



Article

On restricting to one-loop order the radiative effects in quantum gravity

Abstract

Authors: F.T. Brandt, J. Frenkel, and D.G.C. McKeon | **[AUTHORS INFO & AFFILIATIONS](#)**

The dimensionful nature of the coupling in the Einstein–Hilbert action in four dimensions

Publication: Canadian Journal of Physics · 18 July 2019 · <https://doi.org/10.1139/cjp-2019-0037>

implies that the theory is non-renormalizable; explicit calculation shows that beginning at

two loop order, divergences arise that cannot be removed by renormalization without introducing new terms in the classical action. It has been shown that, by use of a Lagrange multiplier field to ensure that the classical equation of motion is satisfied in the path integral, radiative effects can be restricted to one-loop order. We show that by use of such Lagrange multiplier fields, the Einstein–Hilbert action can be quantized without the occurrence of non-renormalizable divergences. We then apply this mechanism to a model in which there is in addition to the Einstein–Hilbert action, a fully covariant action for a self-interacting scalar field coupled to the metric. It proves possible to restrict loop diagrams involving internal lines involving the metric to one-loop order; diagrams in which the scalar field propagates occur at arbitrary high order in the loop expansion. This model also can be shown to be renormalizable. Incorporating spinor and vector fields in the same way as scalar fields is feasible, and so a fully covariant Standard Model with a dynamical metric field can also be shown to be renormalizable.

Résumé

Le caractère dimensionnel du couplage dans l'action de Einstein–Hilbert en quatre dimensions implique que la théorie ne peut être renormalisée; un calcul explicite montre que, débutant à l'ordre à deux boucles, des divergences apparaissent qui ne peuvent être éliminées par une renormalisation, sans l'introduction de nouveaux termes dans l'action classique. Il a été démontré que, en utilisant un champ multiplicateur de Lagrange pour



effets radiatifs peuvent alors être restreints à l'ordre d'une boucle. Nous montrons qu'en utilisant de tels champs multiplicateurs de Lagrange, l'action de Einstein–Hilbert peut être quantifiée sans l'apparition de divergences non renormalisables. Nous appliquons ce mécanisme à un modèle dans lequel il y a, en plus de l'action de Einstein–Hilbert, une action totalement covariante d'un champ scalaire en self-interaction couplé à la métrique. Il est alors prouvé qu'il est possible de restreindre à l'ordre d'une boucle les diagrammes en boucle qui ont des lignes internes impliquant la métrique; des diagrammes, dans lesquels le champ scalaire se propage, se présentent à un ordre arbitrairement élevé dans l'expansion en boucles. On peut montrer que ce modèle peut aussi être renormalisé. Il est possible d'incorporer des champs vecteurs ou spineurs, et on peut montrer qu'un Modèle Standard pleinement covariant avec un champ métrique peut aussi être renormalisable. [Traduit par la Rédaction]

Get full access to this article.

View all available purchase options and get full access to this article.

 GET ACCESS

ALREADY A SUBSCRIBER? [SIGN IN](#)

References

1. Hooft G. 't and Veltman M. Ann. Inst. H. Poincaré, **20**, 69 (1974).
[Google Scholar](#)
2. G. 't Hooft. *In* Proceedings of the International School of Subnuclear Physics, Erice 2002, From Quarks and Gluons to Quantum Gravity. Subnuclear Series Vol. 40. World Scientific. pp. 249–269. Available from
<http://www.staff.science.uu.nl/~hooft101/lectures/erice02.pdf>.
[Google Scholar](#)



3. Deser S., Isao H.S., and van Nieuwenhuizen P. Phys. Rev. D, **10**, 3537 (1974).
[Crossref](#) | [Google Scholar](#)

4. Deser S. and van Nieuwenhuizen P. Phys. Rev. D, **10**, 411 (1974).
[Crossref](#) | [Google Scholar](#)

5. Mann R.B., Tarasov L., McKeon D.G.C., and Steele T. Nucl. Phys. B, **311**, 630 (1989).
[Crossref](#) | [Google Scholar](#)

6. Goroff M.H. and Sagnotti A. Nucl. Phys. B, **266**, 709 (1986).
[Crossref](#) | [Google Scholar](#)

7. van de Ven A.E.M. Nucl. Phys. B, **378**, 309 (1992).
[Crossref](#) | [Google Scholar](#)

8. Donoghue J.F. Scholarpedia, **12** (4), 32997 (2017).
[Crossref](#) | [Google Scholar](#)
J.F. Donoghue, M.M. Ivanov, and A. Shkerin. 2017. arXiv:1702.00319 [hep-th].
[Google Scholar](#)

9. S. Weinberg. The quantum theory of fields. Cambridge University Press. 2012.
[Google Scholar](#)

10. McKeon D.G.C. and Sherry T.N. Can. J. Phys. **70** (6), 441 (1992).
[Crossref](#) | [Google Scholar](#)

11. Chishtie F.A. and McKeon D.G.C. Can. J. Phys. **91** (2), 164 (2013).
[Crossref](#) | [Google Scholar](#)

12. Faddeev L.D. and Popov V.N. Phys. Lett. **25**, 29 (1967).
[Crossref](#) | [Google Scholar](#)



Ibid. **162**, 1195 (1967).

[Crossref](#) | [Google Scholar](#)

Ibid. 1239 (1967).

[Crossref](#) | [Google Scholar](#)

-
14. | P.A.M. Dirac. General theory of relativity. Princeton University Press, NY. 1996.

[Google Scholar](#)

-
15. | Brandt F.T. and McKeon D.G.C. Phys. Rev. D, **93**, 105037 (2016).

[Crossref](#) | [Google Scholar](#)

-
16. | Brandt F.T., McKeon D.G.C., and Zhao C. Phys. Rev. D, **96**, 125009 (2017).

[Crossref](#) | [Google Scholar](#)

-
17. | I.L. Buchbinder, S.D. Odintsov, and I.L. Shapiro. Effective action in quantum gravity. IOP Press, Bristol and Philadelphia. 1992.

[Google Scholar](#)

[PRIVACY POLICY](#)

[DISCLAIMER](#)

Copyright © 2022 Canadian Science Publishing