



物理学にとって重要な言葉といえば、やはり「数学」です。自然界を支配する物理法則は、どれも数式で書かれてきました。ガリレオ・ガリレイも「宇宙という書物は数学の言葉で書かれている（L'universo è scritto in lingua matematica!）」という有名な言葉を遺しています。

2007年に発足し、私が初代機構長を（2018年まで）務めた東京大学カブリIPMU（数物連携宇宙研究機構）の交流スペースには、このガリレオの言葉をイタリア語で刻んだ柱を設えました。毎日、午後のティータイムにはその交流ス

もし数学が本当に自然界を表す言葉であるなら、それは宇宙の共通語になるはずだからです。エドワードはこう答えました。

「そうであつてほしいけど、自信がないね」

大きな真理は宇宙共通の数学で表現できるだろうが、自分たちはまだその真理の表面をなでていけるだけなので、「地球上特有の数学」になっている可能性がある——というのです。

たぶん、単純な数学であれば、宇宙の共通言語として通用するでしょう。もし私が宇宙人に出会ったら、まずは直角三角形を地面に描いて、ピタゴラスの定理の説明を試みます。そこで「三角形」「斜辺」「2乗」などの概念を共有していることが伝われば、きっとコミュニケーションが広がることでしょう。

でも、もつと深い数学の話になると、それぞれの知的生命体に特有の背景や条件に縛られてしまい、共有できない部分が出てくるかもしれません。宇宙の共通語としての数学が、「地球上の数学」とはまったく違うパラダイムを持つている可能性は高いと思います。

しかしいずれにしろ、数学ほど物理学の役に立つ言葉はありません。物理学は、私たちの日常的な感覚とはかけ離れた現象も扱います。そうした世界の法則は、日常的な事柄を表現する自然言語では語れません。抽象度が高く、普遍性を持つ言

宇宙と人生は、数学の言葉で書かれている

村山 齊（理論物理学者）

我々の世界にはさまざまな物質が存在するが、それらを構成する粒子の最小単位は原子ではない。原子は陽子と中性子と電子からなり、さらに陽子も中性子も「クォーク」という素粒子からできている。そして素粒子物理学の扱う世界を支配する法則は、数式でしか表現することができない。

東京大学カブリIPMU初代機構長の村山齊が、宇宙を支配する数式の魅力を語る。

ベースに数学者や物理学者が集まり、黒板やホワイトボードに数式を書きながら、お互いの研究について語り合っています。数学と物理学は、昔からそうやってお互いに密接に関係しながら発展してきました。

数学と物理学の相性の良さ

でも、物理学はどうして数学の言葉で語れるのでしょうか？ これは決して当たり前のことではありません。

1963年にノーベル物理学賞を受賞したユージン・ウイグナーは、「自然科学における数学の説明不可能な有用性」という論文を書きました。役には立つがその理由は説明できない、というわけです。同じくノーベル物理学賞（1979年）受賞者であるスティーヴン・ワインバーグも、『科学の発見』（文藝春秋）の中で「自然とは何の関係もない理由で発明された数学が、物理理論に役立つのなぜなのか」という謎は残っている」と述べています。

私は以前、カリフォルニア大学バークレー校の同僚でもある数学者エドワード・フレンケルに、こんな質問をしてみました。「宇宙人がいたら、彼らは地球人と同じ数学を持っていると思いますか？」

図1 素粒子の標準模型の式

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2} G_N R - \frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + \bar{\psi} i \gamma^\mu \partial_\mu \psi - \bar{\chi} i \gamma^\mu \partial_\mu \chi - \frac{1}{2} \bar{H} H^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi} \phi^2 - \frac{1}{2} \bar{\eta} \eta^2 - \frac{1}{2} \bar{\rho} \rho^2 - \frac{1}{2} \bar{\sigma} \sigma^2 - \frac{1}{2} \bar{\pi} \pi^2 - \frac{1}{2} \bar{\lambda} \lambda^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_1 \phi_1^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_2 \phi_2^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_3 \phi_3^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_4 \phi_4^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_5 \phi_5^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_6 \phi_6^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_7 \phi_7^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_8 \phi_8^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_9 \phi_9^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{10} \phi_{10}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{11} \phi_{11}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{12} \phi_{12}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{13} \phi_{13}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{14} \phi_{14}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{15} \phi_{15}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{16} \phi_{16}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{17} \phi_{17}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{18} \phi_{18}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{19} \phi_{19}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{20} \phi_{20}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{21} \phi_{21}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{22} \phi_{22}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{23} \phi_{23}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{24} \phi_{24}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{25} \phi_{25}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{26} \phi_{26}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{27} \phi_{27}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{28} \phi_{28}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{29} \phi_{29}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{30} \phi_{30}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{31} \phi_{31}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{32} \phi_{32}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{33} \phi_{33}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{34} \phi_{34}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{35} \phi_{35}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{36} \phi_{36}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{37} \phi_{37}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{38} \phi_{38}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{39} \phi_{39}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{40} \phi_{40}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{41} \phi_{41}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{42} \phi_{42}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{43} \phi_{43}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{44} \phi_{44}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{45} \phi_{45}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{46} \phi_{46}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{47} \phi_{47}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{48} \phi_{48}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{49} \phi_{49}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{50} \phi_{50}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{51} \phi_{51}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{52} \phi_{52}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{53} \phi_{53}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{54} \phi_{54}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{55} \phi_{55}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{56} \phi_{56}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{57} \phi_{57}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{58} \phi_{58}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{59} \phi_{59}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{60} \phi_{60}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{61} \phi_{61}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{62} \phi_{62}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{63} \phi_{63}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{64} \phi_{64}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{65} \phi_{65}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{66} \phi_{66}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{67} \phi_{67}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{68} \phi_{68}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{69} \phi_{69}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{70} \phi_{70}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{71} \phi_{71}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{72} \phi_{72}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{73} \phi_{73}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{74} \phi_{74}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{75} \phi_{75}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{76} \phi_{76}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{77} \phi_{77}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{78} \phi_{78}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{79} \phi_{79}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{80} \phi_{80}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{81} \phi_{81}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{82} \phi_{82}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{83} \phi_{83}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{84} \phi_{84}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{85} \phi_{85}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{86} \phi_{86}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{87} \phi_{87}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{88} \phi_{88}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{89} \phi_{89}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{90} \phi_{90}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{91} \phi_{91}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{92} \phi_{92}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{93} \phi_{93}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{94} \phi_{94}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{95} \phi_{95}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{96} \phi_{96}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{97} \phi_{97}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{98} \phi_{98}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{99} \phi_{99}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{100} \phi_{100}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{101} \phi_{101}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{102} \phi_{102}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{103} \phi_{103}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{104} \phi_{104}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{105} \phi_{105}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{106} \phi_{106}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{107} \phi_{107}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{108} \phi_{108}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{109} \phi_{109}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{110} \phi_{110}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{111} \phi_{111}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{112} \phi_{112}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{113} \phi_{113}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{114} \phi_{114}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{115} \phi_{115}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{116} \phi_{116}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{117} \phi_{117}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{118} \phi_{118}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{119} \phi_{119}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{120} \phi_{120}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{121} \phi_{121}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{122} \phi_{122}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{123} \phi_{123}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{124} \phi_{124}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{125} \phi_{125}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{126} \phi_{126}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{127} \phi_{127}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{128} \phi_{128}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{129} \phi_{129}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{130} \phi_{130}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{131} \phi_{131}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{132} \phi_{132}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{133} \phi_{133}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{134} \phi_{134}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{135} \phi_{135}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{136} \phi_{136}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{137} \phi_{137}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{138} \phi_{138}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{139} \phi_{139}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{140} \phi_{140}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{141} \phi_{141}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{142} \phi_{142}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{143} \phi_{143}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{144} \phi_{144}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{145} \phi_{145}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{146} \phi_{146}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{147} \phi_{147}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{148} \phi_{148}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{149} \phi_{149}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{150} \phi_{150}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{151} \phi_{151}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{152} \phi_{152}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{153} \phi_{153}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{154} \phi_{154}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{155} \phi_{155}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{156} \phi_{156}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{157} \phi_{157}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{158} \phi_{158}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{159} \phi_{159}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{160} \phi_{160}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{161} \phi_{161}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{162} \phi_{162}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{163} \phi_{163}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{164} \phi_{164}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{165} \phi_{165}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{166} \phi_{166}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{167} \phi_{167}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{168} \phi_{168}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{169} \phi_{169}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{170} \phi_{170}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{171} \phi_{171}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{172} \phi_{172}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{173} \phi_{173}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{174} \phi_{174}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{175} \phi_{175}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{176} \phi_{176}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{177} \phi_{177}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{178} \phi_{178}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{179} \phi_{179}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{180} \phi_{180}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{181} \phi_{181}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{182} \phi_{182}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{183} \phi_{183}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{184} \phi_{184}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{185} \phi_{185}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{186} \phi_{186}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{187} \phi_{187}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{188} \phi_{188}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{189} \phi_{189}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{190} \phi_{190}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{191} \phi_{191}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{192} \phi_{192}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{193} \phi_{193}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{194} \phi_{194}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{195} \phi_{195}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{196} \phi_{196}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{197} \phi_{197}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{198} \phi_{198}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{199} \phi_{199}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{200} \phi_{200}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{201} \phi_{201}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{202} \phi_{202}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{203} \phi_{203}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{204} \phi_{204}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{205} \phi_{205}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{206} \phi_{206}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{207} \phi_{207}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{208} \phi_{208}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{209} \phi_{209}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{210} \phi_{210}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{211} \phi_{211}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{212} \phi_{212}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{213} \phi_{213}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{214} \phi_{214}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{215} \phi_{215}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{216} \phi_{216}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{217} \phi_{217}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{218} \phi_{218}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{219} \phi_{219}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{220} \phi_{220}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{221} \phi_{221}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{222} \phi_{222}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{223} \phi_{223}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{224} \phi_{224}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{225} \phi_{225}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{226} \phi_{226}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{227} \phi_{227}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{228} \phi_{228}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{229} \phi_{229}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{230} \phi_{230}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{231} \phi_{231}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{232} \phi_{232}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{233} \phi_{233}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{234} \phi_{234}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{235} \phi_{235}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{236} \phi_{236}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{237} \phi_{237}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{238} \phi_{238}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{239} \phi_{239}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{240} \phi_{240}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{241} \phi_{241}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{242} \phi_{242}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{243} \phi_{243}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{244} \phi_{244}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{245} \phi_{245}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{246} \phi_{246}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{247} \phi_{247}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{248} \phi_{248}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{249} \phi_{249}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{250} \phi_{250}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{251} \phi_{251}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{252} \phi_{252}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{253} \phi_{253}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{254} \phi_{254}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{255} \phi_{255}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{256} \phi_{256}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{257} \phi_{257}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{258} \phi_{258}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{259} \phi_{259}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{260} \phi_{260}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{261} \phi_{261}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{262} \phi_{262}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{263} \phi_{263}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{264} \phi_{264}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{265} \phi_{265}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{266} \phi_{266}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{267} \phi_{267}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{268} \phi_{268}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{269} \phi_{269}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{270} \phi_{270}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{271} \phi_{271}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{272} \phi_{272}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{273} \phi_{273}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{274} \phi_{274}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{275} \phi_{275}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{276} \phi_{276}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{277} \phi_{277}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{278} \phi_{278}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{279} \phi_{279}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{280} \phi_{280}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{281} \phi_{281}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{282} \phi_{282}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{283} \phi_{283}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{284} \phi_{284}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{285} \phi_{285}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{286} \phi_{286}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{287} \phi_{287}^2 - \frac{1}{2} \bar{\phi}_{288} \phi_{$$