

Title: Paul Dirac and the Religion of Mathematical Beauty

Date: Dec 14, 2011 02:00 PM

URL: <http://pirsa.org/11120029>

Abstract: Paul Dirac has been called "the first truly modern theoretical physicist". In the latter part of his life, he was obsessed by the idea that the fundamental laws of nature must have mathematical beauty. This was "almost a religion to him", he said. In this talk, I shall trace the origins of his fascination with this idea (going back to his school education) and question the account he gave of his contribution to quantum mechanics and field theory, which he often said emerged from his aesthetic perspective. I shall also give some insights into the extraordinary character of this man, whom Niels Bohr called "the strangest man" who ever visited his Institute in Copenhagen.

Paul Dirac

and the religion of mathematical beauty

Graham Farmelo

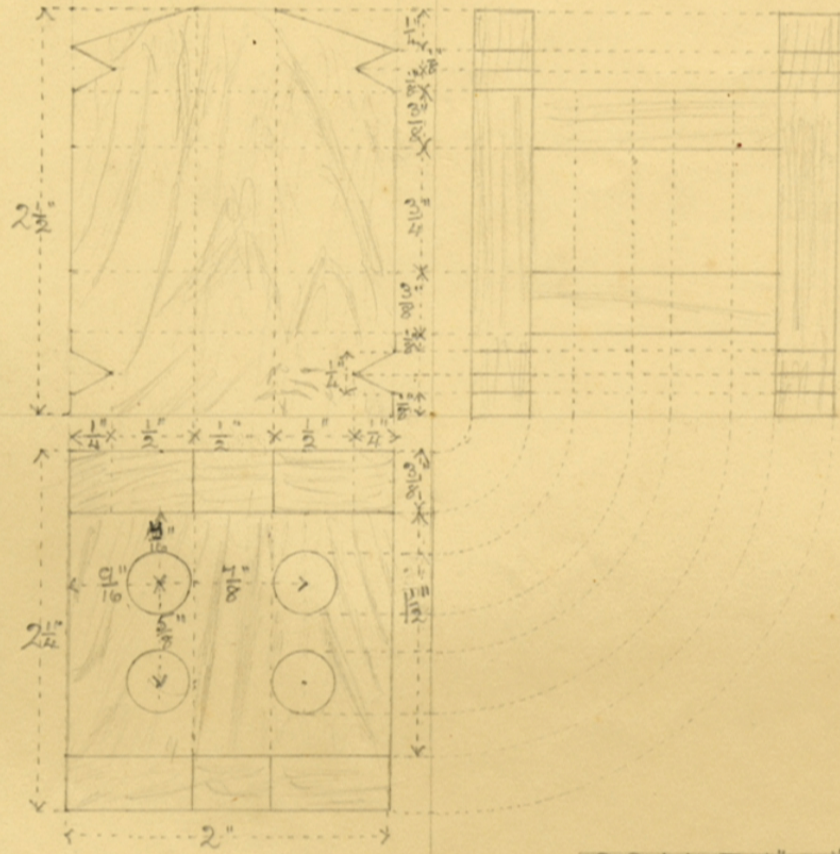




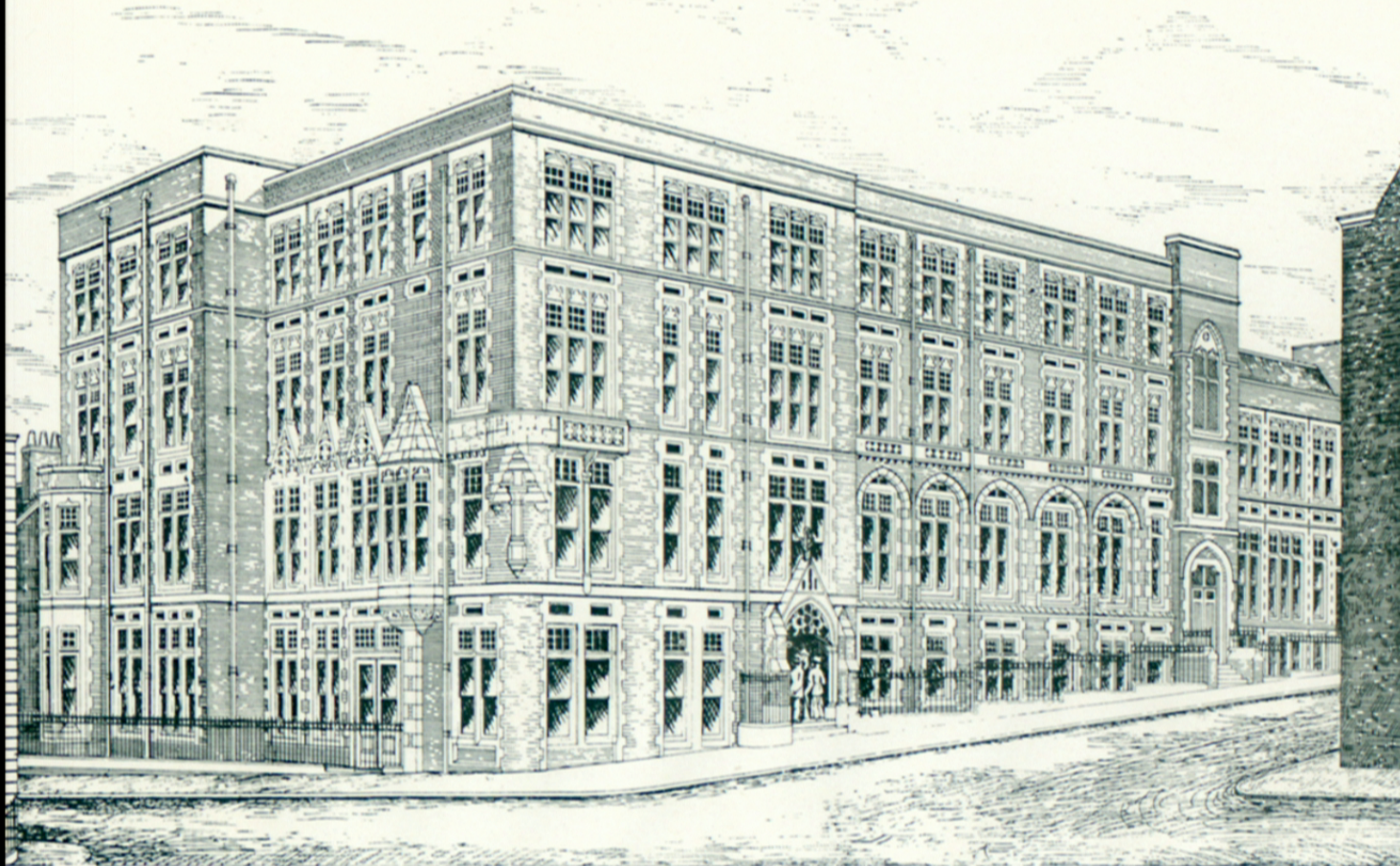


FOUNTAIN-PEN STAND

NAME .. P. Dine ..
SCHOOL .. Bishop ..
DATE .. May 5th ..
MARKS .. 9 ..



SCALE 1" = 1"



MERCHANT VENTURERS' TECHNICAL COLLEGE.







BRISTOL UNIVERSITY ENGINEERING SOCIETY'S VISIT TO
MESSRS. DOUGLAS' WORKS, KINGSWOOD.
MARCH 11TH. 1919.

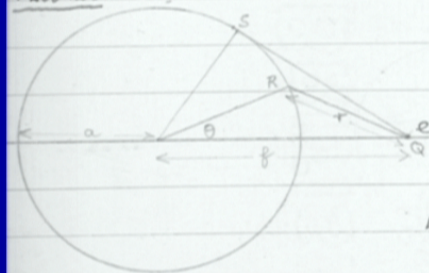


MERCHANT VENTURERS' TECHNICAL COLLEGE, BRISTOL.

Name P. A. M. Dirac Date _____

Subject _____

1288 No 8



$$r^2 = a^2 + f^2 - 2af \cos \theta$$

$$r dr = af \sin \theta d\theta$$

$$4\pi\sigma = \frac{-e(f^2 - a^2)}{a r R^2}$$

$$\text{charge on near side} = \int_{f-a}^{f+a} \sigma \cdot 2\pi a \sin \theta \cdot a d\theta$$

$$= \frac{a^2}{2} \int_{f-a}^{f+a} \frac{-e(f^2 - a^2)}{a r^2} \frac{r dr}{af}$$

$$= \frac{e(f^2 - a^2)}{2f} \left[\frac{1}{r} \right]_{f-a}^{f+a} = -\frac{e(f^2 - a^2)}{2f} \left(\frac{1}{f-a} - \frac{1}{f+a} \right)$$

$$= -\frac{e}{2f} (f+a - \sqrt{f^2 - a^2})$$

$$\text{remaining charge} = -\frac{ea}{2f} + \frac{e}{2f} (f+a - \sqrt{f^2 - a^2}) = \frac{e}{2f} (f - a - \sqrt{f^2 - a^2})$$

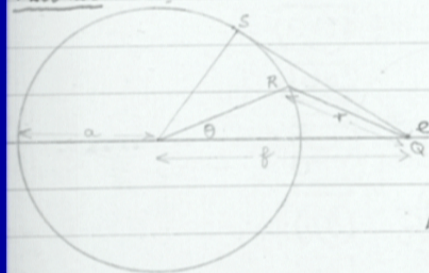
$$\text{Ratio} = -\frac{f+a - \sqrt{f^2 - a^2}}{f-a - \sqrt{f^2 - a^2}} = -\frac{f^2 - a^2 - (f^2 - a^2) + 2af\sqrt{f^2 - a^2}}{-2af + 2a^2}$$

MERCHANT VENTURERS' TECHNICAL COLLEGE, BRISTOL.

Name P. A. M. Dirac Date _____

Subject _____

1288 No 8



$$r^2 = a^2 + f^2 - 2af \cos \theta$$

$$r dr = af \sin \theta d\theta$$

$$4\pi\sigma = \frac{-e(f^2 - a^2)}{a r R^2}$$

$$\text{charge on near side} = \int_{f-a}^{f+a} \sigma \cdot 2\pi a \sin \theta \cdot a d\theta$$

$$= \frac{a^2}{2} \int_{f-a}^{f+a} \frac{-e(f^2 - a^2)}{a r^2} \frac{r dr}{af}$$

$$= \frac{e(f^2 - a^2)}{2f} \left[\frac{1}{r} \right]_{f-a}^{f+a} = -\frac{e(f^2 - a^2)}{2f} \left(\frac{1}{f-a} - \frac{1}{f+a} \right)$$

$$= -\frac{e}{2f} (f+a - \sqrt{f^2 - a^2})$$

$$\text{remaining charge} = -\frac{ea}{2f} + \frac{e}{2f} (f+a - \sqrt{f^2 - a^2}) = \frac{e}{2f} (f - a - \sqrt{f^2 - a^2})$$

$$\text{Ratio} = -\frac{f+a - \sqrt{f^2 - a^2}}{f-a - \sqrt{f^2 - a^2}} = -\frac{f^2 - a^2 - (f^2 - a^2) + 2af\sqrt{f^2 - a^2}}{-2af + 2a^2}$$





Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen.

Von W. Heisenberg in Göttingen.

(Eingegangen am 29. Juli 1925.)

In der Arbeit soll versucht werden, Grundlagen zu gewinnen für eine quantentheoretische Mechanik, die ausschließlich auf Beziehungen zwischen prinzipiell beobachtbaren Größen basiert ist.

Bekanntlich läßt sich gegen die formalen Regeln, die allgemein in der Quantentheorie zur Berechnung beobachtbarer Größen (z. B. der Energie im Wasserstoffatom) benutzt werden, der schwerwiegende Einwand erheben, daß jene Rechenregeln als wesentlichen Bestandteil Beziehungen enthalten zwischen Größen, die scheinbar prinzipiell nicht beobachtet werden können (wie z. B. Ort, Umlaufzeit des Elektrons), daß also jenen Regeln offenbar jedes anschauliche physikalische Fundament mangelt, wenn man nicht immer noch an der Hoffnung festhalten will, daß jene bis jetzt unbeobachtbaren Größen später vielleicht experimentell zugänglich gemacht werden könnten. Diese Hoffnung könnte als berechtigt angesehen werden, wenn die genannten Regeln in sich konsequent und auf einen bestimmt abgegrenzten Bereich quantentheoretischer Probleme anwendbar wären. Die Erfahrung zeigt aber, daß sich nur das Wasserstoffatom und der Starkereffekt dieses Atoms jenen formalen Regeln der Quantentheorie fügen, daß aber schon beim Problem der „gekreuzten Felder“ (Wasserstoffatom im elektrischen und magnetischen Feld verschiedener Richtung) fundamentale Schwierigkeiten auftreten, daß die Reaktion der Atome auf periodisch wechselnde Felder sicherlich nicht durch die genannten Regeln beschrieben werden kann, und daß schließlich eine Ausdehnung der Quantenregeln auf die Behandlung der Atome mit mehreren Elektronen sich als unmöglich erwiesen hat. Es ist üblich geworden, dieses Versagen der quantentheoretischen Regeln, die ja wesentlich durch die Anwendung der klassischen Mechanik charakterisiert waren, als Abweichung von der klassischen Mechanik zu bezeichnen. Diese Bezeichnung kann aber wohl kaum als sinngemäß angesehen werden, wenn man bedenkt, daß schon die (ja ganz allgemein gültige) Einstein-Bohrsche Frequenzbedingung eine so völlige Absage an die klassische Mechanik oder besser, vom Standpunkt der Wellentheorie aus, an die dieser Mechanik zugrunde liegende Kinematik darstellt, daß auch bei den einfachsten quantentheoretischen Problemen an

1. Juli 1925
A. P. W.

Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen.

Von W. Heisenberg in Göttingen.

(Eingegangen am 29. Juli 1925.)

In der Arbeit soll versucht werden, Grundlagen zu gewinnen für eine quantentheoretische Mechanik, die ausschließlich auf Beziehungen zwischen prinzipiell beobachtbaren Größen basiert ist.

Bekanntlich läßt sich gegen die formalen Regeln, die allgemein in der Quantentheorie zur Berechnung beobachtbarer Größen (z. B. der Energie im Wasserstoffatom) benutzt werden, der schwerwiegende Einwand erheben, daß jene Rechenregeln als wesentlichen Bestandteil Beziehungen enthalten zwischen Größen, die scheinbar prinzipiell nicht beobachtet werden können (wie z. B. Ort, Umlaufzeit des Elektrons), daß also jenen Regeln offenbar jedes anschauliche physikalische Fundament mangelt, wenn man nicht immer noch an der Hoffnung festhalten will, daß jene bis jetzt un beobachtbaren Größen später vielleicht experimentell zugänglich gemacht werden könnten. Diese Hoffnung könnte als berechtigt angesehen werden, wenn die genannten Regeln in sich konsequent und auf einen bestimmt umgrenzten Bereich quantentheoretischer Probleme anwendbar wären. Die Erfahrung zeigt aber, daß sich nur das Wasserstoffatom und der Starkereffekt dieses Atoms jenen formalen Regeln der Quantentheorie fügen, daß aber schon beim Problem der „gekreuzten Felder“ (Wasserstoffatom im elektrischen und magnetischen Feld verschiedener Richtung) fundamentale Schwierigkeiten auftreten, daß die Reaktion der Atome auf periodisch wechselnde Felder sicherlich nicht durch die genannten Regeln beschrieben werden kann, und daß schließlich eine Ausdehnung der Quantenregeln auf die Behandlung der Atome mit mehreren Elektronen sich als unmöglich erwiesen hat. Es ist üblich geworden, dieses Versagen der quantentheoretischen Regeln, die ja wesentlich durch die Anwendung der klassischen Mechanik charakterisiert waren, als Abweichung von der klassischen Mechanik zu bezeichnen. Diese Bezeichnung kann aber wohl kaum als sinngemäß angesehen werden, wenn man bedenkt, daß schon die (ja ganz allgemein gültige) Einstein-Bohrsche Frequenzbedingung eine so völlige Absage an die klassische Mechanik oder besser, vom Standpunkt der Wellentheorie aus, an die dieser Mechanik zugrunde liegende Kinematik darstellt, daß auch bei den einfachsten quantentheoretischen Problemen an

1. Juli 1925
A. P. W.















