•Y|Æ €̀¼ e •ÄÄ³ẏkÄZa ÉZÁ  
 ÉÁZ^» c•|« Z] Ê°Ê€f°·Y ÉZÁ•ÄeÄ» Ä] d^`¿ ZÆ¿M °` °nu  
 ÓZ] ½Z»|¿Y•  
 %o {€³ dY€† €̀¼e dì,]Z«  
 Z¹ÄMì·ÁY •ÁZfœ³ ½ {Ä] ÓZ]

•Zz [Z¾]•Ä•Y Ä {Z`f†Y |É»

½M cY, ÌÆne Á d†Y {ZË••Zz] |ì·Äe ÄÄË, Ä Ä°ÄËY Ä~†YÄ Ä]  
 ...€f† {• {•Zz] Ä- ÊÉZÁZm { 0ÓÄ ½] » d†Y \dZÄ†» ½¼f]•Äe ©Ë ÊmÁ  
 {ÄË» Ä{Z`f†ZÄZËÖZÄZ]¾] Ä` |¿Z]  
 d†Y ¶°œ »Opæzäion Ê·YfæM ÄY•  
 d†Y {ZË••Zz]ÄÄZÄ¿Y Á ¶-N<sub>s</sub> ÉZÁ<sup>NP<sub>2</sub></sup>  
 d†Y {ZËZz]ÆZM, e { H<sup>4</sup>

|Äf^Á Êf À• {€]·Z- ¾ZÄ, ÖÄ] ½Y •Y  
 •Zz [Z¾]•Ä•Y Ä {Z`f†Y Z³]Ä» eZZ¹]ÉÄe] Äf§••Z- Ä]½ZÄ†

©€] ÉZÁ•Ä exY €̀¿f -€v»

Lube Oil ÉZ¾ÉZ¾ a-|É ÄZÄ†{ -€v»

•Zz] ¾ì]•

Condensate €̀¬ »SqáMOiÁÁ

ÉÄ¿ Ä³ ZÄ]Ä {Äy •{ Ê°Ê€f°·Y x-€v» ½Y•ÄÄY€ÄZÄÄeÄ»Ä]Ä]ÉÖÄ¿ •Zz]  
 •Y€« •Á, ³Y °fÉZÄœYÄ] -MÄ-  
 µZ† •{ ½M 1E•| »Ê¿Ä¿Ä {Ä-€uÉÄ] •  
 •Á, •É¿Z¿Z¿ {ÄË»ÉÖÄ·ÄÄY§€³ |¿•Y]]Y Charles Parsons- †Äe  
 Ä{ÄË» |ì·Äe Än¿z]ÄË»€ìz×pM  
 †b† , {•ÁM •{ d-€u ÄÄœÄ¿Ä¿]•Äe ÉÄÄ¿ÄZÄZ³ÄÄ]É·Zz]•ÄZÄY Zì¿ {Äö€]  
 Ä-, |¿Zy€r] Y••©€] ZÄZÄ€]mÄÉZÁ {Ä» |ì·Äe , {ZÄÉÄZ³ ÄZ³  
 ©Ë ¶¼° » ZÉ¿ÄÉ¾fÉZm¾ìÀq Äníf¿ •{  
 |¿Z] ¹Ä†€» ©€] ½ZË€m |·Ä»

ÊeZì, ¼Y ÉZÁ]ÄYÄv×•Äy É

, -€» •Y ,É€³ Á Êfœ³€] Äx d§• ÉZÁ•Ä†€b ¼- -€v»

•Zz] ¾ì]•Äe ©Ë€Ê, - ÉZ¾¿

•Zz [Z¾]•ÄÉZËY

•Zz] ¾ì]•Äe -†Äe ©€]¶¶i·Äe ©ìeZ¾¿ ¶°«

Ä {ZÄ•ÉY ½Z¾fyZ†  
 ÓZ] ÉÄ¾ËY

• Z z ] ¼ ì ] • Â e Z Æ³, Æ f y Z Ê y € ] Z ]

¾ ì ] • Â e ½ Á • { • Z z ]

| À f É Á Â v Â ¢ • Á € Z » Y , Ê Z Á ] • Ê p 0 Z ^ È €

² ÿ Â ð Â ¢ ð Ì Á Á Y d Ê ÿ Z ¼ ì ] Á Á ð Z Ê Y • L Y Z À j f ¢

% 0 € f É³ ÿ Á Á Á ð ] Y Á Z f ¢ Y Á ¢ ð Á Á ¢ • Y ] ] Y ¹

• Á Á Á Ê € Y Á | ¾ ì ] ; Á € » Y Á Z f ¾ È Y d ð Y Á

Ä • Á Ê € ¢ Z f Á Z Ê f { € ^ Á À y Ê » Á y Ó y Á ]

. | Á Ê » d ^ € ¼ Á € € ] - Ê ð Á € y

Ê ÿ Z < ½ Z Ê € m < ¾ ì ] • Â e

{ Á | Z Ê Z d Á ] € Y Á ] € m Ì M M ¢ Á » % 0 Á ¢ È Y

É Z Á ] • Ê y Ê € y Y • € ¾ Æ Y d ð Á | < Á f g Á € y Á Z ^

• Y € y Á { • { Ê Z Á € Á ] Á Á € m - Z Z Á ] € }

¾ ì ] • Â e Á f ¢ Á a • Á • z » Ê É , Æ Á Z Ê € m Y € ] Z Á ] Z g Ê »

Á € Á . ÿ Z f Y , £ Z Á ] • Á € Ê y Ê y • Á € Z » Z Á ] • Á e

¾ ì ] • Â e Á f ¢ Á a

€ ] Š Ä d Á Y d Z Á Se " @ Ì • Y { ¾ ì ] • Á e , ì ¢

d » Á É Y Á € ¢ ¾ Æ Á Ê » Á f < Á Ê - ¢ È , - € y É Á Y •

Ä { Á Ê » Ê u Y € - Z - Z f » • ( É Y ^ , Z Š Á ] Z - »

É Y , m Ì Ê • Á d Á e m { Y Á M • Z ] f < Á { d } Z é Y € ]

. d ð ¾ ì ] d Á Ê é Y Á m € y f »

Ó • Z ] É Z Á f ¢ Á a

½ Y Á € ÿ Á r É Ó • Z ] € f ¢ € € Ì É Z Á ] • Á e

| À f ^ Á H ] Á f ¢ Á a É M V Y ¢ Ì Ê m Á € y

• { ÿ Y Á f ¢ Á Ê u Y € ° € Ì Ó Á Á Á Á Y

¥ Z ~ Ê ÿ Z Á Y Á » Á Z Z - Z Á Á Á Á Á Á ] Z - »

¾ ì Ê • Z Y ] Á Á f ¢ Á Á Á » [ Z z f ] Z Á f < Ê € È ~ a

€ Á ] • Z Á ] Á Ê » € Á m Á € y • € Z Á ] ì ¢ Á f Á Á { a

{ Á u Y Ê € f ¾ Z Á Z » { Ó f Ê Y Z Á Á Ê » Á • Z Á m Á a

{ { € » É • Y Á ¾ Z » ¾ ì ] Á € € Z Á ] Á Y Ê ¾ Y É Y

- Ê Y € m Á Á € y Z Á ] Á Ê » Á • Z Á m Á Á Á Á É Y

HP • Á É Á É • Á É Á € Y ; € Æ Y Á Á Ì , É Á f ¢ Á Á ]

| Á Ê »

Ê ÿ Z ] É Z Á f ¢ Á a

IP • | Á É Y Á € f e Z € u ] Ó Š È Z ½ € É Z Á ] Z »

IP É Z Á • | Á , H Ê • Á Á Á Á Ì Á Á » Á f ¢ € € ÿ

¾ È Á ] € Ì Á ] Z Á ] • Á Á ] Á f ^ Á Á Z Á Á Y , £ Y

| Á É Z Á ÿ Á³

É • Á v » ½ Z Ê € m < ¾ ì ] • Â e

• Z ° € ] É Z Á f ¢ Á a

d" < @ E] » ZÄ | Ä fy 0 † E€ • Ä Ä J Ê Ê Z Ä • Ä e Ä Ä É • Ä † Ä Ä f † Ä Ä • Z Ä • Y, 9 P É Z Ä • | Ä, i  
 Ä | É • Z ¼ Ä M Ä Ê Z Ä ^ Ê • 0 Ê Ä | Ä Y Ä Z É { Ó Ä § • Z k Ä € Z Ä | Ä Y € Y € S Z Ä Ê Ä • 7 † Z < Ä, f † Ä { a  
 | z Ä • Z Z Ê e • Y 9 ¼ Ä Ä € † † Y É Ä † Ä Y Ê m Ä • € y Ê m • Z y Ä Ä † † Ä € Ê Ä — € »  
 Z Ä € 9 ^ m 0 Ê Ä (Drum Tupe Rotor 1 Y • Ä • Y Ä e Ä • Ê , y Y { Ä | f † Ä • Ä Y Ä † Ä Ä r Ä Z Ä » d Ê Y Ä ^ z Y | Ä  
 d † Ä | Ä fy Ä † É • Z ¼ Ä M Z y Ä e Ê m • Ä f † Ä a | Ä, Ê Z Ä € • Y • Z | • { | Ä Ê » 1 ¼ Y  
 ½ Z d » Ä Ä Z Ä ^ Ê { • Y Ä Ä Ä ½ M • Ê < Ä • Ä e Ä • { • Ä P » Ê z Y • Ä { Z Ä Z Ê É e Z Y { Ä Ä ¼ i Ä Ä e Ä  
 € ^ Ê Ä ° Ê Ä ¼ M Ä Z † b † Ä | z Ä • Ä fy Z † Ä e z 3 Y | m { Ê Ê » • Y € « Ä {  
 { Ä Ê » Ä fy Z Ä e Ä • Ä Ä 7 Z • Z » , Ä f ^ Ä z Z Ä Ä » « Y Ä É Z Ä • | Ä, i  
 . | Ä Ê † Ä Z Ê fu » Y • Ä ^ z Ê Ä Y € «

¾ i | • Ä e @ Ê • Ä P Ä • • Y Ê Ê Z ¼ z

H.P ¾ i | • Ä e @ Ê ° z ~ ~ »

• Ä e Ä •

É • Y É Z Ä ½ ¼ Y • Y ° Ê 0, Y Y Ä • Z z ¾ i Ä É Z Ä e a  
 Ê » 1 Ê 0 E Ä Ä Y • Z z ¼ Y Ä † Ä f ^ Z Ä Ä e i z  
 Ä e ¾ Ä € ~ / ° < Ä Ä ¼ ~ ¾ Ê Ê J C Z ( • Y P † Ä Ä ^  
 • Z C É Z Ä i Ä e { Ä • ¾ Y Ê, 9 Ä † Ä Ê x • Y Ä i Ä Z Ä  
 É Ä e q Y 3 / i Ä / » Ä ¾ f / Y Z † Y ¾ Y Ê { / f Ê C Z Y ¾ i Ê Z a  
 | Ä Ê z M Ä , ] Z Ä Y Ä / Ä r ¼ Ä M Y Ä Z Ä e Ä e z e  
 • Ä " Ä Ä 9 , Z ] < Z ] / » Z Ä Ä e i É z € ¼ 2 € 0 Z ]

dy Z † É Y € [ Ä • Ó Z { Ä Ä ] ¾ i | • Ä e Ä • «  
 ½ | < 1 € z 1 | Z ~ » { Ä Ê 0 [ Z z f Y • 1 z Ä e Ä c  
 c Z i , ¼ Y dve dy Y Ä Ä ° Ê • Ä — Ä ] { Y Ä  
 % Y € e ¾ i < Z » Ä Z ' f † { É Ä 1 0 q Ä ^ Ê Ä i 1 1 Z e ~ Ä e Ä • Ä | z • Y { Ê † J Ä • Z ] € Ê Ê  
 É Z Ä Ä • { Y Ä » • Y Ä f ~ 3 | Ä f ^ Ä 1 Ä f z Ä »  
 { • Ä » | Ê Z ] Ä ^ | Ä f ^ Ä É É Z Ä Ä Ä d, y Z n  
 É Z Ä 3 Ä Z Ä ] • Ä e Ä Z ] » Ê Y € i 3 • Y € «  
 É Z Ä 3 Ä Z Ä ] • Ä Z ] Ä ^ Ê Z ~ » • { [ Ä Ä Z Ä Ä  
 d † Y ¾ Ê z Ä e z M • { • Z z ] É Z t » z • Y Ê, Ê • S  
 { Y Ê z Z Ä m • { 1 | Z ~ » { Ä | u • {  
 { Ê Ê » Y Ä { Z { f P } i | • Ä e S z Ä e Ä e Ä Z Ä e q  
 É • Z ¼ Ä M Ä Ä 0 Ê Z Ä ^ Ä Z Ä e q M Ä Ä q • Z Ä e Ä •  
 (Single\_Piece Forging d † Y Ä |





|uYÁ [Zzf¿Y \WZ•» •|¿Y

½ ZOE ¿ °Æ] %o Ây ÉÁ• ½ Zm Z¼ † Ã€Y OZ] ,%o Oe Ä-1 «{ ¶Æq |  
| - |Ä½ Ä»€] Ã{ €uAY ÁY [ZÆfÆY É ÄfÆshÁÉ |Ä½ »{ Á €†{•{ , Ä€  
dìŒ€ › ½ Äf† •{ Ä- cÈ•{ Z»Y °ÄZiÄ» ÄÈY ÄÄZÈ€€†Y °ÄÄY Äzi¿YÄ|  
•Ä~ÄÈY Ä¿ |ÄÄ°ì» É•Y•{ ½Ä] •ÄìÈY €q ÈÄÈ ÄYÄ qìÄ€ ÉZÄ] €Y  
°Ä°ì¼¿ ¹Z ½ÈY ÄÄ€fÆZÄ, ÉZÄ~Ä Z¼ † °f^ì† dì¿Z

ÄÁ€³ ÉY€] °ìÄ- Z"»Y É•Z»Ä ,|¿, ì|uYÁ [Zzf¿Y •ÉZÄM, -{ Ä-  
ÉÄmÄe È] ¼m ÖZÄ, ÄÄ, |ÄZ, |ÄZ  
d†Y ¾ì¼Ä ¶u ÄY •È]m  
°ÈY€] d¿€fÄÈY , €yM d†{Ä

{Zf†Y .{•Y|¿ È•Zy ...Ô- Ä|°OE¿Y{ .|Ä°ì¼¿ d-ŒYÄ»{•ÄZ€¿  
Šia ¹€e Ä- d†Y ½Z¼Ä [YÄm °ìÄ- Äq ÓZu, \y .d†Y €a Š  
Z»Ä¼Y Ä, |YÄ» •Y ¶^ «dYZ  
{Ä} Ä{ÄÄ¿¿Ä¿Zv^• ¹Äœì» •Y|ì]

°ìÄ|ì» dìŒ€¿ ŠÈZY, Œ.YÔ- €ÄÄ€³ ÈfY€† ÉÁ{ É Ä-]Z^»

|¿•Zn~¿Y É Ä¿Zf†M •{ ZÆ†Ô- È¿Z¼ìœa, ¹€/////////e, ®È,  
Š¿ÖY ¾ì¼Ä .dìŒ€› ŠÈY,  
d^ì¿ É€'È{ÄY •  
ÉÄÄZ¼Ä Á, ¹Y È, » | - Ä È

½|ìœ- †~¿ ,Ä€~¿ d•« ...Ô- ÉÄ½Zvf»Äq çÄÈZ³ZÈZ Mœ» Z]]ZY•É  
É€ì³{ZÈ Ä] |†€] Äq ,d†Y †dZ †|œ¿ •ZEM •ÄÄ

dìŒ€› ŠÈY, ŒY {•Y|Ä •Z¼zy°Ä»iÄ» {ZYfYe d^ì¿ •

d"Ä Ä {Zf"Ä ...Ô- ¹Y|- ÉÄe Z»Y, dìŒ€›, ŠÈY, ŒY Ä¿uÄÄ«Ä  
°¼nÄa %o Ôe •{ ŒY Ä¿uÄÄ«Ä  
·|Äa - - Œ d^ìÄvdÈZ†È€YyÉ  
·YÈ®iÄ Èf«Ä {•Y{ Ä|ÈZŒ Äc

Ä{ Ä{•ZÆq .|ÄfÄì¿ ŠZÄÄ

{•Y|¿ €fœì] È•|Ä• Ze •ZÆ]q|Ä] d•ÄÄŒ{ZÄ¿Mì» È°¿ÈY|Ä

|¿Y \ÈZÆ Ä^, m €Ä µZ^¿{ ¹Ä€] Ä°Ä- ¾ìrf†{ |u  
°ÈY€] ,dÈZ†Z •ÄM, dZ† €ZÄì  
.°ìÄ- Äq d«Ä ½MZ, ||¿ÈÄ^€] ÈYÄ Ä"¼ì¼ZÄYÄ È  
{Äœì]

\y Ä€ÄY ••Y |È•Zì] È•|Ä•

€† Ä] {•Äzi» ÈÈ, |Ä• Ô{ÄuÄì» Ä~¿Zf†Ä{Z] ,ZÄ ½{•Äy Äf^]  
·ZÄ ½Äf† ¾ì] .°È•Y~] Zn- °È•Zì] È•|Ä• ,Zì¿Zì |uYÁ Š, |Ä  
¹•Y{È¿Z

dÄ^uY \_\_\_\_\_

ÉZÄ] • Ä¿Ä, Z¿] È€]ÉZÄ É€ì³Ä, mä ÈZ€Z†Ä  
½Zff†{ ÉÁ• °ì¿Z¼ì »Z»q ÄÄœì» Ä¿Z¼YÄÈ»Ä ÄÄ€ZÄY€Ä  
€eÄìb»Z- ZÈ |



MIY 2

Dr.HardWorking

° ¿ Á | ì ¼ ¿ , ¾ † Z À C E ì » Â ¿ Â C E Ë Y ° Á Ä | ° C E ¿ Y { É Z f v ° É ½ Â ¿ Â Y ¿ H Â ¿ Y Ä W {  
 μ Z ^ - f † † I Ä ¶ | Y Ä C E ì » Ä W Y • Y ½ Â C E Ë Y Z ] Ä • Y { † ½ Z I ] { Ä Y Ä | ° C E ¿ Y {  
 ¥ ~ u ½ Z Z Ä ° Y E Ä - É • Z f - Z S Ä C E ì » ¥ ~ u ½ Z E Ä n C E ¿ Y {  
 ° ^ ì Ä ì ¼ § \ f ° » ½ Y • Y | Ä - Ä • Y Ä ¾ Ä C E Ë Y ¿ § ¿ | \* Z Ä

Dr.son of Ismaeil

... Z † Y c Z È Z < • É » ½ Z » - Y | » | Ä « Z I » Ä { Z - » ¾ È | Ä q È • Z † , Ä | ° C

Eng.Morshed

• Y Ê ° È | È Z < Á É • Ä Z f v ° É ½ Â ¿ Â Y ¿ H Â ¿ Y Ä W {  
 € j - Y Ê » ¾ Ä Z È Ä Ä ° C E ¿ Y { É Z q M ½ Y Ä Ä Y Ä | ½ Ä C E Ë Y • Y  
 | ì • Ä e Á d y Z † Á { Y Ä » , Ä Ä | Ä Z ° Ä - ¾ È Z I ] ° Ä Ä • c Y • } Ä ¿ Z ¿  
 € f - { Ä ] È • Z y Ä « Ö Y † È Ä C E Ä Y • ¾ Ä -  
 { Z f † Y ¾ È È » 0 É u Ä È | • Ä Z y • ¶ S u n i s e Z ] Ä • ½ Ä C E Ä Y Ä † È • q Ä È y € ] Ä | Ä f < Y {  
 | È Z ^ ¿ Ä - È È Z † • { Ä e Z » Y ½ • Ä Y Ê ^ • Z m d l • z ' Ä | ° C E ¿ Y { È  
 Ä « Ö Y Ä { € - ° - ½ Ä C E Ë Y d i ] Ä ^ v » • Y Ä - ¾ f y Y | ¿ Y { Z È • d y Y | ¿ Y È { Z È •  
 Ä ^ , m € † Ä € f Ä | Ä - Ä • Y Ä ¾ Ä C E Ë Y ¿ Ä ¿ Z ¿ Ä ¼ Ä ¾ È Y •  
 | ì Ä - Ä { Z - f † Y Ê " , f z ¾ Z f » • Y É Z Ä • Z - { Ä y • Y

Dr.Message

° È | < € i P f » 0 Z « Y Ä

Dr.Hassani the Odd

È ] Á © C E y μ z u ¾ ì Y • { Á d i • z < Z ] Á 1 € f v » • Z I - ] È { € S  
 † È • | e Á ¾ f ^ Ä È ] Ä y t ~ † Ä Ä ] È ¼ Z Y u T M  
 | È Z d † Z § € u ¾ È Y • Y € e Ó Z ] ½ Ä C E Ë Y ¶ I ^ ¿ Z f a . 0 Z Ä X ¼ ~ » Z » Y ½ • Y { È I Ä  
 © Z e Y • { Ä n C E ¿ Y { © È Ä « Ä ^ u • ¾ Ä C E ~ ] Y Ä Ä - | È Z ]  
 | < È } Ä ì ¿ Z I Ä - ì « { © È , È ¼ , Y c Ó Y R † ½ | † € a d Ä m ½ Z C E Ë Y  
 ½ { ¾ } Ä † [ Y Ä m • Z ] ¾ È

Dr.Worshiper

Dr.son of the Light

Á Ê - z y • z ì ^ ] È { € S , ½ { • Á M | È € C E e Z » Ä | ° C E ¿ Y { Ä ] Ä • Z e ½ Ä C E Ë Y  
 Ê » • { ° Ä ½ Ä < { Ä y © Z e Y Ä ] { Ä • Ä z « Ä » Ä | Ä - 1 € f v » • | - Ä È Y 1 € f v »  
 Ä ] ½ Ä C E Ë Y ° È ½ Y Ä ¾ È Y Ä , Y È Ä Ì Ä ¾ È ¼ , Y | È € e  
 Ä Ä È Y Z » Ê ^ , « É Á • • M Ä ¾ Ä - © ¼ - Ä | ° C E ¿ Y { € f C E | ] Ä q È Ä ½ { € - • Ä • Z  
 d † { € È • ¶ j » Ä n C E ¿ Y È " Ä ] ¶ j e o | Ä q 2 Ä C E Ë Y Z Ä Ä • Y { % • • C E È Y Y Z ] € Z ½ Y Ä È • Y { € } €  
 Ä | ì ] Ä { € È • Ä € ¼ ¿ Ä ¼ Ä ¾ È Y Z ¼ < d § Ä ~ Y • Y , È , Y € f - { ¾ Ä ° ¿ Ä Z  
 d † Z I

3/4- Ê ‡ † a SüriseÓ Z Z À Á • Y 1/2 Â Ö È Y É € Ê Â • e Ä œ § Zu Dr.RobotMaker

É |] 1/2 Â. Ö. d 1/2 Â d |] Â e { Â y Á É Ë } 1/4 Ä • Z E ‡ Ô - É. { ® ì e Z |] Á. Ä | Ê - ] • ® È Z |] 1/2 |ì » { Z È Á • € ° ° e | À È M € § Â n Ö È Z Y { Ä |] Z » Y |] d » , y • { Y Ê 1/4 - ° µ , Ä ‡ • d c | < Ä |] 1/2 Â Ö È Y c Y Ê 1/4 ‡ È • |] Æ |] • \* 1 3/4 Ä - 1/2 Â Ö È Y Ö C ® € |] È ° 3 Ä Ö È Ì Ä € Ä È Ä Ä |] , É Z Æ Z » Ä e Ä f § • , Ä { € - d S Y ° Ö È Z Y { Ä |] Á. Ä f ( ~ 3 \ •

Dr.FavoriteWanted Ä ° ^ < • { 1/2 Z Ö È Y • Y Ä v ° • Ä { • . Z È § } | È Z |] Z { Ä n

• { È § Z - c Z Y Ô — Y † a 1/2 |ì 1/4 Z ... • { Ä - ® ì Z ° » 1/2 Z È Ä n Ö È Z Y { Ä |] 1/2 |ì . Â e Á dy Z ‡ Ä Ä € 3 |ì e Z ‡ Y • Y ž « Y Á • { 1/2 Â Ö È Y 1 ° Dr.Global Development Y Ä | ° Ö È Ä m { Ä È Á 1/4 |] • Ä M Ö È Ä m Ä Ö È Y Á • Ä Ä € 3 3/4 È Y ° Ä È È Z Y } { Z Ö È 1/2 Ä { Ä y Ä |] | È Z |] d |] Z |] 3/4 È Y • Y u Z Y € ‡ È Z ° Ö È Y Á P Ö Ä 1/2 Ä { Ä |] • Ä Ä È Z m Ä u Y Á 1/2 |ì » { Z - f Z Y Z » • Y ¶ ^ « Ä • Z 1/4 < • { Ä - 1/2 Ä { Ä y ° È |] • Ä dy Z ‡ È Z a Ä ä Ä Ä € 3 1/2 | Ä • Ä n Ö È Z Y { • Z - Ä Z Z z y z È { Ä { { Ä - † Z Y • Y Y € q 1/4 { € - 1/2 Â Ö È Y • Y | È Z |] Ä ž Z Z « 1 • Y È † Ä { § § Ä Z Y » Y Ä » È Ä Y |] È Y • Ä § » ° Ä 3 Ä |] 1/2 Ä < Z Ö È - É Y |] • 1/2 Ä { . ° Ö È Z ° È • Y { a | § Ä e É Á • • M Ä | ° Ö È

Ä | ° Ö È Z Y { |] È Z † Y Y Z Ä |] Ä , 3/4 È - Y 1/2 Z f † Ä { \ y Dr.WhenGhobadi

{ Ä y € |] Z 1/4 < Ä M † Y Ä Z |] Ä |] È È M Y Z Ä € M ° • • Z y 1/2 • Y { € } ... • { 1/2 Â Ö È È r Z |] |] 1/2 f Y Á È ¶ W Z ^ » € È Z † Ä Ä | ° Ö È Z Y { • { { Ä m Ä » = Ä m \ m Y • ... ° Ä È € • f z » 1 |] È { 1 • O 1/2 Z Y } Y Ä |] Ä - 1/2 Â Ö È È Ä Z |] 3/4 Ä È Z a Ö z ° Ä - d ^ v • 1/2 M Ä |] • Ä |] € » 1/2 Ä { { Ä y È • Ä Ä È » È Z Ä É • Ä Ö È - c |] Y Ä Z 1/2 Z È Ä n Ö È Z Y È È Z 1/4 < Z |] 1/2 { • ¶ € u - † Ä Ä È » 1/4 »

• Z ` |] † Ä f " Ä |] Ä q |] ] É • Ä § Ä µ ° Ä È Y € e 1/2 Z È Ä n Ö È Z Y { Z » È Ä Ä Ö È Ä { Y { Ä |] ° Ö È Z Y { Z È Ä e % È Ö È È É Y € f Ä § Z È È 1/4 3/4 Z È È Z 1/4 † • { Ä y ¶ Ä Z 1/2 |] Y • 1/2 |ì Ö È 3/4 Ä - • Y € « € |] É € f Ä |] • Z ^ e • Y 1 ° † È € f y { Ä È 1/4 Ä |] 1/2 Ä e ì § Ä 3/4 - Ä f " Ä |] Ä q • Y |] ] µ Ä Y 1 € e

|] Ä q • Y |] ] Z È Ä n Ö È Z Y { { % Ä Ä Z ' † Y Ä y • Z » M Ä |] Á • Ä e É { Y { Dr.GoodSmooth Z |] Ä È 1/4 Z Ä 1/4 P < € ^ - Ä • Ö f < Ä |] 3 Ä Ä S m , 3/4 € e y { • Ä " u • Ä Ö È † • Y k • Z a y Z Y Ä 1/2 Z Ö È Ä † Y Á 1/2 • Z |ì » © Ä } Ä |] Á • 3/4 |] Ä Z ^ § Ä |] Y Ä Z † • Y È 2 Ä { Ä y • Ä Z Ä Ä |] < |] Ä » Ä 3/4 3/4 Ä » Z Z È |] • Z Ä § § È Z Y Ä { € - Ä { Z " f Ä Y 1/2 È Ö È |] Y 1/2 Â Ö È Ä |] Z |] È • Z Y Ä È Ö Y € Ö È Z |] § È Z Ä 1/2 Ä < { Ä y 1/2 Ä

Ä | ° Ö È Z Y { d |] « Ä » Ä p Y Ö È Ä Y 1/2 ¶ |] Y È Ä Y 3/4 È Ö È Ä Ö È

É • Z |ì Z Ä 3/4 ° È { , Z ° Ä Ä |] • Z Ä |] ° Ö È Z Y { 1/2 Ä 2 È f y Z È |] Ä y † d Z † • Z e Ä § { Ä |] Ä |] Ö È d ^ |ì € ^ È { ... Ö - Ä |] ... Ö - ® È • Y 3/4 f § • É Y € |] ... Ä |] Ä e Y Z È Ä € f » Ä |] |] Ä 1/2 Z |ì » É • Y { Y d Y Z † • Y 3/4 ¶ ^ Ä X Ä Ö È 1/4 Ä Ä | ° Ö È Z Y { 1/2 Z Ä - Z - Ä

É Y • Y Ä |] Z Ö È Z Y { 3/4 f |ì . Ä È » » È • Y { Y y M Y Z † È • |] P Ä • Ö È È Z † • 3/4 f ^ Ä d Y € † Z |] • Z / ... • { Ä - ... Z |ì Z { • Á • |] f » Z |] ^ Š È Z » È e f Ä |] § È Z » € 3 È Z Ä • Ä " u 1/4 • X m È È Ó Z

Dr.Jeferson

Ze Ê¼·Y€] †Ê·|e ÉY€] ... Ô<sup>-</sup> , dÊ€Ê|Â ed0¼j»»€¾ÊZÿ|Ä µ Z¼Â pÊË § 1 Z¼ e ·  
Ê·{ ÄÊ 0Z¿ZìuYÄpÂÊ , €yYdÊZÿ|Ê|Â mZ¼Â } {ÄY€ZÄY}Â Ê , YZ¼Â» ÄÉµZ†·Zà¿¼  
¾f†€<sup>-</sup>ì» ½Â ÂÂÂÂ<ÉZÿ|Ê , ¾ÊË»€|Äœì¼Â Á· ... Ô<sup>-</sup>°ÉZ†{

µZ¿¿ Âe Á {Â^¿ ... Ô<sup>-</sup> Âe ÄÔ<sup>-</sup> Á ¾  
- - § Ä³YZ¼<Ôj» ½·Y|¿ ¥€u É,Ê· Ä»Z¿€|Äe °Á·¹€fv» ÄÄ€³€Ê|» YÄ  
ÄZ'œ¿Y{ -ìv»·Y{ZÊ· Ä°ÄÉYY€]||¿Z| Äf¿Y{ Ä»Z¿€|Äe ÄZf¿Y{  
- - § Ä³YZÊ ÄZ'œ¿Y{ ¾ÊZì||ÊZ]·Á·ÉÄ Ä°Ä³Äìr|»Ä·Ä»Z¿€|Ê·Ä-||œ  
¶lyY|e °ÄZ]Z¼f€·dÊX€] ÄÊÄm½ÄÄf» Z¿€|Äe ·¿·  
¾Ä°ì»Y||a·ì» ÊÊ¹Ä¿ , ÄZÿ|Ê ÄÊZ¿¿ÉÄ<sup>-</sup> zÊÄÄ

0Ô·Y Ä<sup>-</sup> ŠeZ]Zzf¿Y ž«Â»Ä,ÄœY¿YµZuZ]Ê|,lyZ¼¼ÄgYÄÄÊ<sup>-</sup>Z¿ÉZ<sup>-</sup> , Ä^·¿  
ÉZa Z"ÿYÄ·X bÄY|¿ Z"ÿY [Zzf¿Y ÄÊ<sup>-</sup>œ€|pZpìÄYcÄ¼½ÄY|œ¿ÄZÊ , ÊZÄ  
...Z†Y €] Êq Ä¼Â Á Ê¼Ä¿ ÉœÄ|ÊZÖ·Ä°œ¿¼YX»ÉZZ¼e ½€fÆ] Ê,ly ¾f  
{ÄqìZÖ· Äì^ Ê·ÊÊZÄÄ ZÄÊWIFÍÄÉZfÄZ† Ä] , Ä  
Ê» ÄWIFf¿Y€fÄÉY·¾ÁÄY¾ZÄÄœ¿¿¿

Á ½{€<sup>-</sup> ÊXÿcZ]Zzf¿Y ž«X¼ÄÄÊÊZZÄYZ¿ 'É·Zì¿ Á ÊÊZq Ä,¼mÄ§Y]Ä·»  
,Ä'Ê{ dì-Z § Ê, - Á ½{€<sup>-</sup> ·Y,³€] Ä-|ZÄa|Äq·Ä¾Ê|Äq, µZ¿·Y¾ì¼ÄÊZ  
Äe {·Y|¿ Ä|°œ¿Y{ ·ð^ÄÄZÖ·Ô†Xq°Ä€ì¾{Ê|Äq ÉZÄ É€^]  
Ä'Ê{ ,ìq Ä¿ Äì¼,ÿÊ¼Z¿-Ä·YÊ¼¿§ §|ZÄ|Ê¿Z]

¾ÊZ] ÓZ] ·Zì^] -]YÁ· Ä]°ÉÄ«Y¿Zÿ|  
[=Ä·ÄmÉÄ] Êfu ,½·Y~ì» ÄÊZ» µ{  
Ä] Ä ½€ì^] ½Â<Ê†¾Ä{¿Z]eÄ·Z¿œY¿  
ÄpÄÄ Ä Äf§Ä³ÄcHÖÖy ¾Ä} ·Y ¾f» ¾ÊY  
{·Y|¿ Ê«Ä-üÄÄÄ-ì-ü E  
Ä€eÓZÄ|Äœ¿¿

Ä·Ä|·Y·Zœf^»

.d`ìq Á É{Á•Á ®Ë Ä] [Z~y

Zn<sup>-</sup> ®ì¿Z°» ÊÄ||<sup>o</sup>ÖE» {ÉÄ§ Ê®Éb|YÉ°|¿Z`} d‡Y €fÆ]ÊZ®» {ZÈìM , È , Ý  
 Ê®´Y• Z¼< Äéiy Äéiy Á ÄÊÄ¼¿ ²ÄÄ €œ¿ {•Ä» {€§ .|¿Z] .d‡Zn<sup>-</sup>  
 ÊÄ»{ dz‡Za ©€] µZj| |Ë•ZÄÄ¼Z®³Y€Z»Y • Y ¶^•Y dËËÄ€]ÊÊ~|¿ÄY®  
 ¾ËY´ÖE{ÄY{ÄZÈÊ»Êf«Ä ÄÄ|®®Y¿YÉY Ä] Ä- Y• É|uÄ³Ä€][ZÈfÿYdÊÄÄ °Ë  
 É•Z‡•Z] {•Ä»ÄÄ°ÖE|Y ÉÄZÄ L,m ÁYÄ{Ä}Z ofÄ YZmd®•¶ÄZu¿Éf§Ä³ ½  
 d‡Y Ä{Ä^¿ ... Ä^v» {ZËY•Äf§ÉÊÄ{€§Y•ZË YÄÄf§ÉÖZ]ÊÄZÄÄ} {  
 , ÊÄ<{•YÄ Ä- ÊÄ§ [•{•Y Ä‡ µZ‡ ¾ËY •{°Ë  
 ¹{Zf§Y [Y€Æ‡ € < {ZÈ Ä §{ Ä°Ë{€- Ä|¿• Ä•Z]Ä{ Á °  
 .d‡Zn<sup>-</sup> dÄÄZyÉ °Ë{Ä¹§ÉÊÄ}a of^ì‡ ½M•YZ®Y ,  
 |ì‡€a Ä- {Ä} ÊÄ§ ÊÄ°ÖE|¿Yd(‡Z®Y Ä{ZÄ§€] ½M•Y{ ZÄZ< Ä- |Äf^  
 {Ä} Ä{Y|¿ ÉÄ• ½Z¼ËY€] ÊÄ^ìÆ  
 {€- Ê‡Z»Æ´¿É•Z] ²¿•• Ê,-•Y |%|ÄZÄZ] Ä[-{ÄM] 1  
 É,^‡ Ä] Ä- d<Y{ ÄyZÄ} Ê•Z¿Z°» ÄÄÄ|Ê|¿ sÔ• dËY€]ÊY» [Zœf¿Y•Ä»  
 |ìÖZ¼Z°Ä ¥~u Y• ½M Ä¿Y€‡{Äy ÊÄf³ Ê•Ä  
 ÊÄ¼¿  
 d³ Ä Ê¿Z¼fyZ‡ {Y{ ½ZÖ¿¿ dÖ´¿Y Ä] Ä  
 µÄ ÉY 5¶8È ZÄ ÉZ¼‡µÄ ÉY  
 ,^‡€‡ Ê,ìy ½Z]Zìy ½Z¼ÄÄ]•Ä®Ä€¿€•Y ÊÄY•  
 d‡Y ½Y€ÿZÊ•ËÄ-ËY{€q Ê¿Y|] Ä- of³  
 Ä{Ä»€§ ½Z  
 d‡Y €e,^‡ Y|y [YÄy •Y Ä- d‡Y Ê¿Z]Zìy |¿Y|¿ Ä- |¿Y|¿ Ä  
 ÊrìÄ» Ê°< ,Ä§Ä]adÉ{ Ä} ta |¿Z¼/] €//Ä|•Y|/]Y V  
 ½Y€Ä|ÿZÄ} ¹|« Ä{ ÉÄœ¿ ¶ÄZm €  
 Ê¿Z»»ÉÄÄa ÉZa .,»• °‡Y ®Ë .{|ÿ ®Êf».³¶î¿Y{ Ä  
 {®»Y€§ ¥Z< Ê‡€e Y• Äe Ä > ZÈ .{•Y[Z]ÄÉ]Y• Äq Ä°  
 ÉÄÊÄ»ÄZÄy ÉÄ ,ÄrÊZÄ¼••{ .|Äf^Ä ÄÄÄ- É€ì´] {ZÈÈAZ]Ê¿|¶|ÊÄ  
 ÊÄÊ¿ ÊËÄnœ¿Y{ Ä] a , f» Ä{ €Ä Ä- |Äf^Ä ÄZÄœ¿Y  
 ¹Z] dÖEa •Y {•Y{€} -{Z]{Z] Ze ÓZ] É|Ä,] ½Z¼fyZ¼Z¼YÄf§«Ä€§Z  
 Ê‡Êa ÄY •Y ÄZ¿ •Y €fœì] ¶ËYÄÄ|°ÖZ»Äm{Ä|  
 .d‡Zn<sup>-</sup> ½Z¼fyZ‡ €³Y Ä- ½Y|] µÄY¼ÊY ¼Ä•Z¼¼fÄZ

μZ^¿{ Ä,Éaf§Y ÖZ] Ä^y °ÉÁ€] €eÓZ] cZÉ↑€- M|pZÄ, fyZ‡ Ä- ¾É  
.É•Ä^¿Z‡M ÉÄÖè»

,½Z¿• ¾ì¼Ä^— °f‡Á{ Ä•M d^¿¿{€^¿{Ä^¿ ofÖE³  
Äf<Ä¿ É‡€] Ä- ¹Ä‡ È-^— ÄmÄ]] Ä»YpY,É{€³»ÄeY%ÄÉs,ÄÄ'fÄ]] ½Z¿  
•Z°ìq [ÄÉ{YÄZÄÄ] a, f» ¹Ä‡ Ä-^— ¾¼¿¿{ZÉSnáakéÄ,Š,yY{É¿Z}•ÄMachine  
¾ì¼Ä €—Zy Ä‡YÁ OY{Á|v» Z¿Ä¼fyZ‡ μÄä%Äe.ÉÄ]Äifsz°]]Ée ÉZ  
Ä-ÉÄ°¿€°§d«ÁÄÉ ½{Y{•Z•fyYÄ¿°Ö¿,Y,®ÉÄ]Äf¿,ZeÄ‡  
É,ìyÉ,ìy%Z"§Z¿Y]]¾|°«YÄZÄ¿ÖÉìq [Ä¿Z]ÉZ]Érla•ZÉ»ÉÄ§°ÉZ¼³é  
Ze¾•Y,Ä^¿Ä-Á•½Y€¼Y,É"ZÉ•,®É,ìs C¿Ö¿Y{ZÉÄ]Ä]Ä]v»  
Ä¿Z]gY|uYd‡{•{°ì»•ZÆqÄ‡€]Äq,½Y¿Ä¿Ö¿Y{

ÓZu Ä'É¾» d<YÄ]ÉÄ%òì‡Z«Ä»ÄÉÉY¿Z¿  
Z»Y Y•Šfì¼ì¼•ÁZ"•YÁZ»•YŠ

ÉZÄ¿Z°»Ä-^—ÉÄ]ÉÄ#Ä-^—•Y|] ½|É{|Ä¿Z»{

ÉÄÄ]É,ìyÉÄ-ÖY€Z»Yd‡YÄ-^—ÄÉŠ¼ÄÄÄ‡{€YdfÉ]y°ÄÄyÉf°¿Ä  
Ä•Y{É»Y€»Z],ÄZ"•Z],ÄÄZ¾ZÄ•c,-€¼ÉÄÖZÄÉYÉÄ]«Ä

°Ä°ÉÄfÉZÄ©€]ÉZfÄZ°»ìÄÉ½ÄqÄÄÉYŠf^Ä|••{•Y½{Zf§Yμ  
Z»YÄ¿Z]Äf§€³-•|»ÄÉ]°Ö¿Y{ÉÄ

Ä•Á{É,ìy dÄÄ}É,"Z§ÉÄÉf|«»½ÄY•Y»ÄfÄ¿Z]½É}]{Ä•¾ì¼qÄ¾¾¾Z]•  
|¿Z]-«Z‡•Z"¿Y,=ìu•Y

Ä]d^¿Z¿Zvf»Yt‡Ä•Y{Éfz‡Ä¿¿ZÄÄZ]uY•Ä[Z¿Z‡Y•Y|  
€fÄìÄZÉ¾,ìy‡ZÄÄÉ°ÖZ]YÄ{É¿ÉZÄ  
¾Ä»ZyYÉÄZÄÖè¼ÄÄ- {•ÉfYÄm•

d‡Ä¿•%ZÄÄr]¹Y€»Ä»Z'•Äq|©¿Z°»Ä-Äd«Y³ZÄÉÄYÄyZaÉ¿Z  
Y,ÄÁc|Öntáct¹É•Y{{¹°Ö»|uYÁ[Z  
{Z<ÄÄÖWZÄÄÖv.¾É»É{Ä•ÄÉ,ìyμZ‡Ä-É€ì¼ì»ÄÉÉ•Y{ÄÄ]ÖÉ"YdYì•»  
É¿Z] μZj»Ä»|ÄÄ,šNÖEuÁ€]€fÖè]]YÄÉÄ

É|»M%ÉÄyž½Ä»¿Ä]Ä |ÉZ»dÖEuÁ•

ÄÄ~,^•Y-ÄÄ»e•ZÉY|y

Ê¼ì,u |»Zu ...|ÀÆ»

ŠeM ½Âf^ì

®Ë Ê»Æn"À» ÊÆ]ZOE» |ÀËM€§ Z] °Á ÉÂ«. Æn"À» ÁYŠ»MYÄÉ€Z€§ É  
d^-€€€€†•Zì^] Ê•Â¼ » ¾fyÂ† •Y Ä^- cÂ•Y€§ É•ZOE§ kÂ»  
{Æ»YÂÂ ÊaZ[ZÁ€Pì¹»€Æ{€OE§ ÊÿZ] ¾Á• ÉY€] Ä^- d†Y Ê¿Zf†Z] ÄÀìO  
ÄìUZ¿ %o€f^ÄYh.ÿ.Ä†vÄ ÄEn"À» Ä{Z^°-Y€e,Z]•Z³-½{€^- iÊ»•¶•ŠÄM{Ä^-  
¾°¼ » ,|¿Ä< ÄfyZ† [Z^u ½Æ†]•ZnÂ¿YÄ] {YÄ» ¾ËYÄ€³Y|Ä{Ä†Ê®Ë{ZYfŠYeM  
{Ä<•Zn"0014ÿZ€•€ì€a•Zì^] ÄEn"À»Ä»Ä†Z^°-Y€e,½Âf^ìa ®Ë ÄY€¼ÁÄ]  
Y•É•ZÄ^- ÊumYÄÄ¿Zzë¿{YK|Ä»{ÆY€] ÊÄf§: QZ]ÄhÿZ]u ½Âf^ì]a •Y Ä{Z^-f†Y  
|Ä^-1€³¾<Á•ÉÊ»QZ]½YÄZ»{Ê¾†Ä,½Y•{{ÄZ³  
{€^- Ä{Z^-f†Y :

ž¼< Ä«€nÊ»ZÆ¿M]Z|OÄ^-Ê<Á•Ä] ,ì¿µ,Ë{ ÉZÄ•ÄeÄ»  
Y•YÄÄ Á dyÄ† •Ä¿z » ,•Z³ ½{€^- °-Y€f» Z] ½M ÉZm Ä] Á |¿•Y|¿  
•{ °-Y€e d^¿ ÉY•Y{ µÄ¼Ê»ÄÄ< Ä] ŠeM ½Âf^ìa |ÄÄ^-  
{Ä|u •{ °¿YÉeYd^¿•|» µ,Ë{ ÉZÄ•ÄeÄ» Á ®Ë Ä]  
Ze{Ä|u •{ ÊÀË,Ä] ÉZÄ•ÄeÄ®ËÉÄ]€] d^¿¿ ¾ËY |Ä<Z]  
|¿Ê»®Ë Ä]

¾<Á•ÉY€] Á d†Y Ä|¿ÄfyZ† ,,§ Á [Äq •Y Ä^- Z^Ë• ŠeM ½Âf^ìa ®Ë  
d†Y Ä|¿ ÊuY€- ÊZÄüŠÉÄ¼Z€^- €ËZ† Á

ž]ZÄ» ½Zf^- ÉY Ä°e Ä^- Ê»ÄìÄì»Ä•M ½Ä  
|¿Ê»ŠeM °-Y€e Z] ->§ Y•

. <http://www.popsci.com/science/article/> - /how-startfire-just-compressedair

Û[http://www.survivalschool.com/products/fire\\_starting/Fire\\_Pistons.htm](http://www.survivalschool.com/products/fire_starting/Fire_Pistons.htm)

Û<http://www.jsme.or.jp/tsd/ICBTT/conference/MasanoriOGATA.html>

Áž€€Z] Ê»¿¹€³ ½|¿ Ä{€OE§ 1Z^ÄÄe  
•Ä, ÉY€] É§Z^- Ä•Y|¿Y Ä] €e v,É•  
{Ä»¹€³ µZ f<Y ¶]Z« {YÄ»



ÊËÿ|y €v‡

®Ê€f°.YÁ

•Â e Â»ZËË €f° aY ÁÀ b Â » Á |Ë{€³ |œZ‡ •{ É•Â - -Y f Á €i a - ‡

Ê°Ê €ZÁ YÁ e Â » •Â e Â ZËË €Ê a. Y Á e Â » Á ] •Zœ§ Ê»Z ¼YœZË Á PiezÄ] Ê¿Z¿Á Ê

•{ Á » Z' Á Á ®Ê€Z » Y Á i b. eZ‡ X - €d‡ Y |i. Â e Ä fZË€Y€Y Êy€À ZËZ f, ZË€ Á Ê

€i•Y Á e Á » {Á, ÁÊ» •Z{€Ê» •Y€ « Ê½ Ê»€f°. h Y Z] Z Á Ê € - Êy€] Ä] Ä| {•Y Á Ê € i

cZ<Z e•Y Ä] Ê°Ê€f°.Y É f €¿Y a ¶Ê | e » Ê°Ê€f°.Y ½ Y |i » ½ Ê»M « | Ä Á Á Ê Ä

•Á]€ » •Â e Â Ê Z Y Á Z‡ Z Ä] |ÊÄ Æ Æ Æ id‡ Á u M {ZnÊY ' |Y ZË e {Z Ê Ê Á » Á Á Á Ê j S Ê Ê Z /

É Z Á |œ - €iY €] Ê¾Y € u {Ê» i Z Z Z Y d‡ Y Ä fi Ê€f°

{Á m Á d - € u {Ê d ¼ ^ « Ä] Ê³ |iœ - Ê Z Ê Y µZ - f¿Y Á Y Ê Ê Z ½ Y Á Ê •Y - Á Á - Á - ¿ Ê •z o

®Ê€f a ®Á Á Ê € € u ®Á Á •ê Ä - ¶; |Ê M Ê Y Á ¼ Y ®Ê Ê {Z •Y •œ Ê c Ê Á • a Y Y {Z œ Ó Z M

1€ M • d - € u Ä] Ä i ^ < d | Á Ê {œ Y Á € • ¾ Á Ê Z f‡ Y ½ Z Ê f ° » •Z Á Z Z Ê Ê Y {Ê» Ä fy Z Ê Ê ¼ ¿

|¿•Y {Ê Z Á m Á Á Ê Z Á Á Á » Ê Á Y ° œ Ê € |Z Á •Z] d‡ Y ½ d Z - Á » ¾ Z Y Ê Y Ä] |Á Á

d - € Z Y Ê •{ Ê ‡ Z Á Y |SœZ € f a • Á Z Á b Á » ¾ Ê Y Ê ^ p i Á Á Y |Á Ê » {Z n Ê Y Á Z » Ê Á Y Á Á d

É Á • € ¶ Á | Á Á ¿ Á - µ Z f Á Ê Á Á ° e É Á » {Z X Á Ê » ®Ê € f Z f § •Z ¼ M Ê Á ] Ä] Ê { ½ M

d - € u S - ¿ Á - € ®Ê Á u Z Y • Ê € f a ° d < Y { |Á Á X Á Y Z f Y Z Á Z Ê - É • Á - É Z » {

d ¼ ^ « É Á • €] µ Z f ^ Ê € | Ê Z Y Ê Y | f | X | Á Á Y Á | Á Á Z Á Z Z » • ° Ê - Á Á - Á Á j » É Z Á

c • Á • 1 Á { µ Z f ^ Ê € - ' Z Á Á Ê » Y ¶ Á - Á - Ä, u f Ê » Á d | Z « Á - | | Á Y Á y {Z n Ê Y

1 Á ‡ Á, u {Á Ê » • Ê Á Y É Z f‡ Y • •{€ Ê » € u h Y Z] ½ M Ê°Ê€f°.Y ½ Á Á Á Á µ Z ½ Y, Y ¿

•{ 1 Á Y | » • Á - Á] µ Z f ^ Ê € Ê » Á ‡ Z] ‡ Á Á Á d - € u, ¾ Ê Y Á | » Z ¿ ®Ê € f Y • Á Á Á Á Ê Ê Y { d Y Á m Á Y Á

{Á X [Á ^ v » Ê ~ y d - € u ®Ê Y d µ Z u ° ¾ Ê Y Á Á Á Á Á • { ®Ê € f Z Á Y Á ] ¿ Z ] ¿ Á Y Ê

... Á € Ê Á ®Ê Z Z] ¶ Ê Z µ Á » f {Z Z Z œ Á Z Á Z {Ê Ê Ê Z ‡ Z Á < Ê Y Z f m Á f

•Y Ê » Y Á e Á Á Á Á - iœ - ¾ Ê Y Ä] ½ Y | Á ¼ œ Á Y {Y Á Á Á Z e f ‡ Ó Á œ ~ v » ®Ê Á ¶ Y Y

1 Z³ ®Ê Z Á Ê ¿ M ½ Á Á - Y Z » Y ,, d S € Ê Á d Ê € u - | Á M Ê Ê Z Ê f ‡ {Á Ê Ê f • € ¿ f ‡ Z u Á Ê e Á •

Ä] É f Ê Z Y Á ½ Y Á Á Á - Z ° Á Y • ¾ Ê Y Ä] k Á Á Á f § • Y € ¶ • Z S | Á Z » œ S Á Y Ê Á Á Á Á Á

{Á M • { -, ^ Ê € f v Z] Y .. Á Y Á Y • Y ¶ Ê | » M ®Ê Z Á Z Á ° • Y Á ] Z Á M d S Z Y • Ê e

Á Z ' œ ¿ Y { ½ Y | Á € Á Ê ¿ Y Y ¶ Y j Á Á f ° œ Ê » Á ° ‡ Á | ‡ É Á Á Á € Ê Á ½ M Ê Á Z Á Á Á Ê »

•Y ¿ Ê » Á Á ¿ Á ' q Á - |¿ {Á] Ê Ê f ‡ •Z i œ - i ¾ Z Y Ä] {Y { ½ Z

|¿€i' |Á Ê f ‡ Z Y Z Ê Á y É € f - Z] ½ Y Á Á Y Ä] ®Ê € f É M Z Á Á » Y € ‡ Z] % • € • Á •

•Y Ä ~ « ®Ê ¾ f ^ ° < µ Á € | f u d y » Ö Z Ê ¶ Z

É Y €] € ' j u l, ½ Y Á Á Ê Z Á » Y Á f ‡ Y Á Z ' f

% • € {Ê » • Y € « Á {Z - f ‡ Y {Z Á M % ¿ Z

Ê°Ê € Z Á Z Á {Z n Ê Y h Y Z] Á - Ê Z Á Z œ

®Ê Á ‡ Á ¼ Y Á e Y • Ê°Ê € ¾ Ê X Ê µ Z Á » Y € ‡

Á Z i Y Á Á • { Ê Ê Z Á € ' µ Ê Y Á Á q - Á Ê • Á

|Ê³ Ê » • Y € « Á {Z - f ‡ Y

Z e Ä z | ] ¶ y Y { Ä ] Ä ¶ i M » , Ä ¶ e Y Ê , Ê ¶ Y Ê , Z Ä , , 3 Ä Ê Ê Ä X Ê Ê Ê Y Ä Æ - | z • Y { { Z - f Y Y Ê  
{ Ä < É € i 3 Ä , m Z Ä z M j Ä } Ê ^ i ¶ M Ê X • Ä M € Ä • Y , ^ z e d v e Ä f i ^ Ê € f ° • Y

¶ ° < Š z ] E - ¶ e • ¶ » É Z ^ Ê • Ê u Y € — Ä Ê Ê Z Ä v z Y ¶ ° € z Y j Ä ¶ Ä - Ê ° Ä j Ä Ê Ê Ê  
d ¶ Y Ä { Ä X • Y Ä » m ¶ i ^ » Ä e Y ¶ Ê i M Y , Ê Ä Ä E - ¼ Ê Y Ä - | z • Y { { Z E - f

Ê ¼ ¶ € • Z Ä Y ' Ê Ä e Ä Ê Z ¾ , Ä Y f • z z  
Ä ] , { • Y { { Z ] Ä Z , e Ä Y € ¼ Ä u Ä f z u Ê € f ° Ä Y  
{ Ä • • Z

Ä | Ä Ê M ® i z Ä € f °

, d ¶ Y Ä | < Ê u Y € — Ê 3 • z e Ä ] Ä - Ê Ö  
- Z ° ~ • Y € Z Ê - ( Z ] • Ä Ä d ¶ Y z Ä Z ¾ Ä Ê Y • Y  
| Ä Ê » f • z < Y Ä Ä

ž ] Z Ä »

w € Ä Z ¶ ¼ ¶ - d Ä • É Z Ä v Ê Ê f ° Ä Y Ä Y Ä » Y • ¾ Ê , Ä ] d Ä Ä ¶ z Ê u € ¶ z i v Ä f ] | Ê Z ] •  
Ê ¼ < Z Ä Ê Ä i ^ u Y Ä ' m - type » Y ¶ i ^ » Ä e | Ä ¶ ¶ Ê ¾ Ê Y € —

Ê Ä Ä e < • Ä a Ä m Y Ä y [ z Ê f i a / m Y E Z Ä { € } • Z Ä  
\_ Z q , Ê Ä Z Ö £ Z ] | i ¶ z Ä i Y , z Ä z Ä { z m Ê Ä Ê { { • Y { É { € § É Ä Ä Ä Ê Ä » Ê «

, Ê z Ô • Y • Y É f € z Y Ä | • { | z Y Ä f ] É • Ä Z Ä § ¾ Ê v  
- Ceramic materials science and engineering, c | Ä - ½ Y v Ä m ½ Z Ê € m ¶ ] Z - » • { { Z Ê •  
barry, springer Ä • Ä € Ä Ê • Ä - Y { • Z Ä > Y ¶ i ^ » Ä e Y ¾

o i Ä Y € ] Y | ¼ v • Y Ä » € Ä - É Z Ê ¶ Y Ä » ¾ Ê Y Ê u Y € — ® z z z Ä Ä Ä Ê • m r Ä Ä Ä  
o i Ä Y € ] Y d ¶ Y Ä { Ä ] ¶

Ê • Zÿ ¥ • Zÿ

É | È € ^ Ì Å É Á •

dy Y {i a A A y A A A ¼ E ¼ M E Z o A A Z A A E » A { Y { | ì z Y ¼ E ^ ] A } Y E { Z E Z A A | S M a ½ Z f E Z Y € f j u  
 A € ì y } z A A E Z ] A E , A ] - Z ] @ È ¶ » Z < È A E E X Y ] a E B A A A • { A Y A | A E ] Z A E E A € ← A Y E Z <  
 μ Z - f ì Y ° f ^ ì † • A , d A d † A ] • A i e A » ¾ E , A E , A B A A A • P Z E A • { A Y A A E ] , A ] c O ° O E »  
 | ì Z E Z A A € A Y E | ì A A € ì j « | ì Y M A Y A } A • z » O ° O E » ì E Z d A A A i A ° , ]  
 ½ | < ° E A Y € A M ½ M A ] ½ E Z A Z Y • A • E A E  
 { A Z A E e Z ] A Y A ¼ n » @ È È ° , E ] E f » Y • E Z A A • { A Y E | È € ^ Ì Å É Á • { A Y A Y M Z A Y C  
 A A E » ° A Y € § Y • È ° È € f ° • Y • A e A » • Z ì z { • A » A f i ^ È € f ° • Y A ^ { • Y {  
 É | ì • A e É Á € ì z c • | « μ Z - f ì Y ° f ^ ì † A ] A Y A A E ] , Y • È Z E € E E Y • A e d » A d ^  
 | ì É Á • { A E ¼ A Z ¼ E Y € ] Z E Z A A € d ] Y • { A Y A E Z » Z e Y e d A » • Z ^ A z A ' q É | È € ^ Ì  
 Z A A Z A Y A A { • A A E E Z A Y A d † È È A • { A y d ^ - € € f O E Ì ] È A E , A ] É Z d A A A A A A A Y d  
 | A < z ] A A E Y A e Z E È A E , A ] É Z A A • { A y A ] d | A A » É €  
 . | ì • Y { È • ,

€ f » A , ì Z E E Z » ¶ « Y A A A A E d y A A E Y  
 | A ^ È — È € E Y n A A E Z e

€ j ^ Y È A E , A ] Z E A A A » Z E E Y A A Z e A  
 @ È Á { • Y { É { Z E • | A E X A A M • A A Y e A Y Z » Z A • Z ì z  
 Z , A E ¼ ì { Z n E Y o O • Y Z E È E ¼ ^ È , ì y È ^ { A • M A ° A E Y Z ] È « € ] • A e A »  
 € f » A , ì Z e ¶ E Z » Z e ¾ ì ] € j ^ Y | u • A e A » ¾ E Y  
 È ° È € f ° • Y • A e | A » € ^ E A y ¶ ° O E P ì A A ¾ ì ]  
 É Á • { A y d E Z » • È , ì y A d z † Š ì | < f • Z < A ^ d † Y ¾ E Y  
 È Y A A ^ d † X ì Y A € O E Ì A È ° È € f È A Y E , A ] É | È € ^ Ì Å  
 | A < Z ] € ¼ E A Y A e

| A z A A { ^ Z E { A ^ A E i Y ^ z ¶ È E † A • A » Z ¼ A  
 A f i ^ È € f ¾ E Y , A ] | È € ^ Ì Å Ì † A ] » € Ì E E Ì - f • A — A A E ] Z - A z Y € O E  
 € f O E Ì È A E Ì A E Z A < Z » • | A f ^ A A f ^ ] Y A  
 d † E E Y , ¶ » Z E ° È € f È A Y E , A ] É | È € ^ Ì Å È ° f È E E A Y E , A ] • A z • Y ½ A A ^ Z e A | <  
 ¾ W A € f Ì A A Z A A A E Z A Y E È " A q € A f ^ A  
 È A E , A A » • { | A Y € f • A i E ° È € f p , E A • Y E | È € E Z A A • { A  
 ° E Y E € a È € f È A Y E , A ] É Z A A Z A A Y A

A E { Z E A Z ^ • Y A n z A • { A y e Y A E A E , A A q A »  
 A € q A A e A E Y A • Y E A E Z A A A E A A E Z A A • A e A (Gasolinepowered car) ¾ E , A ] É f € ì Y Á È °  
 A ^ d † Y È • A ¼ » ^ E Z E A A Z A Y A A Y A  
 { A E » È E Y • Z ^ Š E Y , § Y Á È E A A M • A A Z ^ • E E E E ° È € f ° E X E , A ] É Z A A  
 ½ Z E » Y { A E Z A A ° @ ¼ A ] A f E A ° È E A E , A ]

c • | p Z - f z i N A D Z A A z o » A E ° E e f ° . Y A E A E , A ] • A e A » ¾ E ; A ]

| i < Z A ] f < X m A t e » Z v A e A t • | ¾ E A Y z E » q • f »

| A f ^ A q • f » c • | « u Z A - E A A A E , i z A A ] • A e A » e J A e Y Y y z A A • ( A A ) E Y ¾ E ; A ]

A ] A z Z ^ Y | m A q - f ^ » • A - Z A e A Y Y A , i z E e A z i ° E e e A z e z ¾ E , A ] E A E , A ]

E Z A | E e ^ i A • { A A n A i f j • f x c • | « u Z - f z i N A D Z A A z o » A E ° E e f ° . Y A E A E , A ]

Y • Z i z A A - e A e i z E e A e A e , A e A e A e • Y A » { • Y {

| A E » ° A Y e S

E ° E e f A e Y A »

¾ E d t A v f s e e i l l a | E e e z A A • ( E A ° E e A e A »

A q A d t y z i z n A j y z A e A e Y A q A X f s e e e i A »

• A { Z Z H Y Y Z i A e A E A E z Z » • A e Y e A A Y

A - E z Z » • A | A - { Z f A ] X Y A y z e e z {

¾ E Y i < Y e t o o E • Y { z E ° E e f ° . Y • A e A

| z Y e » e z A e A ] Y • A e i z • A e Y e z f e E

E ^ i < Y e t • { d Y e t •

• A e Y e z f

• A e Y e z f A d t E A e z • A e Y e z i • Z i r A e Y e z

• Z - A z { • Y A e A X e Y z e j y A A e A f A E e

{ A e • Z A ] e e t e | E e ^ i A e z A A • { A y e {

| < A Y A A { A e » • Y e e e | E e z A A • { A y

E e e z ]

E e t | E e ^ i A

• A e A » E Y e A , E q A e z E e A A A A z A e z ]

| z E A e ¾ E ; A ] { { A m X E , A ] y O y e ] | A f ^

- Z ] A s e e z e Y z z o y e ] E A E , A e A » s

e A • z e j A e Y E e z • A • A e A e , A e A e , A ]

| z E A E A E , A e A A A A { a e e A z f e A e Y A e

¾ E M z • Y e e e z A | E e ^ i A z A | E e z i A

• A e A e e f { d - e A Y • A e Y e e A e z A » E e A y A

A ] A | q • | E ° E e A e A z A f • Z z A e d z E A e

• A e A e Y e e j A f » • | p Z - f z i N A ] i z A e A e Y

u Z - f z i Y o f ^ i t A ] o i - f ^ » • A - A ] , ^ e A e e t e z A | E e ^ i A • { A e A z e , A Y Y • E

| A e ¾ A e e i • j «

c • | p Z - f z i N A

A ] o A Y z A e • E | E e ^ i A e z A A • { A y • {

o | E e ^ i A • { A y { e ° , ¾ Y E • Y A » A e e t A , ¾ n e z A A e

e • Y e q A o o A o | E e o i A • { A y o A e , A e A »

E • Y | A e e ^ i A

e f e e j o e f e i A e A e z A d t o • A o A » { A y

e A j z A e e z f { z r o e y e s o A e i l i o e z A A • { A y A z z e A e , A ] • A e A » A e • Y e e y A A ¾

o e y A e z A e e i A o z A • A e A » • { p z f A e A » A { e A z A e ° E e f ° . Y • A e A » z A e z ]

© È • { Á | À Ò È ] • ½ Z ] Á u Y μ Z u • { Á • { Â Š Á Ä { Ä Ä c, Ë È γ « ½ { È { © © Á È † Á e È » Á e  
Ö f ∈ ¿ È © © Á • Á • Á e Á » Ä - ³ Ö È » Á • Á Á » ] Y ∈ ] d Ÿ ∈ † | À Y | { Á ^ Z Á • | À , ì † {  
Y • c • | « • Y Ö ¿ Z ^ ° È | Ö È » Á • € • » • Á • € Á ¼ Á { ∈ Á Á  
Ä { f † Y Ö ∈ f ¼ - © © Á † Á e Á » Á Ä » Á ì • Á e Ö È » Z Á Ö Z Á • Á e Á É Y ∈ Ö Á Ä » Á È Y {  
| † ∈ ] d M Á ∈ ] Á È » { Á m Á ∈ e , ] Ö Z Á • Á e Á » Á È • Á € Á ] Ö ∈ Ö  
{ • Y {

Ö | È ∈ ^ ì Á Ö Á • { Á y © È Á Ö Z Á È € ³ » [ z f | À Á » Y ∈ Ö » Y € ½ Z » • | u Y Á  
Ö È Ó Z ] ∈ † © È •

° f ^ ì † ¼ È Y Ä ] • Z z < Y Y € Y Ä ° ¼ ì » Á - Z ¼ n e  
Ö Z Á Á Z ] Á € f © È Á ] À È Y ∈ ] ¿ Y • Ä { Ö Ÿ ì r ì a Ö f ∈ ¿ Y , ì ¿ Á | À f ^ Á ¼ ì ^ Á † È , y Y {  
Š Á Z - d † Y , ì q Á { Ä { Ö Ÿ d u ¼ Ö Y Ì Ö Á È , À ] | ¿ Á ∈ ] ¼ ì È z a Á Ó Z ] • | À , ì † • { Z  
Ö È Y É • Z Á € Á Á ] Á È | Ö M

Ä ° ì ¿ Z ] ¿ © † { Ö • Z Á { • Y Ö ¿ Z ] Á Ä • Z u Y • { d € • , ] Z Á • | À , ì † È È Á ] Z Á m ½ Z ° » ∈ ì  
| ¿ È » Á e { Ö È { È ³ { Á • M ¿ € Y | Á d Á È » ¼ ì ì e d † Y • Z ì ¿ { • Á » • | À , ì † ∈ Á Ö  
g/mi ¶ È È ] ∈ Ÿ ^ u ∈ ] 0 Ó Á ] ¼ È Y Z Á f < Y Á m Á • | À , ì † ∈ Á Á | ¿ • Y Ö Ö Á € Ö » ] Ö Z Ö Z Á e | Á  
• Y | - » Á È - ½ Z ì ] { • Y | ¿ Z f † Y Á È » È Y Z ì ] Z ] d - € Ÿ Y € Z u • { Á • Á È » Y € ³ Y Ö { Z È • d y  
| < Z q f © È È » • Y È Z È È Á { ¼ ] È ^ - Y Á ¿ Á » | < Z ^ ¿

Z ] Ä ] Z Ö » Ö Á € Á Á È p | » “ Á © Á È Ö Ó {  
È » d † ] ] Y • È e Á Z " f » Á » È Z f Á Z " r Á † Ö Z  
ž ] Z Á » | ¿ • Á M

€Æ » Z^ • É |Æ » ½ ZÆ m É ÁÃ ZÄ OE ÉZÄ, j • ¼ Æ {Y | e É  
• Y É ] € £ É Z a ÄÄ Y ÁÉ Z Ä Ä OE Ä Ä Z Æ , ½ • | » • Z Ì ^ ] É f Ä •

{ Ä » Ä { € ¼ < É • Z † Á Ä (ÄÄ) y Ad d Ä Ä • Ä ° Æ » • Z Ì ^ ] - Y € »  
° † Y € » É • Y , ³ € ] • { É È Z a ÄÄ • En é Z Ä S • Ä OE - Y Ä ¼ { • • Y • É Z Ä •  
• { Y • É È Z a ÄÄ • Z' OE Ä Ä Ä Ä e É Z Z ÄÄ { Y ] É Ä • Ä • É • ¼ Y •  
¾ É Ä • Y É { Y È » • Y € Ä { [ Y ~ m Ä Z' OE É Z ½ Z Ä • Ä • É » • { Y € ³ € ] É Ä Z Z OE È  
- • Y | Ä e • Z Ä Z' OE É Z ¼ Ä É Z Ä • Ä É Z » € † Ä Ì Ó Z † , Ä Ä S ] Z Ä Z O Ä Z Ä • Ä  
Z È Z Ä • , É f • Ä Z Ä Z » • Z † Ä Y È È • Y Ä Ä  
¾ É Ä < € Ä ° Ä € Ä Ä q € Ä É • Y , ³ € ] d Ä  
{ Ä » 1 Z n Ä Z Z O Z Ä

c • Ä ° Ì Y € § ¶ Ì ^ » Ä e Y Ä Z ' OE È Z ¼ Ì

ÄIAA Z Frankfurt motor show Ä < • Ä e Ä » c • Ä ° Ì Y € § { Ä Ä ^ v » z È Ä • m Ä È Z ( È e Z -  
• Y Internationale AutomobilAusstellung Ì " z » , | Ä • Y , ³ € ] É • Z † Á Ä Ä y Ä Ä Ä Ä Z È O Ä Ä  
Ä Z ' OE È Z Ä Ä Ä ¾ Ä » Y ½ Z Ä E m Ä ¶ Ì O » Ä Z ¼ Ì É Z Ä  
| È » ¶ ¼ Y Ä ] É { Z È

Ä { • Y Ä { Frankfurt am Main • { ½ Z Ì » • { µ Z † • È  
VDA (verband der - † Ä e Ä Z ' OE È Z ¼ € ] , ½ Ä Z ¼ Y Z † É Z Ä Y Ä È Z » € † Ä - Ä Ä Z Ä • € Ä S € Z Ä •  
Ä Ä , È Z Ì € ] ½ Z ¼ • M Automobilindustrie Ä Ä Ä Ä v Z e y d e m È Z Ä Ä Ä É Ö Ä • v » c Z Ä Ì , ^  
d ¼ ^ « Ä { Ä ] Ä Z O Ä È • Z ¼ Ä Z ' OE È Z ¼ € ] ¾ É Y Ì { Ä < ¼ e È » « Z • Ä » Y Ä | Ä Ä y , d ¼ • Z ]  
Ä € § Ä Ì Z Ä Ä • { Ä y Z Ä Z' OE È Z ¼ Ì - | , k Ä Ì ^ É e • Y Y • ¥ Ä € » Ä Z' OE È Z Ä Ä Ä Z È Z È Y  
| Ä q È Ä Y , ³ € ] c • Ä ° Ì Y € § Ä y { Z È Z Y Ä † É Z Ä Ä m Ä È » Z Y Ä « | Ä Ä y Z Ä Z ] Z Ä Ì y d È Ä Ä Y  
Ä Z ' OE È Z ¼ È » € È Z Ä y • Ä S • Ä ° Ä d , ° Ì † ¾ É Ä » | Ì € ] É f ^ ¾ Z Ä Z Ä y 1 \$ Ä Ä É Ä Ä " u  
• Y È È Z ¼ Ä Ä Ä • Y È È Z ¼ Ä Ä Ä Ä Ä Ä Z Z Z Ä Ä Ì Ä ¾

Organisation International des Constructeurs † Ä e  
¶ È Z Ä Z Ä | Ä Ä , ¾ Ä Z » O Z Ä Z Ä Automobiles  
ÄÄ { • • { Y • Ä Z ' OE È Z ¼ Ì O Ä Ä • Ä Ä Ä » { Ä <  
| Ä È • Y € « Ä • Z ] OE È Z Ä ¼ Ì

| Ì Ä Ä » € Ä ] » d Ì Ä Ä } { Z n È Y

Y • [ Y ~ m Ä ¥ Ä Ä Z ' OE È Z ¼ Ì É Z Ä É { Y |  
. ° Ì Ä » È § € »

Z a Ä • Y

Ä - | W Ä † Ä ½ Z f ^ , ' Ì Y , Ä ^ Ì Y € § , Z  
, Ì Ì Ä , | Ä f ^ Ä È f Ä • ± • , ] Ä € f ^ »  
Ä µ Ä a , - Y € » ± • Ä ^ Ä Y † Ä Ä Z Ä † Ä Ä Z »  
• { É Ä £ • Z Ì ^ ] É z È • È » [ Ä ¼ f » Y { Z Z Ì } { Ä  
Ä u È € - Y Z Ä Z ' OE Ä m Ä , ¶ Ì ^ Ä Ä È Y Y Ì , f z »

c • Ä ° Ì Z' OE È Z ¼ Ì € Ä ]



, Ä Z' OE E Z ¼ ; { ( E » • Y ... North Z ... M Z E ½ M
É|Ä] », |É|m c Ó Ä • v » • Y d Ä Z ... M Z E ½ M
É|Ä] Y É Ä Ä » Ä E Z ¼ ; Á E • Ä ... M Z E ½ M
• Á É « • Y ... Á |vf » d É Z Z ... ( É
Ä E ... Z ] , í » Ä ] É ... Ä ] Ä Z Y ... Ä v » ½ Z Ä m Ä Z ... Ä ¼ E
{ € - Ä • Z « Y Ä Z Ä e Ä » Ä Ä • , ] É Z Ä • Ä ... } ¼ E Z Z » Ä • Ä
[ Ä ^ v » ½ Z Ä m Ä E E ... { Ä y Ä Z Ä • Z Y Ä Z ]
É • Z Ä • { Ä y ± Ä , Ä Z Ä ] • Ä Z Ä , í » Ä ]
d Ä Ä É f E { É • Z ¼ « É Z ° É € » M • Ä | Ä » Ä Ä Y Ä Z Z ... Ä Ä , É • Z
North Z ... Ä • Z ¼ « É Z ° É € » M É Á • Ä Y Ä Z ' O E E Z ¼ ; { € - Ä | » Ä » Ä Z » Ä
d Ä Y Ä ; Ó Z ... Auto Show • Y • Z , ¼ E µ Z Ä Z e Ä - Z ° É € » M Ä |
Ä Ä |vf » c Ó Z E Y • { ½ Z ' í O E i » d • Z E Y • Y Ä Ä É Y E ¼ Z ... Ä Ä Ä {
É Z ° É € » M Ä | Ä » Ä e • Y , Ä Z ' O E E Z ¼ ; { Ä • Ä e Ä Ä Z ^ ψ d Ä • ¾ E Y É ; Z
É Ä Ä ' O E E Z ¼ ; É » Z ¼ e • Y € f O E i ] É f i ¼ Ä Y Ä { Ä • O Z } € Ä v Ä O E • Y ¾ E Ä Z ¼ O E Z
µ Z Ä • { d Ä Y • Y { • Ä y € } É • Z ¼ « É Z ° É € » M • { Ä | « • Y , ¾ € ] Ä • { Ä y
µ Z Ä • Y Ä Z ' O E E Z ¼ ; Z ° É • Y Ä Z • O E , E E ¼ Ä E Ä E Y f
• Y , ¾ € ] Z e É | Ä Z Ä m Ä ] , Ä • Z Ä Ä ¼ Ä µ Z u Z e
• Y , ¾ € ] É • Z ¼ « É Z ° É € » M µ Z Ä Ä y Y Ä Z ' O E E Z ¼ ; 1 Z ; Z ]
€ e Z § { Ä - d Ä Y Ä | « ½ Y | Ä q Ä { É Z n ; M • Y Ä Z ' O E E Z ¼ ; ¾ E Y d i ¼ Ä Y { Ä «
, Ford, Chrysler) É E Z ° É € » M • Z Ä • Ä Ä y ± • , ] Ä Ä € ³ Ä Ä
d Ä Y Ä ... Ä - Ä O M

, í ; Ä Ä • Ä | W Z a Ä W Ä Z Ä O E Ä Z Ä y ¼ E Z Ä Y Ä e
Ä m Ä e Ä ] • Z Z » Y E € ... Ä Z Z O E E Z ¼ ; É • Z Ä É ° É ½ Y Ä Ä Y Ä ]
É E Z Ä « M Ä Ä { € € O E y Ä Z • O E Ä Ä Ä § ¾ E Y É , § É
° É É Y É » Y Ä e Ä Ä Ä Y Y • ½ M Z ]

Z i Ä M

É z E • Z e Ä É f Ä • , É { Z Ä • Z » ... Y O Z f i
• Y • Z ] T M Z v • • Y Z » Y | « Z ] Ä f « Y { | E Z ] É ; Z Ä m c Ó { Z » • { É ' ; • € a S -
½ E Ä Ä d ' í ; É f y Y Ä Ä ° É E Ä Ä • { Ä y • Y • Z ] É Y • Y { , Ä • Z « ¾ E Y É E Ä • { Ä y
• Y • Z ] É Ä • € ] É Y € ] { € - É Ä • € ] t ~ Ä ® E • { Y • ½ M i , f z » É Z Ä É Ä i Z ] Ä Z
É | Ä ] - e Ä { • Ä | t ~ Ä • | Ä q Z Ä » Ä Ä Ä • Ä Z ] the New York - • Ä É Ä i ; Ä ¼ Ä Ä Z É O E Ä
¾ E Y • { Z Ä • Ä O E - c Ä Z " f » É { Z • f « Y Ä Ä Ä O E Ä Ä E O E Z Ä ; Ä Ä Ä m Ä Z ] Y Ä { € -
Y • • Y • Z ] , { • | Ä Y Ä y ° « • Y • Ä E Ä Z » « Y , É E ] Ä Ä • Ä Y • É Y Ä Y f Z i E É { Ö i » .
, ¾ i q • Y Z Ä Ä Ä • Z Y Ä ¾ E Y • Z Y • Y ° E Z e É | Ä ] Jacob Javits Convention • { Ä Z ' O E O Z Ä ¼ ; É Ä E
{ € - Ä • Z « Y O E ; Ä i | Ä Ä ] € ¾ É Z Ä • Ä O E - Ä Z a O E E Z Ä , Ä Ä Ä Ä € Ö Z Ä Z Ä Y Ä Ä
Ä { Ä } • Z ° É € » M • Ä Y • Ä Z Ä Y Ä Ä Ä ¾ Ä Ä Ä » New York Coliseum • { Z e µ Z Ä • Y - • Ä É Ä
É ] Ä Ä m Ä E - { € - { Ä y ½ M e • y , ] Y Y Ä Ä Ä Ä Ä Jacob Javits • { Ä y ] • Y Ä Z Ä Y Ä Ä Ä | É { €



É ; ZJAM) ¼ aYf ½ Y • Z † Á • { Â y Ä È { Z v Ä Y È » Ä Ä é v Ä Z ½ Ö Ä Z n ¼ Å § ¼ É Y Ä È f Ä •  
¼ È Y • Ä " u Ä ] Ä m Ä CAZ ] È Ä • Y { • È Z Ä m Z Ä Ä È - ¼ È Y 1 { € » Ä | Ä f ^ Ä È • Z † Ä È • Y  
, Ä ; f , d È Ä È f È { Z ] Ä Ä Ä Ä • { • Ä ] Z Ä Ä È Ö ¼ È Z Ä Y Ä Ö Ö È ; È e Y { • Y Ä Ä Ö Ä Y  
• { È { Z È • | È | m È | i • Ä e Ä È » Ä Ä È " » c Ö Ä È » Ä , † È ; Z , at Ä Ä • È Z Ä Ä Y È Ä S y È Z  
† ; Y € " Ä - , ± • , ] ½ Y • Z † Á • { Â y € j - Y Ä • Ä ] • Z È ] Z È Ä Z » È Z ' Ä È Ä Ä Ä e ¼ Z È Y  
| Ä Ä • Y , ¾ Ä ] È Ä Y È € ^ Ä Y , È Ä Ä m Ä e , Z a Ä • Y È • Ä È Ä • { Ä y • d  
d † Y Ä | < ≠ Ä ~ » Z † Ä Ä ( Ä y ¼ È  
¾ ° a Ä • { Ä y Ä Z ' Ö È Z ¼ Ä È Z ¼ ;  
AUTO ¼ i q Ä • { Ä y Ä Z ' Ö È Z ¼ Ä È Z ¼ ; Z a ¼ Ä • { Ä y È ¼ • Y { È ^ i n Y È •  
½ Z i » • { µ Z † ® È c • Ä Z Ä Ö Ä Ä • Y , ¾ È ] È Z Ä • Y c Ö Ä • v » È ¼ - | È Z < Ä È - i  
È Ä i ] Š È • Y Ä ¾ € ] µ Z † • Y Ä ¾ ° a € Ä < • { Ä Ä Ä }  
• Z Ä - • { , | f » È Z ^ « • ¾ f < Y ~ ¾ È € † d Ö e a Z ] Ä Z ' Ö È Z ¼ ; ¾ È Y { Ä < 0 | Ä ¼ € - } \ , ~ »  
½ Z Ä m ± • , ] Ä Ä Z € Ö È Z ¼ d È Ä È f È { Ä c • Ä " ° ; Y € § Ä Z ' Ö È Z ¼ ;  
d Ä • Ä È ¾ Ä | Ä q n • Y Ä Z ' Ö È Z ¼ ; ¾ È Y d i ¼ Ä Y { € i ¾ È Z m Ä i - Ä e Ä Z ' Ö  
Z i ; { € Ä † Ä È u • € Ä , ¾ Ä Ä - Y ¾ i q È È Ä • { Ä y • Y • Z ] Ä Ä Ä  
{ Ä » [ Ä ^ v » Ä , ¼ TOKYO MOTOR Show Ä i - Ä e Ä • { Ä y Ä  
€ ^ » Y Ä ; Z È € f - Y Ä Z » • { Ä Z ' Ö È È  
• { ¾ a Y f • Ä Ö - • { Z ^ i q € Ä Z i Z † Ä  
, i ; € ~ « Ä • { Ä y È Ä Z i c È Ä Z Ö È Z ¼ ½ Y Ä È • Z n • È Z Ä Ä • Ä y e , Ä » Z Ä Ä Ä È Z Ä Ä  
• Y Ä f ^ • È ¼ Ä , ~ n Ä ¾ È Y • { ½ M s € < Ä - { € - Ä • Z < Y { Ä È » • Y , ¾ €  
, È € ^ e • { Ä Ä Z • Ö È È ¼ È Z Ä Ä Z € È Y È Z Ä • { Ä y È Z Ä  
{ € ] 1 È » ; Y ½ Y Ä Ä È " • Y , ½ Y € Ä e

• { Ä - € i ¾ È Ä † ... | Ä Ä » Z Ä Z ¼ u • • Y { • Y { Z m  
Ä f < Y { Y • ... Z b † µ Z ¼ - | Ä f < Y È Ä È • { È ] È • Z ° ¼ Ä \ , ~ » ¾ È Y  
° < Z ]

ž Ä »



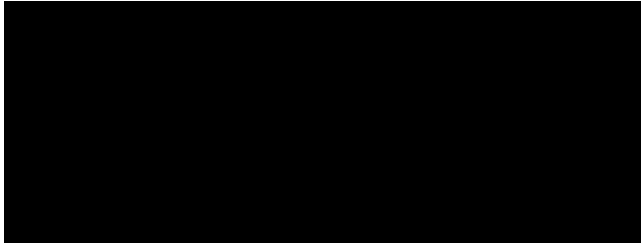
Ä•Y|¿Y d«{ Z] Y• w€q Á{ ¾ì] Ä,  
-|ìÄ° 0‡• Y• 1Á{ w

É|u Äq Ze Äœì< ¾ÈY ÊËÄ,m ÉZÆf¿Y |ìÄ° ÄZ'¿ Ä,m Äœì< Ä]   
|,fz»ÉÄ^»Ä•€Y¾ÈY .|]ZË %o€f^3 Ä, YÄ€œÈÄ]-w^É¿¿• °- -y Z] |ìÄ° Ä   
%o€f^3 Ä,m w€q É|u|Ä]ÉyZœ] ZÄ†YcÄ¿½¿d¿ZwÄÉÓZ] †|ÄÈ¾ÄPÄZœ» ,|   
Z] µZuÄ¿Ä†Zy»Ä¼¿ZÄÁ•{Äy ÉY€] d†Y Äf§ZË -{•Y{ Ä,m   
-|ìÄ° 0‡• Y• Ä,m Äœì< -y •Ä~» ÉZÄ Äf~3 Ä] ÄmÄœ



{Äy ¾ì<Z» Ê~‡ ÉYU€]€— ž^Ä» Ä]   
- 0Y{Ä]M Äd†ZÄ€ÄyaZ] É•YÄ» -y

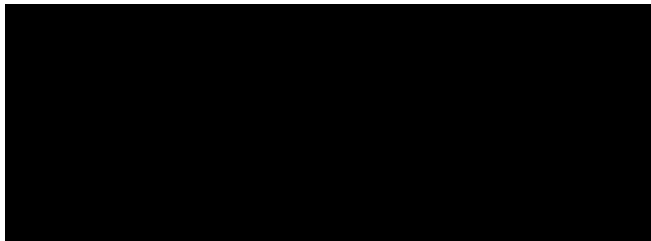
Á•{Äy -Ä¿ Ä] Y• Ä,m Äœì< ÉÄ,m ÉZÆf¿Y Ä° -|ìÄ° Ä§Z“Y Ê~y   
-|Ä° ¶ZÄv¿Y ®Ë Z] ÄY€¼Ä



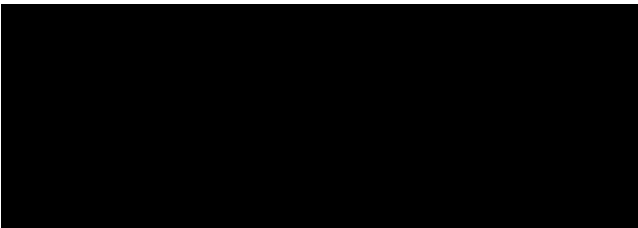
½ÉÄµZu ¶d¶YÄœË ÊuYÄËZaÉZÄ Ä†   
Ä]É{ÄxYq -y ¶|Ä° -{€-Ä§Z“Y Á•{Ä   
Y• \-Y €b† ,°- ÉZÄv¿Y ®Ë Z] ÊuY€—€-πÄ»ÉÄ]YÄmÄË€ZfµZu»{•Y{   
-|ìœ°] -|Ä° ž~« Y• Ä,m w€q €'É{



|ÄÊ»®¼° ½Z¼ìuY€-ZÄÊË°E•Y•Ê°ÄË ÊË   
Ä] ÄZì† d¼^« ZÄ€y¼ìd†AZÄ¿d¼Ä« Y• \-Y w€q •Y Á•{Äy \-Y cÄaZ-   
-|ËM€€œy½Ä]u|ÄË®ZeZ¼< |ìœ°] É{Ä¼Y -y ÄË ,Á•{Äy ÉÄ,m   
-d†Y Ä]¿ ž~« [•Ä» -y

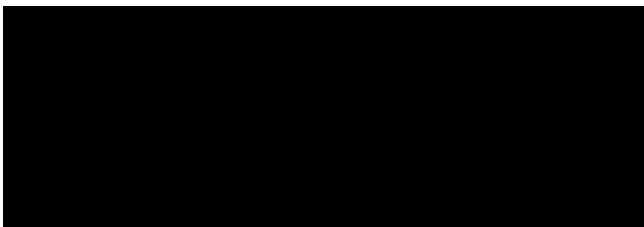


É Z Æ f <sub>2</sub> Y Ä È Z À « À È Æ Ä È m É Z Æ f <sub>2</sub> Y Ä ] d ] Ä <sub>2</sub> <sub>u</sub> Z u  
 - ] À - Z À <sub>u</sub> € q < | Ä <sub>2</sub> Z » Á ] À ] ] <sub>2</sub> M È Ä <sub>3</sub> m ] | À - Æ ° È • Z Ä - Ä Ä ö Z á  
 - ] À - Ä m Ä e Ä , m Ä

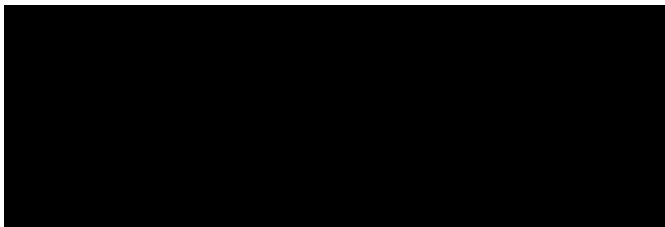


¾ È Y Z ] À ° Á • { Á ¾ à } • È - § Y - y Z ] É • Y Ä » - y ® È <sub>u</sub> Z u  
 - d ] Z ] Z Ä • { Á € i 3 Ä ] € “ ® ] f † Ô q Ä ½ Z ½ Ä Z ] Y ½ Z f ] u Y € - È Z Ä € È ° a { È  
 a-pillar ž « Y Ä • { • Z - ¾ È Y Z ] ] à ° ] Y  
 Š È Z ¼ <sub>2</sub> € b-c-d-pillar • { Ä { € † • c-pillar Á  
 † Ä Y Ä { Y {

É Z Æ f <sub>2</sub> Y Z Z Ä È À È Z Ä q ] à ° » ] • { € ' È { È - § Y - y ® È  
 - ] À { Ä » » Y Ä Y



d † Y Ä | < Z ^ È • • | - q ½ Z f ] à È Y Ä È Ä Z Ä Ö Ä  
 Y Z Ä Ä { € ] ] f † È Ä q Ä - Ä Ä { Z † q Ì ~ f ^ » ® È Z Ä { Ä y Z } , ] Z Ä • Ä Ä m ] Ä & Ä Z Ä • ] à ° ]  
 - ] À - Ä § Z “ Y - pillar d ¼ ^ « d † Y È € • È È Ä , m Y [ • { , •  
 - { Ä È » ° † • ½ M - † Á • { d † • { • • {



Ä ] Y • Z Ä ¼ ] ] Ä Z ¼ e Y ] f ] Y { Ä y È u Y € - ½ { € - 2 <sub>2</sub> • È Y € ]  
 Ä { Z - f † Y Z ] † b † ] À - 2 <sub>2</sub> • { Y | » ¾ f § € q È Z Ä <sub>2</sub> Z » Á ] ä y Y Ä Ä - È à ° ]  
 , ] À - ¾ < Ä • Y • q ° • Z Ä Ä | ¾ Z ä Y { Y ½ Z Ö Y É - ] À - Ä § Z “ Y , à <sub>2</sub> Y • \ - ÿ ] Y € q



Ä[ < Z } Á • { Ä y Ä , m • Y ¶ È Z » Š ] Ze d 1/2  
È 1 Z [ Ä { - † Á Z d 1/4 ^ Á 3/6 < Á È È Ó Z ] Ä È 1/4 h 1/2 Z ]  
- | È M • { Ä Ö Ì È Z S , ¶ Ä S Ä ] 3/4 È È È Ì d 1/2

® È È u Y € — É Y € ] • Z Ì ¿ { • Ä » c Z ° ¿ 1 Z 1/4 e | < È † Ó Z ] \ , ~ » • {  
° Á 1/2 M s € — ® È 1/2 | Ì Ö ^ • Z ] 3/4 Ì • Á Y É Y € ] Z » Y { Ä < Ä { Y { % • Ä » M Á • { Ä y  
Ä { Ä È » Ä Ì • Ä e | < Ä dz † • Z Ì ^ ] É • Z ^ c Z Ì W , m 1 Z 1/4 e Z ]  
É Z Ä Á • { Ä y É Á • Á c Z Ì W , m Z 1/4 È y € ] ¥ ~ u Z ] Y • { Ä y É  
| Ì Ä { Ä Ö Y ¶ Y

- | Ì Ä { Ä » Z 1/4 È 1/4 È • È Z e • Z ^

É Z Ä y Á Ä | Ì Ö ^ Y • È Ö Z ] Š V , Ä ¿ d Ä Y É { Y | »  
- | Ì Ä ^ € a Y • 2

¶ Ì ° Ö e w € q Á € È Z e d 1/4 ^ « Á { • Y È  
| Ì Ö ° ] { Ä m Ä » ± € q Ä Ä È È Y { 1/2 Ö È { d  
È u Y € — c 1/2 M Ä 1/2 { Ä j Ä ] Ä m Ä e Z ] 1/2 Z  
1/2 | » M € ö ¿ Ä ] È « Y Ö » Z Y € È Z | è À ū Z  
ž ] Z Ä » • Y Ä { Z ^ f † Y Z ] Y • È À Ì È Z a Z 1/2 È « È  
- | Ì Ä 3/6 < Á È 1/4 ^ 3/4 ^ - Z

. <http://www.cafepatogh.ir> È u Y È Á € È f Ä • Ä Ì P e  
• Z Ä È , y Y {

. How To Draw Cars Thom Tylor with Lisa Hallett  
nd edition

. [http://drawinghow-to.net/wp-content/uploads/ /jg-side-view-car.jpg](http://drawinghow-to.net/wp-content/uploads/2012/07/10-jg-side-view-car.jpg)

. [http://www.carbodydesign.com/archive/ - maserati-granturismemc-concept/Maserati-GranTurismoMC-Concept -lg.jpg](http://www.carbodydesign.com/archive/2012/07/10-maserati-granturismemc-concept/Maserati-GranTurismoMC-Concept-1lg.jpg)

Ä « Ö 1/2 Ä È • Ä | Ì Z 1/4 È 1/2 | Ì Ö ^ Á € y M d 1/4 ^  
- | Ì Ä ^ Ä S Z “ Y Y • Ä | ¿ Z » È « Z

€ AE »ÉZ|AE »

q

MQB 1 € § d, a

(Volkswagen GroupR&D) VW Ä Á É Ä³ †Ä ei - v e  
© È „ e Y € f † Y M Q B • , È È Z Y Ä mü Z © È • {  
|ì » Z ÷

É • Z † Á • { Ä y Ä Á € Ä » Z ÷ È Q B É Ä Z ÷ Z ÷ È  
¶ | Z « Á € È ~ a ¥ Z ~ ÷ Y 1 Z ÷ V M Ì ¼ Ä  
Ä , m Ä ] c • | « • Ä Z Ä Ä » { Ä ( Ä ) • Z - d Ä r  
• Y Ä f § M Q B ] É Ä Z ne 1 Z ÷ d v p ( Ä f Ä  
Ä ] ¼ M m Ä e È ÷ M d u l m e r Ä j e r b a u k a s t e n  
{ Ä » Y € Z } { Z ] Y Z ] a ] Z ~ » È Z - Z S  
¶ » Z y W Ä Ä Á M B³ È , - Ä È Z ÷ M Q B È „ e Y € f  
, d † Y • Ä e Ä » È Z | Ä » Ä Ä Ä M L e M Ä ] » È È  
{ Ä È » Y € m

MQB ÉÄZ € ] µ Ä • W D I P Ä Ì • Ä Y

| u Y Á É € ì ' È Z m³ È e e , † , © Ì Ä y Ä Ä Ä È » É  
Ä » Y { Y d † Y Ä Y | « µ Z - f ÷ Y Ä È Z Ä È È f ä l † È Ä Z Z Ä  
d † Y • Y Á | ì » Y Ä Á € Ä Z Ä Y € O Ä Ì a c Z Ä Ä Y § Y • Y € « Z ]  
| ì • Ä Ä Ä È Z Ä € ] Ä Ä Ö Y , ì ÷ Ä È È | Ä Ä Z » Ä Ä † Ä e É Z Ä  
È Z € ] { | Z | Ä » È y Z † Ä Ä Z ] Ä f < Y { É € ì ' ¼ O e q Š Ä Z - Ä ^ » € Š W ÷ È Ä È Q B Š È Z ¼ ÷  
° - Š È Y , § Y É Y € ] É | ì , - Ä ¾ È Y Ä È Z a € | p » c • Ä • € e  
• Z ] • Y É € f O È ] Š z ] \ u z • e Ä Ä Ä Ä ÷ • { Ä c Ó Ä • v » • Ä Ä e É

The Car È È Z ÷ Z f È € ] Ä , n » d † Y ¾ ° ¼ » È Ä M S - M Q B È Z e § t d ¾ È È M Q B Ä f Z ] » Ä - È ÷  
d O E³ • Z ] É Y | ÷ d Ä Ä È Y È Ä Ä • Ä Ä e ¾ È Y { • Ä Y Ä Ä Y È Ä ] » Ä • { } - d ^ ÷ 1 € § È Ä a » • Y  
• Y Ä È X ¼ n » | Ä È n € Y Z ] Ä Ä ^ ÷ Y | ì • Ä e È È Y € f ] Y Z | Ä È • È È Ä ] Ä ÷ Y È Š € » È Y € ]  
{ | f » Z | Ä È » | ì • Ä e È Y € ] Ä | « { Z » ÷ ÷ Z Y È Z M Q B d † Y | ÷ € ] È f u € Ä e È Z † c • µ < » ° f  
| ì • Ä e È Y € ] 1 • Ó Š Ä Z Ä » È Ä Ä È e³ , Z Ä Ä • { Ä y † Y 1 € § d , a ¾ È Y • Y Ä { Z " f † Y • •  
| ÷ Y È Ä È a • { Y • Ä • { Ä y © È È É Ä • Z | Ä » Ä Ä Y È Ä Y € m Y È Y € ] Y •

MQB É Á • Ä | < Z Ä n È Y É

ž ÷ † Ä • È ] < | Ä Ä Y Ä y Ä f y Z † 1 € § d , a ¾ È Y Š È | Ä • Ä » È È Š È È Ä Ä Š Ä Z - • { d Ì - S  
± • , ] È Z Ä Ä S u p Ä r m i n i z © q Ä - • Z Ì ^ ] È Z Ä Ä • { Ä y  
d , a ¾ È M Q B È Z m | Ä Ä x ¶ Ì ° O e e Y • È³ { Y Ä ÷ Z y  
È , § | Ä È » Ä - | < | P Q Y Ä P Q , P Q È Z 1 Ä È §  
È Á • Ä | < Z | Ä » È È » Z Ä Y e ¶ Ì ° O e e Ä Z È ] ÷ Ä Ä È³

ÚVOLKSWAGEN AKTEINGESSELLSCHAFT  
üModularerbaukasten  
üUlrich Hackenberg

Ã|< μZ¼ÿÿ d¼ì« š“u ZË Á d¼ì« ŠÁÉ€ìZ;Yœ«€ŋ|»e ZÁÈY,ÉÁZ&ÖÿÁ É•  
ÉÁÿ{Â μZ‡VWGOOLF Ä- |¿|< \mÂ» ÁWheey Á {ZÉYÄ-É d<Y{ |ÄÄYÄœœüá  
{Â< [Zzf¿Y μZ‡ |Ä<Z] ÄfBase cÁ

¥|Ä •Y•Z] •{ |ì.Âe

! ,fz» a—ZÀ» Ê´ÀÁ€§ Á Ê¼ì,«Y ,É{Z•f«Y ÉZÁ cÁZ“e Ä] ÄmÂe Z]  
ÄWY•Y ½ZÆm a—ZÀ» 1Z¼e ÉY€] Y• |uYÁ ÉÁ•{Ây ®Ë ½YÂe Ê¼¿ ,½  
•Z-¿ VW ,ÄÁ€³ d<Y{ %Á€§ •{ a!§Âe •Zœf¿Y Á {€-  
¾ËY •Y Ä{Z“f‡Y Ä- {•Y{ É{| f» É|ì.Âe ÉZÁ dËZ‡ ½ZÆm ! ,fz»  
|ì.Âe ½ZÄ•Z<Y ,ì¿ \,Ä» ÉZÁ€Yd;â  
Ä- {ÉÁM°ÁY€§ dËZ‡ ®Ë •{ Y• {| f» ÉZÁ μ|» ½Y••Y Á žË€‡  
Á ½ZuY€— ÉY€] Y• ÄÄË,Á ¾Ë€f¼- Z] ¥|Ä •Y•Z] Z] \‡ZÄf» cY€ìì  
Y• %Á€§ •{ dì-§Â» μZ¼f¼Y‡|ÄÄ€€- €e duY• Y• ÄÁ€  
|Ä- Ê» Šìá •Y Šì]

Ze ®qÂ- É Ä{• ÉZÁ μ|» Ê»Z¼e Ä- |¿Y Á{€- 1ÖYÿÄÁ€³ ½Y€É]ÄY€  
...Z‡Y €] Á {€] |ÄÄYÄy ž“¿ ÉfÂ.ÄÄ°e ¾ËY •Y ÄÁ€³ ¾ËY |È|m -‡Äf  
½Äì,ì»Y Šì] %Á€§ ¥|Ä ÉfÂ.ÄÄ°e ¾ËY {Á.Á •Y ¶•Zu |ËZf¿  
|ÄÄì] Ê» ...€f‡É.Ä|ZÈM,œÿ,ÉÁ•{Ây €ZuZÉ ½ZÆm Éf Ä• Á É{Z•f«  
¾ìáq ÉËœZœf,Á•Šìá ½ZÀì¼—Y  
ÁMQB Z] Ä]ZÄÖÁÉÉZÁ»,ì-Z¿M Ä- d‡Y Ê€È||.Á€< É•Z‡Ä€³Á€´É,]ZÄZÁ€  
|ì.Âe ÉY€] Éf€¿YÄÄÄZÄ•ZÄ»ÄÄ,ÄìŠVæZ- É  
Á Ê‡|ÄÆ»ZÄÉ|VÖÁZÉ,ì¿ Á ,|È|m cÖA•v|È|m ¶^¿ 1€§ d,a ¾ËY ÉÁ•  
|¿É»Ä,É•Z‡Á•{Ây d Ä• •{ Ä„ÉÁ Ä] ,{|ÁWGOOLFÁ,SKODAEÖSTAVIA ÉZÁÁdÄY  
Äf<• |ìeZ‡Y Á ½ZËÄnœ¿Y{ÄÄì‡|ÄÄÄ] ÉX€Á |μZ-um•Á |ÈZ]reSÄY LÄOM|<  
±•,] žËZÁ• €œ¿ Á |<Z] ®ì¿Z°» Ê‡|ÄÆ»ZÄZÄ.Ä] Ä-‡|ÄÆ»ÉZÄ Ä-  
|Ä- \,m ,ì¿ Y•{ ZÁÁ•{Ây ¾ËY ŠÆm ,|ÄÄ- Ê»

ú Autobild.de

û Autocar.co.uk(Official website for AutoCar Magazine)

ž]ZÄ»

μZj» dÉY€½ZœSÔ‡YÈÄ\$ ¶WZ^» Á  
,|<μ|» ¾¶Y¿ ¾Ë, VÄZGOOLFÄ- ¶ì]Ä» Á  
Ê•Zu •{ ,Ä{€- Ä]Èmœ |Y••¶^Éf§€C  
•Y Á {Ä] Ä|< μZ‡fÉÖOLFÄYœ< ¶^¿  
|< Ê» [Ä^v» Ê•Zÿ ÉÁ•{Ä

½ Z ~ · | ì ‡ ... | À Æ »

, È € ^ e \_ Z q Ê Ä Ì Ì · Ö Æ - Á ¿ € ³ È

• | À , ì ‡ Z È É · Z ° À ì < Z » • { Ä | < | ì · Ä e ¹ Z y n » | Ä z | ‡ · Z Æ q Á · É · Z ° | M » , ¹ Ä Ì f Ä | »  
d È Z Æ ¿ · { Á Ä | < É · Z ° ] M d ^ ì ¿ Š u € - ì · Ä | · Z ì ¿ z € ' È Á - Ä | · É · Z ° ] Š z ¼ ° €  
{ Æ » ® u

| ì · Ä e ½ M · { \_ Z q ¹ Z n ¿ Y É Y € ] 9 ¹ · C  
{ Æ »  
{ Æ » | ì · Ä e ½ M · { · Z ì ¿ { · Ä » d 9 Ì ½  
| ì · Ä e Y · \_ Z q Š z ] | Ä , † Z Ì Ä - { Ö » d  
| Æ »  
Z È · Á Y € ³ Ä e Ä , Ì ¹ É - Á Z ] \_ Z Ä d È Z 9 Æ ¿  
| Æ { » ¹ Z n ¿ Y Y

² Ä È Á Y Æ ³ Ä € Á · ® È · Y ¹ ° { Z ‡ Š È Z ¼ ¿

• | À , ì ‡ É Á · ® u Š z Ä † · Ä € Ä , - É É Ä , u € Z È ² ¿ Á Y € ³ Ä e Á ·

¹ Z y · | À , ì ‡ É Ä Ö f ^ d - € < ° Ä Ì Š ¥ Z · Á d © É · Z q Ä , Z Æ » M \ - €  
µ Ä , v » { Ä Ö f Ä r ' È Ä Z Ä { · | À , ì ‡ Š z ] ¾ È Y ¿ · Y · \_ Z q , · Á Y € ³ Ä e Á É » Y \_ Z Ä q  
· Y Ä , · Z u É Z Ä · Z ³ Á Ä f < Y { É È Ó Z ] - È q È Z Ä d ì † Z y † Ä Ä r ° Ä Ì Š e Ä Ä Y Ä ² ¿ È † \_ Z  
d Y € ‡ Š È Y , § Y È » Ä Ä Ä È Ä Ä e { Ä § - † Ä e - Ä , N Ä Z Ä · ¾ È È » Ä ¹ Z f € Ì ° \_ Z q · | Ä  
¾ È Y È » - È Ä È € f ° · Y ½ Z È € m µ Z ¼ Y Y Ä r , " Ä Ä Ä Y Z Ä » Ä Ä , É · Z S Y Ì e È » Z Y Ì · Ä e -  
Á { · Y { Y · | e Z - Z È È " Ä » \ ~ « Š - ¿ µ Ä , Z e ¹ Ä Ä † { Z r È Ä , ì † ; - È Y e - Z q Y Ä ,  
Y · | ¿ M Z È d ^ j » Ä · » Ä È ¿ È Ä r ° Ä Ä Ö f ^ d - € < ° Ä Ì Š ¥ Z · Á d © É · Z q Ä , Z Æ » M \ - €  
| Æ » Z " È Y d - € < · { · Z - c Z Ì W , m Ä ] € f Ö È ] % · Y  
d † Y Ä | < Ä f y Y

• | À , ì ‡ ¾ Ä Ä Ä É Ä · ì ¿ | < È } Ä | ¼ Y Š z ] Á { É Y

¹ Z n ¿ Y † » É Á · Ä Z Z È Ä t e { Ä m Ä M Ä É Z Ä m Š z ] · { € d f j Y { · Ä » · | À , ì ‡ É · Z ° Ä Ì  
¾ È Y · { ¾ È Y € ] Z Ä M | É Ä · Ä È Ö y Ä Ä | Ä È Ä f y E Y { € a Á Ä f Ä Z ì È Y Z Ä M · É % Y € e  
{ Æ »

û Degreasing  
ü IFD Fan  
ý Nickel Plating

ú Rotogravure



1€Á ®Ë ,@u μÁ, ‡ €Á ÉYÊ} ÃZ(n 2M) | < Z] dÄfÄY{ YÁ < Æ~ ‡ YÄ YŠ - 1° ÌZe , 1/4 Ä  
 {•Y{ Ê¿Á€°ì» {Z ]Y 1€Á 3/4 ÊYÊ} | < ÄYÄy €a , 1/2 M< ÄY YÄ Ä€°ì» Z z “ | < ÉY • Y {  
 ®Ë μÁ 1€Á { {Z Ä e d`ì¿ Žìzœe ¶ ]Z « t, ^ » €ì£ °œq Z] Ä°ì¿ ÊÄÄ { † »  
 | < Ê } €Ë Ä • e s Ä “ Äf 1/2 Z 1/4 Ä €f »  
 1/2 Ä €°ìÊ • Y { Á | u • | Ä, ÌÄ] °Äf ^ ] Ä, u €  
 Ê » €¿ , , 3/4 Ê Y Ä ] ÄÊ Ä Ä { Z } • { Ä, Ì¿  
 • Z • v ¿ Y μÁ Ä€°ì» • Ê Ä Ì μÄe, v Z ] , Ê• Z °  
 dËZÆ¿ • { μÁ ^ Ê » ¶ ÖZ ¶ Ê ¿ z ‡ } { Ä Z ‡  
 | < Ê } • €° È Ä

Helioklischograph Ä | Ä Ä - ® ¶ ° <

Ä | < ®u • | Ä, Ì¿ É Á • Ê Ä { 1 Ä € -  
 { Á | u • { | Ä, Ì¿ Ê Ê ZÆ Ê » Ê Ê ‡ € Ä | ; 8 ] † »  
 | Ä ‡ • • Y | - » 1/4 Ä Ê - Ä Z ] Ê Ä ¿ | < Z ] • €° È Ä  
 Ä v » Y • Ä | < ®Ë s Ä Ä Ä | < Ä Z ] Y { 1 Ä € - d » Z z “  
 | Ä 1/4 ¿ Ê Ä † » Äœ ° v » ¶ ° <  
 Z Ä • | Ä, Ì¿ Ê Ê f Ä - { Ä » 1/2 Walter ® Ì e Z » Ä Z Y ‡ Ê Z Ä ° Z Ä Ê  
 2 Ä Ìœ Ì • Ä a ® Ì e Z » Ä e Y Ä Z ` f ‡ { • { • | Ä, Ì¿ Y • | f ] Y Ä, u € » Ä 1/4 Ê Y » • Ê • Z 1/4 Y Y  
 1 Ä Ì Ä Ì » Ä • Ä { Z Ê 1/4 ‡ ¿ Ä Ä Ä | < , Ì 1/4 e 0 Ö » Z - Ê » €¿ ... € ] | Ê Z 1/4 ¿ Z n È Y Y • €œ ¿  
 • { É • Z - , Ì 1/4 Ê Y 1/4 Y Ê Ä Ä Ä Ä - 1/2 M É Á • , Ì ¿ Ì ^ - Y  
 Ê « Z ] • | Ä, Ì¿ É Á Ê » Ê • Z y n € Y Ê Ê Z » S Ä É Z f ‡ Y • Š < ¶ -  
 Ä | < 1 Ä € - • | Ä, Ì¿ Ê Ê ZÆ ¿ t ~ Z ] Ê Z • ¿ • Z - d § Y € CFM ] Ä Ä e Ê ¿ • 2 Ä ‡ Ä Y Ê }  
 - ‡ Ä e Ä Ä • Ê € ] Y 3/4 Ì ¿ Z Ì » Ê Z • d È ZÆ 1/4 Ä €° Ì Ä Ä Y | Ä 1/4 Ä Y • { W o Z u Ê , Ì y • Y |  
 | < Z ] 1/2 Ä €° Y » € f œ Ì Ä ‡ Ê Z Z ¿ { Ä < ¥ € - € ] 1/2 M Ê v ~ Ê { Y Ê  
 \_ Z ¶ Ä € a Ä, u € » • { d ^ e 1/2 Y Ä Ä Y Ä ] s € - • Y Ä ¿ Ä 1/4 ¿ ®Ë d È ZÆ ¿ • {  
 Ä { Z f ‡ € § € Z ¶ ] Z Ä • | Ä, Ì¿ Ê Ê ZÆ ¿ Ì Ì Ê P e c • Ä • • { Á { Ä <  
 { Ä Ê » † » • | Ä, Ì¿ É Á • ®  
 { Ä » ®u Ê ^ » • | Ä, Ì¿ É Ä e - Ä p 1/4 Ä W Y  
 Ä Ì ¿ Z Ì € Ä • { d Y € € “ Z ] 1/4 • Y - ‡ Ä e • | Ä,

- Stylus  
 ú ùResolution  
 ú ùPolishing  
 ú ùPerthometer  
 ú ùProofing

þ Copper Plating  
 ý Hardener  
 - Vickers Hardness Number  
 - Engraving

É ¼ < Z Å | À ¼ e { Z t • Z z Z t  
• Y ¶ • Z u c Z ( Z f e • È € c Z V Á • Á Y Ä È Ó

Z Å Ñ Y • • Z Æ q • {

| À Å » { Z n È Y È ° Z Å Z Á Y Ä È Z È a ½ Y € ] Z Æ | m € u • • Z Æ q ® È Z e | z | » M ° Á  
| À À - È u Y € - È

© € ] | Ä Å » z É Á Ä | À Å { ¶ ì ° Ö e | , f z » É Z Å Ä È Ó

È , - Ä n ì f z

Ä Y • • Z Æ q • Y È , - É Z ¼ z

É f Ä f j Y È € c Z V Á ; ì - † Ä e Ä | i € ð ° 1 Ä e ¼ e

É Z Å Z w € q • Z Ö § Z È | Z V Å Y • • Z Æ q

Y Ä Z Æ q { { Ä Z Ä } • Á { Á È È Z | À Å q z ì z { • Ä »

| À ° ] ¶ È È ° È Y € z Y Ä ]

| À Å » ¾ } P e É f € z Y Ä ] c Z - € u Á Ä Z ì Z È € e Y • V Ä È ð

.. d ì z i Ä , < É Z Å É Ä È È Y ¾ È È ^ • Z m - | z { € ] È a Ä Á € ¾ ¾ È Y

Ä È Ä Z m ¾ » € ö z Å Y • Z Ä Z Ä Y Á € ¾ ¾ Z ] Z Y É • Z | À ] È Y È e Ä X e

| À À - Ä Z

Ä { Z ì a € ] Z Y • Ä ~ y Ä f È • È È a c Z V Á Z ì †

Ä ] Z V Á • Z Á Ä { Z ì a ½ Y € ] Z Y d | Ä È Y Ä Y e

É Z i Ä € q ] Ä f ì È € f ° • Y Ä , u € » Ä ¼ È È ° • Y

• Z Æ q { { Ä Z Ä } • Á Ä È ¾ | À z Y • Á È È Z ¼ Ä

• { Ä È » ¶ - Z m Y Z Æ q • { { Ä m Ä » È ° È Ä Y •

t ì " Ä e € f Ö È ] É m | V Á • ¶ } Z Ö È q É Z Ä Y Ä È Ó

o ì Ä È »

É È Z ¼ Ä \* € q Ä Z Ä È | ì • Ä e Ä Ä v È € f ° • Y µ Z - f z Y É

Ä Z Å Z ^ z d Y € u Ä - • Ä • z » - ^ " ¶ X Ä z Ä Ö

| Ä È » È • Y Ä ¾ Z Ö È z » •

ž ^ Ä » Á • Y Ä z ¾ ì ] Ä { € Ö § c • Ä • Ä ] Ä Ä - Ä È z

d † Y Ä f § € ¾ • Y € «

E 1/4 < ZA | A 1/4 e { Z † • Z z Z †

... • Z » a , » 3/4

dve A | E Z Y I Z A ' A • Y A E 1/4 A n Y A Z ] @ 1/2 † A 1/4 E Y d ] E Z I A E ] c • A E Y E A - E Z A ] • A e e j A V e u z  
 | < Z ] A | < μ E I A « A A » d V : Y { 3/4 I } • A e A • A | i A Z A Y Z n A E S O F { \ Z } » e i | 3 d Z ] a — Z A  
 A - A | < ¶ i ° C e e | A z Z » • | A , i V E • Z » A † • Z f y Z † ® E  
 | < Z } E Z A E a Z A ] • A e e E Z † | A ] A Z A E e † Y A A • Y ... Z Z A ] • A z z • A ]  
 | A - { Z n E Y ° - A i . A Y z E A E † I ] Z A O Z A ] E Y A Z f C E 3 | A Y A f < Y { A ' z • A Z A < c •  
 e A E Y e ] Y • { A E } • A n E Z A Z 1/2 † A A - • A Z A < 3/4 E Y 3/4 I A r 1/4 A  
 • { 1/2 Z ° » Y 3/4 E Y A - o i A { e i a e d † Y \ † Z A » { Z ] % • A d Y e † A - E Y Z " e • Y  
 { • Y | z { E Z A • A † Z i

{ e A • Z < Y e E 1/2 Y A Y A } • A ] e 3/4 E Y E Z E Y , »

A A , E , A Y A E | i . A e E ° E e f ° • Y E f e z Y | u Y A e A E Y • Y A ] 3/4 3 Z » • A e A •  
 { • Y { d ] E E • E Z A ] • A e A e E Z † z E e f 1/4 -  
 d i s e > • Z i » Z ] A ^ E Z - » • { 3/4 I } • A e • A z 3/4 E Y E z Z » • A { • Z ] 3/4 I ' z Z i »  
 d † Y { A y d i s e e E i - Y Z i ^ E Z A † e e E Z †  
 | < Z } | • • { E • Y 3/4 3 Z » A { • Z ]  
 Y • E | i • A A e A A E , A , d i s e > • Z i » 1/2 { e - e ] Y e ] . . A z » 3/4 i E Z e n e M E E Z 1/4  
 d † Y d i 1/4 A Y , W Z I A E Z I S A Z , X • e { A E Y • {  
 E ° E { 1/2 E A e Y • | A f E A Z A E E • E Y • Y { A - E Y Y Z A } » z « Y A E - S Y Z A A • A e { E E Z A  
 1/2 Y , i A A E , A A S A Z - A ] e n A » • Z - 3/4 E Y E f e e Y A E E Y - A e A f i ^ E e f ° - Y e e e  
 { A E » A f i ^ E e f ° • Y μ Z - f z Y Z A - y S e Y » • A Z f ^ E Y • { • A e z  
 i Y Z " » d Y e † Z e E A Y Z i E A e P Z » • A e A • { A E » ¶ - f A A ° e ] A ] Z n z M • Y

| < Z ] Y • Y { Y • A i z Z i e ] e f »  
 • Z - 3/4 E Y A - { Y { μ Z E f » Y e e O Z } E Z Y A Z A e A • A ] 1/2 Y A e  
 | A E » e E Z ° » Y Y • z " e A E Z » Z e † • { E • Y ~ 3  
 1/2 A ] ] 3/4 I » • E O Z † E A S " e • Y A ] μ Z - f z Y 1/2 Z ° » Y  
 - † A e E • Y | A E ' z A e i Z A e ] Z e y A A E A e A , | X , ]  
 ¶ i - i e m  
 E Z A A ' • Y c Y e i i e e Z ] a i ^ E z A A e A » A ] A A { A } • Z i † 3/4 3 Z »  
 | A ] Z E μ Z E Z A Z ° E e A Z A E Y A e A ]  
 E Z A « A » A E • Y e ~ " Y % e f ^ 3 { • Y A » • { Z A e z M 1/2 { A } • Z i † 3/4 1/4 " • {  
 | < Z ] | i E » | z Y A A e † z S • A ] • A ] e »

3/4 I } • A e ¶ y Y { • Y E E Z 1/4 z

z ^ A »

μ Z S e i E • Z 3 ® E 1/2 Y A A Y A ] 1 A i  
E S e A A Y < Y A A • { 1/2 | z Z » • A A † h

É€" m ½Z^uY

μ

É - § Y

É { Å ¼ Y

Ä ‡ Ä ] Ä - É • Z ° Ä ÷ Z m Y { É É Y Ä É Y É S Z Ä É • Ä X e • Y | Ä - É » μ € f Ä - Y Ä Ä { • Ä Ä Ä y Ä m Ä Z  
 { Ä < É » 1 Z n ÷ Y É Ä Ä € ³ Ä É { € - • Z - , É ~ y c • Ä • c Ó Z i ‡ | ] É ] É Z  
 c Z ^ ‡ Z v » • { Z ~ y Z i Ä M « É ] ‡ « || Ä À m • { É • Ä Ö E - d E Y Ä • É Ä Y Ä E ¼ € } S Ä e • Z ‡ Y € ] • { c  
 t f §

Ä E { z ð ì m Z Ä E { Ä » € e É Ä Ä Ä Y € S • Y { Ö Ä § Z E ¼ Ä M • Y c Z Y • Z Ä • É • É € Ö Z  
 Ä | ÷ { w € q ÷ @ É Ä Ä ¼ i ] É • Z y ‡ Z Z § • € p - » Z ¼ e Z - É € S M Z Ä É Ä Ä Ö Y € S • { É  
 ... € ³ Y • Ä Ä Ö Ä f < ¼ E E » Ä , ]

É ³ | » Ä € e [ Z † É Ä a • Y d • Z u Ä | Ä Ä - ½ Z i ] É , Y Z § d " ½ € « É Ä ^ É Ä S y f Z Ö S { É € i ³ Ä • Y | ÷ Y  
 c | < • Y ¼ { € Z ‡ ¼ f ^ Ö ÷ É Y € ] Z Ä Ä ÷ Z y • { € ] Ä - É E Ä ° ‡ Ä É { Ö i » ° Ä {  
 É f u Y • Z ÷ Ö ] € - d { É Ä Ä Z Y { M € i ð , Z § {

Ä ¼ • Z E ~ a ° y É ° i ÷ Z ° » É Z Ä Z • Ä - É ° i » Z Ä E { Ä » € Ö i É Z i ‡ Ä | Ä - É »

Ä ö v É z E ¼ i Ä • Z Ä Ä Z < ½ Z ÷ Z » € Ä « • Y É » Ä { Z " f ‡ Y Ä € ð Ä Z { Ö É Ä E ‡ ÷ € ] É Y € ]  
 É { Z Ä É ; g ^ e Ä § d Z Y { Ä • Ä { { Ä < Z

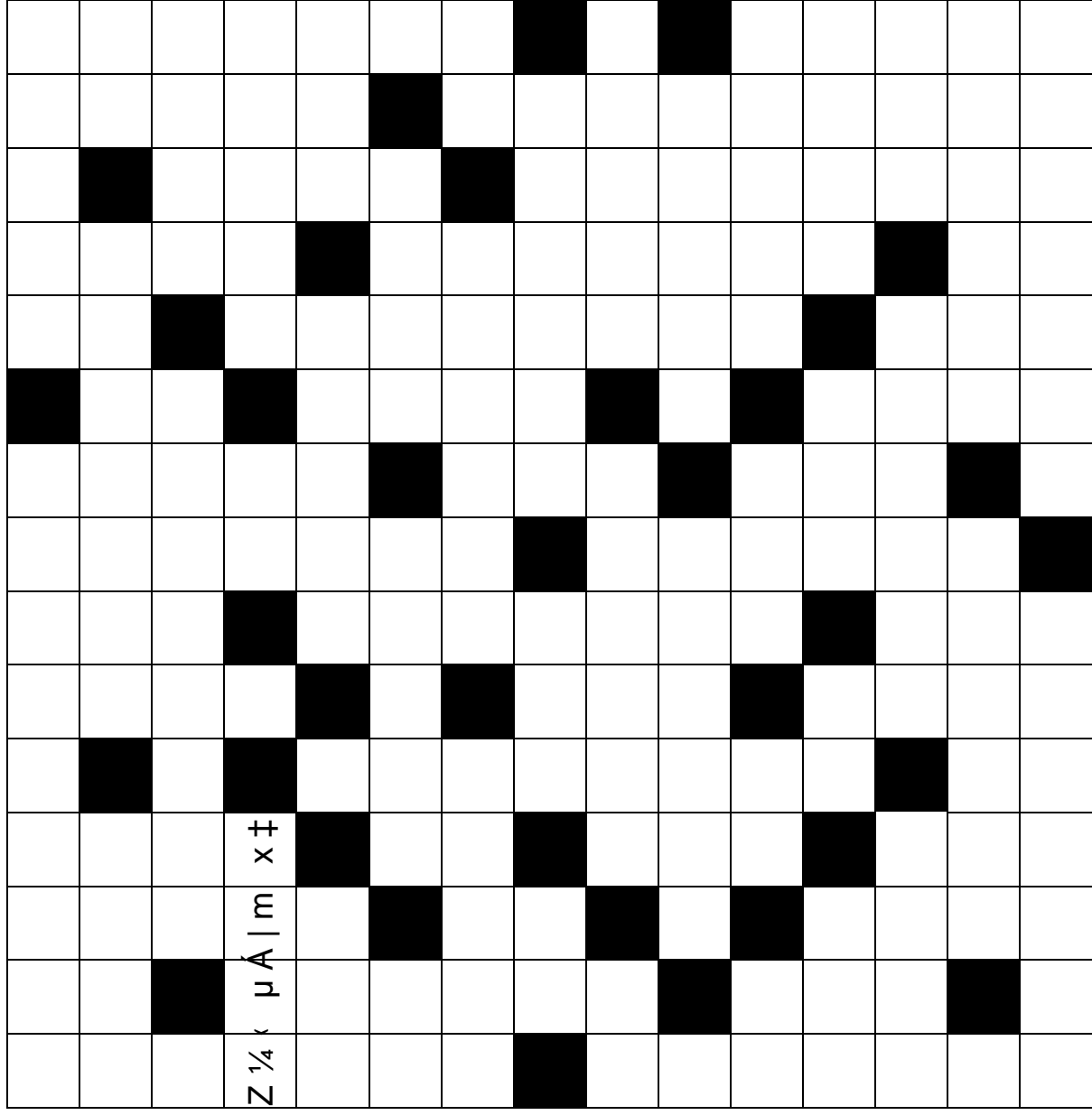
Ä { @ i » Z Ä E { Ä » € e • { Ä { Z - Ä Z y Ä • Ä Ä » Y É Z Ä • Y , ] Y • Y É ° E e Ä f a € Ä Ä • , t " Y Ä  
 • Y d Ä m Ä E € f ° Y Y ½ Z E € m Ä - É ° E € f ° • Y d ‡ Y É Y Ä ~ € z i ÷ ÷ É ÷ i e \ i - € e  
 | ] Ä - d ‡ Y ¼ É • } M É Z Ä | Ä ‡ É É Z Ä Ä É ÷ Z Ä y Y É ° E

É - ÷ i ‡ Ä » É Ä Z ^ É Ä y v » É ÷ Z - ¼ E € e d z ‡ ... Z Ö Y Y Ä ½ Y € E Y Z ‡ É É » É i ÷ Ä  
 Ä É • Z i y É { Ä Ä Ä y a ^ ‡ Y É • Ä Ä E ¼ Ä Ä Ä i Ä • ... Z † Z ] Ä { Ä Ä E € k u Z e Ä Ä E E Y • Y {  
 d ‡ Y ½ Z ^ ÷ Y Ä i ^ < % o Y ¶ ° i Ä Ä - É Y Ä ÷ Z ^ § Y ½ Ä ³ € f É E Z y Ä a

É • } M É Ä Z ÷ É Ä i m Ä • • { É { Ä • { , É Y ± • Z ÷ Ä € É ¼ Ä • Ä y d i • Z y É Y • Y  
 ½ ÷ Ä E • Z °

1 • • Ä É ÷ Y Ä , Ä e a Y É Z Ä € ½ Z Ä O Y { É Z Ä E Ä E  
 Z E | Ä Z E ³ Z a ] Á E y € f { É E Z i ÷ Z b ‡ Y É Z Ä \ - • Y É ° E ¼ i » Z » Z ³ ¼ Ä M • { ¼ ] € - É Ä i Ö E ÷ ¼ Ä a  
 Ä | Ä Ä - ¼ { Ä É • Ä { ¼ { Ä Z " É € Ö e Ä c Y • € - » Ä ] | Ä » Ä « Ö Y É - € e

o f ^ i ‡ É Ä Ä i » • • { É , ¼ • Y ¼ i ] É Z Ä d Ä € < ¼ E € e Z Ä • \ Z « | Ä Ä E » • Ä É Ä Ä Y  
 d ^ E • Y | É Z x Z o { Ä Ä e • Y { Ä © € ] | É Z Ä É » S Ä Z - ½ Z n Ä § É m • Z y €



• Á Z f œ ³ Ä Ë € œ ¿ ¹ Â ‡

• Z ¼ κ μ Á | m x ‡

½ Z ... | ì ‡ ... | À Æ »

SolidWorks • Y, § Y ¹ € ÿ ® ¼ - Ä ] Z ¼

Z Á ¹ • € ÿ § É € ì ³ { Z È É Y % ] Á • Y • µ É | Ä } Z  
h ÿ Z Ä ÿ É Y E ] € Á Z c È « d Á Á È Ä Z ¼ - Z » Y  
Y • ½ Z C E ¼ ‡ Y Z ¹ E À e È Z € ] ° È Y « È » È Z  
{ • Á » • { \ , ~ » ¾ È € e | ì " » Ä v " • | À q  
¹ | « Ä ] ¹ | « c • Á • Ä ] È µ SolidWorks ® È Y 10 Y |

k • Exyt É Á • ® Sketch Z ¼ ^ « • Y Ä , u € » ¾ È Y ¹ • € ÿ § ¾ È Y ° ‡ Y Z Æ À e Ä - ° Á È  
RightPlane É Á Tree Area , ` q d ¼ ‡ ½ Ä f È » • Y Á ° È Ä < | ÿ Ä < Z Ä < M ½ M | ÿ Ä < È  
° ì Ä » ® ì , - Ä ] SolidWorks, - ì v » • { Y • € È • É È ¾ ì a  
° ì Ä - { Z n È Y , Ä

[ Z z f part Á • Ä { € - [ Nzv File Y d Y ¼ ^ « • Y  
° ì Ä »

É Á • † b ‡ Á Ä { Sketch [ Sketch Š z Y • • {  
° ì Ä » ® RightPlane

Á ® ReferenceGeometry É Á Features d ¼ ^ « • {  
° ì Ä » [ Z Plane Y Ä Á • È , ³

° ‡ • È - § Y - y ® È Li Á Sketch Š [ Z ] z † { Y Y  
° ì Ä » ¾ ì ì e SmartDimension ® ¼ - Z ] Á  
Z ] , µ Z ] ž ~ - » t ~ ‡ Ä ] Ä | < ° ‡ • - y  
° ì Ä » ° ‡ • Y Sketch [ Š . z. ] Š ( ne Ä Ä È , ³ [ Z

É Á • ` q d ¼ † ½ Â f † • Plané Â Ö z Ë X { É Y € } É Z ¼ ¿ Y • Á ã 20 Â ¼ ¿ Y • Ä , • Z § ` q d ¼ † ½  
° ì Ä » [ Z z f ¿ Y Ä X Ë , ³ P Á n e © ì , - ° ì Ä »

t ~ † Á e a t u r e s d ¼ ^ « L o f t { Ä À Ë , ³ © ¼ - Z ] µ Z u  
° ì Ä » © ì , - Y Á • [ Z z f ¿ Y Y • ž ~ ¬ »

[ Z z f ¿ Y , ` q d ¼ † P Á n e f † [ Z Y f ¿ Y Z ] µ  
° ì Ë Z ¼ ¿ ° † • € f ° q Â - • Z ] ¾ Ë » Y

Á e a t u r e s Š z ] M i t r o r [ Z z f ¿ Y Ê Z ] Ê ½ U Á e  
Ä ] • | Ë Ö ³ © Ë Z Ä ì Y Ä Y É € — , ± • , ] ž ~ ¬ » t ~ † [ Z z f ¿ Y  
{ • Á M d † | ] € Ë • c • Â •

| Ä Ê Z ] € Ë • c • Â • Ä ] € y M Á µ Á Y

- ì v » • { { € } • Z - € a É Z Á • Y , P Á Ë Y Y • { Ê y € ] Z ] Ä , u € »  
° Ë | « S Z i Ä w o r k s







½ Y Â e Á É ¶ ∈ ¿ Y | ì · Â e

• Z³ Á T M " ¿

Á • { Â y z È Z À •

É e • Y ∈ U ^ È Z Á

Y Â Á Á [ M ž " Á c Y ∈ ì i s e È ~ ì v » É Z Á { € } • Z -

É • Z † ® À y ¾ ì À r ¼ È { Z Ä ¼ Z ; Á ® Ì ¶ Á € f ° · Y

® ì ¿ Á € f ° · Y c Z ~ «

| È € ^ e Á Ä È Ä T E » É

• Y Á d † Y C Ä È È Ä f ¿ Ä Ä » F Z u e n € j Y ½ S Z ] • 1  
{ Y Á » T Ä È M € S € ¿ Ä ¾ È Y € E } { Ä € E ] ½ Z ] • ¾ È Y ≠ Z ~  
Á Ä Z Ä { \ † Z À » • Z É Ä Z † S Z ® ì » Z À È { Z  
{ • Z † ¾ ° ¼ » Y • ≠ Z ^ † Z V » u € € Ä -

UDM UDF UPS • Y È » Y Â z y ¶ È V Z ~ · È Y € ]  
Z ] Ä È » U s z r ] D e f i n e d S c a l a È Ä » U D S ] { Ä ¼ ¿ Ä {  
! È Y È T r a n s p o r t E q u a t i o n μ Z - f ¿ Y È » { Z M • Y Y Ä  
½ È m ½ Ä f l u e n t È • Y c Ó { Z » • Z ¾ Y Ä ( α Ä  
Ä H e a t T r a n s f e r c • Y ∈ u T u r b u l e n t Y d ¿ Ó Ä f l o w Ä e ,  
U s e r D e f i n e d È Ä » U D M | < | Ä Y Ä y ¶ È Z † Ó  
! È È Y € j † ì | ½ M ^ 1 Z ¿ • Y Ä È » M e m o r y ¼ Ä  
• { , { Ä < Ä { Z ~ ¾ Y • Z Ä Ä c e S { È » u { Z ~ f † Y  
Ä Ä | < d Ä S Z Ä Y Ä c e S Ä P o s t P r o c e s s i n g È Z Ä Ä »  
Ä » Z ¿ , U D F ½ Z ] Ä È » Ä S Z { Ä ¿ Ä C o n t o u r • Ä f ¿ Z  
Ä | < È e ž È Y Ä U D F ¾ f < Ä Y € ] È F l u e n t È È Ä ¿  
{ Ä ¼ ¿ Ä { Z ¾ È Y •

ž ] Z Ä »

• Y , S Y ^ 1 € ¿ { €

. [http://wildeanalysis.co.uk/cfd/software/ansys/fluid\\_dynamics](http://wildeanalysis.co.uk/cfd/software/ansys/fluid_dynamics)

É Ä • Z f l u e n t Ä - È Ä { Ä • Z m Y Ó Z ] È È Z Ä Y  
{ Ä < Ä f S € ^ 3 • Z - Ä ] ¶ È } { • Y Ä »

. <http://caeai.com/fea/software>

Z " S Y Ä Ä T M z È Z

• Y , S Y ® ¼ - Ä ] È e Z ^ † Z v » [ Z t - Ó Z ì † ® ì » Z À È {  
x s Y Ä • ... | À Ä » Á È ¿ Z r ] P i e u e n t ... | À Ä »  
¶ • Y È ¼ ì u •

Z ¾ Ä ì < Z » Ä ¶ • Ä

È ¼ ì < Ä € f a T M Y , ì

ÊËZ-] É|Æ»

Ä¿Zì»•ÁZy Ä

|ÀÀ⁻ d⁻ε< ÊeZ»ÉZÀ ÔÊ⁻}{'kËYZ]₂ q] }¿ \†ZÀ» ∈^×ÉÁZe •{ Ä¿Zì»•ÁZy É  
 Äf|¿ Ä\* †ÉÊ|•Ä^¿Zf†Y ÊÉZÄf ½ZZ•EÄ]É Ä ¿Zì»•ÁZy ÉÀ\$ Ä^†Ä» ½YÄ]  
 |Äf^Ä Äì⁻εe [Ô⁻¿Y xE•Ze ÄÊZä Ä¿Zì»•ÁZy ÉÁ\$ Ä^†Ä» ½YÄ]  
 .|< ÄfyZ† Ê†ÄÄÆÄ

Äf³ QDTÜ ½M ÄMETÄ⁻ ZÈ Ä¿Zì»•ÁZ  
 d†Y•Z°¿M •{ ÉÄÊ} Ê

ÄZ'ÖE¿Y{ ÉÄ³Ä.

Ä⁻ Ê¿ZÆm ¾ì•Y» {Ä|ÄMÊ†ÄÄÉœ¿ ... Z†YZe] µZWE} {Ê†|ÄÆ» Á 1Ä,ÿ Ä]  
 ©ÌÀ°ÖE ÄYZ{ ,Ä]ÄMÄ ÊZæÿ Ê•Zÿ cÔì•ve' Ä⁻n» Ä^†ÄÊÿ Yα< %•Ä»M Ê•Zÿ Ä:  
 d\$É³ •ÉZÄZ ½Z¿Eµ ¾ÄÊÉ•É Ä¿Zì»•ÁZy  
 d†YÄ] {Zf†Y Ä] ÄnÖE¿Y{ µYÄ eÄ"dy

ÄZ'ÖE¿Y{ ÉZm d^ìÉZÄZ'ÖE¿Y{ÉÊ»M•{ ÄÄÊ» WÄ•Y Y• Ê†ZÄÄZZÖE ÄÉZÄ³ÖEÿ  
 ½M 1Ä{ Ä{ ••{ d†ÄqZ†Z» ÉfÄ•ÄÄ°e ÉÄf|f^Y ÄÄY ÄÄ} {YÄZÄ} {YÄ•YÄ} ÄÄ  
 {•Y{ •YÉ†•ve Ä•Z⁻ Ä] ZìÄ¿Zì}z•ÄZÄÄZSÖ  
 ÉÉ†YÉ†•Ä\$ÄY{½•Y•Ä¹ÄM ©É {Ä|u  
 •Y ZÆÄÄÄ»Ä [Zzf¿Y Y• Ä¿Zì»•  
 ÄZ'ÖE¿Y{ Äf\$ÉË~a ÄZ'ÖE¿Y{ ¾Ê  
 °Æ† ¾ÄÊÉÖEÄ¿Y{ cZ⁻ì⁻ve Ä¿Ó  
 ÄZ'ÖE¿Y{ \$ZaÄ•Y ÄÉÄZÄ€x ÄÄZ»•  
 Ê†ZÄ<•ZÖÄf,ÄZ\$ •Y \$ÄÊ» [Ä^v» Äì  
 µZ†|¿•Éxεd¿ É,ì¼°e cÔì•ve  
 ε¿ , Ä⁻ d<Y{ ÄnÖE¿Y{ \$ì] Ä¿Zì»•  
 |<•Y Ê†ZÄ<•Z⁻ ,Ä•ÄÊ†ZÄ€°Z⁻ZÆ•Ä  
 ∈ÄÄ{Ä]Y†ì•ve Ä] µÄÄÄ»•{YÆÆÄ; NÄ

ÄZ'ÖE¿Y{ •{ °,ÿ dy•{ ½YÄÄÿ Ä] ÄÉZÖE¿Y{ •{•Éì]Ä]YÄÄÖE¿Y{ \$ì] Ä  
 ½Z]Ê¿Y∈ËY ½Z]ÉÄÊÖEÿ{v eÄ,ÄqmÄ,  
 Z]|ÉZ] ÄZ'ÖE¿Y{ ¾ÊY ½Zÿ ÄZÖE

¾ÊÉÉ|« •Y Ê°Ê Ä½ÄÄ{Y µZ† ÄZ'ÖE¿Y{ ¾ÊY ½Z]• Ä⁻ Ê¿ZÆÄn  
 |<É]» Ä¿ÉÄZÄÖE¿Y{

⁴ Middle East Institute of Technology  
 ⁵ 2UWD 'R÷X 7HNQLN hQLYHUVLWHVL

Ä z Zì » • Á ZYÄÄ°ZOE QEY{Y { É

Ä z Zì » • Á ZYÄ Ä Z]Z

{Y| e d±Y Ä ,ñz f• Y,ÄÄY • Y{ Ä Z´OE

ÉY•Y{ É•Y|ÄÉY dZ ZÉ•OE zì z Y• É•Y

É•Z 1Ä |» OEY{

of^ì zÉ•, ] •Y •Ä~|» ZÄ Z,OE zÄ{^

€ÀÁ Á 1Ä ,Y Ä |°OE zY{

d±Y •Y{•Äy€] Äì

É{Z•f«Y 1Ä ,Y Ä |°OE zY{

É«•Ä» M 1Ä ,Y Ä |°OE zY{

Ä Z´OEÉYq e Á 1

É±|ÄÆ» Ä |°OE zY{

ÉYÄZ´]YÄY½•|» ÉÉÄnÉY•Y{ Ä Z

{Ä|Ä ZÄYÄy<É]SÄYÉYÄZ´]YÄY½Y€

Ä z Zì » • Á ZYÄÄ°ZOE QEY{ve %•Ä » M

,1€´]MÉZÄZ ZÉY d±Y ZÄZéY d±Y €

•ZÄ{•Äy±ZÄ´]ZÄZ´» YWÄÄZÉZÄ´Z»

d±Y ¾ì» Pe 1Ä ZÉÉÉ

É{€]•Z´ cZì“ZÉx %•Ä» M , -€»

Ä Z´OEZÄ{ÄÉ

®ìeZ»•Ä“ zY x%•Ä» M , -€»

É€fOEì] •Zìf»Y •Y ÄÉYOE§Y{ÉcYZE]

ÉÉZÉ•{ 1Ä ,Y x%•Ä» M , -€»

{ |ÉZ] ÄnOE zY{|ÄÉ»Ä}|ÄÉZÉ•Y{ÉÄY

É{€]•Z´ Á É ì^— 1Ä ,Y %•Ä» M , -€»

|´Z] Ä{€´\´YY€eÓZ] Äf§•

ÉY½mY 1Ä ,Y %•Ä» M , -€»

ZÄZ´OE§€{» Äe 1YÄzi» | ] Ä] ¾ÉY •Y Ä´ |É|m Šz] ®É Z»Y

Ä» €É•Ä»ÄM Z z€] Ä´Z]Ä´. ZÄSÄÄfÄSÄ“Y” u ÉÉÄÄZSÉÄSÉuÉÄnOE€Y{c•Z

Z¼< Šz] ¾ÉY •{ d^Ä Ä—Ä]€» Ä Z´OEY{1•{®ìeZ]•É±|ÄÆ»“Äf”•Ä¼Ä

Ä• ÄOEì» †ÉÄ Z´OEÉY{ZÄSÄÄfÄSÄ“Y” u ÉÉÄÄZSÉÄSÉuÉÄnOE€Y{c•Z

|ìÄ´ Ä|ÄZOE» ÉY€] É{Z< °±Y€» µZ± €Ä|ÄÉ» Ä

DEPARTMENT OF MECHANICAL  
ENGINEERING

{ÄÉ» Ä{Y€e ½ZÉ

Head of Department: Prof.Dr. SÜHA ORAL

Ä Z´OE z•Y{Ä cZ´ì±

Web adres:http://www.me.metu.edu.tr

cZ z Z°»Y ž¼fn» {•Y{•qìOZZSÉÉ+e

METU Academic Catalog

É•Z] ½Yµìz^eÄS 1ÉY†Ä ÉÄY ZY{ Ä Z

Undergraduate Curriculum

d±YÉZÄ] €zf±Y ÄµzZ†;YÄe





É•Á•Â ¿ ¼ì»•M

¶f¿Y€a ²ÀË

{€⁻ [Zf⁻ ÉÁ••Y ¼f» ½|¿YÄ± Ä] •ÁZε-f¿ÀÉZÄÄZÄfYÁZ» ¶Á¿€€a ž]Zε  
 €yYÁY •{ Á dy%{€Á 0€i¿ZÄZÄY•ÁY ÉZ»¼,»•Z Á § 1É{Y€SÁÉ» |À0Z]Z Á c•Y  
 |¿ ÉËY|f]Y Ä±•|» {•YÁ μZ± ¼|¼Á  
 ¶f¿ ¶f¿Y€a ÄÄZ ¼•M |À ¼¿É¿YÉ€mZ  
 1Ä,Éa 0€]ÉÄÉ 0,ÿÉpÄ•iYZ¿M Ä ±Äe  
 μÄ•ÿ“ÉcÄa €] ÁμZ± •É,^{\Ä] Ä|¿ c  
 ¶» É¿ ÉZÄZu Á •Zy d•Zu •0i»ÉÄÄ•  
 ÁY cZ •Z~» {Y{ %0€½Á {ÉÄZ0ÄS Z  
 É~y d'ì•É•ÄX•ZÉ ¶ÄS€•€ 0ÉS €Ä] €nA  
 |¿

¶f¿Y€a Ê´•Z± Š¿

{€\^~ Ä±•|» •{ Y¿ÄμÁ ¼ 1Z Y »μZ± •{ {É» Éœe ZÆ¿ MÊÄ•ÁÉZÄÄ•€Ä|ÄZ  
 €^» Z{b ±¿ ÄfyZÀ¿ μÁÉYÉ{¼Y Z ÉÄÄÄÄÄÄ Ä] {É» Éœe ZÆ¿ MÊÄ•ÁÉZÄÄ•€Ä|ÄZ  
 •{ l0Ä Ä±•|» Ä] ¼•0ÄÄÄÄS €¾a°  
 ¼¼Ä €yYÁY •{ |f±É {É¿Ä•|ÄZ\XÄY €Æ¿  
 ,¼Ä» €X Y€³ Ä±•|» Ä]•0ÄÄÄÄY d]S€pZ±  
 Ä] ½M •YÉf pÄÉ Z]Æ,¿Äqve %0•Á€a Á %0•Ä» M {ZÆ¿ Ä  
 Ä] l0ÉY€] - -É»ÉÄ|¿€-ÄZ´]YÄÄÄ••¶PÄ  
 dœÉ»•Z] Ä¿Zy

¶f¿Y€a Z{ÄZ•Á|ÄZ•}aÄ ¶f¿Y€a •|¿

¶f¿Y€a Ä{Ê´•Z±

ú úDomberg hill  
 ú úLudwing-gymnasium(grammer school)

ú Theodor Von Kärman  
 ú Theodor Meyer  
 ú Ludwig Prandtl  
 ý Booundary layer  
 þ Thin-airfoil  
 ý Lifting-line theory  
 - Alexander prandtl  
 - Weihenstephan collage  
 - Freising  
 ú úMagdalenna nee ostermann

Z] ÉÉ½nZ {•Â » ïá ÉÁ ÿZZ»»Z´DE ÿYZEþa •{ c| » •{ ÁTUM ÿk ÆÀ § ÄZ´CE ÿY ÿZ ÿY Á  
 ÉY €] Ì¼ MÉS•CÁÖ Äs €‹ ÄJ ½M Ä{WÄVYY Y•d § ¶¶§ d ÿÄ Æ¼ ÄSÁ Y• {ZÉY€f ÿZ ÿY Š‹  
 ¶•{ ÄÉ ÿÉZ| m ÄËZ {Ä }¼ÄË ymY ÿÄ äy ½AZ ± Éu Y €— ... |ÄÆ » ½Y½ZÄË• ÄÉ] Ä» Y ÿ Z  
 ¶ÉY €ÉÄ Ö ÁÉÄ n CE ÿY ÿÉ] Ä“q e ÉY€ Ö Ä ® Ì°ZÉZ ÿ { {•Y» Á ÄZ ÉU ÿY €— Z] Á Y V E (rÄe)  
 Ä | ÿ {Y { ¹Z n ÿ-Y ¼ÄÄ•ÄÉY eY ÉZÄZ ^ ] ¹•Á § Š» ÄZ´É ÿd]ZÉ Z e ½ {•Á M ÌÄ ÿ¼ Ä Ç ÖZ Ä  
 |‹ Ä m Y Ä Z ] d ^ {É ÿ { Y € f ¼ Z ] ÉÄ Z | f M {Ä Ö ÿ€ Y •  
 µ Ä ð CE » {Z f € Y § ÄÄ Y ÄÄ ÿ• |Ä ] { ¶ÉZ ÿY €  
 |‹ ÿÉ• |

µZ ÿ •{ ¶f ÿ Y € a •Z ÿ d ÿ { [M ¶ ÿ Ä e

ÄZ´CE® ÆS(EÄ•§ Ä ^ ÿÄ Z e þ h Y Z] ¶É ÿ € a Ä•Z ÿ »  
 µZ ÿ •{ d § €³ ÄÆÆ Y ¶f € Y € ð ¼ÄMÄ ÄÄ³  
 cZ ÿ v e € » ¾´Ä e Ä³ ÄZ´CE v ÿ Y ¶ ÄÄ {€ f ^³ cZ ÿ € § Ä ÿ Z Ä É Ä S | Ä ÿ ¶ f Ä Ä € ð É  
 {•Á M {Ä ÿn«Ä °ÄÄ ÿZ•É Z n Ä•É ¾•Y d § € ÿ¼ k Æ ÄZ ÿY •É ÿÉ ÿ ÿ ÿ ÿ •{ ¶f ÿ  
 Z] Ze ÉZ ÿÄZ ÿ { - Ä ^ÉZ X ÿ € ÿ Z ^ ÿ { Ä }¹Z´Ä Ä ÄÄ § d S ÿ Ä ¶M {Z f € YÉ•Z f f Y Y Ä y  
 •{ Y • {Ä y e c ¶ f ÿ Y € a , {Ä J ^ Ä®Ä Ä S d ÿ |] Ä f § • •Ä ^ § Ä É•Z € ÿ Y {Ä Y € Ä Z ÄÉ Z´f ÿ Y Ä  
 Ä, Ä] cÄ Y M ÉÄ Ä Z Ä Z ] ÿ ÉY €] | •M ÿ Z {•Ä » ½Z CE³ •, ] € f y ¼ •eY ¼ € Y ¼ Ä ] ÄÉ• Ä Y S Ä €  
 ¶f ÿ É•Ä x e - Ä Z Ä •Ä f ÿ { Y ÿ ÿ Ä » Z ÿ Y | ÿ É » Z ÿ pÉJÁO Ä Ém Y Ä {•Y |Ä f §  
 ÄY |‹ € CE ÄÄ » ÉZ ÿÄZ ÿ { d ÿ Y ¶ Ä € » € f ^ r ÿ Ó  
 ÄJ ÄY { ¹Z ÿ ¼ y É ¶Ä § € {•ÄÉ•Z •{ ZÄ »¼ Ä  
 Z É € Éu Y € -É ÿ Z Ä Y M ÉZ Ä Z Y Ä Ä cÉ ÌÄÄ » ¾  
 ÉZ ÿÄZ ÿ Y Ä ÿ Y Ì¼ y É ¶Ä § € Ä |‹ ÉÄ Ä Z ÿ ÿ ÿ Y Z CE  
 {€ ¼ YÉ¼Æ » Š-Ä ÿ µZ ÿ Y ¶É ÿ³ ÿ € ^ÄÄ |v »  
 d Ì - ¶ » Z ÿ v e Z³ d ÿ Y ÄÉ u Ó » {ÉZ Z ]  
 € ce ÿ ½ÄÉ ½ Z » • ½{M ] Z ÿÄZ ÿ Ä ÿ Y {€³ Ä ± Y •{  
 cZ •Z ~ » Ze d ÿ a Z ÿ Ä Z {Z Y € Y oÉ Z ÉÉ  
 Ä f | Y ÄY Ä f y o Z Ä É Z Ä Z Y Ä Ä É Z Ä » É c a ÿ  
 |Ä ÿ Z ]

‰ € ^ ¼ Ä Ä Y € ¼ Ä Ä ] ¶f ÿ Y € a

ú ýGöttingen  
 ú - Kaiser Wilhelm for flow research  
 ú - Fredrick Lanchester  
 ú - Albert Benz  
 ú ùMax Munk  
 ú úCambered airfoil

ú üThechnische hochschule Munich  
 ú ýAgust Foepple  
 ú þTechnical University Hannover



Ä - @É| <É» Ä {É|{]ÉZ,ÄZ †{ Z"§YÄÄ °,ÿ 1ÄY KÄY1Ä ÖÉÉ X KÄÄ ÄZ»€ • Á ÉÄ X ÖÉ ÄY{ Á ¶  
 ½ Y Ä Ä ÿ ÖÄ ,ÉÄM Ä f m € ] - y - ZÉÖ ¶ f z Y Éca ]ÉZÄÄ Ä | z {Y { % € f z † • { Y • ÉÄm ©  
 d § € ¶ f z Y ÉÄ Ä².ÄÄ - , u, |½ M Z Z z ; YÄ {Z ¼Y{ Y É{ZÄZÄÖÉ Z † ÄÉZÄm YÉ - ZÄ ^ z  
 • ½ ÉÄ|É ÉÉŠÉY , § Y wZ ¶ f |ÿ € € k Y Ä » Y  
 ¶ z Ä e ¶ YÉÉ ÄÖZÖYZ¶ v © ÉZ ] { ZÉY ¶ f j X e  
 ¾ ÉÄ ] !.Ä { M Ä YÉZÄÄ • Ä ] ¶ z ; Y € ÉÄn  
 ÉZÄ z Ä z ¼ e | z {Y { ÉZÄÄÖY Y ÉYÉÖÄ» ©.  
 | z Ä »Éu Y € - Ì¼ÄÄf » Y¼ ÄZÄZ Y¶ Z z Z É e Ä •  
 , ¾ » ¾ZÄ § • Ä{ÄÄ XÄe} Ä Ä •É © Ä § %ZÉZ ^ 3  
 | < ^ Z n z Y ¾ ' Ä e ÄÉÄÄ ZÉ ÖY

¶ f z Y ÄÉÄ { Ä . Ä - , u

, ¶ f z Y € a | . Ä e • Ä € . Z † ÉÄ ] § {ÉZ} e ¶ {Z • » Ä | Ä É ÿ € ½ M Z e † ÉZ,ÄZ ¶ Ä { € † † z e Y •  
 ½ Ä § | < Y | ÄÄS ¾ Ä { Ä XÄÄ ÄÄÉ ¶ Ä j Ä Y € a • ZÉÉ d ÉY z ¼ Ä É » ½ Ä z z † z e Ä Y  
 É z Z ¼ • M ½ ÉZ Y • ÄY z ÉÄ Y | Ä Y ¾ ÖE m • { {Ä } • ÉZÉZÄY € † ÉÉ a - Y € e ÉÄ X É » • M Ä  
 z Ä m • { ÄY X d † Y¼ e ÄÄ ¶ f j ÄÜÖÄ • YZ z Z ]  
 Z Ä z Y Ä Ä . ÄY ] € ÉZÄÄ - , {ÄÄ] - | z Y • ZÄY Z ÄE m  
 É † Z Ä < Y Ä Ä {ÄÄ ¼ Ä • {ÄY ¼ c | Ä | d Y € †  
 d † Y ÄÉ Z Y ÉÄ • Ö z Ä ^ iÄ † Ö a

"I regard it as a great honor that I have been chosen to be the first recipient of Ludwig-Prandtl 5 L Q J « Prandtl's influence was decisive for my scientific development, and I always remember him with gratitude and reverence

, ± • , ] | ÄÉ¼ | ÖÉ • ÉY Y Ä • Ö y | < % ÖÉ • { ~ » {€ ] ÉZÄ É † | Ä ÄÉ » É ÄÄÉ °, É{ É ÉZÄ¼ ^ «  
 | Ì z É » Ä É z Y € Ä É ¶ z { • Ä » • { {ÄÄ {ÄÄW Y • Y ¶ f z Y € a † Ä Y } Z z • © » É ÄÄÉ • | a { Y Y { Ä  
 Johanna Ä f < Ä ¶ f Ä É € a • { Z Ä É S Y i É Z Ä É Ä Ä  
 É ^ | , ^ z Y ½ Z ] É z Ä ¼ • ¶Ä 1Ä Z ¶ g e f Ä r ä n d t l Ä Ä  
 i j É » € § Ä m Y € » , d † Y { Ä m Ä »

z ] Z Ä »

. Ludwig Prandtl A Biographical  
 Sketch Remembrances and Documents Johanna Vogel  
 Prandtl English translation by Wasanta Ram  
 Published by The International Centre for Theoretical  
 Physics Trieste, Italy

¶ f z Y € a z Ä É Ä { Ä . Ä Z ' » Y • M

2. [http://en.wikipedia.org/wiki/Ludwig\\_Prandtl](http://en.wikipedia.org/wiki/Ludwig_Prandtl)

½ | É¼ W Y { Ä ÄYÖ ÉZ z f S Y € a Ä É » • Y †  
 Ä ] ÄÄÉ Z Z • f y Y , { Ä ] Z " § Y Ä ÄÄÄ Y ÿ 1 z

û Prandtl-meyer expansion fans  
 ü Adolf Busemann  
 ŷ Theodore Von Mises  
 þ The international association of applied mathematic and  
 mechanics  
 ŷ Prandtl-Clauert correction

É € " m ½ Z ^ u Y

μ, Ê { | · { Á ·

Ê³ | · · Z

É · Z - É Y € ] 1 · Ó É € ° § Ê ¿ Z ^ » Ä ] | < a  
¾ Ê € Z E ] O Z É Ä Ä ¿ Y f { | | Z ] E É d † { , d < Y { Š i a  
Ä Ê È Z d n C E ¾ · É ¿ Ä Ä | < | | · v f · X S Ä Z ' C E Y Z ¿ f S Y  
Y Ä | Ä i · ½ · Ä S S u Ä É Ä Z » O R S - Y ] Z Z f É · Z i f † {  
Ä | Ä E Y ¿ E ] Z † Ä É · Z É Ä ¿ Z y · Z - d y Z † Á  
Z ] · { μ, Ê { | · Ä ¿ Z ½ · Z É Ä Ä Y ] μ Z ⊕ É d < Y {  
d ^ ¿ Y Ä Y Ä » X | Ä Y € Z Ä Ä { Ä ¼ Y Ä Ä · Ö S e · Z »  
| ¿ Z † E ] Ä d ¿ Y ¿ S Y Y € ¾ Y Ä q

| ¿ · € S ¾ i » Ä { Ä Y | ¿ Ä { Y u Z Ä ^ ¿ Y € S  
S Ä » € Ê { ½ Ä ¿ Z « Ä { Ä ¾ Ä ¿ Z « Ä ¾ Ä  
½ Y € m Z Ä » · Y Ä Y ¾ E | · Y Ä ¿ Z { Ä }  
μ, Ê { | · Ä { Ä · Ê Z { € · Ä ^ ¿ Y € S Ê ¿ Z Ä  
· Ä € < Z ] Z » Y | ¿ Y · ~³ Ä p Z Y € S i f {  
É · Z i ^ ] ½ Ä f Y Ä Ä ¿ Z Z f { ... Ä Ä a Ä ^ ¿ Y € S  
É u Y € - { Z Ä ¿ M | ¿ | < Ä ^ ¿ Y € S - € e  
d » Z ¿ Ä { Z Ä ¿ M | ¿ | < Ä ^ ¿ Y € S - € e  
μ Z † · { ² Ä m ½ Z É Z Ä · Z e μ, Ê { Ä { Z †  
Š i ¿ Z ¼ · M ½ Z É Y { Z Ä Ä Z Z Y € S Ä Ä ] Ä Y  
{ Ä < d É Ä

, € ^ a | · { Á · Š ¿ Y | ¿ · € S Z Ä M € · ¼ Ä , É ] | · { Á ·  
d Ê € É Ä » Y { Y € ] Ä Ä Ö Y ¼ i Z Ä ] { € i ¾ Z ° Ä E † ¿ Ä  
± ·, p - € | Ä É Ä € Ä Ä Ä ] Ä | Ä Ä · † Ä e - v S e z ]  
c Z Y Y € E ] Y Ä Ä · Z Ä Y n ¿ M ¿ Ä Z M ¿ M E · É {  
Ê · z ¿ Y | Ä Y € Ä Ä | Ä Ä » Ä Z Ê ¿ Z p Ä | d ^ i  
Ä » Y { Y É · Z † { € Y Ä · Ä n i o ¿ < Y ¿ { Ä y  
Ä { Ä ¼ Z Z É Z Ä M E ] a i - v e Z ] Y · % · Z - d ^ z ¿ μ, Ê { { Y {  
¾ f y Z † d ¼ † Ä ] Y Ä € Ä E ] Z d y Ä S Ä Ä · Ä { Š É Z Ä  
· Ä e Ä » ¾ É Y · Z i ¿ Y Ä Z M E Z ] Ä É · Z Y ] © Ä e Ä »

, € ^ a | · { Á · Š ¿ Y | ¿ · € S Z Ä M € · ¼ Ä , É ] | · { Á ·  
d Ê € É Ä » Y { Y € ] Ä Ä Ö Y ¼ i Z Ä ] { € i ¾ Z ° Ä E † ¿ Ä  
± ·, p - € | Ä É Ä € Ä Ä Ä ] Ä | Ä Ä · † Ä e - v S e z ]  
c Z Y Y € E ] Y Ä Ä · Z Ä Y n ¿ M ¿ Ä Z M ¿ M E · É {  
Ê · z ¿ Y | Ä Y € Ä Ä | Ä Ä » Ä Z Ê ¿ Z p Ä | d ^ i  
Ä » Y { Y É · Z † { € Y Ä · Ä n i o ¿ < Y ¿ { Ä y  
Ä { Ä ¼ Z Z É Z Ä M E ] a i - v e Z ] Y · % · Z - d ^ z ¿ μ, Ê { { Y {  
¾ f y Z † d ¼ † Ä ] Y Ä € Ä E ] Z d y Ä S Ä Ä · Ä { Š É Z Ä  
· Ä e Ä » ¾ É Y · Z i ¿ Y Ä Z M E Z ] Ä É · Z Y ] © Ä e Ä »

Ä i { Z u ¾ E Y · { { Ä } ® É { , ¿ Ä ½ p » Ê { · Ä | Ä e Ä Ä - Ä d < Ä Š ¿ { % · p M » Ä · { a | Ä | Ä · É  
| ¿ Y · ~³ ¾ Z Y † · Ä Z } ] ¾ E | Ä q · { Ä < Ä { O Š i e Z » | - » c Ö i · v e ½ Z É Z a  
Ä Y ] μ Z Ä { { Ä ¼ Z d ^ e · Ä } † ¿ Y P e Ê Ä · Z p · Ä »  
μ, Ê { · Ä e Ä » d y Z Ä p Ä - É É Z Ö i Y Ä Ä Z ' C E Y Y É Ä i † · Ä ]  
€ ] € i Ä » Ê , ¼ d Y É ( Ä | É Ö c Ä Ä É Z Ä Ä p , Ê { ½ | < μ Ä p C E » Ä ] ¶ É Z Z E Y Ä M E Ä S Z É Y ·  
¾ Ê € f Ä E ] Ê f Ê » Ä Ä Y d ^ d Y Y { É Ê Z Ä Ä M Ä Y Ä Ö f ] Y · Ä e μ Z † { Á Y d S · Z É - Ä ] | Ä  
Ê · i » Z Ä É { Ä » € e Z e Z ¾ i ] Z · e | Ä e { , i ¿ · Z É b | Z Ä · Ä e Ä » Ä m d - € < Ê É i Z M Ä É i Z Z ]  
É f € ¿ Y · Ä ] | O R S e É Z Ä Ä » Ä ] { Ä y ¾ É X ] É n e l i E X { € { E ] Ä ] c Z ¿ Z v f » Y É | ]  
€ f C E i Ä É Ä Ä M Ä · Z Ä e Ä » É u Y € - · Z - Ä Y · , { Ä † Y d Y Ä Z p M i { Ä p E Ä » Y Ä - Y Ä ] | Ä E  
É u Ä e - Z - Ä Ä Y Z e q € ] Y · É · Ä e Ä » Z e d < X ] % · Ö e { Ä } { Ä Ä » M · Ä Ä ¼ p M Ä Ä Ä e Ä Y  
· Z q M y Y · Y É u € - É Ä · € ] · Z - Ä | < ¥ € · Ä p ½ Z e - p Ö E Y { Z Y Ä Z Ä e Y } | É Ä Z Ä Y · É  
a É · , e Ä Y · Ä e Ä » · % · Z S e Y Z Ä ] Ä , Ê { Ä Y Ä e Ä Z , « Ä ] É ] Z f - ¼ Ö E · ¾ Ä Y d y Ä †  
€ i Y € ] d y Ä Ê » ¾ i Z Y Ä Y e S Z † Ä É Y € S · Ä f a d y Ä Z · z f » Ä { Y | f † Y i e a Š E † {  
· { Ä Y É » | E ] C E Ä { É Ö S † · Y É < Z ¿ É Ö ] Z ] { Ä } Y Ä f u S Z É † · Z É Ä Z f - { Ä } ® i

Ä i { Z u ¾ E Y · { { Ä } ® É { , ¿ Ä ½ p » Ê { · Ä | Ä e Ä Ä - Ä d < Ä Š ¿ { % · p M » Ä · { a | Ä | Ä · É  
| ¿ Y · ~³ ¾ Z Y † · Ä Z } ] ¾ E | Ä q · { Ä < Ä { O Š i e Z » | - » c Ö i · v e ½ Z É Z a  
Ä Y ] μ Z Ä { { Ä ¼ Z d ^ e · Ä } † ¿ Y P e Ê Ä · Z p · Ä »  
μ, Ê { · Ä e Ä » d y Z Ä p Ä - É É Z Ö i Y Ä Ä Z ' C E Y Y É Ä i † · Ä ]  
€ ] € i Ä » Ê , ¼ d Y É ( Ä | É Ö c Ä Ä É Z Ä Ä p , Ê { ½ | < μ Ä p C E » Ä ] ¶ É Z Z E Y Ä M E Ä S Z É Y ·  
¾ Ê € f Ä E ] Ê f Ê » Ä Ä Y d ^ d Y Y { É Ê Z Ä Ä M Ä Y Ä Ö f ] Y · Ä e μ Z † { Á Y d S · Z É - Ä ] | Ä  
Ê · i » Z Ä É { Ä » € e Z e Z ¾ i ] Z · e | Ä e { , i ¿ · Z É b | Z Ä · Ä e Ä » Ä m d - € < Ê É i Z M Ä É i Z Z ]  
É f € ¿ Y · Ä ] | O R S e É Z Ä Ä » Ä ] { Ä y ¾ É X ] É n e l i E X { € { E ] Ä ] c Z ¿ Z v f » Y É | ]  
€ f C E i Ä É Ä Ä M Ä · Z Ä e Ä » É u Y € - · Z - Ä Y · , { Ä † Y d Y Ä Z p M i { Ä p E Ä » Y Ä - Y Ä ] | Ä E  
É u Ä e - Z - Ä Ä Y Z e q € ] Y · É · Ä e Ä » Z e d < X ] % · Ö e { Ä } { Ä Ä » M · Ä Ä ¼ p M Ä Ä Ä e Ä Y  
· Z q M y Y · Y É u € - É Ä · € ] · Z - Ä | < ¥ € · Ä p ½ Z e - p Ö E Y { Z Y Ä Z Ä e Y } | É Ä Z Ä Y · É  
a É · , e Ä Y · Ä e Ä » · % · Z S e Y Z Ä ] Ä , Ê { Ä Y Ä e Ä Z , « Ä ] É ] Z f - ¼ Ö E · ¾ Ä Y d y Ä †  
€ i Y € ] d y Ä Ê » ¾ i Z Y Ä Y e S Z † Ä É Y € S · Ä f a d y Ä Z · z f » Ä { Y | f † Y i e a Š E † {  
· { Ä Y É » | E ] C E Ä { É Ö S † · Y É < Z ¿ É Ö ] Z ] { Ä } Y Ä f u S Z É † · Z É Ä Z f - { Ä } ® i

Theorie und Konstruktion eines ½ Y Ä Ä Y Z ] Y [ Z É ] Z Ä É Y d y { Y Ä e Z e · Y € u É Z Ä · Ä e Ä  
rationalen Wärmemotors zum Ersatz der ½ Y Ä Ä Y ¾ i Ä d E M s € ~ Z † Y · € Ö i Ä Z Ä É  
Dampfmaschine und der heute bekannten É · Ä - | ¿ € ' É i ° É Ä ] ¶ É d Y e Ä ] Z · É » € u  
Ä É e · Y € u É Z Ä · Ä e Ä e h e r b r e u z g s m o t o r e n · Ä X

Theorie und Konstruktion eines ½ Y Ä Ä Y Z ] Y [ Z É ] Z Ä É Y d y { Y Ä e Z e · Y € u É Z Ä · Ä e Ä  
rationalen Wärmemotors zum Ersatz der ½ Y Ä Ä Y ¾ i Ä d E M s € ~ Z † Y · € Ö i Ä Z Ä É  
Dampfmaschine und der heute bekannten É · Ä - | ¿ € ' É i ° É Ä ] ¶ É d Y e Ä ] Z · É » € u  
Ä É e · Y € u É Z Ä · Ä e Ä e h e r b r e u z g s m o t o r e n · Ä X

li · z Y · ÉÄa ]ÉÄZÉ³ ∈ 'É{ pZ# · { , d < Y · Á · É « Y ∈ fu Y ÉZÄ · ÄeÄ » ∈ 'ÉY ÄÄ

{ ∈ - ÄY { Äy s ∈ - Ä ∈ œ z ... Z † Y ∈ ] Ze | < · { · Ä · e Ä ] ¾ Ä } { É » Z - ÉÄ Ä « ÄZ ^ ] Ä Y Ä ] { Äy · Ä ÉÄ · Z ] · Y ∈ y Y Ê ] Z † Z † , É { É z Z Ä É » Z » { ¾ f § · Ó Z ] h Y Z ] Y Ä Ä 1 ∈ † ® É · { μ , É { μ Z Ä { · { Ä ∈ y Ó Z ] Á { · Ä M e · { Y % · É Y Ä Ä ÉÄ É Y v É Á Z Ä · ½ Ä f ] h É | u Á ≠ ∈ u ° Ä ½ Ä · Z É { a Z ä | ¾ É É | a Z Ä , É É Z É M { Ä É Z ^ Q ∈ f Ä } Y · dy Ä Ä É » { Z d † Y · Z i ^ ] \ - Y Ä ] Y · Z i O Ä S f ^ S É Ä É » § ∈ n Ä Ä » Y Ä Ä

| · Ä e É Ä Ä Z ] Ä ≠ ∈ · » Ä ] Š Ä - Y Ä · { z É · { | † É » | · · { Ä ] ∈ j - Y | u Ä - · Z z ] É Z Ä · Ä · Y Ä z Ä ¼ z μ Z É Ä Ä § · { Ä ∈ y Ó Z ] Á Ä z Ä ¼ } ¾ i É Y Ä { Ä z Ä ] É , ¼ Y { ∈ } · Z { Ä } Ä f § Z É Š É Y , § É z { É · { · Ä Z ] · Y , É É p · z z Ä · Ä Ä Ä » μ Z † É Ä { z } Ä q ° Ä

½ Z ¼ · Y ¾ i · ∈ ] μ , É { i · { Ä · { Ä } { Z É - Ó a Y · Z i f » Y , { Ä } Ä { Y { d † É Ä Y ∈ ]

É f O E - ∈ ] Ä M Ä M ∈ ^ » Z f O Ä » · Y | ] · { μ , É { É Y Z Ä z M | Ä É ^ Ä Y μ , i Ä { Z i » Ä f Ä f { Ä | u · { du ] Y ∈ Ä Y Ä É Y O E Ä « É Y É Ä · ∈ ] Y · 1 Z , É Z Ä p Ä É Ä Ä É ' Ä Y O E ] † É Z Ä Z ' f † { t ^ · d Y Z † · { Y · Ä Y Ze { ∈ b † Y Ä Z † § · Š Ä i Z Ä i } \ ) · { μ , É { Ä Y Z » Y { Ä É Z ¼ Y ∈ ] } j · | O E z Ä | Ä Z O E » ∈ ' É { Š Ä i ] Z - Ä ] ¾ f § · Y i a { Ä Y Z » Y { Ä É Z ¼ Y ∈ ] } j · - † Ä e { Ä } · Ä Z Ä < Z É · { [ M É Ä · Ä ] Ä - d Ä · { É X É Z } « Y - d Ä · ½ Y f z † z Y Z ] É { ∈ » | m , | ] . d † Y Ä É i † É { Ä Ä Ä Ä

½ | É < Ó f » μ Z u · { | ^ m É { Ä É Ä O E Ä » | y · Ä - É Ä ^ m ¶ » Z < ½ M Ä Y ∈ ¼ Ä É · z < 1 · Y Ä · Z É Ä e Ä » | V ¶ i { ¾ i ¼ Ä Ä i Ä { Ä } Y · Ä m < Y O E Ä É Ä ^ Ä ^ i m Ä « p Ä i a , · ∈ « Š É Z » · M Ä ] Ze { · Ä M ° Ä Y ∈ § μ ½ É { M Y · LZ i < Y ¾ É Y ¾ i ¾ Y | Ä f , Y | É Y a Z É ^ f Y | É a É Ä » Z ] , É Ä i · { · Ä · { s i } Ä Š É Z Ä · { Ä ¼ z É É Z † Z Ä < % · | a c Z - ¼ f » | ½ Y Ä Ä Y Ä ] † É · p z † X Z { O E Z 1

É z Z ^ - d † Y Ä É ∈ Ä W Z Y · X ~ ] Y É · { É z Ä μ Z É Ä } · Ä { · Zy Ä Z ³ | É { Ä · Zy O E É Ä ¾ z É O E - { Ä Y y Y { É Ä É Z } · ¾ f { Ä z Ä ] Ä - ∈ † Ä É s ½ Ä r ¼ Ä Ä É f ∈ u , É f ∈ z Y { Z n É Y É Ä Y · { · Ä i Ä Z a dy Ä É Ä · Z - É Ä i » · 1 Y { Z ] ¾ ¶ f « Ä ] ∈ ] É Ä Ä ^ É Y ∈ Ä ¾ É Z » Y » z Y Z i É Ä É Ä Ä Ä e Ä Y Ä ] d S » μ , É ¼ Ä Ä ] ∈ ~ y Ä ] ½ Z O E É · Z - Ä É » Z œ z ½ d i · « Ä » Z Ä É z Z - f Ä e u , É { Ä e y d É É f d ¾ f § ∈ É ~ a É Y ∈ ] É { Ä | v » | Ä Y Ä < μ Z u ¾ É Y Z i { · Y { Y Ä m Ä i { Ä } Ä Z f s μ , É { i · { Ä · ± ∈ » É , · Y ¶ i · { ½ Y Ä Ä Y Ä ] c Z v i « Ä e ¾ É Y · Y { Y } É Ä É Ä Ä Z Ä Z † Ze Ä É Ä { ¾ É O E Ä Y · É · , É · { Y { { Ä m Ä d Š Z » É Y { Ó i »

ž ] Z Ä »

¾ W Ä f É ] Z É Ä Z ] Z Ä O E · j Y { É ° É Ä É | a · Y | Ä ] m Ä ¼ f » É Ä ^ v » Ä Y É Y ∈ ] É ³ · É O q Ä - { Z ] Y , · | Ä , i † · Z Ä q · Y É · Petti É fa Ä - · Ä e Ä » ¾ É Y dy Z †

Rudolf Diesel Z É É Ä Z ³ | Ä Ä - d - · Z O E »

