

Z <μ•š { }OE WOE }‰ }• o• ~Z & W•
 Z & Wíôrìí
 D š Z v vP o]•Z > vP μ P OE š• μ OE OE]]μv OE DÀ šo]OE] uo vš v OE] A } (•••

š	À vš
D Ç õU îíîô	À OE š]• l / • μ š
D Ç îíU îíîô	Z & W K‰ v]v FSI μ š ñ Wíi WD ^d
D Ç îôr:μv íU îíîô	À o μ š] } v } (WOE }‰ }• o•
:μv ír:μoÇ íU îíîô	} v š OE E šP } š] } v ~‰ % OE } À o

x Yμ •š] } v• uμ•š •μ u]š šo šA] šZ } vš•šš‰ OE Á}Xv /v] šZ šu]o •μ i
 o]v WœçYμ •š] } v Z & Wíôrìí

x z } μ OE‰ OE }‰ }• oo μÀ] OE • o vÀ o }‰ v } OE OE Á} } v Ç šZ }‰ v]v P
 š] u v š o]•š X ^μ u] šW
 íX Kv~í• o OE o Ç] vš] () Z OE }‰ Ço KOE / b/] } x• } K šZ WOE }‰ }•
 íX Kv~í• }‰ Ç } (šZ‰ OE }‰ }• o } v & μ OE (Z Øs uψ• uv OE IX Á] šZ Ç

x & y U rψ OE o } šZ OE o š OE } v]‰ OE }‰ }• o• Á] o o v } š‰ š X

x WOE }‰ }• o• uμ•š‰ o]v o Ç u OE I Á] šZ } ÅZX Z & W E μ u OE v d] šo

o] Å^OE o WOE }‰ }• o• š } W } v š š W
 / W μ o] ^ Z } } o• > v v , OE v v i
 > v v , OE v v i s W } (&] v v] o W o v v] v P
 îííñ t X W] I } μ o Å OE õ ñ ò r õ ó ñ r i ï ñ i
 t • o } U dy ó ô ñ õ õ !@ Đ

ñ X^š μ v š Á } œ I v • š μ U Q vu o š μ œ v Po • š μ v š μ • v š • % œ š] u š œ] o • U

] š] } v o %o P • u Ç] v o µ Á] š Z] v š ž u W Ø } v %o } p o Ø] š %o } w š Z U } µ v
} %o Ç } (š Z W Ø } %o } v o Ø } • • % Ø } v { Ø } v Ç X • h v v • • • Ø } Ø }] o Ç o v P š Z Ç } µ u
] • } µ Ø } P X d Z] • • š Ø } š Ø } Ø } P Z Ø } š } š } w š Ø }] š X } Á v

s///X / W μ o]} } Z •‰ } v•]]o]šČ
X dZ]•šŒ]œšÀŒ šZ Œ]PZš š} v o % Œ Àd % Œ]š}• μAv Œ] v •X À v
v] l v] š ſ () v]• Œ% Œ} ſu Á Œ À v } ŒP Áv Œ I šo % Œ] μŒv Œ •• }
() Œ % Œ ſ ſ μoX d ū ſ Áy o o v } % Œ Œ Š ū Š Š Œ } Á } μ •š] Š ū Š
'μ o } Œ P Œ Š Œ 'μ o] Š Ž X

X o o %oŒY]vPÇ Á œ µ v œ šZ]• Z & W •ž o œ Ç }BZ} œ() œ\$Y\$Ç %o µ œ Z • šZ œ }µ P ZX

X WOE] • u Ç OOE] ¶ (š OOE Ç Áš OOE X /(((%šOE] Ç • OE š μ š vW OOE P μ o š])
u] v • š OOE } ŠE Aí μ]] o } OOE OOE U Á v } OOE •)uv Ø v } ŠS } v] v μ] o v] v] ŠE X Š Z
s v } OOE • šu (] OOE • š %O OE } Á] / Á OOE] ŠS w OEE • š] (] v š] } v (u) ØE š u C I]
š ØE v š] } v } (% % % O Š Z]] Ov] ŠOE } (š } šZ } v š OOE v š XOE v } (šZ OOE • Á] OES Á
% OOE } Á] OOE •] v ØE ŠS • μ š š } u OOE • } OOE % % } š v š] o μ • OE Á] OEE % ØO OE } Á] Z • u
(} OOE / μ OEE % μ v š š }] š • } v š OOE š U šZ Á v } OOE u μ • š % OOE } Á] šZ • u
OOE } uu v šZ š šZ Á v v] OOE ØZ ØE Á] OOE OEE] ØE] ØA] ØX μ / (š/ o OOE v • } (OOE
] v OOE š • (ØE μ OOE } ŠV ŠOE ŠZ v } OOE U šZ ØE v] \$OE • Z Á] ØZ šZ] ((OOE v
š Á v / ^- } v š OOE v ŠS ŠZ OOE š OOE • OOE š š(ØE } u šZ OOE • } OOE šZ
Á v } OOE - • } v š OOE š Á] oo • μ i š š } s } v } Ø Ø Š] X v v Ø Š Z ØE P OOE v } s % OOE
μ š ØE] OOE š } u l šZ] • • OOE Á] Á] o] Á] Øo } • š } w •] Á] Øe ØZ ØE } Á]
Á v } OOE š v } ØS] ØØ Ø Ø } (} OOE šZ š OOE ØX (šZ } v š OOE

/ y X } W μ ØE u v š } v] š] } v • l' v ØE o d ØE u •
W ØE } μ ØE u v š } (š Z •]] v š u • } ØZ øo Á] š Z W š Z o] / ^ Z } } o • v % ØE } μ ØE u
‰ } o]] • v P v ØE o š ØE u • • (} o o) Á • W
x / W μ o] ^ Z } } o • ØE • ØE Á • š Z ØE] P Z š] š ØE o % % U ØE ØE ØE i o • š ØE v Ç] Á } ØE
v o } ØE ÁE š v] w š % ØE ØE š Ç] U ØE š Z] • Z } • µ o • š } ØE u W ØE ü % ØE] ØE o } ØE %
Á ØE • X

x t Z v • µ] š š] v P % OE } % } • o • U] š] • OE ' µ] ÅE š Ž Z v Š Ø Ž • OE • % } v v š Z
% OE } (• • } v Ø ÅE % % OE] } OE š OE] v] v P U v % % o] o % OE } (• • } v o i
š] Å] š] • } OE o] Å OE š Z P } } • • š š] v š Z] • Z & W X

x WOE } % } • o •]š Z OE Áv } v o Ç Ç o]À OE Ç } (Á OE]š š v OE OE µ • š š } /

š } š Z •‰o](] o]v š]u | š •š š } œ]]ˇ š Z] PZ& \$W XE @ Zu µ •š š Z] Pv •
œ ´µ •š X

x W Ø } %o } • o • Ø] Å Á] o o } u %o Ø § } (((] š ¶ o / (] o W µÁ þšZ } þ š }) þ Ø S } o] P š] } v š } š Z Ø • %o } v v š • X

x dZ } v š v š • } (• μ‰ } • • φμφ φV OE } } u } v š] P Šš] μvO] (• o š (} OE
(μv] vP X &] o μOE } (ŠšZ Z %‰ } vš Z vš } v] BE Šš] μvš] v v oo š] } v } (
 Á OE } OE %‰ μOE Z • PW&μ a] v šXZ } } o • OE Pz GE Á } • Áš ŠšZ OE Á } OE OE μ
šZ u } μvš } (v Á OE o } OE Čš } } v šOE š OE Šš] Š‰] μvP } (μvP } u v š] (šZ OE
u] • OE %‰ OE • v š š] } v } OE OE OE } OE •] v šZ U • %‰ E Ž()%‰] } v v Šš [%‰ OE] o] ŦP U Š Š
u š šZ š OE u • v } v] š] } v • } (šZ] • ZR&W& NCE Š] OE] A šX (μv] v

x OE • %o } v • } • v } š Wmu]š / ^ Z } } o • š } Á• OE P OE %oψ OE š Z} OE
} v š OE š X / } • v } š OĘ u]w] šu GE• u v š }] (v µ OE OE } • š } v š Z %o OE %o OE š
}(OE • %o } v • Ÿ \$ OE } Ÿ muç (• Ÿ OE] v çu OE š Z] OE Ÿ OE µ š }) v } (() OE u o
%o µ OE Z • P OE u v š } OE } v š OE š µ v oo Q • µ š Z } OE • š • PE Á• OE] š] V P oç
/ W mu o] ^ Z } } o • X

x / W μ o] ^ Z } } o • OE • OE Á • šZ OE] R U š B } v } Q U } \$OE v C % d v } J CA J OE p o] •
šZ Z & W U š } } v š š } šZ OE • Á Z } u Ç Z Á P AE % o š Z E] OE • % o š v l } OE š [v] Á
P } • I • μ % o % o o] • U OE a Á U v š μ % o] OE () OE š v š] } v o
] v () OE u š] } v (OE } u v Ç v o o OE • % o } v v š • X

x Z •‰ } v v š • •Z o o v } š ŠČμ y(ŠŒA‰v y(P ŠŒU š(μ Š) ŠŒ • U } ŠŒ v Ç š Z] v P } (u } v š ŠŒ Ç A o μ š } u‰ } ŠŒ (} ŠŒ W ŠŒ U o } ŠŒ ^ š Z } ŠŒ } v • μ o š v š U u‰ o } Ç U } ŠŒ u u ŠŒ

x E } u %o o } Ç U } ((] OE /) OE W µ oOE Æ (Z } š]) %Z š o %W ŠZ • o š] } v U
 À o } %o u v š } (OE • %Z & W U š } Áš Ž } OE } (u] v] v š OE š ſ } v µ %o %o } OE š Ç
 š Z Z & W] (} v (š U š OE (Ø v š OE %o %o OE Á š U Á } µ o 1

x Z •‰ } v v š • •Z o o v } v š Č v Pš] À] š Č š Z š } Ø] o o] v • š Ø] } š‰ š] š] } v X d Z]
} • v } š‰ Ø] o µ i] v š À v š µ Ø • } Ø š • à] • }‰ Ø] à] š •] X v s Ø } Ø š] µ v } (Ø •‰ } v v š [• Ø •‰ } v • š } Ø i š X

x E } %o μŒ z • PŒ u vš }Œ } vš Œ

GM

A

U

2

CE

Z •‰ } v š • u μ • š } u ‰ o š š WZ P d } v š Z (} o v } Á v Ø μ ‰] F • š Z } Á œ • Z
(} œ ‰ œ } ‰ } • o • • μ u] š š ` •

Z $\langle \mu$ • š (} œ W œ } ‰ } • o • .í ò r í

W Z K' Z D W Z d D E d

W O E } % o } • o ^ μ u] š š] v Z • % o } v • š }

/ W μ o] ^ Z } } o •

Z ^ μ • š () O E W O E } % o } • o • . Z & W í ô r ì í

^ μ u] š š Ç W

~ & μ o o > P o E u } (Z • % o } v v š •

K v W

~ š } (W O E } % o } • o ^ μ u] • •] } v •

/ d / K E > Z Y h / Z D E d ^

K Á v Œ•Z] %o W W Œ } %o } v a u μ• š^ } v] oqu ^ μ Œ] š C E μžu %o Œ• } v š Á Ž Š Ž š o
} Á v Œ•Z] %o } (š Z μ•] v •• v š μš Ŗ] μ Ŗ] š Ŗ Ŗ X P š Z

E D W ^ ^ E W

E D W ^ ^ E W

dd , D Ed
Z d / & / d / KE K & Z ^ WKE Ed

/ U š Z μ v Ø •] Pv U • μ u] š š Z] • ‘ μ } š I]] (] v š Z] Å v • Ø Á Ÿ Ÿ Z • % Ø
• } o]] š š] } v X D Ç •] Pv š μ Ø o • } Ø š Ÿ (} • μ š Z] š š Z] u ‘ μ š Ÿ Ø] X ^] Pv
Ø % Ø • v š š] Å (} Ø Ø Ø C(] Ø Ÿ Ø Ø Å v š Ÿ Ø Ø] Ø] š] } v W

^] Pv š μ Ø } (μ š Z Ø Ø] i P v š _____

d d , D E d

dd , D Ed
Zd / & / d / KE Z ' Z / E' KE & > / d K & / Ed Z ^ d

Ç •] Pv š μ œ } (š Z Ø U Z • %œ œ } %œ Š } À Ÿ œ v š • š Z š W

x E } u v P œ U u %œ o } Ç } œ %œ] } v • μ o š uv Š } œ š Z (š Z • %œ } w œ v ū }] œ u %œ o } Ç

$\frac{d^2}{dz^2} \left(\frac{E}{K_E} \right) = -\frac{2}{K_E} \frac{d}{dz} \left(\frac{E}{K_E} \right)$

$dZ \sim$

x <μ o W Ç š } (í ò ï UÁ Ž] Ž Œ «μ] Œ %o Q V} Œ Áy v
%o Œ (} Œ u μ v Ø Á } Œ IX

x WŒ P v v Ç]• œ]u]võš]øV Áz] }Z %œ}Z]]š•]• œv]u]š š] }v P]v•š %
Á}u vX

•] P v š} %o OE } A] ‘μ o } %o %o } OE šμv] š} Q } A] Z} μAE UOECP oOEP] š} V UOEV š} U} v o
]•]o]šČU } OE %o } o]š] o E([u]o] š})] v %qE•] š} bA] (A]šu]pA]•š} š} v Č •Č•š u š]
]• OE]u]v š]} v (OE}u %o OE]E}uv OE %o OE]μ]š} U•X] QE •U šOE] v•U v %o OE } u} š •
u}•š ‘μ o)([%o OE•} v• A] šZ} μš OE P OE AE]š] OE]š] {U} o} o OE]P] VUE o PP]U v)OE]

E u } (K O E P v] i š] } v l &] O E u

$\wedge]P \vee \neg s \mu \infty \quad \}(\mu \neg Z) \infty] \bar{i} \quad Z \% \infty \bullet v \neg s] \bar{A} \quad \bar{s}$

W ØE] v š E u v d] š o } (μ š Z } ØE] i Z %o ØE • v š š] Å

d d , D E

dd , D Ed &
Zd/& / d/K E Z ' Z / E' > K z/E' W Z K h Z D Ed

^μ u]••]}v } (šZ]• OEš](] š])v]• ØE v GE OE ſyP]š]v \$} OE ſu]•l]š/ØE y• š] }v
]u‰}• Ç • š]}v íñññ^ñš]ø XíldZ]• OEš](] š])v]• u š OE] o OE‰ OE
ÁZ] Z OE o] v Á • %]ø ŠOE ÁZ vš ſ}Z Á • ØE]ØE}Xš vç‰ OE•}v ÁZ} ()o•
šZ OE ‹µ]OE OEš](] š])v• •Z oo } (•ψ)is ē š} šZ]À]jáìñòiñò ošçv}š u}OE
"íññUíññ ()OE Z •µ Z (]oµOE X

dZ μv OE•]Pv OEš](] •U š} šZ •šv } (Z]•(JœšZ ŠEVIv) Áo P

E} & OE o‰‰‰ OE‰‰‰ OE] š (μv • Z Á } OEV‰‰‰] Z} ØE Á(ošoZ‰‰‰] Ç
μv OE•]Pv U š} vç‰‰‰ OE•}v ()OE]v (oømu w Jw P({ ØE } ſØE uø‰‰‰ Øv Ø š} }v
vç P v ØØ Š OE } ()v P ØE v• Ø(() OE } OE u‰‰‰ o} Ç } ()v P ØE ••U v
D u OE } ()v P ØE ••U ØØ Š OE } ()v P ØE v• Ø(() OE U } (ØE‰‰‰ uøZø ØØ Ø / v š‰‰‰ v v
^ Z} }o Šø Š OE } v v š]}v Á]šZ šZ Á OE Øv ØZ} (u&l]v ØE)p()&š OE o
P ØE vZš Uu Šl]v P } (& OE o >} v U šZ Šø Á OE]P ØE]P ØE]v vš }v šZ} }‰‰‰ OE
Æš•}v U }v vš]v µ š} }v U OE v Á o U u v u &š U OEo u }P ØE vš ŠU } (o } v U } OE }‰‰‰ OE š]À P ØE u v šX

/ (vç (μv •)šZ OE šZ v & OE o‰‰‰ OE‰‰‰ OE] Ášoo (μv‰‰‰ Z Á} v Ø‰‰‰
‰‰‰ OE•}v ()OE]v (oµ v]v P }OE šš u‰‰‰ š]v v P%š} } Øv (o)µ (vvç v P} (v)C UOE } OE
D u OE } ()v P ØE ••U v } (() OE } OE u‰‰‰ ØØ } } (u Øv ØE ØE••U v u‰‰‰
}v P ØE ••U }OE vç } OE D u OE U } (() OE U‰‰‰ OE š u‰‰‰ Z} } Ø]v ØE]Z} } Ø
]v }vv š]}v Á]šZ šZ]• & OE o P ØE vš }OE }‰‰‰ OE•Z]Ào P ØE u v šU
}u‰‰‰ v •µ u]š ^š v OE & }OE u t>> U Æœš ø } P ØE v]& }OE u š} Z‰‰‰
}OE v Á]šZ ØE µ š]}v •X

dZ μv OE•]Pv •Z oo OE ‹µ]OE šZ š šZ} }v v P ØE Øµ } (\$v]šZ OEš](]
Á OE } µu vš• ()OE o p r} Á OE • AE]Jw P & ØE iñòiñò v • š oo
‰‰‰ OE }‰‰‰ OE] š š] ØE P ØE‰‰‰]v Zš š • Z oo o]OEš] (C v ØE]v P o

K OE P v]I Eš Ø}v

W Z I Á OE E µ u OE } OE W OE } i š E u

E u } (µ šZ } OE]i Z‰‰‰ OE • v š š] Ád]šo

^]Pv š µOE

š

