

## 16. 答《就&lt;对一道中学生物理竞赛试题答案的商榷&gt;一文的讨论》

李学生 (Li Xuesheng)

山东大学副教授, 理论物理教师, 中国管理科学院学术委员会特约研究员, 北京相对论研究联谊会会员, 中国民主同盟盟员 (作者为中国科学院高能物理所研究员)

[xiandaiwulixue@21cn.com](mailto:xiandaiwulixue@21cn.com), [1922538071@qq.com](mailto:1922538071@qq.com)

**摘要:** 说明了论文《就<对一道中学生物理竞赛试题答案的商榷>一文的讨论》错误。

[李学生 (Li Xuesheng). 16. 答《就<对一道中学生物理竞赛试题答案的商榷>一文的讨论》. *Academ Arena* 2017;9(15s): 69-76]. (ISSN 1553-992X). <http://www.sciencepub.net/academia>. 16. doi: [10.7537/marsaaj0915s1716](https://doi.org/10.7537/marsaaj0915s1716).

**关键词:** 物理竞赛试题; 弹簧振子; 动能; 势能; 机械能守恒

**中图分类号:** O 313.1 **文献标识码:** A

《科学网》发表了陈奎孚先生评论我们的论文《对一道中学生物理竞赛试题答案的商榷》<sup>[1]</sup>的稿件《就<对一道中学生物理竞赛试题答案的商榷>一文的讨论》(简称为陈文)。对于陈文的评论, 我们分 1, 2 两大部分回应如下:

## 1 关于和陈文讨论的总体意见

### 1.1 关于我们论文的错误

陈文在其 1 中(2)里说: 【“轻质弹簧抽去其质量属性以后, 只是作为传递力的工具”的“传递力的工具”很不恰当.】

【文[1]的最后一段“由于在这个问题中弹簧仅仅是传递弹力, 约束力与保守力是同一个力”必然是**不正确的**.】力的大小、方向和作用点是力的三要素, 但是我们必须本质地看待力的作用点问题, 根据牛顿第二定律力必须作用在有质量的点上, 因此在研究弹簧振子和单摆问题中必须注意这个问题. 在弹簧振子问题中, 一般不考虑弹簧质量 (如果考虑弹簧质量, 在各个惯性系机械能都不守恒, 就不是弹簧振子了, 这与实验中的弹簧是有区别的, 实验中的弹簧由于具有质量同时具有动能和势能.), 因此弹力的作用点是振子 (或者说小球), 而不是弹簧. 既然力的作用点是小球, 所以弹簧可以认为是传递力的媒介.

### 1.2 关于我们论文的原则

1) 在科学的研究中, 要证明一个命题是否正确, 必须以科学理论中的**定义、公理、定理、原理、定律、公式**等作为正确的**标准**来推理. 这是科学理论中起码的常识, 也是我们论文里基本的原则.

2) 在力学的研究中, 因为物体具有体积, 所以当力作用到物体上的不同位置时, 就会产生不同的效果, 这就对力学的研究带来极大的不便. 为了方便起见, 人们就抽掉物体的**体积**, 只留下物体的**质量**, 并把**只有质量而无体积的物体**叫做**质点**, 研究**质点**的力学叫做**质点力学**. 因为抽掉物体的体积在实践中不能做到, 所以**质点**是个**理想模型**, 研究**理想模型**得出的结论叫做**理论**.

3) 在研究**弹簧振子**的振动时, 因为**弹簧**不仅具有体积, 而且还可变形, 所以**弹簧**的运动要比一般物体、刚体的运动更为复杂, 与**质点**的运动也很不同, 这就给**弹簧振子**的研究带来不便. 为了方便起见, 人们就抽掉**弹簧**的**体积和质量**, 只留下**弹簧产生弹力的性质**, 并把**只有产生弹力的性质而无体积和质量的弹簧**叫做**轻质弹簧**. 因为抽掉**弹簧**的**体积和质量**在实践中不能做到, 所以**轻质弹簧**是个**理想模型**, 研究**理想模型**得出的结论叫做**理论**.

在研究一端固定在墙壁上的**弹簧振子**的振动时, 必须把**弹簧**视为**轻质弹簧**.

4) 在物理学中, 往往使用数学理论中的坐标系, 把带有坐标系的参考物体或参照物体叫做参考系或参照系. 在数学、物理学理论中: 每一个坐标系或参照系只能有一个**原点**. 这是数理理论中起码的常识, 也是我们论文里基本的原则.

## 2 关于和陈文讨论的具体意见

### 2.1 对于陈文的 1 的意见

1) 陈文在其 1 中说: 【文[1]认为参考答案是错误的, 论证的手段是数学演绎, 然而该演绎有一个**关键失误**, 即文[1]式(4)下方的 (本段随后叙述根据文[1])  $dE'_p(t) = f dx'_{(1)}$ , 式中:  $E'_p(t)$ ,  $x'$ ,  $dx'$  分别是匀速运动参考系中观察到弹簧势能, 小球位移和位移的微分;  $dE'_p(t)$  为弹簧势能的微元;  $f = kx$  为小球所受到

的力.

如果动参考系的速度  $u = 0$ , 那么  $x'$  就回到了  $x$ (见图 1), (1)式无疑是正确的, 但是如果  $x'$  的坐标原点也在运动, 那么再使用式(1)就不合适了.】

陈文要说明式(1)【**失误**】、【**不合适**】, 必须用**定义、公理、定理、原理、定律、公式**等作为正确的**标准**来推理.

2)陈文在上述 1)中那一段里还有 4 个小**错误**如下:

①陈文说的【**匀速运动参考系**】或【**动参考系**】**错误**, 把其改成**小车参考系**才正确. 因为**小车系**和**地面系**的运动是相对的, 在小车上观察时, 小车就成了**静止系**, 地面就成了**运动系**.

②在水平面上受稳定约束的弹簧振子运动模型, 实质上是一个与距离  $r$  成正比有心力作用下质点的运动问题. 陈文说的【**弹簧势能**】**错误**, 把其改成“**振子势能**”或“**小球势能**”才正确. **理由为**: 从上述 1.2 中的 3)里知, 在研究一端固定在墙壁上的**弹簧振子**的振动时, 必须把**弹簧**视为**轻质弹簧**. **轻质弹簧**是没有**质量**的. 据力学中**力的定义**知, **力是物体间的相互作用**, 物体被视为质点后, **力就是质点间的相互作用**. 所以, **力不是物体或质点和几何点间的相互作用**. 所以**物体或质点**施与的**力**不能作用在已成为**几何点**的**轻质弹簧**上, 所以**轻质弹簧**不能受到任何力的作用而做功, 所以**轻质弹簧**就没有由功转化来的**势能**了. 因为**弹簧振子体系**由**轻质弹簧**和**振子**或**小球**组成, 所以, **弹簧振子体系**的**势能**就全部归于**振子**或**小球**了. 所以把【**弹簧势能**】改为“**振子势能**”或“**小球势能**”才正确.

再说, 陈文的文献[10]在第 164 页上定义**弹簧振子**的**势能**时说: “这个**质点**在**弹力**作用下相对于平衡位置具有转换成其他运动形态的一定‘能力’, 称为**质点在弹力作用下相对于平衡位置的弹性势能**”. 这就是说, 文献[10]早已明确声明: **弹性势能**是属于**质点**的, 即是属于**振子**或**小球**的, 当然就不能属于**弹簧**了. 所以, 把【**弹簧势能**】改为“**振子势能**”或“**小球势能**”才正确.

$$E(t) = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} m\omega^2 x^2$$
, 如果这样表达弹性势能, 就可以看出弹性势能属于小球, 而不是属于弹簧.

③陈文说的【 $f = kx$ 】**错误**, 把其改为  $f = -kx$  才正确. 因为据力学中的**胡克定律**知:  $f = -kx$ .

④陈文说的【 $x'$  的坐标原点也在运动】是**错误**的. 因为**坐标原点**  $O'$  不属于  $x'$  而属于**参照系**  $O'x'$ , 且相对于  $O'x'$  系并不运动.

3)陈文虽然没有用上述正确的**标准**来推理论证, 但是也企图用**类比**的方法来说明我们的**式(1)【失误】、【不合适】**. 例如陈文说: 【比如图2的两个自由度系统, 第二个弹簧  $k_2$  的势能  $E_{p2}(t)$  按照式(1)的**逻辑**究竟应该为  $dE_{p2}(t) = f dx_1$  (此处  $f = k_2(x_2 - x_1)$ ) 还是  $dE_{p2}(t) = f dx_2$  呢? 显然二者都不对.  $E_{p2}(t)$  应该是  $x_1$  和  $x_2$  的二元函数 (其实势能应该写成  $E_{p2}(x_1, x_2)$ , 但是为了与文[1]的符号一致, 还是用了  $E_{p2}(t)$ ), 它的全微分应该为

$$dE_{p2} = \frac{\partial E_{p2}}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial E_{p2}}{\partial x_2} dx_2 \quad (2)】.$$

对陈文的这个**类比法**, 我谈 4 条意见如下:

①我们的论文讨论的是一个**弹簧振子系统**. 陈文的**类比法**中举得例子是两个**弹簧振子系统**, 而且这两个**弹簧振子系统**还串联在一起, 这就使得每个**振子**的受力情况比一个**弹簧振子系统**中**振子**的受力情况**不同**. 这种**结构及受力情况的不类同**, 导致了陈文的**类比法**中举得例子和我们论文中的**弹簧振子系统**没有**类比性**.

②利用**类比法**举例时, 举得例子应该与被比的事物**类同**或更简单. 而陈文举得例子与被比的事物要**复杂得多**, 这就大大增加了用**类比法**说明问题的难度, 从而失去了使用**类比法**的意义.

③利用**类比法**举例时, 举得例子必须**正确**. 而陈文在自己的**类比法**中说的【 $E_{p2}(t)$ 应该是  $x_1$  和  $x_2$  的二元函数 (其实势能应该写成  $E_{p2}(x_1, x_2), \dots$ ), 它的全微分应该为

$$dE_{p2} = \frac{\partial E_{p2}}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial E_{p2}}{\partial x_2} dx_2 \quad (2)】$$

没有说明理由, 故无法保证**式(2)正确**. 事实上, 【 $E_{p2}(t)$ 应该是  $x_1$  和  $x_2$  的二元函数】和**式(2)**都是**错误**的. 因为二元函数的两个自变量**必须**互相独立, 而  $x_1$  和  $x_2$  却同时变化. 这说明陈文对**二元函数**的**定义**理解**错误**.

④如果纠正了陈文在上述①, ②, ③中的**错误**, 那么就使陈文的**类比法**中的例子成为一个**弹簧振子系统**, 故按照式(1)的逻辑有  $dE_p(t) = f dx$ . 而陈文通过【如果动参考系的速度  $u = 0$ , 那么  $x'$  就回到了  $x$  (见图 1),

式(1)无疑是**正确的**】承认了 $dE_p(t) = f dx$ 正确，因此也就承认了我们的式(1)  $dE'_p(t) = f dx'$  正确。

4)其实，我们的**式(1)是正确的，是不失误的，是合适的**。理由为：我们的**式(1)**是根据公认正确的**势能定义**推导出的。**势能定义为：保守力对质点做的功等于该质点的势能的减少量**。陈文说【如果**动参考系**的速度  $u \neq 0, \dots$ ，式(1)无疑是**正确的**】，这就说明**陈文**也承认在**地面系**的**势能定义**  $dE_p(t) = f dx$  正确。但因为**小车系**是**惯性系**，所以据力学相对性原理知，在**小车系**势能定义也有相同的形式，即  $dE'_p(t) = f dx'$  正确。所以我们论文中的**式(1)**的来历是有**根据、有理由**的，因此是**正确的**。

5)陈文在其1中说：【回到图1的模型，在动参考系里观察，弹簧的左端O不再保持不动，如图3所示模型。在图3中，**弹簧左右两个端点各有一个参考原点**，这两个原点随动参考系一起匀速运动。左右两个端点相对动参考系的位移分别为  $x'_o$  和  $x'$ 。如

同图 2，在动参考系中观察到的弹簧势能  $E'_p(t)$  是  $x'$  和  $x'_o$  的函数，即  $E'_p(t) = k (x' - x'_o)^2 / 2$ ，所以

$$dE'_p = \frac{\partial E'_p}{\partial x'} dx' + \frac{\partial E'_p}{\partial x'_o} dx'_o \quad (3) \dots\dots$$

**式(1)失误**在于把式(3)右边的第二项丢掉了，它正是墙壁作用力对系统所做的元功。第二项的存在，动参考系中机械能不守恒的数学表现。高炳坤先生早就论证过这个问题了<sup>[9]</sup>。】

对于**陈文**上述的这段话，我谈 4 条意见如下：

①**陈文**在上述这段话中说到：【**弹簧左右两个端点各有一个参考原点**，这两个原点随动参考系一起匀速运动。】

只有**坐标系或参照系**才有**原点**，【**两个端点**】不会【**各有一个参考原点**】；在每一个**坐标系或参照系**中只有一个**原点**，不会有【**两个原点**】。这是数理知识中起码的常识，也是我们论文里基本的原则。

②在我们的论文中，在**地面系**观察：以弹簧未被拉伸和压缩时（弹簧平衡时）的**振子或小球即质点 m** 所处**地面**位置  $o$  为坐标原点建立直线坐标系  $ox$ （如图 1 所示），则  $o$  点的坐标为  $x_o = 0$ 。弹簧的左端点  $O$  因与墙壁相连故静止，其坐标为  $x_o$ 。设**弹簧的自然长度**为  $L$ ，则  $L = x_o - x_o = 0 - x_o = -x_o$ 。将**振子**从  $o$  开始向右拉动距离  $x$ ，则弹簧的伸缩量 **振子的位移量**  $x = x_o - x_o = x$ 。此时放手后，据**胡克定律**知，**振子**受到的弹簧的弹力为  $f = kx$ ，并做简谐振动。故**振子**做的微分功（即元功）为： $dw = f dx = kx dx$ ，所以**振子**从位置  $0$  处到位置  $x$  处做的总功为：

$$w = \int_0^x dw = \int_0^x (-kx) dx = k \frac{1}{2} (x^2 - 0^2) = \frac{1}{2} kx^2$$

因为**振子**在  $f$  的作用下做的功仅与位置  $x$  有关，所以  $f$  是**保守力**。

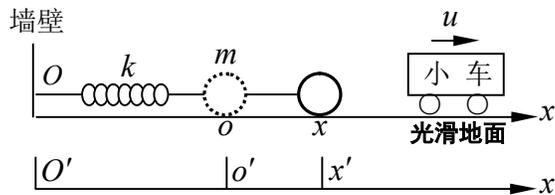


图 1

据 2.2 中 4) 里说到的**势能定义**得： $w = E_p(0) - E_p(x)$ ，所以

$$\frac{1}{2} kx^2 = 0 - E_p(x), E_p(x) = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} kA^2 \cos^2(\omega t) = E_p(t)$$

这说明**势能**符号  $E_p(t)$  是正确的，不是【应该写成  $E_{p2}(x_1, x_2)$ ，但是为了与文[1]的符号一致，还是用了  $E_{p2}(t)$ 】的。

我们的论文已经声明，**小车系**刚开始运动时与**地面系**完全重合，即**小车系**的坐标原点 $O'$ ，弹簧的左端点 $O'$ 分别与**地面系**的坐标原点 $o$ ，弹簧的左端点 $O$ 完全重合（如图1）。所以 $O'$ ， $O'$ 的坐标差等于 $o$ ， $O$ 的坐标差等于 $L$ ，即 $x'_{O'} = x'_o = x_o = x_O = L$ 。又因为 $x'_{O'}$ 是**小车系**的坐标原点 $O'$ 的坐标，所以 $x'_{O'} = 0$ ，所以

$$0 = x'_{O'} - x'_o = x_o - L, \quad x'_{O'} - x'_o = x_o - L.$$

**陈文**说的【在**动参考系**（应为**小车系**）里观察，弹簧的左端 $O$ 不再保持不动】**正确**，但点 $O$ 的运动方向是**向左而不是向右**。

**陈文**说【这两个原点随**动参考系**一起**匀速**运动。左右两个端点相对**动参考系**的位移分别为 $x'_{O'}$ 和 $x'$ 。】随**动参考系**（**小车系**）一起**匀速**运动的两个原点应分别是**小车系**的坐标原点 $O'$ 和**小车系**中弹簧的左端点 $O'$ 。因为 $O'$ 和 $O'$ 一起**匀速**运动，所以**始终**有 $x'_{O'} = x'_o = L$ ， $0 = x'_{O'} - L$ ， $x'_{O'} = L$ 。

当在**地面系**观察、振子从 $o$ 点开始向右运动到坐标为 $x$ 处时，在**小车系**观察、振子便从 $O'$ 开始向右运动到坐标为 $x'$ 处，所以弹簧的伸缩量=振子的位移量 $(x' - x'_{O'}) = (x' - 0) = x' = x - ut$ 。

相对**动参考系**（**小车系**）的位移分别为 $x'_{O'}$ 和 $x'$ 的左右两个端点应分别是**地面系**中的弹簧的左端点 $O$ 和振子（不是 $o$ ）。所以有：

$$x'_{O'} = x_o - ut, \quad x' = x - ut;$$

$$(x' - x'_{O'}) = [(x - ut) - (x_o - ut)] = (x - x_o) = x - L.$$

③按照上述②中的分析，可得**陈文**的错误如下：

**陈文**的(3)式**错误**。因为 $x'$ 和 $x'_{O'}$ 通过 $ut$ 互为函数而不相互独立，所以**陈文**的 $E'_p(t) = k(x' - x'_{O'})^2/2$ 不是 $x'$ 和 $x'_{O'}$ 的二元函数。这说明**陈文**对二元函数的定义理解**错误**。

按照**陈文**的势能公式 $E'_p = E'_p(t) = k(x' - x'_{O'})^2/2$ 的逻辑，在分析**地面系**的势能时就应该有：

$$E_p = E_p(t) = k(x - x_o)^2/2 = k(x - L)^2/2 = \frac{1}{2}k(x - L)^2 \neq \frac{1}{2}kx^2.$$

**陈文**的势能公式 $E_p(t) = k(x - x_o)^2/2$ 与任何文献任何人（包括**陈奎孚**本人）都公认正确的势能公式 $E_p(t) = E_p(x) = \frac{1}{2}kx^2$ 不同，故**陈文**的势能公式 $E_p(t) = k(x - x_o)^2/2$ **错误**，错在把弹簧的自然长度 $L$ 也当成弹簧的伸缩量的一部分了。因此，与 $E_p(t) = k(x - x_o)^2/2$ 有着**相同逻辑**的**陈文**的势能公式 $E'_p(t) = k(x' - x'_{O'})^2/2$ 也就**错误**了。

**陈文**在其0中说：【文[2]和[4]的讨论已经**很到位**了】。故**陈文**

文[2]说的【 $E'_p = \frac{1}{2}k(x' - x'_{O'})^2 = \frac{1}{2}k(x - x_o)^2 = \frac{1}{2}k(x - L)^2$ 】和**陈文**文[4]说的

【 $E'_p = E_p = \frac{1}{2}kx^2$ 】就**很到位**了，所以**陈文**的势能公式 $E'_p = k(x' - x'_{O'})^2/2 = \frac{1}{2}k(x - L)^2$ 就**很不到位**了，即就**错了**。

**陈文**的势能公式 $E'_p(t) = k(x' - x'_{O'})^2/2$ 之所以**错误**，是因为**陈文**没有用力学中的**定义、公理、定理、原理、定律、公式**等作为正确的**标准**来推理。**陈文**也确实未说明自己的势能公式 $E'_p(t) = k(x' - x'_{O'})^2/2$ 正确的理由。

事实上,按照**势能定义**  $dE'_p(t) = f dx'$  来推理,便得到**势能公式**  $E'_p(t) = \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t) - m \omega A \sin(\omega t)$ ,这也说明**陈文的公式**  $E'_p(t) = k x' x'_0 / 2 - \frac{1}{2} k x L$  **错误**,同时也说明**陈文的文[2](朱文)**和[4](**孟文**)的  $E'_p = E_p - \frac{1}{2} k x^2$  **错误**.

④**陈文**在上述这段话中说到:【**式(1)失误在于把式(3)右边的第二项丢掉了,它正是墙壁作用力对系统所做的元功……高炳坤先生早就论证过这个问题了<sup>[9]</sup>。**】

**陈文**在上述这段话中的**错误**与**高炳坤**先生论证中的**错误**完全相同。

### 2.3 对于**陈文**的 2 的意见

1)**陈文**在其 2 中(1)里说:【“力只能作用在有质量的物体上”无法从牛顿第二定律得出来.对质点  $F = ma$  中的  $F$  是合外力.如果不是质点,质量  $m = 0$  只意味着所有外力的矢量和为零,即当弹簧质量忽略后,墙壁对弹簧的作用力矢量与小球对弹簧的作用力矢量合起来等于零(注意是**矢量和为零,不是合力为零**,见下面的(4)).另外文[3]也坚持:“力不能对没有质量的物体做功”;“朱文就不能计算两个外力……对弹簧所做的总功(若硬要计算则应把弹簧视为质点,但是,因此产生的把弹簧视为质点与忽略弹簧质量的矛盾应由朱文负责)、而只能计算小球或振子这个质点的总功了”等说辞当然也不恰当.力是否只能对有质量的物体做功?答案是否.因为力矢量  $F$  元功为  $F \cdot dr$ ,其中  $dr$  是受力物体上与力作用点相重合那点位移的微元.  $F \cdot dr$  与受力物体是否有质量无关.至于“被作用对象的质量为 0 时,加速度可能会无穷大”的担心根本没必要,因为被作用对象上还可能有其他力的作用.再者,被作用对象也可把力的功转换成其他形式的能量,比如弹簧把**能功**储藏为弹性势能.】

对于**陈文**上述的这段话,我谈 4 条意见如下:

①我们的论文中说的“力只能作用在有质量的物体上”是**正确**的.理由为:任何一部力学著作中关于**力的定义**都是**物体间的相互作用**,物体被视为质点后,**力**就是**质点间的相互作用**.如果忽略了物体、弹簧的体积和质量及**质点**的质量,那么物体、弹簧和**质点**就成了**几何点**.因为力是**物体间的相互作用**或**质点间的相互作用**,而不是**物体或质点和几何点间的相互作用**,所以**物体或质点**施与的力只能作用在有质量的**物体或质点**上,而不能作用在无质量的**几何点**上.所以,如果**陈文**认为我们的“力只能作用在有质量的物体上”**不正确**,那么就是**陈文把力的定义理解错了**.

根据上述的力学中的**力的定义**,**陈文**说的【当弹簧质量忽略后,墙壁对弹簧的作用力矢量与小球对弹簧的作用力矢量合起来等于零(注意是**矢量和为零,不是合力为零,……)**]就错了.因为此时的**弹簧**已经成了**几何点**,不能再受任何力了.

另外,【**矢量和为零**】是个小错误,正确的说法是:“**矢量和为 0**”.因为矢量必须用**粗体**字母或数字表示(在力的方向与坐标轴平行的特殊情况下,矢量可以用**非粗体**字母或数字表示,但是矢量的方向应改用正负号表示).【是**矢量和为零,不是合力为零**】也是个小错误,正确的说法是:“**力的矢量和为 0**”与“**合力为 0**”都**正确**.理由为:据**力的定义**知,**力**本身就是**矢量**,它包括**大小和方向**两方面的内容.故一提到**力**,就一定是包括**大小和方向**的**矢量**;一提到**合力**,就一定是**力的矢量和**.**陈文**说的【不是合力为零】一定是把“**力**”**错误地**理解成“**力的大小**”了.

②我的论文(**陈文**中的文[3])中说的“力不能对没有质量的物体做功”;“朱文就不能计算两个外力……对弹簧所做的总功(若硬要计算则应把弹簧视为质点,但是,因此产生的把弹簧视为质点与忽略弹簧质量的矛盾应由朱文负责)、而只能计算小球或振子这个质点的总功了”等说辞是**恰当**的,是**正确**的.理由我已经在上述的①中说清楚了,即因为弹簧已被视为没有**体积和质量**的**几何点**,因此**弹簧振子**的总质量就是**振子或小球**这一个质点的质量了.所以,计算**弹力**移动**弹簧振子**做功时,就只能计算**小球或振子**这一个质点的功了.势能是用保守力的功定义的,是对于质点而言的,对于没有质量的弹簧显然没有势能而言.

③**陈文**说:【力是否只能对有质量的物体做功?】【把**能功**储藏为弹性势能.】

我所学过的知识中没有【**功能**】、【**能功**】的概念.我所学过的【**功**】和【**能**】是两个完全不同的概念,力只能对有质量的物体**做功**而不能**做能**,更不能**做功能或能功**.所以,**陈文**说到的【**功能**】、【**能功**】的概念是忘记了力学理论中起码的常识,违背了我们论文里基本的原则.

④**陈文**说:【力是否只能对有质量的物体做功?答案是否.因为… $F \cdot dr$  与受力物体是否有质量无关.至于“被作用对象的质量为 0 时,加速度可能会无穷大”的**担心**根本没必要,因为被作用对象上还可能

有其他力的作用.再者,被作用对象也可把力的功转换成其他形式的能量,比如弹簧把**能功**储藏为弹性势能.】

我认为,陈文说得【力是否只能对有质量的物体做功?答案是否】和【 $F \cdot dr$ 与受力物体是否有质量无关】都是**错误**的.因为我在上述的①中已经说明:力不能作用在没有质量的**几何点**上.

质量  $m = 0$  的被作用对象不能接受**力**,故其**速度**就不能改变,故  $a$  就变不成无穷大了.如果考虑到内部作用力抵消,那么每一点必须运动状态不变,显然不符合客观实际.

2)陈文在其 2 中(2)里说:【“轻质弹簧抽去其质量属性以后,只是作为传递力的工具”的“传递力的工具”很不恰当.当弹簧质量不计时,墙壁对弹簧的作用力  $F_{\text{墙对簧}}$  与弹簧对小球的作用力  $F_{\text{簧对球}}$  的大小确实相等,方向也确实相同(见图 4).但是二者的作用点不同(施力物体和受力物体也当然不同).在本题中,二者的作用点位移更不同(振子的振动必然导致这个不同),所以它们无法等效,因而不能把墙壁作用在弹簧上的力直接作用到小球上.力有可传性,但这种“传”只能在同一刚体内部传递,然而这里**弹簧是变形体**(也正是利用了弹簧的变形性质,才发生了振动现象),所以不能简单地把力传过弹簧.当然,若小球处于平衡状态,那么根据刚化原理可**把弹簧当成刚体模型**处理,小球的平衡状态不变.此时,操作上可把墙壁对弹簧的力传递到小球(这个“传递”与弹簧是否有质量也无关),但刚化原理的前提是小球要处于平衡状态,然而本题的小球在振动.综上,文[1]的最后一段“由于在这个问题中弹簧仅仅是传递弹力,约束力与保守力是同一个力”必然是**不正确的**.】

陈文说的我们**不正确的**理由是**错误的**.陈文**错误的理由为**:在研究一端固定在墙壁上的**弹簧振子**的振动时,必须把**弹簧**视为**只有产生弹力的性质而无体积和质量**的**轻质弹簧**.这是力学理论中起码的常识,也是我们论文里基本的原则.所以,如果把【**弹簧当成刚体模型**】或者【**变形体**】去分析研究,那么就忘记了力学理论中起码的常识,违背了我们论文里基本的原则.陈文恰恰是用【**弹簧是变形体**】、【**把弹簧当成刚体模型**】来分析的,所以**陈文就错了**.

3)陈文在其 2 中(3)里说:【“小球的机械能就是弹簧振子体系的机械能”也不恰当.小球只有动能,振子的**势能**储存在弹簧中.在重力场中,“小球的势能”指的是小球的重力势能,即小球在地球重力场中的势能.在不引起误解的语境下,我们使用“小球的势能”——但这**绝不是说小球自己就有势能**.故而文[3]中“因此,研究弹簧振子系统的机械能只能研究质点小球或振子的动能和势能而不能再研究弹簧的势能了.事实上,**弹簧振子系统的弹性势能也就是质点小球或振子的势能**”表述**不恰当**.文[3]所引用的文[10]陈述“质点在弹力作用下相对于平衡位置的弹性势能”中的“在弹力作用下相对于平衡位置的”的修饰语是很准确的,丢了**这个修饰语就不合适了**.】

对于陈文上述的这段话,我谈 4 条意见如下:

①我们的论文中说的“小球的机械能就是弹簧振子体系的机械能”是**正确的**.理由为:弹簧振子体系由**轻质弹簧**和**振子**或**小球**组成.**轻质弹簧**是没有**质量**的**几何点**.因为**轻质弹簧**没有**质量**,所以没有**动能**;因为**轻质弹簧**是**几何点**,所以不能受到任何力的作用而做功.所以就没有由功转化来的**势能**,所以**轻质弹簧**就没有**机械能**了.所以,由**轻质弹簧**和**振子**或**小球**组成的**弹簧振子体系**的**机械能**就全部归于**振子**或**小球**了.所以,陈文说【“小球的机械能就是弹簧振子体系的机械能”也不恰当】就错了.

②陈文说【**小球只有动能,振子的势能**储存在弹簧中.…我们使用“小球的势能”——但这**绝不是说小球自己就有势能**.】

陈文说的【**小球(振子)只有动能**】说明振子**没有势能**,陈文说的【**振子的势能**储存在弹簧中(那**势能**也是**振子的**,就像人的钱储存在银行中**钱**也是**人**的一样)】说明振子**有势能**.这就矛盾了.

陈文说的【“小球的势能”】说明小球**有势能**,陈文说的【**绝不是说小球自己就有势能**】说明小球**没有势能**.这也就矛盾了.

③我的论文(陈文的文献[3])中说的“研究弹簧振子系统的机械能只能研究质点小球或振子的动能和势能而不能再研究弹簧的势能了”是**正确的**,理由为:弹簧振子系统的机械能就是质点小球或振子的机械能,即是质点小球或振子的动能和势能.这个结论得出的理由我在上述的①中已经说清楚了,请参考.

④我的论文(陈文的文献[3])中说的“弹簧振子系统的弹性势能也就是质点小球或振子的势能”是**正确的**,理由有两条:第一条是:弹簧是没有**质量**的**几何点**,不能接受任何外力而做功,故就没有由功转化来的**势能**,故**弹簧振子系统的弹性势能**就全归于**质点小球**或**振子**了.第二条是:我的论文(陈文的文献[3])中引用的文献(陈文的文献[10])在第 164 页上说:“这个**质点**在弹力作用下相对于平衡位置具有转换成其他运动形态的一定‘能力’,称为**质点在弹力作用下相对于平衡位置的弹性势能**”.这说明该文献明确声明:**弹性势能**是属于**质点**的,即是属于**小球**或**振子**的,当然就不能属于**弹簧**了.这与我的观点完全一致.而陈文并没有说文[10]的陈述错误,即陈文也默认了文[10]的陈述正确,从而也就承认了我的观点正确[这两条理由详见 2.2 中 2)里

的②].

我的论文(陈文的文献[3])中引用的文献(陈文的文[10])在第 164 页上的那段话中,【在弹力作用下相对于平衡位置的】的修饰语赫然写在那里,我根本就没有丢掉.陈文说【丢了**这个修饰语就不合适了**】又从何说起呢?

4)陈文在其 2 中(4)里说:【文[3]中“这两个外力的合力为零,即  $f'_{\text{墙}} + f = 0$ ...[说明:我的文中的公式为  $f'_{\text{墙}} + f' = 0$ ,陈文把  $f'$  错写成  $f$  了].所以这两个外力在弹簧运动过程中对弹簧在位移  $x'_0$  处上所做的总功为零”说法是**不恰当的**.这是因为两个外力能不能“合”是有条件的,即合前和合后的力学效果要相同,而不能说数值相反,它们的合力就为零.对于刚体,两个力大小相等,方向相反,作用在同一条直线上,可以合成为一个零力系,而本题弹簧为变形体,作用在两端的力是不能合的,它会把弹簧拉长或压短,而零力系没这个效果——就如同两个同学拉油条:在油条两端用相等的力和不用力拉的力学效果是不同的.】

对于陈文上述的这段话,我谈 2 条意见如下:

①弹簧只能视为**没有体积和质量的轻质弹簧**而不能看成**变形体**,把它当做**刚体**、比喻成**油条**就更加**错误**了.请问陈先生整天只吃没有质量的油条不饿吗?其理由我已经在上述的 1.2 中的 2)和 3)里说清楚了,请参考.

②我在我的论文(陈文的文献[3])中已经声明:弹簧只能视为**只有产生弹力的性质而无体积和质量的轻质弹簧**,因此弹簧就成了没有**体积和质量的几何点**.所以任何力都不能作用到它身上而推动它做功.但是我回应的朱如曾先生的论文非要对弹簧做功不可,这就必须把弹簧看成质点.看成质点后,墙壁力  $f'_{\text{墙}}$  和振子力  $f'$  就可以“合”了,且合成的结果为 0.故在位移  $x'_0$  处上所做的总功为零”,所以陈文说我的【说法是**不恰当的**】就错了.

5)陈文在其 2 中(5)里说:【文[3]中“弹性势能的变化也仅仅与弹簧的伸缩量或振子的位移( $x' = 0$ )...有关”有**错误**.弹簧的伸缩量是弹簧两端的位移差,而不能“或”成振子的位移,即表述中的( $x' = 0$ )应该是( $x' = x'_0$ ).正是这个错误,在数学演绎上导致了文[1]错误的结果.】

陈文说的上述这句话也是**错误的**,理由为:由 2.2 中的 5)里的②知,在**地面系**观察:弹簧的伸缩量 = 振子的位移量  $(x = 0) - x_0 = L$ .按照陈文说的【……( $x' = 0$ )应该是( $x' = x'_0$ )】的**逻辑**,在**地面系**的弹簧的伸缩量  $(x = 0)$ 就应该是  $(x = x_0) - x = L$ .这就与正确的值  $(x = 0) - x = L$  相矛盾了.所以陈文说的【弹簧的伸缩量是弹簧两端的位移差,而不能“或”成振子的位移,即表述中的( $x' = 0$ )应该是( $x' = x'_0$ )】的**逻辑就错了**,**错**在使弹簧的自然长度  $L$  也成了弹簧的伸缩量的一部分了.

陈文的这一**错误**也可以直接用在**小车系**的运动来说明:例如,由 2.2 中的 5)里的②知,在**小车系**观察:弹簧的伸缩量 = 振子的位移量  $x' = x$  处.按照陈文说的【弹簧的伸缩量是弹簧两端的位移差,而不能“或”成振子的位移,即表述中的( $x' = 0$ )应该是( $x' = x'_0$ )】的**逻辑**,**小车系**的弹簧的伸缩量为:

$$(x' = x'_0) - x = L \neq x \text{ 处 } x'.$$

这就与正确的值  $(x' = 0) - x' = x$  处 相矛盾了,因此**就错了**.

6)陈文在其 2 中(6)里说:【文[3]中“弹簧(应为质点)做的是匀速运动,所以弹簧(应为质点)在运动方向上受到的合外力为零”的说法是**错误的**.“合外力为零”的错误前面已经论述过.对弹簧振子,弹簧所起的作用不是质点,而是变形体.变形体各处的位移和速度都不相同,当然不能说弹簧做匀速运动.】

我的论文(陈文文献[3])说的“弹簧(应为质点)做的是匀速运动,所以弹簧(应为质点)在运动方向上受到的合外力为零”是**正确的**.简单理由为:本来弹簧应视为**只有产生弹力的性质而无体积和质量的轻质弹簧**,是**几何点**.根据力的定义,任何力都不能作用在**几何点**上而使其做功.陈文说的【弹簧所起的作用不是质点,而是变形体】也是**错误的**.

7)陈文在其 2 中(7)里说:【“朱文的 3 种证明之二说的【反证法证明】是**错误的**”和“所以朱文提出【在小车上看这个系统的势能怎么能保持不变呢】的疑问就不是质疑我们了”是**不恰当的**.朱如曾先生构造的**反例很巧妙**.但是文[1]的作者没有认真思考这个反例,而是从自己**错误**(本文式(1))出发进行**自圆其说**.】

首先力学教材中的**势能定义——势能的减少量等于保守力做的功**说明了我文中的公式[即**陈文**中的式(1)]

$dE'_p(t) = f dx'$  是正确的. 再据微积分运算算出**势能**为:  $E'_p(t) = \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t) - m \omega u A \sin(\omega t)$ . 这说明我们也认为在小车上看这个系统的势能是随时间  $t$  变化的. 所以**朱文**提出【在小车上看这个系统的势能怎么能保持不变呢】的疑问**就不是质疑我们了**, 因此也就**不能说明我们错误了**.

8)**陈文**在其 2 中(8)里说: 【“**朱文**干吗非要把我们的‘做功负值(应为**势能的微分**)’强行改成是【小球动能微分  $dE'_k(t')$  的相反数】不可呢”是不恰当的. 朱如曾先生证明 3 实质是为了理解文[1]错误的原因和所导致不合理结果, 并非要“强行改成”.】

我论文中的公式是  $dE'_p(t) = f dx'$ , 其左边的  $dE'_p(t)$  是小车系中的**势能的微分**. 但是**朱文**却把我们的**势能的微分**改成了【小球动能微分  $dE'_k(t')$  的相反数】, 然后再对  $dE'_k(t')$  的相反数去进行批判. 这样,**朱文**就不是批判我们了, 所以就**不能说明我们错误了**. 另外, 如果**陈文**说的【**错误的原因和所导致不合理结果**】属实, 那么也是由**朱文**改成的【动能微分  $dE'_k(t')$  的相反数】所引

起, 我的论文里的公式  $dE'_p(t) = f dx'$  中的  $dE'_k(t')$  是不会引起错误的. **朱文**和**陈文**也没有证明我的  $dE'_k(t')$  会引起错误.

尤其值得一提的是, **陈文**得出的地面系不守恒, 与现在所有力学教材矛盾. 他说力可以作用在没有质量的点上, 内部力可以平衡, 其实内力是非保守力, 非保守力做功, 显然与弹簧振子的定义矛盾.

#### 参考文献:

- 1 李学生, 师教民. 对一道中学生物理竞赛试题答案的商榷[J]. 物理通报, 2014, 9: 119-120.
- 2 梁绍荣, 刘昌年, 盛正华. 第一分册: 力学力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987: 164.
- 3 张景春, 韩淑梅. 浅析物体系的势能[J]. 辽宁大学学报 自然科学版, 1989, 4: 33-34.
- 4 王立, 张成华. 机械能守恒定律具有伽利略变换不变性[J]. 吉林师范大学学报 自然科学版, 2004, 3: 95-96.
- 5 刘一贯. 关于机械能守恒定律的协变性[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 1985, 1: 155-157.
- 6 袁芳, 朱炯明. 功、动能和机械能[J]. 物理教学, 2012, 9: 7.
- 7 李卫平, 罗洁. 注意力的保守性与参照系的关系[J]. 中学物理, 2013, 3: 42.
- 8 刘敏, 孙皆宜. 再论机械能守恒. 牡丹江教育学院学报, 2005(5): 26,34.

#### An Answer to Remarks on “Discussion on the answer of a middle school student’s contest question”

**Abstract:** Illustrate that *Remarks on “Discussion on the answer of a middle school student’s contest question”* is wrong.

**Key words:** the physics contest question; a spring oscillator; kinetic energy; potential energy; conservation of mechanical energy

5/4/2017